



Herbert Spencer Jennings

**Eredità biologica
e natura umana**



www.liberliber.it

Questo e-book è stato realizzato anche grazie al sostegno di:



E-text

**Web design, Editoria, Multimedia
(pubblica il tuo libro, o crea il tuo sito con E-text!)**

<http://www.e-text.it/>

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Eredità biologica e natura umana

AUTORE: Jennings, Herbert Spencer

TRADUTTORE: Enriques, Paolo

CURATORE: Enriques, Paolo

NOTE:

CODICE ISBN E-BOOK: n. d.

DIRITTI D'AUTORE: no

LICENZA: questo testo è distribuito con la licenza specificata al seguente indirizzo Internet:
<http://www.liberliber.it/online/opere/libri/licenze/>

COPERTINA: n. d.

TRATTO DA: Eredità biologica e natura umana / H. S. Jennings ; a cura [di] Paolo Enriques. - Milano : A. Mondadori, stampa 1934. - 327 p. : ill. ; 19 cm.

CODICE ISBN FONTE: n. d.

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 22 febbraio 2018

INDICE DI AFFIDABILITÀ: 1

0: affidabilità bassa

- 1: affidabilità standard
- 2: affidabilità buona
- 3: affidabilità ottima

SOGGETTO:

SCI029000 SCIENZA / Scienze della Vita / Genetica e Genomica

DIGITALIZZAZIONE:

Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

REVISIONE:

Catia Righi, catia_righi@tin.it

IMPAGINAZIONE:

Paolo Alberti, paoloalberti@iol.it

PUBBLICAZIONE:

Catia Righi, catia_righi@tin.it

Liber Liber



Se questo libro ti è piaciuto, aiutaci a realizzarne altri.
Fai una donazione: <http://www.liberliber.it/online/aiuta/>.

Scopri sul sito Internet di Liber Liber ciò che stiamo realizzando: migliaia di ebook gratuiti in edizione integrale, audiolibri, brani musicali con licenza libera, video e tanto altro: <http://www.liberliber.it/>.

Indice generale

Liber Liber.....	4
PREFAZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA.....	13
INTRODUZIONE.....	16
CAPITOLO I	
LA DIVERSITÀ EREDITARIA	
TRA GLI INDIVIDUI.....	19
I GENIDI.....	19
IL SISTEMA GENETICO.....	23
COME IL SISTEMA GENETICO AGISCE NELLA	
EREDITÀ.....	32
SIMIGLIANZA E DISSIMIGLIANZA DI GENITO-	
RI E FIGLI.....	49
QUALI SPECIE DI CARATTERI DIPENDONO	
DAI GENIDI?.....	59
CAPITOLO II	
ESISTENZA DEI GENIDI.....	61
NATURA DELLE PROVE.....	61
.....	63
IL FILO DI ARIANNA: IL CROMOSOMA.....	63
CARATTERI CHE SEGUONO I DIVERSI CRO-	
MOSOMI.....	77
IL CROMOSOMA X È COMPOSTO DI DIVERSE	
PARTI.....	89
ALTRI CROMOSOMI.....	94
LE LEGGI DELL'EREDITÀ SONO LE REGOLE	

DELLA DISTRIBUZIONE DELLE PARTI DEI CROMOSOMI.....	97
DETERMINATI CARATTERI EREDITATI DIVER- SAMENTE NEI DIFFERENTI INCROCI.....	100
LEGAMI TRA I CARATTERI.....	104
TOPOGRAFIA DEI GENIDI.....	107
CAPITOLO III	
COME SI SVILUPPA L'INDIVIDUO.....	110
GENIDI E CITOPLASMA.....	110
INIZIO DELLO SVILUPPO: IL FUTURO ORGANISMO GIÀ PREDISPOSTO NEL CITOPLASMA DI UNA SINGOLA CELLULA	113
I FONDAMENTI DELL'ORGANISMO SONO PO- STI ESCLUSIVAMENTE DAI GENIDI MATERNI	120
INTRODUZIONE DI GENIDI PATERNI.....	120
UN PROBLEMA FONDAMENTALE E LA SUA SOLUZIONE.....	124
INFLUENZA DELLE PARTI CITOPLASMATICHE GIÀ DETERMINATE ENTRO LE CELLULE.....	126
INFLUENZA DELL'AMBIENTE IN CUI SI TROVA LA CELLULA.....	132
LIMITE DEL POTERE DI ADATTAMENTO.....	136
DIVERSI TIPI DI SVILUPPO IN ALCUNI ORGANISMI.....	139
CAPITOLO IV	
COME SI SVILUPPA L'INDIVIDUO (Seguito).....	142

AZIONE DEI GENIDI.....	142
DETERMINAZIONE DEL SESSO.....	150
AZIONE DEGLI ORMONI.....	156
DIVERSITÀ DELLE REAZIONI.....	159
GLI ORMONI NELLO SVILUPPO DELL'UOMO	163
CAPITOLO V	
L'INFLUENZA DELL'AMBIENTE.....	168
EFFETTI DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI SULLE SECREZIONI INTERNE.....	168
RELAZIONE DELL'EREDITÀ CON L'AMBIENTE	173
ESISTONO CARATTERI NON INFLUENZATI DALL'AMBIENTE?.....	177
CAPITOLO VI	
LA PARTE DELL'EREDITÀ E QUELLA DELL'AMBIENTE NELLA FORMAZIONE DELL'INDIVIDUO.....	179
LE DIFFERENZE FRA INDIVIDUI SONO ESSE DOVUTE PIÙ SPESSO A DIVERSITÀ DI GENIDI O A DIVERSITÀ D'AMBIENTE?.....	179
LA SITUAZIONE NELL'UOMO.....	181
GEMELLI IDENTICI O MONOCORIALI.....	182
PARTICOLARITÀ FISILOGICHE E MALATTIE	186
CAPITOLO VII	
LA GENESI DEI CARATTERI MENTALI.....	192
LA GENETICA È APPLICABILE ALL'UOMO?.	192
COME SONO PRODOTTE LE DIFFERENZE	

MENTALI?.....	194
LA DIFFERENZIAZIONE GENETICA.....	198
LA DIFFERENZIAZIONE AMBIENTALE.....	201
GEMELLI IDENTICI.....	203
INDIVIDUI NON GEMELLI.....	207
AZIONE COMBINATA DEI DUE FATTORI.....	211
EREDITÀ DELLE QUALITÀ DELLA MENTE..	214
CAPITOLO VIII	
RECENTI TRASFORMAZIONI DELLE CONOSCENZE	
SULL'EREDITA E SULLO SVILUPPO.....	218
LE PRIME NOZIONI SULL'EREDITÀ.....	218
CARATTERI-UNITÀ E PARTICELLE RAPPRESENTATIVE.....	220
LA SCOPERTA DI MENDEL.....	221
IDENTIFICAZIONE DELLE PARTICELLE RAP- PRESENTATIVE.....	222
QUALI SONO I CARATTERI-UNITÀ?.....	223
LE SCOPERTE ULTERIORI.....	225
EGUALI CARATTERI EREDITATI CON MEZZI DIVERSI.....	228
INESATTEZZA DELLA TEORIA DEI CARAT- TERI-UNITÀ E DELLE PARTICELLE RAPPRE- SENTATIVE.....	231
TRASFORMAZIONE DELLA CONOSCENZA DELLO SVILUPPO.....	232
INTERPRETAZIONE MODERNA DELL'EREDITÀ	235
CAPITOLO IX	

ERRORI BIOLOGICI CORRENTI.....	237
CAPITOLO X	
IL PRO E IL CONTRO DELL'EUGENETICA.....	251
SPERANZE DEGLI EUGENISTI.....	251
IL METODO TERAPEUTICO E AMBIENTALE	253
EUGENETICA FAMILIARE.....	254
EUGENETICA DELLA RAZZA.....	256
LE POSSIBILITÀ PRATICHE.....	259
L'ESEMPIO DELLA DEFICIENZA DI MENTE..	261
INCAPACITÀ E DELINQUENZA.....	264
NECESSITÀ DI DUE GRANDI CONQUISTE....	267
CAPITOLO XI	
LE BASI BIOLOGICHE	
DEL MATRIMONIO E DELLA FAMIGLIA.....	270
VITA INDIVIDUALE E RIPRODUZIONE.....	270
DIVERSA VITA DEI SESSI.....	272
UNIONI POLIGAME, MONOGAME E TEMPO- RANEE.....	276
ORIGINE INDIPENDENTE DELLA FAMIGLIA	
MONOGAMA NEI DIFFERENTI ANIMALI.....	278
LA FAMIGLIA SOSTITUITA DALLA SOCIETÀ	
.....	279
LA FAMIGLIA NELLA SPECIE UMANA.....	281
CAPITOLO XII	
LA MESCOLANZA DELLE RAZZE.....	286
VARIA COMPATIBILITÀ DEI CROMOSOMI...286	
IBRIDI STERILI.....	290
COMBINAZIONI ETEROGENEE.....	292
COMBINAZIONI OMOGENEE.....	294

VANTAGGI E SVANTAGGI DELL'INCROCIO NELLE RAZZE UMANE.....	296
CARATTERI MENTALI.....	298
CAPITOLO XIII	
L'INDIVIDUALITÀ	
CONSIDERATA BIOLOGICAMENTE.....	302
CAPITOLO XIV	
I MUTAMENTI	
NELLA COSTITUZIONE EREDITARIA:	
L'AZIONE DEL SISTEMA GENETICO.....	312
VARIAZIONI DEL SISTEMA GENETICO E VA- RIAZIONI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	312
MUTAZIONI NELL'ORGANIZZAZIONE DEL SI- STEMA GENETICO.....	315
ADDIZIONE O SOTTRAZIONE DI UNO O DUE CROMOSOMI.....	320
MUTAMENTI NELLA STRUTTURA DI CROMO- SOMI PARTICOLARI.....	325
MUTAZIONE NEI GENIDI OSSIA NELLE SOSTANZE DEL SISTEMA GENETICO	329
LE MUTAZIONI IN RAPPORTO CON LA SELE- ZIONE.....	333
CAPITOLO XV	
I MUTAMENTI	
NELLA COSTITUZIONE EREDITARIA: L'AZIONE DELL'AMBIENTE.....	
LE VARIE INFLUENZE AMBIENTALI.....	341
AZIONE DIRETTA DEGLI AGENTI ESTERNI.	342

PRO E CONTRO L'EREDITÀ DEI CARATTERI ACQUISITI.....	351
AZIONE INDIRETTA: L'ELIMINAZIONE SELET- TIVA.....	357
CAPITOLO XVI	
LA CONCEZIONE MODERNA DELL'EVOLUZIONE	365
LE DUE DOTTRINE PREVALENTI.....	365
L'EVOLUZIONE MECCANICA.....	367
L'EVOLUZIONE EMERGENTE.....	370
CONSEGUENZE PER LA SCIENZA E PER LA VITA.....	378
NOTA.....	384

H. S. JENNINGS

*Ordinario di Zoologia e Direttore del Laboratorio
Zoologico della Johns Hopkins University, U.S.A.*

**EREDITÀ BIOLOGICA
E NATURA UMANA**

A cura del
PROF. PAOLO ENRIQUES
della R. Università di Padova
e dei suoi Assistenti

Titolo dell'opera originale:
THE BIOLOGICAL BASES OF HUMAN NATURE

PREFAZIONE ALL'EDIZIONE ITALIANA

Il prof. PAOLO ENRIQUES di cui è nota la vasta ed importante attività scientifica che l'aveva posto tanto in alto tra i naturalisti del nostro tempo anche e specialmente fuori d'Italia, aderendo all'invito della Casa Mondadori, aveva ben volentieri accettato di presentare questo libro al pubblico italiano, adattandolo non ad un pubblico di pochi iniziati ma di molti profani di biologia desiderosi di allargare il campo della propria conoscenza.

Il tragico incidente che, il 18 dicembre 1932, sulla strada di Napoli ha spietatamente stroncato l'esistenza di PAOLO ENRIQUES, fermò l'attività dell'illustre scienziato, nel suo pieno vigore.

Noi allievi, raccolta la Sua eredità scientifica, abbiamo oggi compiuto questo lavoro da lui incominciato. Forti dei suoi insegnamenti abbiamo cercato del nostro meglio affinché il libro riuscisse com'Egli avrebbe voluto, sia nell'interpretazione dello spirito, sia nell'adattamento della sostanza, sia nella forma.

Ed offriamo al pubblico italiano il frutto della nostra

fatica, mentre il nostro pensiero va reverente alla memoria del Maestro che illumina l'aspra via della Scienza ed addita una meta sempre piú alta e lontana.

*

HERBERT SPENCER JENNINGS è uno dei maggiori biologi contemporanei. Nato a Topeka nell'Illinois l'8 aprile 1868 studiò prima a Michigan, poi all'Università di Harward dove si laureò. Andò quindi a perfezionarsi in diverse Università americane ed in Europa a Napoli, presso la Stazione Zoologica, ed a Jena.

Dal 1910 è Direttore del Laboratorio di Zoologia dell'Università Johns Hopkins di Baltimora, uno dei migliori laboratori degli Stati Uniti d'America. Jennings è inoltre uno dei direttori di quattro tra le grandi riviste biologiche americane, che raccolgono le ricerche originali sulla materia di cui il nostro libro si occupa.

Membro di parecchie accademie americane ed europee Jennings studiò piú che altro l'eredità, l'influenza dell'ambiente sull'eredità e il comportamento nei Protozoi. Le sue ricerche sulla variabilità di tali organismi sono ben note e citate in tutti i trattati. Tra le numerose e notevoli pubblicazioni del Jennings, il libro che presentiamo è l'unico tradotto in italiano.

*

Pur rispettando scrupolosamente le opinioni dell'Autore, la esposizione e i suoi ragionamenti, abbia-

mo abbreviato in alcuni punti il testo originale, togliendo alcune ripetizioni, e lo abbiamo reso qui e là piú conforme al gusto e all'indole del lettore italiano.

FAUSTA BERTOLINI
GIORGIO SCHREIBER

INTRODUZIONE

Che cosa può dire la biologia che interessi gli uomini non come zoologi o botanici, ma come esseri umani? Come può questa scienza contribuire a dare una spiegazione della nostra vita e del mondo nel quale viviamo?

L'uomo è il prototipo delle cose che la biologia studia. Esso appare come un individuo; ed anche gli animali e le piante ci appaiono generalmente come individui. Il maggior problema che si propone la biologia è quello costituito dall'origine e dalla natura degli individui, dalle loro caratteristiche, dalle loro somiglianze e differenze. Tra gli individui viventi il fatto più notevole e di maggior importanza pratica è la loro diversità; ed è l'argomento su cui la biologia si intrattiene di più. I diversi uomini sono ben differenti sia nelle loro apparenze, sia nelle loro abitudini. Ciascuno ha una particolare coscienza, una particolare identità; cosicché l'ultima esperienza di ciascuno di essi si distingue da quella di tutti gli altri. Sotto tutti cotesti aspetti essi rappresentano l'oggetto delle ricerche biologiche.

Come accade che gli individui siano così diversi sia

esteriormente che intimamente? Perché il mio vicino ha gusti ed opinioni così differenti dai miei? Perché si comporta in una maniera che a me non piace? Perché io nelle sue condizioni avrei agito ben diversamente? Perché un individuo si sente portato per un genere di lavoro, un altro per un altro ed un altro ancora si sente attratto a non far niente? Perché in un laboratorio di psicologia, eguali esperimenti danno risultati dissimili ed incostanti, quando vengono fatti su individui differenti? Perché i figli sono così diversi dai genitori e tra loro? Cos'è che rende la condotta degli esseri umani così imprevedibile, così contraddittoria, così straordinaria? Questi sono i maggiori problemi pratici della vita ed i più interessanti in teoria.

La biologia tratta in particolar modo questi problemi. Delle differenze tra individui ha fatto una scienza sistematica che, ben lungi dall'essere completa, getta tuttavia sprazzi di luce sul suo cammino. Vi sono due specie di differenze fra gli individui. In primo luogo gli individui sono diversi fino da quando incominciano a vivere separatamente, da quando cioè sono costituiti da una cellula sola; e queste differenze derivano direttamente dai genitori. A tali differenze di origine sono dovute molte altre differenze che compaiono in seguito tra gli individui sviluppati. La conoscenza delle originarie diversità tra i diversi individui, delle cause di esse, della loro natura e dei loro effetti, ha costituito una scienza cui si dà il nome di "Studio della eredità" o più propriamente "Genetica".

In secondo luogo, come ognuno sa, gli individui possono mutare per effetto delle esperienze attraverso cui passano, dalle condizioni ambientali in cui vivono e si sviluppano.

Dall'incrociarsi delle differenze esistenti al principio della vita con quelle che sorgono poi attraverso l'esperienza hanno origine le innumerevoli differenze che si riscontrano in tutti gli individui del mondo. Dall'unione dei diversi individui così ottenuti e di quanto li circonda di organico ed inorganico, nascono le società e le civiltà. Dai mutamenti delle caratteristiche naturali col passare delle generazioni e dai mutamenti esterni nascono in età successive le trasformazioni degli organismi, nasce l'evoluzione. Per comprendere la individualità degli uomini, la natura umana e quella vegetale, per comprendere la società e la civilizzazione quelle due specie di diversità devono venire esaminate prima separatamente, poi nella loro azione scambievole e negli effetti di questa, oltreché nei loro mutamenti col passare del tempo. Questo è l'assunto del presente volume.

CAPITOLO I

LA DIVERSITÀ EREDITARIA TRA GLI INDIVIDUI

I GENIDI

Negli organismi superiori, compreso l'uomo, l'individuo esiste in origine come due minuscole particelle separate provenienti da due individui preesistenti, che si chiamano genitori. La vita dell'individuo singolo comincia con l'unione di queste particelle in un'unica cellula. Il fatto che ciascuno di noi è formato da parti di due individui diversi ha particolari ed importantissime conseguenze.

Osservazioni ed esperimenti hanno dimostrato che la cellula originaria contiene una grande quantità di corpi distinti e separabili, in forma di minuscole particelle. Lo sviluppo di un individuo si compie per mezzo dell'unione di questi innumerevoli corpi tra di loro o con altre

parti della cellula, e per mezzo del materiale preso dall'esterno. Si sa che individui differenti cominciano con

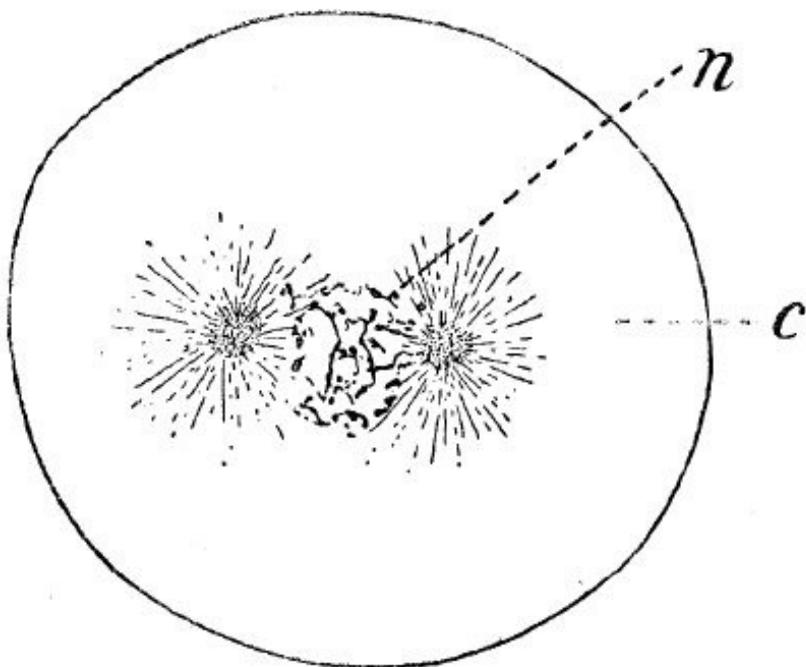


Fig. 1. Il primo stadio dell'individuo: uovo fecondato della stella di mare: *c*, citoplasma; *n* nucleo; le piccole masse scure sono i cromosomi. (*Wilson.*)

diverse quantità di questi corpi, e che il modo seguito da un individuo per svilupparsi, la sua forma futura e le sue peculiarità dipendono, eguale restando ogni altra cosa, da quello che resta dei corpi con cui ha cominciato. Al-

cune combinazioni dei corpi iniziali danno origine ad individui imperfetti, deboli, deformi, mostruosi. Altre danno individui normali, altre individui superiori. Vi sono combinazioni che danno tipi intermedi, individui leggermente imperfetti, indolenti, stupidi o gonzi; vi sono combinazioni che creano genî. In un organismo come l'uomo non si trovano neanche due individui fatti con la stessa combinazione (salvo nei rari casi di gemelli identici). È chiaramente provato dall'esperienza che le diverse combinazioni presentano differenze strutturali e fisiologiche di ogni tipo e di ogni grado, ed anche diversità di comportamento che è quello che nell'uomo chiamiamo la «mentalità».

Questi svariati corpi che appaiono al principio dello sviluppo si chiamano *genidi*¹. I genidi esistono nelle due particelle che si uniscono a formare il nuovo individuo. Essi esistevano già nei genitori da cui le particelle derivano e vengono da questi trasmessi direttamente al nuovo essere.

I genidi compaiono nella cellula uovo come innumerevoli particelle minutissime raggruppate a formare cer-

1 Il termine «genidio» è stato adottato la prima volta dall'ENRIQUES, invece di «gen» come generalmente viene usato, per togliere in italiano la confusione con genio, il cui plurale è praticamente identico a quello di gen.

Nella traduzione, è stato quindi usato il termine «genidio» che appare nella letteratura genetica la prima volta nel libro dell'Enriques *Le leggi di Mendel e i cromosomi* (Zanichelli 1932). (N. d. T.)

te strutture, visibili al microscopio, chiamate *cromosomi*

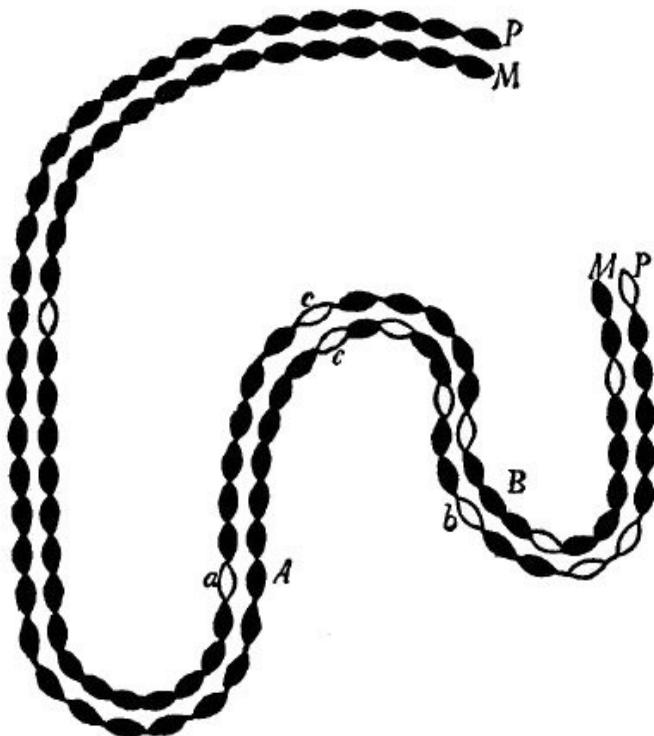


Fig. 2. Schema della disposizione dei geni nel sistema genetico. I geni sono rappresentati dai corpi fusiformi, disposti consecutivamente in lunghe collane accoppiate raffiguranti i cromosomi. L'una delle collane (P) proviene dal padre, l'altra (M) dalla madre. In tal modo anche i geni sono presenti in coppie, un membro di ciascuna coppia è paterno, l'altro materno. I geni bianchi rappresentano quelli difettosi.

(FIGG. 3 e 4). I cromosomi con i loro geni costituiscono una vescicola nell'interno della cellula, detta «nucleo». La cellula uovo è formata da una piccola massa

gelatinosa detto *citoplasma* in cui è compreso il nucleo con i suoi cromosomi (FIG. 1). Anche il nucleo ed i cromosomi sono gelatinosi.

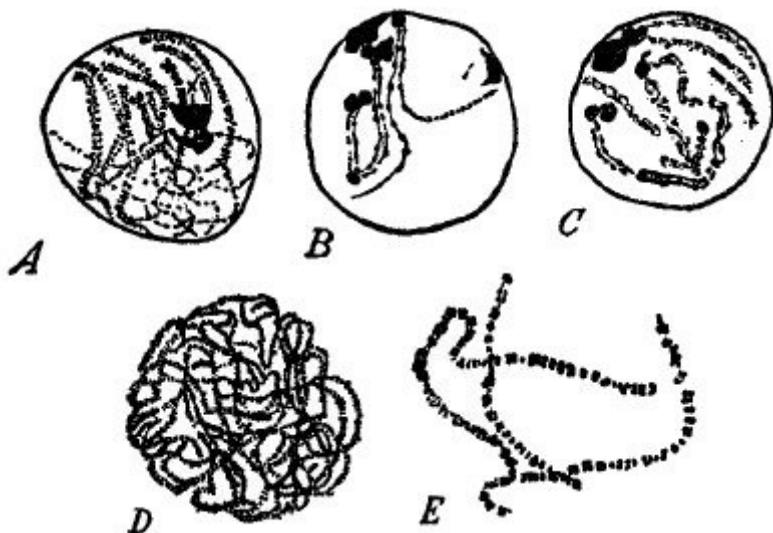


Fig. 3. La struttura dei cromosomi come appare al microscopio con i minuti elementi a coppia (*chromomeri*) di cui sono composti: A, B, C, cromomeri nei cromosomi della cavalletta (*Wenrich*). D, E, cromomeri del giglio (*Belling*). E mostra una parte di D maggiormente ingrandita. I cromomeri indicano probabilmente la posizione dei geni.

IL SISTEMA GENETICO

Molti dei piú importanti aspetti dello sviluppo e dell'individualità dipendono dalla maniera con cui i ge-

nidi sono disposti nelle cellule, dal loro conseguente comportamento. I diversi modi di svilupparsi degli individui, le caratteristiche che mostrano, le cosiddette leggi dell'eredità, la straordinaria somiglianza o differenza tra figli e genitori, dipendono in gran parte dall'adattamento e dal comportamento dei genidi. I genidi costituiscono un sistema paragonabile per importanza al sistema nervoso o al sistema digerente; perciò noi possiamo parlare di un «sistema genetico».

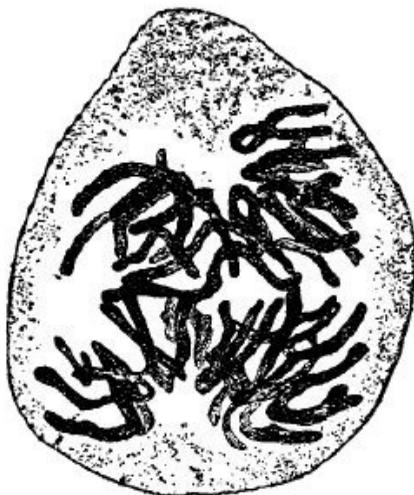


FIG. 4. Cromosomi nello stadio di raggruppamento, in una cellula dividendesi nella salamandra *Amblystoma*.

Per comprendere l'eredità ed i suoi sviluppi dobbiamo tener presente un quadro del sistema genetico e del suo modo di funzionare. Tentare di affermare queste cose senza un tal quadro è compito disperato. Sarebbe egual-

mente impossibile capire i movimenti e le reazioni dell'organismo senza prima conoscere il sistema nervoso ed il sistema muscolare; o capire la digestione essendo ignari degli organi digerenti e della loro azione.

I genidi si trovano nel nucleo della cellula con cui si inizia l'individuo (ed in tutte le cellule prodotte da questa). Si sa che nei nuclei i genidi si raccolgono in lunghi filamenti, simili a collane formate di moltissimi grani (FIGG. 2, 5, 6, 7, ecc.). Questi filamenti vengono detti cromosomi. I singoli cromosomi sono i pezzi in cui si divide l'intera collana di filamenti, ed ognuno di questi pezzi contiene molti genidi. In alcuni periodi della vita delle cellule queste collane di genidi si sviluppano e si allungano molto; diventano quindi quelle particelle ordinate linearmente come perle o grani, che si possono vedere al microscopio (FIG. 3). Sembra probabile che queste particelle (*cromomeri*) indichino la posizione dei genidi, seppure non sono esse stesse i genidi. I cromomeri mostrano infatti quella disposizione accoppiata e consecutiva che si sa essere propria dei genidi. In altri periodi i filamenti dei genidi si ripiegano e si avvolgono in fasci; sono questi i grossi cromosomi che si vedono in varie forme. Per capire la condotta e gli effetti dei genidi si devono guardare allineati in ordine, come mostra lo schema della Fig. 2. Si sa che ogni genidio costituisce una sostanza distinta avente una funzione ben definita, un lavoro particolare da fare nella creazione dell'individuo nuovo; cosicché se qualcuno di essi viene distrutto o mutato, lo sviluppo è diverso e l'individuo che ne ri-

sulta mostra nei suoi caratteri un mutamento corrispondente. Sarà un cambiamento nel colore degli occhi, nella forma del naso, nella statura, oppure nella costituzione o nel temperamento, ecc.

Si sa che ogni specie di genidi occupa nel filamento il suo posto regolare ed invariabile. Così i diversi genidi possono essere nominati o numerati: col numero 4 o col numero 47, per esempio, si designano sempre due ben determinati genidi che hanno sempre la stessa funzione e si trovano sempre allo stesso posto nei cromosomi.

Esiste un'altra questione riguardante i genidi e la loro disposizione, questione di estrema importanza pratica che costituisce la chiave di molte complicazioni, di molti problemi e paradossi dell'umanità e della biologia in generale. Ciascuno dei nostri genitori ci dà una completa serie di genidi riuniti tra loro, come si è detto sopra. Così noi abbiamo in ogni cellula due serie di genidi, ciascuna completa in sé, come si vede nello schema della fig. 2. Noi di conseguenza siamo doppi, per quanto riguarda i nostri genidi. Ciascuna delle due serie contenuta in una cellula ha il materiale necessario per la produzione di un individuo; fatto che ha strane conseguenze. La madre ci dà tutti i requisiti per produrre un individuo di un certo tipo, ed il padre ci dà i requisiti per produrre un individuo di un altro tipo. Perciò noi incominciamo la vita come individui duplici e ciascuno di noi ha in un certo senso in sé due persone distinte, quasi del tutto confuse, ma solo sotto certi aspetti. Questa duplicità ha una grande influenza nella vita.

Essa si verifica per ciascuna delle migliaia di genidi con cui cominciamo la vita. In ogni coppia un genidio viene dal padre, un altro dalla madre. L'ordine e lo adattamento dei genidi è, come appare dalla fig. 2, una serie di coppie disposte in filamenti longitudinali. In alcuni animali, specialmente alcuni insetti, la coppia di filamenti rimane apparentemente appaiata per tutta la vita, come è indicato nel diagramma. In altri animali i due filamenti divergono per qualche tempo ma si accoppiano nuovamente in determinati periodi critici. Per comprendere l'azione dei genidi, e per comprendere la eredità e la costituzione genetica dell'uomo bisogna tener in mente la figura di questa disposizione in coppie.

Le diverse coppie di genidi hanno nello sviluppo differenti funzioni. I due membri di qualche coppia di genidi (come A ed a nella FIG. 2) hanno la stessa funzione generale: se uno di essi è deputato a produrre il colore degli occhi, il compagno provvede parimenti al colore degli occhi; se l'uno deve prender parte alla costituzione del cervello, vi prende parte anche il compagno; se uno influisce sulla crescita del corpo, così fa anche l'altro. Ma sebbene i due membri di una data coppia di genidi compiano lo stesso genere di lavoro, differiscono generalmente nella maniera di eseguirlo. Quello che viene dal padre può avere la tendenza a produrre un certo colore di occhi, mentre quello che viene dalla madre può tendere a produrre un colore di occhi differente; uno dei genidi di un paio può compiere bene il suo lavoro e l'altro no; uno dei due genidi di una coppia (proveniente

indifferentemente dal padre o dalla madre), può essere deficiente o in qualche maniera difettoso. Se il suo compito è quello di deporre il pigmento dei capelli, nella pelle o negli occhi, può non far ciò debitamente, dando origine a quello che si chiama un albino con gli occhi rossi e la pelle ed i capelli bianchi. L'altro genidio, quello da parte dell'altro genitore, può tuttavia adempiere la sua funzione pienamente, cosicché grazie alla sua presenza, il pigmento viene deposto in via normale.

Ovvii sono dunque i vantaggi di avere due genitori e di essere doppi. Il genidio da una parte (padre o madre indifferentemente) può essere difettoso; se nella sua funzione fosse solo, ne nascerebbe egualmente un individuo difettoso, un albino, uno stupido, un debole di mente; ma l'altro genidio della stessa coppia può invece essere normale ed allora è il genidio normale che adempie l'intera funzione e l'individuo diventa normale. Così la deficienza di un genidio ha di regola conseguenze trascurabili o non ne ha affatto. Il fatto che i genidi sono doppi, è una valvola di sicurezza; l'individuo ha due probabilità invece di una di portare normalmente a termine un regolare sviluppo. Soltanto se entrambi i genidi sono difettosi la funzione relativa si compie male, poiché in questo caso nascono di regola individui senza pigmenti, stupidi, indolenti, deboli di mente ecc. (FIG. 2 ecc.).

I genidi difettosi sono così comuni che, senza questa duplicità e la diversa provenienza di ciascuno dei due elementi delle coppie, anche gli individui difettosi sa-

rebbero molto piú frequenti di quel che non siano. Questa può essere la base del fatto che la maggior parte degli organismi viventi si riproduce da due genitori, o sempre, o almeno a periodi alternanti, sebbene vi siano taluni organismi inferiori capaci di riprodursi indefinitamente da un solo genitore².

2 Il problema della necessità della riproduzione sessuale è stato lungamente studiato sui Protozoi. Particolarmente per gli Infusori il problema è stato risolto in modo netto. Si è dimostrato che la riproduzione sessuata, cioè la coniugazione fra gli Infusori, non è assolutamente necessaria al mantenimento della stirpe. Questi animali possono continuare a riprodursi per scissione senza alcun danno fintanto che nell'ambiente permangono le condizioni ottime di vita sia chimiche che fisiche. Quando sopraggiungono variazioni dell'ambiente, e in modo particolare del nutrimento, si hanno delle vere «epidemie di coniugazione».

A queste conclusioni, assai semplici si è arrivati però dopo una lunga serie di ricerche, iniziate da LUIGI GUANZATI nel 1796. Questo ricercatore, ha avuto il merito di iniziare il metodo sperimentale delle culture di Infusori e di impostare il problema se questi potessero riprodursi per scissione per tempo indefinito oppure dovesse necessariamente ad un dato momento intervenire la fecondazione.

Le esperienze di Guanzati, furono continuate poi da BALBIANI (1860) con alcune modificazioni del metodo, e soprattutto dal MAUPAS (1866), il quale concluse, dalle sue esperienze condotte con metodo non eccessivamente rigoroso, che gli Infusori dopo un certo numero di divisioni debbono coniugarsi, altrimenti la stirpe si estingue per la cosiddetta «degenerazione senile».

Nel 1905 ENRIQUES, riesciva a dimostrare che la degenerazione senile degli Infusori non è affatto «senile» ma avviene per causa di intossicazione causa l'eccessivo sviluppo di batteri nelle culture

Quando in una coppia un genidio è difettoso e l'altro no, e quest'ultimo si sviluppa normalmente, il carattere prodotto dal genidio normale si chiama *dominante*, mentre quello fornito dal genidio difettoso è detto *recessivo*. Così e recessivo l'albinismo (o mancanza di pigmento, il quale appare nell'individuo soltanto se entrambi i genitori richiesti per la produzione mancano di pigmento (FIG. 2). Mentre la condizione normale, capigliatura, pelle ed occhi pigmentati, è dominante, ed appare nell'individuo anche se uno dei genidi è difettoso, purché l'altro non lo sia (vedi A FIG. 2).

Benché sia regola generale che le condizioni difettose siano recessive, in modo che la dominanza e la recessività corrispondono per così dire al vantaggio e allo svantaggio, vi sono anche delle eccezioni. Vi sono molti caratteri recessivi che non determinano uno svantaggio. Per esempio nell'uomo il colore piú chiaro degli occhi è

di MAUPAS. Enriques riescì ad allevare un Infusorio, il *Glaucoma scintillans*, per 700 generazioni agame senza alcuna coniugazione, adottando degli accorgimenti di tecnica per impedire l'eccessivo sviluppo di batteri. WOODRUFF confermò in seguito i risultati dell'Enriques, allevando i Parameci per 5000 generazioni senza coniugazioni.

Enriques riescì inoltre ad individuare le cause ambientali che determinano la coniugazione consistenti in variazioni del cibo (batteri) e nella necessità della presenza di certi sali in determinate concentrazioni. Egli riassunse tutte queste ricerche in un libro *La riproduzione dei Protozoi* (Sonzogno 1923) che costituisce una vera pietra miliare nella storia delle ricerche sulla biologia di questi interessantissimi animali. (N. d. T.)

recessivo rispetto a quello piú scuro. Avviene cosí che, se in una coppia un genidio porta occhi azzurri e l'altro occhi neri, quest'ultimo prevale e l'individuo generato ha occhi bruni. Qui prevale dunque l'effetto di quel genidio che provoca maggior quantità di pigmento, ossia che conduce piú innanzi il processo di sviluppo. È quindi regola generale che quando due membri di una coppia di genidi sono diversi, prevalgono gli effetti di quello che ha nello sviluppo funzione preponderante, fornendo in tal modo carattere dominante all'individuo generato. Le condizioni difettose sono di solito il risultato di un processo incompleto di sviluppo; ecco perché la maggior parte dei difetti è recessiva.

Tuttavia si sa che un certo numero di condizioni gravemente difettose sono dominanti del tutto o in parte. In questi casi il genidio che porta il difetto dà i suoi risultati, totali o parziali, anche quando nella stessa coppia esiste un genidio normale. È il caso di certi difetti o deformità dell'uomo, per esempio nella cosiddetta brachidattilia in cui le dita hanno due falangi invece di tre. Anche l'unione di due o piú dita in ogni arto è un difetto dominante. Si riscontra un discreto numero di difetti dominanti nel moscerino (*Drosophila melanogaster*), lo studio del quale ha dato risultati fondamentali per la scienza dell'eredità; uno di questi difetti è raffigurato dalla fig. 20. Ma anche nella maggior parte di questi casi la presenza in una coppia di un genidio normale e recessivo corregge notevolmente i mali effetti del genidio difettoso o dominante, poiché la sua presenza è sufficiente

a rendere meno grave l'anomalia.

COME IL SISTEMA GENETICO AGISCE NELLA EREDITÀ

Osserviamo come il sistema ora descritto influisca sulla relazione che c'è tra i caratteri del figlio e quelli dei genitori o degli altri parenti. La dipendenza dei caratteri del figlio dai genidi che riceve dai propri genitori viene chiamata eredità.

Sappiamo che ogni genitore dà ad ogni figlio uno dei due genidi di tutte le sue coppie, cosicché il figlio viene a possedere un genidio per ciascuna coppia posseduta dai genitori. Un dato individuo può quindi essere normale, ma portare con sé dei genidi difettosi. Può essere paziente, industrioso, diligente, ma può tener latente in sé un'altra personalità «recessiva» stupida, indolente, irritabile, può, cioè, portare genidi imperfetti, i quali presi da soli darebbero origine ad un individuo stupido, irritabile, indolente; e qualcuno tra i figli di lui avrà tali genidi. Ciò che riceviamo dai nostri genitori può darci il carattere dei nostri genitori stessi, ma può anche darci qualche cosa che in essi non appariva, poiché anche in essi era rimasto latente; qualche cosa che dà a noi caratteri molto diversi dai loro.

Esaminiamo come ciò avvenga nei casi piú comuni, supponendo per esempio che un genidio difettoso tenda

a produrre stupidaggine, pigrizia o debolezza di mente. Un genitore ha tutt'e due i genidi di una delle sue coppie imperfetti (FIG. 5 P) ed è perciò stupido, tardo o debole di mente. L'altro genitore ha entrambi i genidi di quella coppia normali (FIG. 5 M) e non ha nessuna brutta qualità. Ciascun genitore dà al figlio un genidio di quella coppia ed il figlio riceve in coppia un genidio normale ed uno che non lo è (FIG. 5 F). Il genidio normale adempie la sua funzione regolarmente quindi il figlio

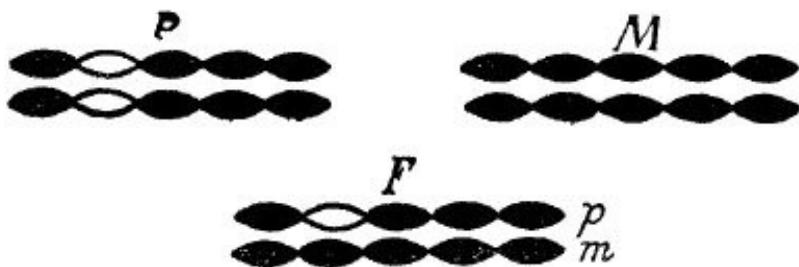


FIG. 5. Schema del frammento di una collana di genidi composto di cinque coppie, nel padre (*P*) nella madre (*M*) e in uno dei loro figli (*F*). Il figlio riceve una delle due collane di genidi dal padre (*p*) e uno dalla madre (*m*). Perciò possiede almeno un genidio normale in ciascuna delle due coppie, e individualmente non è difettoso.

non è né tardo né stupido, né debole di mente, malgrado abbia un genidio difettoso. Possiamo dire che il figlio assomiglia ad uno ma non all'altro dei suoi genitori: in questo caso al genitore normale. Tali risultati si possono

avere per ogni sorta di caratteri: aspetto, statura, colore di occhi ecc., od anche per i caratteri del temperamento.

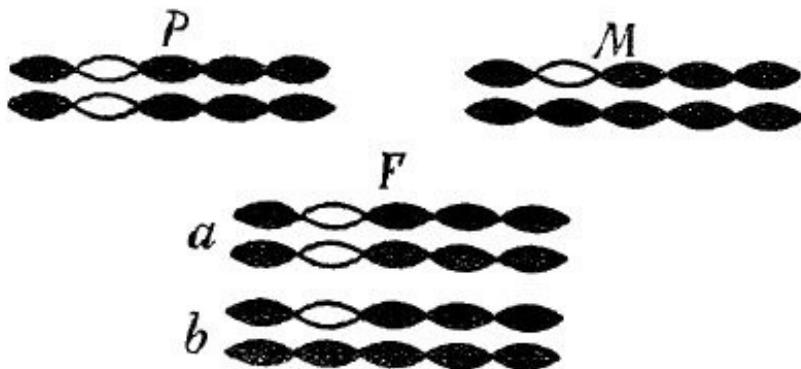


FIG. 6. Schema degli effetti dell'eredità quando un genitore (*P*) possiede due genidi difettosi (bianchi) in una certa coppia, e l'altro (*M*) un genidio difettoso nella corrispondente coppia. Parte dei figli (*F*) ricevono due genidi difettosi in quella coppia (*a*) e sono perciò difettosi essi stessi; altri ne ricevono uno solo, (*b*), e sono individui normali.

Il figlio può anche assomigliare al genitore anormale. Supposto che, come nel primo caso, un genitore abbia in una data coppia i due genidi difettosi, sia quindi egli stesso difettoso, mentre l'altro ne abbia imperfetto uno solo e non mostri di conseguenza il difetto (FIG. 6); quando ognuno dei figli riceverà una parte di questa coppia, ce ne sarà qualcuno che prenderà da entrambi i genitori un genidio imperfetto (FIG. 6 F, a) ed assomiglierà al genitore imperfetto, mentre altri, prendendo soltanto uno dei genidi difettosi, assomiglieranno al genitore normale (FIG. 6 F, b).

Ma spesso il figlio non assomiglia a nessuno dei genitori e presenta caratteri del tutto diversi. Può avere difetti che nessuno dei genitori possiede ed essere perciò inferiore ad essi, come può non avere i difetti che i genitori hanno ed essere a loro superiore. Come accade questo?

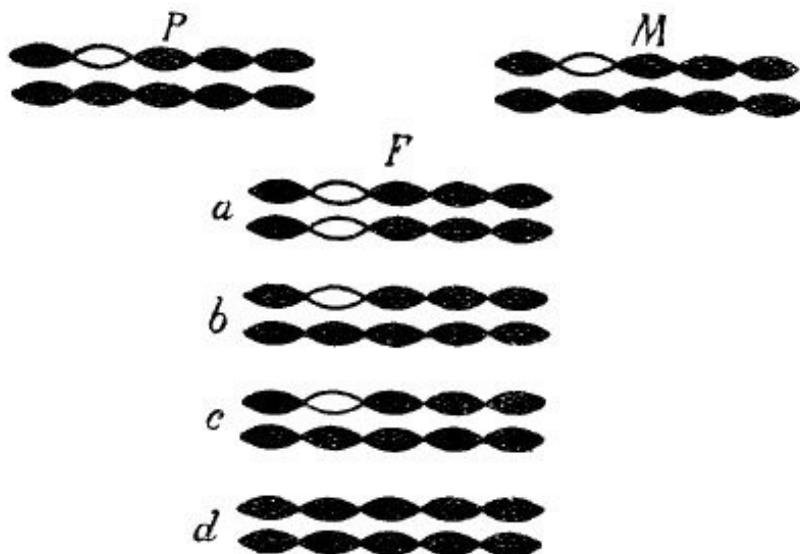


FIG. 7. Schema che illustra gli effetti dell'eredità quando ciascun genitore ha un genidio difettoso (bianco) nella stessa coppia. I genitori *P* ed *M*, avendo ciascuno un genidio normale in quella coppia, sono normali. Dei figli (*F*) alcuni ricevono un genidio difettoso da ciascuno dei genitori, come in *a*, e saranno individui difettosi; altri ricevono un solo genidio anormale, (*b* e *c*) o nessuno (*d*); questi saranno individui normali.

Bisogna supporre che entrambi i genitori siano per loro stessi normali ma che ciascuno porti nella stessa

coppia un genidio difettoso (FIG. 7). Qualcuno dei figli prenderà un genidio difettoso da entrambi i genitori (FIG. 7 F, a), ed il figlio che ha ereditato un tale genidio potrà, benché i genitori non lo siano, essere tardo, stupido, debole di mente o avere altri difetti. Questo non perché sia stato male educato o mal nutrito, (benché queste cose possano avere gravi influenze), ma perché, essendosi uniti due genidi difettosi, non vi è stata correzione. Da questa unione nasce il carattere difettoso.

Qualcuno dei figli degli stessi genitori (nella media teorica, i tre quarti) non riceverà due genidi difettosi in una stessa coppia, ma soltanto uno o addirittura nessuno (FIG. 7, b, c, d). Tali figli apparentemente non presenteranno i difetti e saranno ben differenti dai figli che ricevono entrambi i genidi imperfetti. Ciò succede con grande frequenza, sia rispetto ai difetti lievi ed alle imperfezioni di ogni genere, che rispetto ai difetti più gravi. Accade anche rispetto ai caratteri dominanti e recessivi che non possono dirsi difettosi, come nel caso del colore degli occhi, ed è una delle ragioni principali per cui i figli di una stessa famiglia per certi aspetti sono diversi dai loro genitori e anche diversi uno dall'altro.

Alle volte i figli possono non solo non assomigliare ai genitori, ma essere superiori ad essi, cosa molto importante per i tentativi di migliorare la razza.

Se vogliamo penetrare i problemi biologici della società, delle popolazioni, sia nell'uomo che negli altri organismi, è essenziale vedere come ciò accada. Due genitori possono essere entrambi seriamente deficienti, an-

che nei medesimi caratteri e tuttavia produrre figli normali. I genidi di due genitori simili sono rappresentati, nella fig. 8, da P ed M. Il genitore P ha difettosi entrambi i genidi della seconda coppia, il genitore M ha difettosi entrambi i genidi della quarta. Nella riproduzione un genidio proviene da ciascun genitore e si mette insieme col genidio corrispondente dell'altro genitore per formare la coppia di genidi del figlio; e nel caso come mostrato nella fig. 8, nel figlio (F) nessuna delle coppie



FIG. 8. Schema che illustra come genitori scadenti possano produrre prole superiore. Il padre (*P*) ha entrambi i genidi difettosi (bianchi) nella seconda coppia: la madre (*M*) li ha entrambi difettosi nella quarta coppia: l'uno e l'altra sono dunque individui difettosi. La prole (*F*) ricevendo una serie di genidi (*p* ed *m*) da ciascun genitore, non ha nessuna coppia con entrambi i genidii difettosi, e di conseguenza è normale. Ogni genitore fornisce un genidio normale alla coppia che nell'altro genitore è difettosa.

ha due genidi difettosi. La madre supplisce con un genidio normale alla coppia difettosa (la seconda) del padre, il padre supplisce con un genidio normale alla coppia difettosa (la quarta) della madre; ed ecco come un genitore può essere stato stupido e l'altro tardo, mentre i figli

sono attivi ed intelligenti. I genidi dei genitori si sono compensati l'un l'altro.

Anche se i due genitori manifestano difetti nei medesimi caratteri, i difetti sono spesso dovuti a differenti coppie di genidi, perciò i figli non avranno imperfezioni. Quindi due genitori deboli di mente potrebbero, come si è detto prima, produrre figli che non lo sono. Questo è uno dei fatti piú importanti dell'eredità, che generalmente è trascurato. Chiunque voglia conoscere la origine dei caratteri degli uomini o degli altri organismi deve avere un'idea chiara della situazione che dà origine a questi risultati.

Nello sviluppo di ciascun individuo tutte le migliaia di genidi esistenti cooperano ed agiscono solidalmente, come un insieme di vari ingredienti nella ricetta di un medico.

A produrre anche un solo aspetto od un solo carattere deve intervenire l'opera comune e reciproca dei genidi. Non è vero, come si credeva una volta, che ogni singolo genidio rappresenti un carattere particolare (vedi Cap. VIII); per produrre un carattere, sia pur semplice come il colore degli occhi, devono intervenire molti genidi. Nel moscerino (*Drosophila*), l'organismo di cui meglio si conosce l'eredità, si è trovato che a produrre il solito color rosso degli occhi cooperano almeno quindici coppie di genidi. Qualche genidio forma la base su cui si costruisce l'occhio, e finché non è posta questa base non può apparire alcun colore; altri genidi, dopo che gli occhi sono stati formati, mettono la base del colore stesso,

altri hanno funzioni specifiche nel produrre la proprietà chimica del pigmento. Di conseguenza, se taluno di questi genidi viene alterato, è difettoso, l'occhio ed il suo colore non vengono formati debitamente. Se cambia uno dei quindici genidi che nel moscerino prendono parte alla formazione del colore degli occhi, il colore viene alterato; e si formeranno occhi d'altro colore o senza pigmento o imperfetti nella struttura. La stessa situazione si riscontra per tutti i caratteri, in tutti gli organismi. Un aspetto o un carattere strutturale fisiologico o psicologico può essere mutato o reso deficiente dall'alterazione di uno degli svariati genidi che cooperano a produrlo. Si sa che la debolezza di mente può risultare da una deficienza di un paio di genidi della coppia che ha l'importante mansione di concorrere alla costituzione del cervello. Ma in alcuni individui questa sarà una coppia particolare, in altri sarà un'altra delle molte coppie richieste per formare un cervello normale.

Caratteristiche personali identiche, o molto simili, possono essere prodotte da deficienze o alterazioni in svariate coppie di genidi. Nel moscerino sono state determinate nei cromosomi le posizioni relative di molti dei genidi, cosicché questi possono essere raffigurati come in una carta geografica e determinati mediante un sistema paragonabile a quello della latitudine e della longitudine di un paese nel globo (FIG. 31). L'alterazione di un genidio nel punto 52.5 nel secondo cromosoma fa sí che l'occhio sia porporino invece che rosso. L'alterazione di un altro genidio al punto 43 nel terzo cromo-

soma produce egualmente un color porpora; ed è similmente determinato dalla alterazione di un altro genidio nel punto 44.4 nel primo cromosoma. Questi tre genidi che producono ciascuno occhi porporini hanno diversi nomi: il primo si chiama «porporino», il secondo «marrone», ed il terzo «granato».

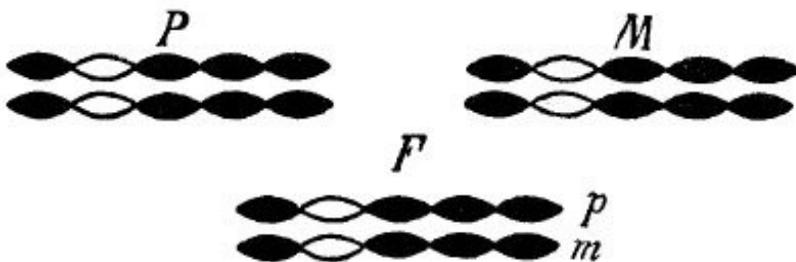


FIG. 9. Schema che illustra il caso di due genitori difettosi, *P* ed *M*, aventi entrambi i genidi difettosi nella medesima coppia. La prole (*F*) riceve un genidio difettoso da ciascuno di essi, ed è quindi anormale, come i genitori.

Quando si uniscono due genitori dagli occhi porporini in cui il color porpora è dovuto ad un'alterazione di entrambi nello stesso genidio, tutti i figli hanno occhi porporini (v. FIG. 9), ma quando si uniscono due genitori dagli occhi porporini in cui il color porpora è dovuto all'alterazione di genidi differenti nei due soggetti (FIG. 8), i figli hanno degli occhi rossi perfettamente normali. I difetti dei genitori si compensano ed i figli nascono normali. Si conoscono molti altri casi di questo genere. Si dice comunemente che due genitori a medesimo carattere recessivo producono solamente figli simili a sé, a

medesimo carattere recessivo. Ma questo è vero soltanto se i medesimi caratteri recessivi dei due genitori sono dovuti allo stesso paio di genidi come nella fig. 9. Se sono dovuti invece a coppie di genidi diversi, i figli non assomigliano ai genitori ma mostrano la perfetta condizione di questo carattere (condizione dominante).

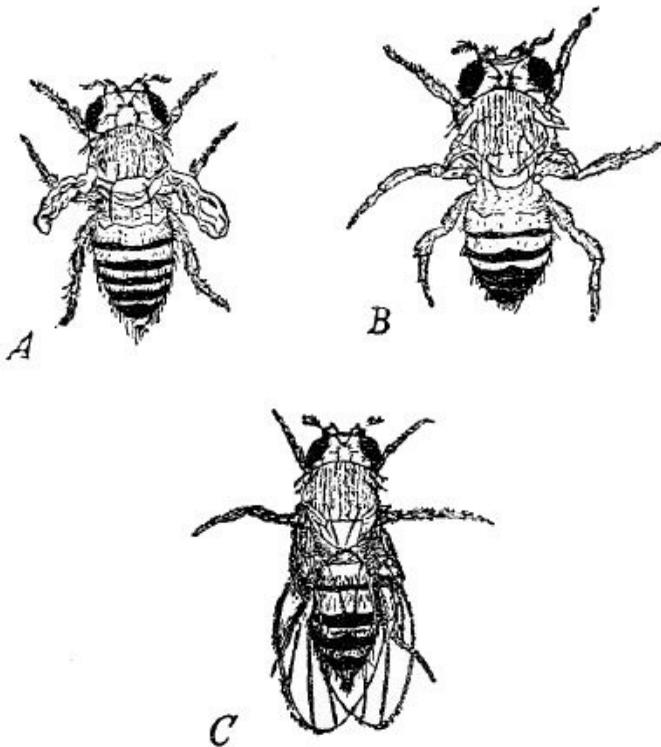


FIG. 10. Unione di due genitori difettosi che dà prole normale. *A*, genitore con ali incomplete; *B*, genitore privo di ali. La loro prole (*C*) mostra delle ali normali, perché i difetti dei genitori sono dovuti a geni diversi che si trovano in coppie diverse, come è mostrato nella Fig. 8. (Dalla *Genetica della Drosophila* di Morgan, Bridges e Sturtevant.)

Accade spesso che difetti di eguali caratteri di due genitori siano dovuti alla deficienza di coppie di geni differenti; e che i loro figlioli siano di conseguenza tutti normali. Così, nel moscerino, individui con piccole tracce di ali (FIG. 10 *A*) possono unirsi con altri che non

hanno ali affatto (FIG. 10 B); i figli non avranno ali difettose ma di forma normale (FIG. 10 C). Parimenti individui senza pigmento negli occhi (dagli occhi bianchi) si possono incrociare con altri senza occhi e i figli avranno occhi perfetti. Questo modo di comportarsi è, nell'eredità, uno dei più comuni.

Questa compensazione nei genidi dei genitori può aver luogo per molte coppie difettose di genidi, nella stessa unione. Una madre può avere una mezza dozzina di difetti personali gravi, risultanti da genidi difettosi in un numero di coppie differenti, e lo stesso può accadere nel padre, purché i difetti dei genidi siano in coppie differenti i figli avranno per ciascuna coppia difettosa un genidio normale (FIG. 11). Essi non avranno dunque alcuno dei numerosi difetti che si riscontrano nei genitori e saranno di gran lunga superiori a loro.

Questa è a gran tratti l'origine, nell'uomo, della superiorità e del genio. È il risultato di una straordinaria combinazione di genidi dovuta al contributo di un numero di genidi complementari fornito dai due genitori.

Questo modo di agire risulta evidente negli organismi in cui l'eredità è stata studiata a fondo. Nel moscerino (*Drosophila melanogaster*) si conoscono centinaia di tipi di individui difettosi che risultano dai difetti recessi

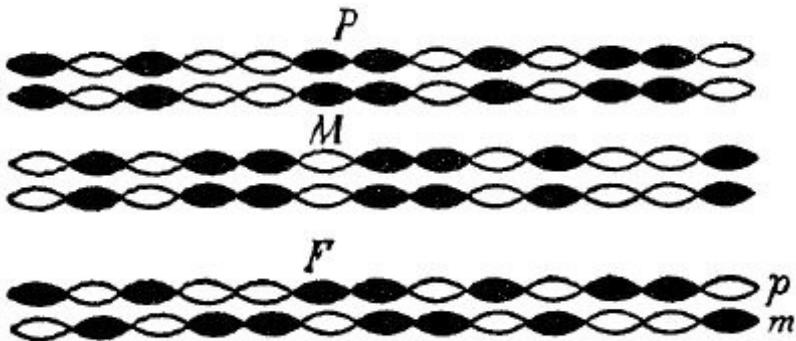


FIG. 11. Genitori che mostrano numerosi difetti ereditari possono generare una prole che non ne mostra nessuno. Il padre (P) ha molte coppie difettose in entrambi i genidi (bianchi), e lo stesso vale per la madre (M). Ma i loro difetti essendo in coppie diverse, la prole P riceve in ogni coppia almeno un genidio normale, ed è composta di individui normali.

vi di centinaia di genidi diversi e ben distinti. Quando si uniscono due di questi individui difettosi la prole è normale, eccetto nei casi in cui i difetti dei genitori risiedono nella medesima coppia di genidi. Nelle piante e negli animali domestici il risultato di combinazioni di genidi supplementari da parte di due genitori è spesso molto notevole. Due diverse razze di granoturco entrambe corte, deboli, e che producono pochissimi chicchi, quando si uniscono danno prodotti vigorosi ed abbondanti. Alcune persone autorevoli sono di opinione che, in questi casi, la compensazione di genidi supplementari non sia la sola causa dell'accresciuto vigore della prole, ma che l'incrocio di razze diverse abbia in altro modo tendenza

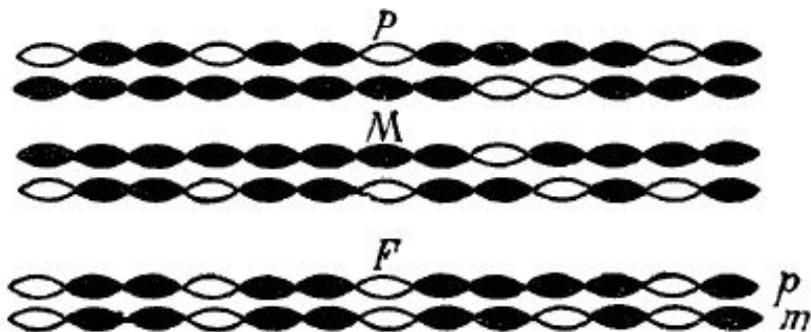


FIG. 12. Genitori (P ed M) perfetti possono produrre prole (F) con numerosi difetti. Ogni genitore possiede un solo genidio imperfetto (bianco) in parecchie coppie; e questi genidi difettosi sono nelle medesime coppie in ciascun genitore. Ecco perché alcuni dei figli (non tutti) possono avere parecchi genidi difettosi in parecchie coppie, (F) e risultare anormali in parecchi caratteri.

a produrre questo rinvigorimento³. Ma non può esservi dubbio che gran parte del miglioramento della prole rispetto ai genitori sia dovuto al compensarsi dei genidi

3 Questo fenomeno è chiamato anche «lussureggiamento degli ibridi». In altri casi invece, gli ibridi hanno uno sviluppo scadente, anche indipendentemente dalla comparsa di caratteri recessivi dannosi. Enriques, chiama «eterosi» il primo caso, quello del lussureggiamento, ed «omosi» lo sviluppo scadente.

Egli ha tentato anche una interpretazione causale di questi fenomeni basata sulla reciproca tossicità dei liquidi organici fra due specie differenti.

Ci limitiamo ad accennare solamente a questi fatti ed all'interessante campo di ricerche che essi aprono e la cui trattazione è stata svolta la prima volta dall'Enriques al I Congresso Int. per lo studio dei problemi della popolazione. (*N. d. T.*)

dei genitori; azione questa facilmente dimostrabile accoppiando individui aventi caratteri recessivi diversi già noti in precedenza.

Negli accoppiamenti tra parenti, vi è molta probabilità che i genidi difettosi di entrambi vengano a trovarsi nella stessa coppia. I due genitori difatti hanno avuto parte dei loro genidi da progenitori comuni, e tra tali genidi comuni è probabile ve ne siano alcuni difettosi. D'altra parte in genitori non consanguinei i genidi difettosi hanno avuto origine indipendente, da progenitori differenti e meno facilmente quindi vengono a trovarsi nella stessa coppia. Questa è la ragione principale per cui genitori non consanguinei e specialmente appartenenti a famiglie differenti o originarie da paesi diversi danno spesso prole superiore. I loro figli non hanno le stesse imperfezioni nel medesimo posto e i genidi difettosi, per essere disposti diversamente, hanno in essi pochissimo effetto o non ne hanno affatto.

Ricapitolando, la produzione di individui eccezionali sia inferiori che superiori in generale è dunque il risultato di una produzione di nuove combinazioni di genidi, nell'unione di due genitori diversi. Gli individui superiori nascono quando due genitori contribuiscono con genidi complementari alle coppie differenti, e nella prole tutti i genidi più o meno difettosi sono affiancati nella stessa coppia da un genidio di tipo superiore. Gli individui inferiori nascono quando ciascun genitore mette nella stessa coppia un genidio più o meno scadente, e i figli hanno molte coppie con entrambi i genidi difettosi.

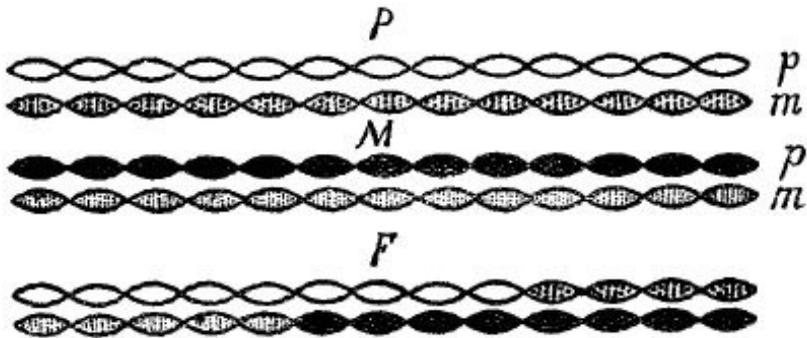


FIG. 13. Schema che illustra la ricombinazione dei genidi degli avi nella prole (F). Il padre possiede una collana di genidi (p) proveniente dal nonno paterno, e l'altra (m) che proviene dal nonno materno. Nella prole (F) si riscontra una ricombinazione dei genidi derivanti dai quattro avi, come è indicato dalle varie tratteggiature.

Un altro metodo che dà luogo a nuove combinazioni di genidi opera nel succedersi delle generazioni, metodo meno diretto di quello sopra descritto, ma di eguale importanza nei suoi effetti. Abbiamo visto che un individuo come P o M nella fig. 13, riceve due sorte o gruppi di genidi, uno dal padre e l'altro dalla madre. Quando due individui (P e M) si uniscono per produrre una nuova generazione ciascuno dà a ciascun figlio uno dei gruppi dei suoi genidi, che può essere il gruppo materno, nel qual caso il figlio avrà molti degli stessi genidi che aveva la sua nonna e tenderà in molti caratteri ad assomigliarle, o il gruppo paterno, nel qual caso il figlio tenderà ad assomigliare al nonno. Nella maggior parte dei casi si troverà dentro al genitore una ricombinazione dei gruppi paterni e materni; metà del gruppo materno

può unirsi con metà del paterno, o tre quarti del materno con un quarto del paterno, come nella fig. 13 F. Le ricombinazioni possono avvenire in tutte le proporzioni e non hanno altra regola che il calcolo delle probabilità. Così il figlio di P ed M prenderà da ciascun genitore non semplicemente il gruppo paterno o materno, ma un gruppo alla cui formazione hanno concorso i due genitori di ogni suo genitore e cioè una nuova combinazione dei genidi provenienti in parte dalla nonna, in parte dal nonno. Questa specie di ricombinazione è molto facile ed anche resa praticamente inevitabile dal fatto che il gruppo di genidi ricevuti da ogni individuo è separato in un numero di segmenti che noi chiamiamo cromosomi (FIG. 4). Il genitore P darà alla sua prole alcuni segmenti materni ed altri paterni; così farà anche il genitore M⁴.

Il figlio avrà a sua volta una nuova combinazione dei genidi derivanti in origine dai suoi quattro nonni. Uno di questi nonni può essere stato stupido e tardo ma laborioso e con grandi aspirazioni che non ha potuto realizzare per colpa della sua stupidaggine. Un altro nonno può aver avuto una naturale prontezza ed intelligenza, ma essere stato indolente e senza ambizione. Alcuni nipoti potranno prendere da uno dei nonni i genidi che portano attività ed ambizione, dall'altro quelli che portano prontezza e grande intelligenza, in questo caso nasceranno individui superiori, uomini che faranno grande riuscita

4 Vedi a questo proposito anche il Cap. III, al paragrafo: «Introduzione dei genidi paterni». (*N. d. T.*)

nella vita. Altri nipoti possono prendere i genidi che danno stupidaggine, indolenza, mancanza di ambizione, e saranno dei buoni a nulla. Combinazioni simili possono avvenire rispetto ad ogni sorta di caratteri.

I due modi di ricombinare i genidi determinano il sorgere di individui eccezionali sia inferiori che superiori. Lo stesso gruppo di genidi può produrre individui superiori, mediocri o inferiori, e in tutte le gradazioni e varietà di ciascun tipo. Questo si può illustrare rappresentando i genidi diversi in coppie, con lettere differenti.

Possiamo rappresentare coppie di genidi riunite in gruppi a questo modo:

A, B, C, D
a, b, c, d

dove i quattro genidi rappresentati dalle lettere maiuscole sono superiori e dominanti, quelli rappresentati dalle lettere minuscole, difettosi e recessivi. Supponendo che ci siano quattro individui tutti aventi la combinazione di genidi

A, B, C, D
a, b, c, d

tutti saranno del tipo migliore possibile, poiché tutti hanno un genidio superiore e dominante per ciascuna coppia. Ma con gli stessi genidi differentemente combinati noi potremmo avere i quattro individui:

A, B, C, D			
A, B, C, D			

di cui due individui sono superiori e due inferiori. Ancora con lo stesso gruppo di genidi combinato diversamente possiamo avere quattro individui

A, b, C, D			
A, b, C, D			

Tutti questi sono superiori rispetto ad alcune delle loro coppie, difettosi rispetto ad altre; la combinazione di caratteri manifesti superiori e difettosi sarà diversa in ciascuno dei quattro. Con gli stessi genidi si può fare un gran numero di altre combinazioni di diverse specie. Ciascuno di questi gruppi di quattro combinazioni si può convertire in un altro gruppo, come avviene nella riproduzione di due genitori. Il numero delle diverse combinazioni che si possono fare con i genidi è praticamente grandissimo; molto più grande di quello degli individui che effettivamente si sviluppano.

SIMIGLIANZA E DISSIMIGLIANZA DI GENITORI E FIGLI

Eredità generalmente non vuol dire simiglianza completa, come abbiamo visto, per le molte maniere in cui

avvengono le nuove combinazioni di genidi nel processo riproduttivo. I genitori non possono dunque essi produrre talvolta figli che somiglino loro completamente?

Genitori che abbiano un certo tipo di costituzione genetica, produrranno figli che hanno la loro stessa costituzione; ma tali genitori sono rari e probabilmente fra gli uomini non si trovano mai. A ciò occorrono infatti due condizioni.

Anzitutto i due genitori devono avere coppia per coppia identici genidi e inoltre il sistema genetico di un genitore deve essere una replica perfetta di quello dell'altro. Questa condizione si avvererebbe per due individui che fossero gemelli cosiddetti monocoriali, ma essendo questi sempre dello stesso sesso, non si possono incrociare a scopo riproduttivo.

In secondo luogo, ciascuno dei genitori deve avere uguali i due membri di ciascuna coppia dei propri genidi, cosicché i due gruppi di genidi, quello che viene a ciascun genitore dal padre e quello che viene dalla madre, siano eguali. Questa condizione senza dubbio non si trova nell'uomo e raramente, se mai, in qualche organismo superiore. Negli animali inferiori e nelle piante si può avere un fatto simile dopo molte generazioni in cui si siano uniti successivamente parenti strettissimi.

La situazione richiesta può essere illustrata rappresentando come prima, i membri delle coppie di genidi per mezzo di lettere dell'alfabeto, usando le maiuscole per i genidi dominanti, le minuscole per i recessivi. Due genitori quindi per avere prole della stessa loro costituzione

devono mostrare un'identica combinazione di genidi, come la seguente:

A, B, c, D, e, F	A, B, c, D, e, F
uniti con	
A, B, c, D, e, F	A, B, c, D, e, F

Si vede facilmente che se si prende da ognuno di questi genitori un genidio di ogni coppia e i due genidi così ottenuti si combinano per formare le nuove coppie del figlio, la coppia del figlio avrà esattamente la stessa costituzione di quelle dei genitori e cioè:

A, B, c, D, e, F
A, B, c, D, e, F

In una razza così costituita, l'eredità significherebbe somiglianza assoluta; ciascuna razza sarebbe, nella sua costituzione ereditaria, uniforme e costante ed uniformemente differente dalle altre razze. Questa condizione sembra realizzata del tutto, o quasi, nel caso di certe piante che si riproducono per autofecondazione, e vi si avvicinano alcune razze di animali domestici. Ma nella specie in cui l'incrocio avviene in libertà fra differenti tipi di individui, essa non si è ancora riscontrata. Nell'uomo i due genitori sono sempre diversi nella loro costituzione genetica ed i due gruppi di genidi sempre diversi nella loro costruzione, cosicché ad ogni riproduzione si formano sempre nuove combinazioni di genidi.

Non è molto raro che i figli assomiglino ai genitori rispetto a singole particolarità. Due genitori possono essere simili nei genidi che determinano il colore degli occhi. Due genitori dagli occhi scuri possono avere ciascuno i genidi dominanti:

A

A

I figli avranno gli stessi genidi e avranno del pari gli occhi scuri. Due genitori dagli occhi azzurri possono avere i genidi recessivi

a

a

I figli avranno gli stessi genidi ed avranno occhi celesti. Ma naturalmente due genitori dagli occhi bruni possono avere la costituzione

A

a

nel qual caso alcuni dei loro figli avranno occhi celesti. Ed è probabile che anche in genitori dagli occhi celesti il colore possa in diversi casi esser dovuto a differenti coppie di genidi recessivi. Le due coppie dei loro genidi in tal caso potrebbero venir rappresentate così:

A, b	a, B
e	
A, b	a, B

I figlioli avranno la combinazione

A, B

a, b

e, con un genidio dominante in ciascuna coppia, il colore dei loro occhi non sarà azzurro, ma del colore dominante. Si sono riscontrati alcuni casi del genere.

Si troveranno relazioni simili per ogni differenza di caratteri che risulti da differenze tra i membri di una singola coppia di genidi. Dai caratteri manifesti nei genitori non si può arguire quale sia la composizione delle loro coppie. La conoscenza di questa si acquista soprattutto con l'osservazione dei loro figli, ma anche gli elenchi dei caratteri dei progenitori di un dato individuo, tratti dalle generazioni passate, potranno illuminarci sulla costituzione di esso. Se noi vogliamo sapere anticipatamente quali tipi di figlioli (rispetto a caratteristiche particolari) avranno probabilmente dati genitori, dobbiamo basarci sui caratteri dei loro antenati.

Estendendo gli elenchi per parecchie generazioni anteriori, la predizione viene ad essere più sicura; ma in certi casi può non essere accettata con certezza fino a che non sia stato prodotto un certo numero di figli.

In qual modo potrebbe prodursi una razza costante ed uniforme, una razza in cui i figli somigliassero ai loro genitori nella costituzione genetica?

Solamente dall'incrocio di parenti stretti per molte generazioni, dopo una lunga e continua serie di incroci, in modo da ottenere le due condizioni specificate dianzi.

Si può continuare l'incrocio per molte generazioni ed in ogni generazione si può praticare una rigida selezione. La maggior parte dei figli prodotti può essere scartata e possono essere tenuti e uniti insieme soltanto i più simiglianti. Ma anche dopo molte generazioni di tale incrocio tra parenti stretti si troverà di regola che la razza non è ancora uniforme in alcune o in molte coppie di genidi, non costante cioè nella sua costituzione ereditaria. I genitori daranno ancora figli dissimili da loro sotto molti aspetti.

In alcune piante si ha in ogni generazione la riproduzione autogama. Lo stesso individuo fornisce entrambe le cellule germinali che si uniscono per formare l'individuo nuovo. È questa la più stretta forma di incrocio fra parenti, ed in tali piante ciò è accaduto per centinaia di generazioni successive. Di conseguenza le diverse razze di dette piante mostrano tutte un forte grado di costanza e di uniformità nei loro tipi individuali. Se nell'uomo potessimo aver da fare con organismi di questa sorte, non accadrebbero più le sorprese ed i paradossi dell'eredità descritti nelle pagine precedenti. L'uomo savio produrrebbe savii figlioli ed il pazzo li produrrebbe pazzi; il briccone bricconi, ciascun tipo di genitore avrebbe fi-

glioli del suo tipo, nell'aspetto, nella fisiologia, nella mentalità. Paragonata alle condizioni attuali la società ed i suoi problemi sarebbero una ben semplice cosa.

Per molti organismi, compreso l'uomo, l'incrocio tra parenti non è la regola. Per molti esseri vi sono speciali condizioni che impediscono l'unione fra stretti parenti. Nell'uomo, come si sa, l'unione fra parenti stretti è quasi ovunque impedita dai costumi e dalla legge. Come abbiamo visto nelle pagine precedenti, queste unioni fra parenti stretti manifestano difetti nascosti nei genidi, mentre l'unione fra individui estranei tiene i difetti celati. Questa è senza dubbio la ragione biologica per cui si evita questo genere di incroci, non desiderando gli uomini di avere figlioli difettosi. Se non vi fossero genidi difettosi non vi sarebbe, biologicamente parlando, alcuna obiezione all'incrocio fra parenti stretti.

Nell'uomo e negli animali superiori in cui non è di regola l'incrocio fra parenti, gli individui sono molto diversi nella loro costituzione.

Da questo punto di vista la società umana può essere divisa a un dipresso in tre classi. Alla sommità, formanti una piccola percentuale, sono gli individui superiori, con buone combinazioni di genidi, poiché i loro genidi difettosi sono compensati da quelli normali. All'altro estremo un'altra piccola classe di deficienti criminali ed altri individui poco desiderabili che hanno una disgraziata combinazione di genidi, con insufficiente compensazione. Tra queste due v'è la grande classe della mediocrità, la quale comprende il 95 % della popolazione.

La grande maggioranza dei membri delle due classi estreme nasce da genitori della classe mediocre. Quando da genitori mediocri si hanno fortunate combinazioni di genidi che si compensano l'un l'altro, i figli che nascono passano nella classe superiore. Sono individui i cui nomi si trovano nel «Chi è?»; poeti, inventori, scienziati, re della finanza o campioni sportivi. Quando avviene una cattiva combinazione i figli cadono nella classe degli inferiori e diventano vagabondi, criminali o indigenti. Con ogni figlio ha luogo una nuova combinazione e ogni singola coppia di genitori può formare letteralmente centinaia di combinazioni diverse. Così figli di medesimi genitori possono trovarsi nella classe superiore, mediocre o inferiore. Né si può prevedere a quale classe un figlio apparterrà.

Il frequente apparire di figli che non somigliano ai propri genitori né si assomigliano fra loro non è indizio di una deficienza o debolezza dell'eredità, se noi consideriamo eredità la dipendenza dei caratteri individuali dai genidi che i propri genitori forniscono. Invece l'apparire in una famiglia di un figlio molto diverso dai genitori e dai fratelli, sebbene allevato nella stessa casa e con uno stesso trattamento, è, se giustamente inteso, un esempio notevole della potenza dei genidi sulla vita e sui caratteri umani. Una profonda base di somiglianza nella famiglia sarebbe incomprendibile dal punto di vista genetico, essendo incompatibile con quello che noi sappiamo del modo di agire del sistema genetico negli organismi superiori.

Ma in ogni mutamento di generazione in generazione, in ogni ricombinazione di genidi con conseguente produzione di diversi gruppi di caratteri non vi è assolutamente tendenza da parte di genitori, a produrre figli simili a loro? Non vi è proprio un maggior grado di somiglianza fra i membri di una stessa famiglia? Sicuro che c'è. A dispetto di tutti i casi eccezionali, i membri di una data famiglia si somigliano l'un l'altro molto più che un numero eguale di individui presi a caso.

Se noi scegliamo un certo numero di genitori che abbiano gli occhi azzurri, essi produrranno una proporzione maggiore di figli con gli occhi azzurri di quel che non facciano un egual numero di genitori dagli occhi neri. Si troverà che i genitori alti producono una proporzione maggiore di figli alti, che non genitori di bassa statura. Rispetto ai caratteri fisici tutte queste cose si possono misurare, ed i gradi di somiglianza si possono esprimere numericamente. Genitori e figli mostrano un grado considerevole di somiglianza nei loro caratteri fisici, e ciò si riscontra anche nei diversi figlioli di una stessa famiglia. Il coefficiente di somiglianza è circa il 40% ed il 50% tra i membri di una stessa famiglia, mentre fra individui presi a caso il coefficiente è zero, e tra individui perfettamente simili (se ne esistessero) sarebbe il 100%. Queste relazioni hanno valore per un largo numero di individui presi collettivamente, mentre per un particolare individuo, nelle sue relazioni con i genitori e con i fratelli, la predizione è molto più difficile.

Riguardo ai genidi, queste relazioni significano che

complessivamente i membri di una stessa famiglia hanno piú genidi in comune di quanti non ne abbiano gruppi di individui presi a caso, o, piú precisamente, vogliono dire che i membri di una stessa famiglia hanno piú genidi manifesti simili. Per genidi manifesti intendiamo quelli che producono effetti caratteristici: i genidi dominanti, quando nella stessa coppia sono presenti sia i dominanti che i recessivi, i recessivi, quando sono presenti questi soli. Nelle persone con occhi bruni il genidio dominante è quello manifesto, sebbene possa esistere anche il recessivo; nelle persone ad occhi azzurri il genidio manifesto è quello recessivo perché non esiste in esse un genidio dominante per il colore degli occhi. Il fatto che parenti stretti o membri di una stessa famiglia hanno in comune un maggior numero di genidi manifesti di quel che non abbiano individui estranei, può essere dimostrato. Ne consegue che, *coeteris paribus*, i parenti stretti si assomigliano di piú che non gli individui estranei, rispetto a tutti i caratteri dipendenti dai genidi, strutturali, funzionali o mentali che siano. Questa somiglianza può essere perturbata in casi particolari, da differenti condizioni di ambiente, poiché i caratteri funzionali e mentali vengono gravemente colpiti dalle differenze d'ambiente, materia che verrà trattata nei capitoli seguenti; ma a lungo andare la maggior similarità rispetto ai caratteri suddetti, in individui strettamente imparentati non può fare a meno di manifestarsi.

QUALI SPECIE DI CARATTERI DIPENDONO DAI GENIDI?

E finalmente, quali specie di caratteri dipendono dai genidi? Cioè quali specie di caratteri vengono alterati alterando i genidi, sostituendo un genidio con l'altro in una coppia genetica?

Si può rispondere che tutti i tipi di caratteri, tutte le manifestazioni di qualunque genere di vita sono alterabili con l'alterare dei genidi. Esperimenti di genetica hanno largamente dimostrato questo asserto. Si è visto che i caratteri strutturali interni ed esterni, il colore, la forma, la grandezza, le proprietà chimiche, le funzioni fisiologiche, i sensi, il comportamento, cambiano tutti con il cambiare dei genidi. In ciò non vi è nulla di strano. È ovvio che se cambia la materia di cui un individuo è costituito, cambieranno anche alcune o tutte le sue proprietà, tutti i suoi caratteri, come se si cambia il materiale di cui sono fatte le parti di un'automobile, cambieranno le caratteristiche di essa, velocità compresa. Sia per la macchina che per l'organismo, sarebbe sorprendente che accadesse il contrario. La verità di questo asserto non implica che non vi siano anche altre maniere per cambiare i caratteri. Nel caso della macchina, le proprietà e la conformazione possono essere mutate anche cambiando il metodo di costruzione o cambiando le condizioni d'ambiente a cui il materiale è sottoposto. Parrebbe che lo stesso dovesse avvenire per l'organismo.

Tratteremo questa materia nei capitoli seguenti, specialmente nel capitolo V, soffermandoci particolarmente sul problema seguente: quali differenze possono apportarsi ai caratteri di un organismo alterando l'ambiente e le condizioni in cui esso si sviluppa?

CAPITOLO II ESISTENZA DEI GENIDI

NATURA DELLE PROVE

In che modo conosciamo che i genidi esistono e che sono in relazione con i caratteri individuali? Come furono scoperti i fatti in questione e da quali prove sono confortati? Quali sono le relazioni dimostrabili tra genidi e caratteri?

Le prove in questione sono fornite dalla dimostrazione sperimentale, dimostrazione certa, indiscutibile, conclusiva, benché tratti materie incognite ai piú ed emerga da una quantità di dettagli di cui non si può venire a capo senza gran fatica. A questo fatto si deve il persistente scetticismo di alcune persone. Esse non hanno penetrato il cumulo delle prove, altrimenti il loro scetticismo svanirebbe.

I genidi esistono realmente e compiono il lavoro ad essi attribuito. Dalla loro azione nello sviluppo nascono

gli esseri organizzati. Il loro comportamento ci dà i fenomeni di eredità e le leggi dell'eredità sono le regole della loro distribuzione. Le alterazioni nella loro costituzione ci danno l'evoluzione organica. Una conoscenza dettagliata delle loro proprietà e del loro modo di agire ci dà la chiave per capire quello che negli organismi c'è di più importante. Temperamento, mentalità, comportamento, personalità dipendono tutte, in molte maniere, dai genidi. Se i genidi esistono veramente è vano tentar di comprendere tutte queste cose senza metterle in stretta relazione con le proprietà e con il comportamento di essi.

Perché è evidente che essi esistono?

Non è da tutti conseguire una piena conoscenza delle prove fornite. La vita è troppo corta e ci sono tante altre cose da fare. Ciò nonostante possiamo darne un saggio che basti a farne intendere la natura.

La maggior parte di queste prove ci vengono dalle grandi esperienze di THOMAS HUNT MORGAN e dai suoi lavori sul comune moscerino, *Drosophila melanogaster* (FIG. 14). Questo animale si presta molto bene a tale genere di ricerche; grazie allo studio di essi furono scoperti molti dei fatti fondamentali relativi all'eredità e alle sue relazioni con i genidi. Ciò fu poi confermato da esperienze su molti altri organismi e le condizioni riscontrate nel moscerino sono, nella sostanza, di validità generale⁵.

⁵ Le ricerche sul moscerino hanno valso al MORGAN il premio

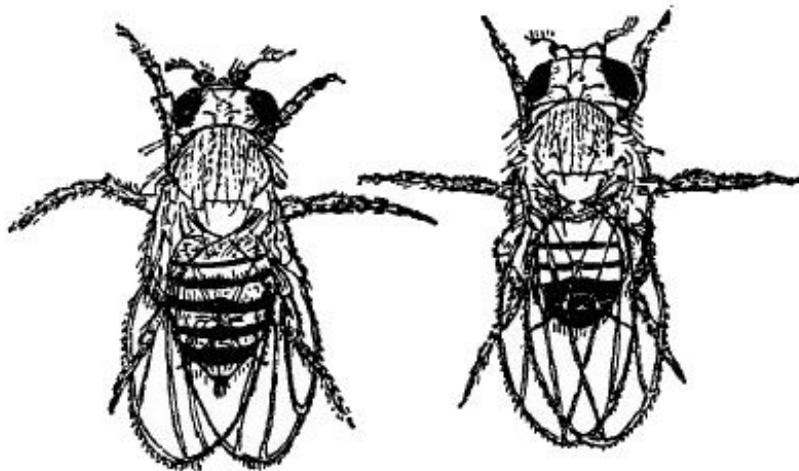


FIG. 14. Il moscerino, *Drosophila melanogaster*, lo studio del quale ha fornito le basi a gran parte delle nostre conoscenze sull'eredità. A sinistra la femmina, a destra il maschio. (Dalla *Genetica della Drosophila*.)

IL FILO DI ARIANNA: IL CROMOSOMA

Il filo conduttore che ha permesso di dare solide basi sperimentali a queste nozioni fu la scoperta che, in molti organismi superiori, gli individui dei due sessi differiscono, fino dal principio della loro esistenza, nel fatto che quelli di un sesso hanno un cromosoma di più di quelli dell'altro. Questo cromosoma in più si trasmette,

Nobel per la medicina nel 1933.

col passare delle generazioni, da individui di un sesso a quelli dell'altro e viceversa, secondo una data legge. È così possibile determinare con certezza da generazione a generazione il cammino di un cromosoma particolare. Fu quindi possibile scoprire quale dei caratteri distintivi di un particolare individuo segua quel particolare cromosoma nel suo passaggio dal genitore al figlio. In questo modo si trovò che non già un singolo carattere segue il corso del singolo cromosoma, ma un intero gruppo di caratteri separabili e distinti lo seguono nel suo tipico cammino di generazione in generazione, cammino così caratteristico e così bene osservabile (come vedremo più tardi) che non ci si può sbagliare. Lo seguono anche quando un caso fortuito porta questo particolare cromosoma su una strada fuori del normale. Questa scoperta divenne la chiave di tutto lo studio dei cromosomi. In seguito fu tracciato l'intero sistema della relazione tra caratteri, cromosomi e loro parti costitutive, i genidi.

Per apprezzare come è stato fatto tutto ciò, bisogna rendersi conto di alcuni dettagli che riguardano i cromosomi e la loro relazione con il sesso. I cromosomi si vedono senza difficoltà al microscopio. Sebbene per uso pratico vengano di solito resi più evidenti dalla colorazione che vien loro data artificialmente, è importante sapere che anche senza colore sono visibili in cellule viventi.

In alcuni animali superiori, specialmente in certi Insetti, si è trovato che un individuo femmina possiede un cromosoma più del maschio. Essa ha un numero pari di

comosomi costituenti tante coppie e i due membri di ciascuna coppia sono uguali nella forma e nella grossezza (FIG. 15 B).



Fig. 15. Gruppi dei cromosomi nel maschio (A) e nella femmina (B) di un insetto (*Protenor*) secondo *Wilson*. A sinistra sono mostrati i gruppi come appaiono al microscopio: a destra le coppie di cromosomi costituenti il gruppo, in ordine di grandezza.

Il maschio invece ha un numero dispari di cromosomi, essendo una delle sue coppie ridotta a un solo elemento (FIG. 15 A). Il cromosoma dispari del maschio fu designato come X. Apparve tosto, come vedremo, che la coppia della femmina corrispondente a questo X è formata da due X che possono essere provenienti da ma-

schì di una generazione anteriore, presso i quali rappresentavano il cromosoma dispari. Cioè il maschio contiene un certo numero di coppie di cromosomi piú un X, la



Fig. 16. Gruppi di cromosomi maschili e femminili in un animale (*Lygaeus*) presso il quale il maschio è fornito di un cromosoma Y (secondo *Wilson*). *a*: Il gruppo maschile dei 14 cromosomi veduto al microscopio; *b*: Il processo di divisione, durante il quale quel gruppo si divide in due gruppi di sette cromosomi ciascuno, per la formazione delle cellule germinali; *c*: I due gruppi hanno costituito i due tipi di cellula germinale, l'uno fornito del cromosoma X, l'altro del piccolo cromosoma Y; *d*: Il gruppo dei 14 cromosomi nella femmina, al microscopio; *e*: le sette coppie costituenti il gruppo femminile, in ordine di grandezza.

femmina contiene lo stesso numero di coppie piú due X che costituiscono un'altra coppia.

In molte altre specie, compreso l'uomo, il maschio ha

a compagno dell'unico X un altro piccolo cromosoma detto Y (FIG. 16). Questo cromosoma Y è rudimentale, generalmente assai piccolo e si è trovato che ha un'assai limitata funzione. Non si trova nelle femmine, ma esclusivamente nei maschi. In alcune specie, tuttavia, questo Y, sebbene a funzione rudimentale, è grande come X o quasi, ma di forma differente, come nel caso del famoso moscerino (FIG. 17).

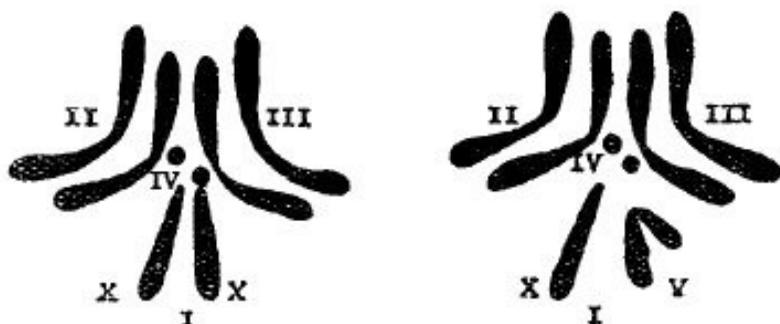


Fig. 17. Il gruppo dei cromosomi nei due sessi, nel moscerino (*Drosophila melanogaster*). A sinistra il gruppo femminile, con due cromosomi X diritti; a destra quello maschile, con un X diritto e un Y a uncino. (Dalla *Genetica della Drosophila*.) I numeri romani sono la designazione consueta delle singole coppie: i due X, o l'X piú l'Y, costituiscono la coppia I.

Cosí, in detti organismi, i maschi e le femmine differiscono nei loro cromosomi fin dal principio della loro esistenza individuale quando sono costituiti ciascuno da una singola cellula. Quando la cellula si divide cosí da formare il corpo dell'adulto, ad ogni divisione ciascuno

dei cromosomi si divide in due e una metà passa in ciascuna delle cellule prodotte, cosicché ciascuna cellula del corpo viene ad avere la stessa quantità di cromosomi che esisteva all'origine nella singola cellula dell'ovo fecondato. Nell'organismo del maschio ogni cellula differisce sempre, nei suoi cromosomi, dalle cellule dell'organismo femminile.

Questa situazione rende possibile il seguire particolarmente il cromosoma X da un dato genitore ad un altro e scoprire così come un cromosoma X differisca nei suoi effetti da un altro. Ciò si fa nel modo seguente:

Quando il genitore produce le cellule germinali che daranno origine alla nuova generazione, *ciascuna cellula germinale riceve un solo elemento di ciascuna coppia di cromosomi appartenenti ad esso genitore* (FIGURA 18). Il lettore ponga bene mente a questa importantissima differenza fra le cellule di un dato individuo specificamente destinate alla generazione e tutte le altre che lo compongono. Grazie alla riduzione già detta, la cellula germinale si trova a contenere soltanto metà dei cromosomi delle cellule del genitore. Dove prima erano tante coppie di cromosomi vi è ora un unico cromosoma per sorte. Nei maschi alcune cellule germinali o spermatozoi ricevono il cromosoma X, altre no (FIG. 18 A); il maschio produce quindi due specie di cellule germinali, una fornita del cromosoma X e l'altra priva di esso (quest'ultima contiene il cromosoma rudimentale Y, in quelle specie che lo possiedono).

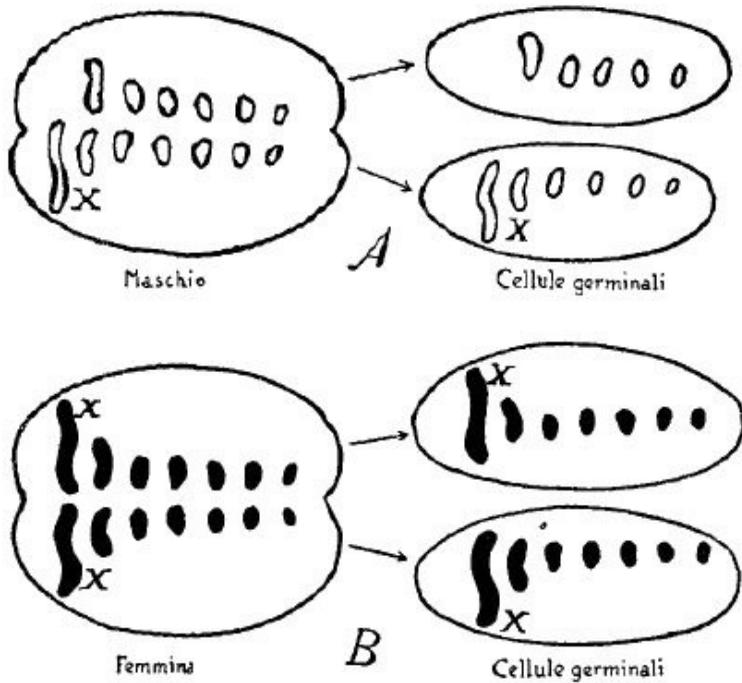


FIG. 18. Combinazioni dei cromosomi nella formazione delle cellule germinali, nei maschi e nelle femmine. Lo schema si basa sui cromosomi del *Protenor* (V. FIG. 15). Quelli del maschio sono rappresentati in bianco (A): quelli della femmina in nero (B). A sinistra vi è la cellula del genitore; essa nel maschio ha sei paia di autosomi ed un X; nella femmina ugualmente sei paia, e due X. A destra, le cellule germinali. Metà di quelle prodotte dal maschio hanno un X, e metà ne è priva: invece tutte quelle prodotte dalla femmina possiedono un X. (Lo schema è continuato nella fig. seguente.)

Le cellule germinali femminili non hanno questa divisione in due classi. Poiché nel genitore femmina c'è una

coppia di X, ciascuna cellula germinale od uovo riceve un X ed a tutte le uova tocca un X per ciascuno (FIG. 18 B).

L'unione di uno spermatozoo con un uovo costituisce la fecondazione. Quando uno spermatozoo che porta un

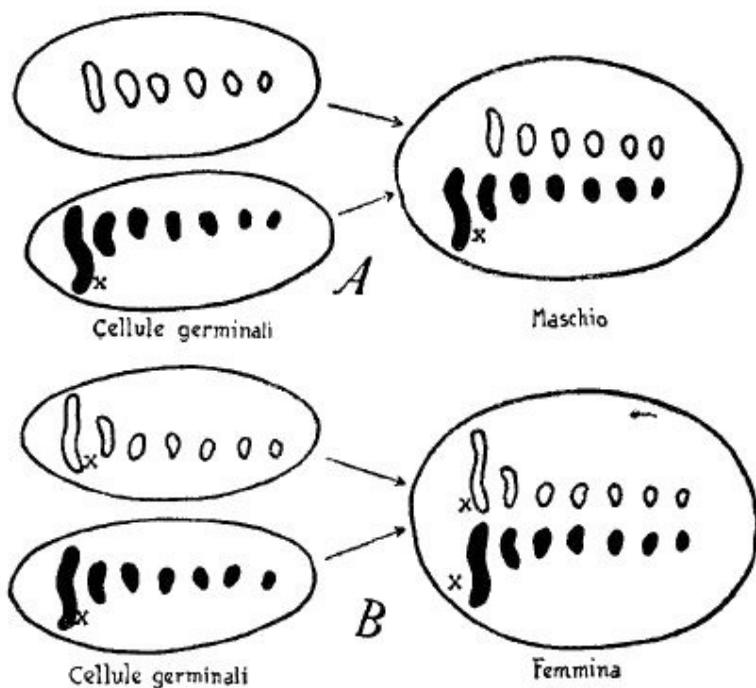


Fig. 19. (Continuazione dello schema alla figura precedente.) Formazione di individui maschi e femmine (uova fecondate) dalla coniugazione delle cellule germinali dei genitori. I cromosomi del maschio in bianco, quelli della femmina in nero. *A*, formazione di un individuo maschio, da una cellula paterna priva di X, con una cellula materna provvista di un X. *B*, formazione di una femmina, da una cellula paterna provveduta di un X, con una cellula materna che anch'essa ne ha uno. Il cromosoma X del maschio passa dunque alle figlie, non ai figli.

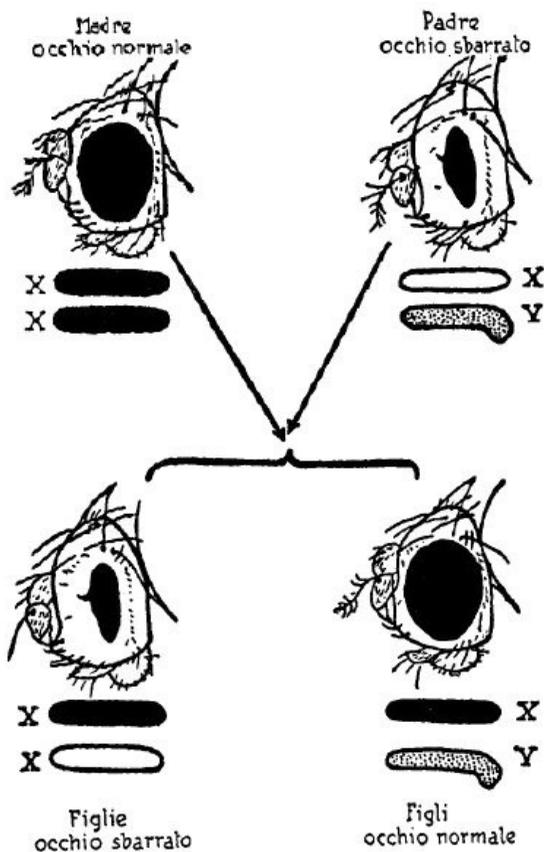


FIG. 20. Occhio sbarrato e occhio normale, nella *Drosophila*, e loro trasmissione nell'eredità quando una madre con occhi normali si unisce a un padre con gli occhi sbarrati. Lo spazio nero in ciascun occhio rappresenta lo spazio occupato dalle faccette dell'occhio. Negli individui (in alto a destra, e in basso a sinistra), affetti da occhi sbarrati, esso è ridotto a una sorta di sbarra ristretta. Sotto a ogni figura sono indicati i cromosomi X del rispettivo individuo: quelli della madre (normali) in nero, quelli paterni (difettosi) in bianco. Il cromosoma Y è punteggiato. Tutti gli individui che possiedono un X del tipo paterno (bianco) hanno occhi sbarrati. Di conseguenza le figlie sono come il padre, i figli come la madre.

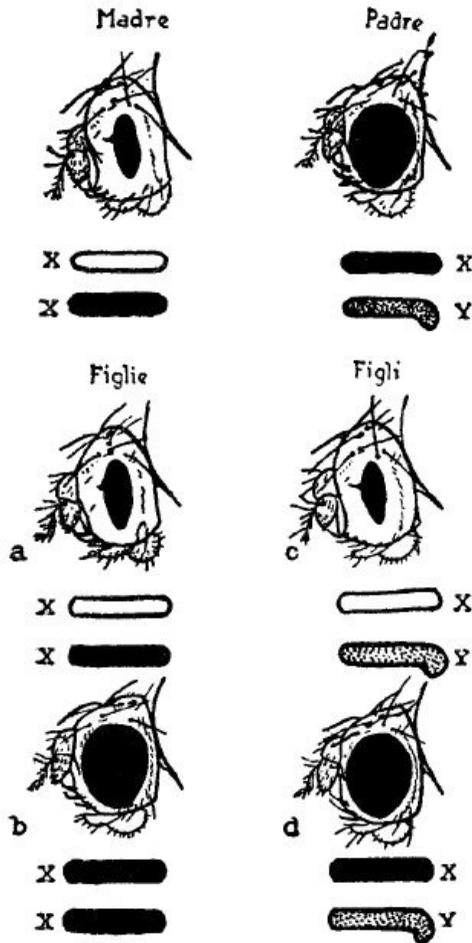


FIG. 21. Svolgimento d'eredità quando una delle figlie di cui alla figura precedente diventa a sua volta madre, accoppiandosi a un individuo normale. La madre possiede uno dei cromosomi X che danno l'occhio sbarrato (bianco) e l'altro normale (nero): l'X paterno è normale. Delle loro figlie, metà (a) riceve il cromosoma difettoso, metà (b) quell'altro: le prime (a) hanno occhi sbarrati, le seconde (b) normali. E così una metà dei figli (c) eredita dalla madre il cromosoma imperfetto, l'altra (d) non lo eredita; i primi sono individui difettosi, i secondi normali.

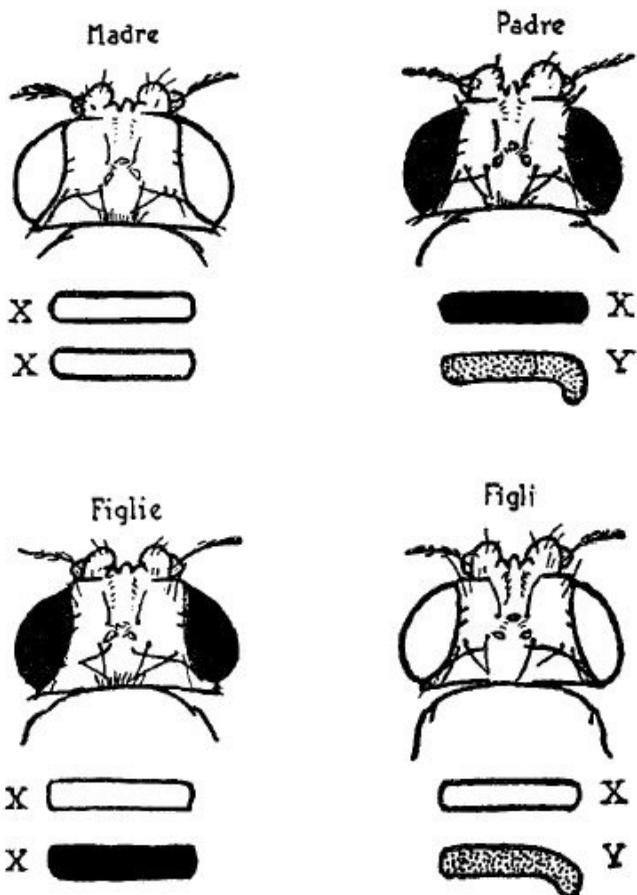


FIG. 22. Eredità di un carattere recessivo che è associato a un tipo particolare di cromosoma X: gli occhi bianchi. La madre ha occhi bianchi (indicati in bianco); il padre, rossi (segnati in nero). I cromosomi di ciascun individuo sono indicati sotto alla figura dei rispettivi capi: in bianco i materni; in nero i paterni. Le figlie, che hanno avuto un X da ogni genitore, hanno occhi rossi, come il padre. I figli, che ebbero un solo X dalla madre, hanno gli occhi bianchi di questa. (Il cromosoma Y non ha effetto sugli occhi.) Gli occhi bianchi appaiono ogni volta che il tipo materno dell'X è l'unico presente.

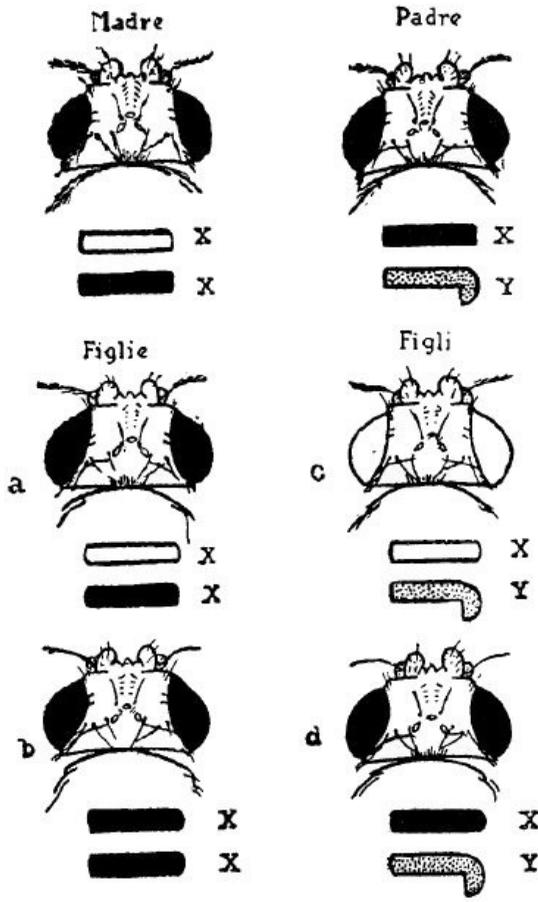


FIG. 23. Eredità di un carattere recessivo associato a un tipo particolare di cromosoma X. Qui la madre ha un X difettoso (segnato in bianco) derivato dalla madre con occhi bianchi della figura 22, mentre l'altro X è normale (in nero): essa ha dunque gli occhi rossi normali. Il compagno cui si è unita ha un X normale, e occhi rossi normali. Dei quattro tipi di prole mostrati (*a, b, c, d*) uno solo (*c*) che rappresenta la metà dei figli, ha occhi bianchi, per avere ricevuto l'X difettoso della madre. Tutte le figlie (*a* e *b*) e l'altra metà dei figli hanno occhi rossi normali, poiché hanno ricevuto almeno uno degli X normali.

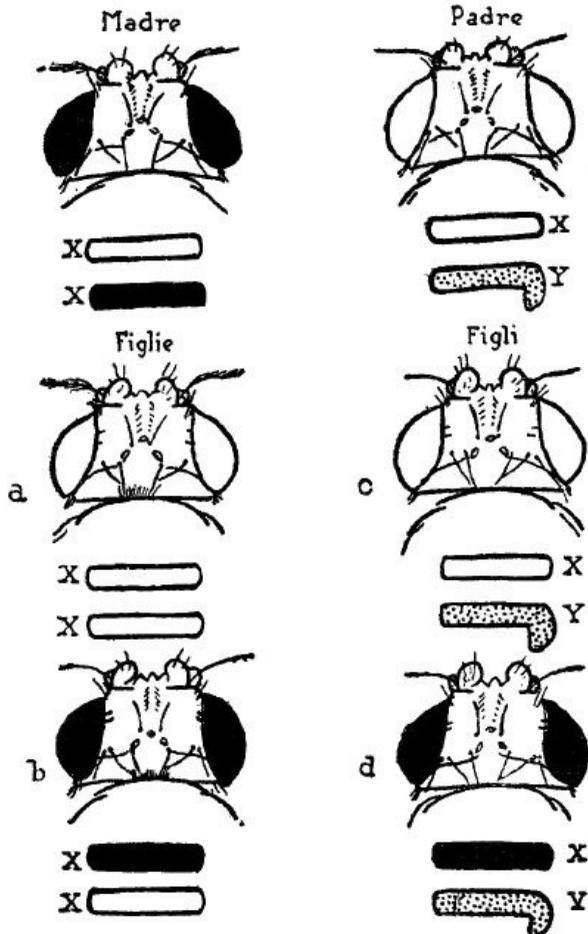


FIG. 24. Eredità degli occhi bianchi e rossi nella *Drosophila*, quando il padre ha occhi bianchi, e la madre uno degli X difettosi che tendono a produrre tale carattere. Delle figlie (*a* e *b*) una metà (*a*) riceve un X difettoso tanto dal padre quanto dalla madre, ed ha occhi bianchi. L'altra metà (*b*) riceve dalla madre un cromosoma normale, e dal padre uno difettoso: quest'ultima ha occhi rossi. Dei figli (*c* e *d*) una metà (*c*) riceve l'X materno difettoso, e ha occhi bianchi; l'altra (*d*) riceve l'X materno normale, e ha occhi rossi.

X si unisce con un uovo anch'esso fornito di un X, le uova fecondate che ne risultano hanno di conseguenza due X e danno origine a un individuo femminile (FIG. 19 B). Quando invece uno spermatozoo non ha X (pur avendo in talune specie un Y) e si unisce con un uovo, l'uovo fecondato che ne risulta ha un unico X (pur avendo talvolta un y) e nasce un maschio (FIG. 19 A).

Da ciò si vede che il cromosoma X di un padre passa sempre alle sue figlie, mai ai suoi figli. Il figlio prende sempre il suo singolo cromosoma X esclusivamente dalla madre, mai dal padre, e così di seguito di generazione in generazione. Se i cromosomi X di origine materna producono effetti e caratteri differenti dal cromosoma X di origine paterna, sarà possibile seguire questi diversi caratteri osservando di generazione in generazione il cammino dei diversi cromosomi X. Un effetto prodotto esclusivamente dal cromosoma X del padre può manifestarsi nelle figlie ma non nei figli. Un effetto prodotto esclusivamente dal cromosoma X della madre appare nei figli poiché essi hanno soltanto questo tipo di X, può o non può apparire nelle figlie perché esse hanno entrambi i tipi di X. In alcuni casi è dominante l'uno e in altri l'altro.

CARATTERI CHE SEGUONO I DIVERSI CROMOSOMI

Basandosi su questi fatti si trovò che spesso il cromosoma X del padre produce veramente un effetto differente dal cromosoma X della madre. Mostreremo un caso tipico delle relazioni esistenti tra centinaia di caratteri differenti. Nel moscerino si trovano individui in cui la struttura dell'occhio è anormale avendo molte faccette non completamente sviluppate. Le faccette complete formano una larga sbarra in mezzo all'occhio (FIG. 20). Se un maschio che ha gli occhi sbarrati si incrocia con una femmina dagli occhi normali, le figlie tutte avranno gli occhi sbarrati, mentre tutti i figli avranno gli occhi normali (FIG. 20), cioè tutti i figli che contengono il cromosoma X del padre hanno gli occhi sbarrati, tutti quelli che contengono il solo cromosoma X della madre hanno gli occhi normali.

Sembra dunque che l'anormalità degli occhi sbarrati

possa essere dovuta ad una peculiarità di certi cromosomi X, ma non di certi altri. Ciò è confermato da innumerevoli esperimenti. Come si è visto prima, se il padre ha gli occhi sbarrati e la madre no, tutte le figlie avranno gli occhi sbarrati (FIG. 20). Sappiamo che queste figlie prendono un cromosoma X dal padre e uno dalla madre (FIG. 19 B): ora, incrociando queste figlie con un maschio con gli occhi normali (FIG. 21), otteniamo metà dei figli e metà delle figlie con gli occhi sbarrati, l'altra metà con gli occhi normali e vediamo anche come metà dei figli e metà delle figlie abbiano ricevuto il cromosoma X che viene originalmente dal nonno dagli occhi sbarrati, mentre l'altra metà non lo ha.

L'occhio sbarrato invariabilmente segue il corso di quel particolare cromosoma X e dei suoi discendenti, mostrandosi unicamente dove questo cromosoma X è presente. Questa è l'esposizione di un fatto positivo. È evidente che l'occhio sbarrato è il risultato di una peculiarità, un difetto o anormalità di alcuni cromosomi X. Ciascun individuo che riceve un tale cromosoma X ha gli occhi anormali, cioè questo cromosoma X difettoso fa in modo che l'uovo fecondato si sviluppi e dia origine a un individuo che ha gli occhi sbarrati.

Si è trovato che altri cromosomi X hanno altri effetti. Alcuni caratteri si comportano come quello degli occhi sbarrati, appaiono cioè in presenza di determinati cromosomi X e non altrimenti.

Altri si comportano in maniera differente agendo come caratteri recessivi invece che dominanti. Tali ca-

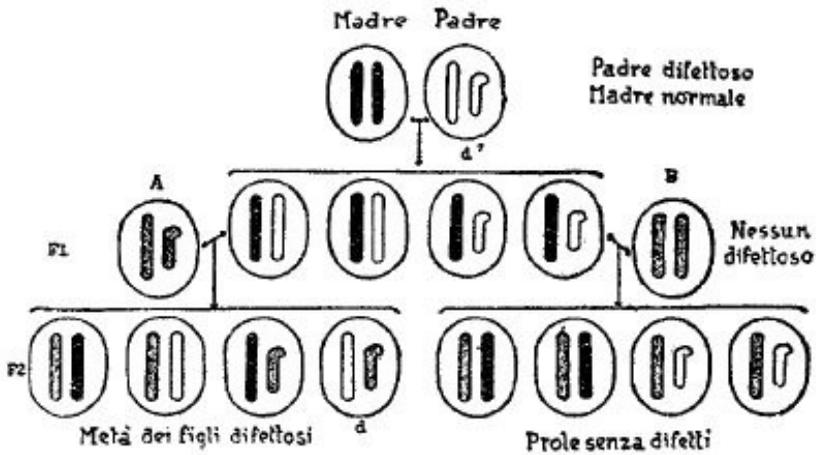
ratteri recessivi sono piú comuni che i dominanti. Seguono tutti la medesima regola distributiva, apparendo in ogni individuo in cui una particolare specie di cromosoma X è la sola specie esistente. Un caso tipico di questo genere è il seguente: se una femmina con gli occhi bianchi si incrocia con un maschio dagli occhi rossi, tutti i figli avranno gli occhi bianchi, mentre le figlie avranno gli occhi rossi (FIG. 22). Sappiamo che i figli prendono il loro X dalla madre ed hanno gli occhi somiglianti alla madre, che le figlie prendono uno dei loro X dal padre ed uno dalla madre. Poiché esse avranno gli occhi somiglianti al padre è chiaro che l'X del padre prevale su quello della madre. Possiamo riconoscere quale sia l'X che porta gli occhi bianchi incrociando queste figlie con un maschio dagli occhi rossi (FIG. 23): metà dei loro figli avranno gli occhi bianchi. I figli riceveranno il loro unico cromosoma X dalla madre e, come sappiamo, la metà della coppia di questi X della madre viene dalla nonna con gli occhi bianchi, l'altra metà dal nonno con gli occhi rossi (FIG. 22). Gli individui che hanno solamente un X proveniente dal primo genitore con gli occhi bianchi hanno occhi bianchi, mentre quelli che hanno entrambi gli X mostrano soltanto occhi rossi.

Gli occhi bianchi sono dunque dovuti ad una certa specie di cromosomi X, ma il colore bianco appare solamente quando questa specie di X è la sola presente nell'individuo in questione. È perciò un carattere recessivo, mentre gli occhi sbarrati, egualmente dipendenti da una certa specie di cromosomi X, sono un carattere

dominante. Tali caratteri recessivi appaiono nelle femmine (dove ci sono due X) soltanto se entrambi gli X sono dello stesso tipo. Nel caso degli occhi bianchi, se noi incrociamo femmine dagli occhi rossi che hanno un X preso dal padre con gli occhi bianchi, come nella fig. 24, metà delle figlie (come metà dei figli) avranno gli occhi bianchi. Queste figlie, come mostra la fig. 24, in *a*, hanno due X che vengono dai genitori con gli occhi bianchi. Apparendo in tutti i maschi con l'X difettoso e solamente in quelle femmine che hanno entrambi gli X difettosi, tali caratteri recessivi sono molto piú frequenti nei maschi che nelle femmine. Essi vengono dunque detti caratteri *legati al sesso*, ma, quantunque siano piú comuni nei maschi, non sono limitati ad un sesso.

Si sono trovati molti altri caratteri recessivi che seguono una particolare specie del cromosoma X, manifestandosi esclusivamente quando questo tipo di X è il solo presente.

Nel moscerino si conoscono piú di cinquanta di questi caratteri, e se ne incontrano in tutti gli altri organismi, anche nell'uomo. I caratteri che si trovano nell'uomo sono difetti o malattie. Soprattutto la emofilia o difficoltà di coagulazione del sangue, alcune specie di daltonismo, una specie di atrofia muscolare conosciuta come «malattia di Gower» ed altre. Tutte queste malattie seguono le regole dei caratteri legati al sesso, o dominanti o recessivi, cioè alcune si manifestano quando è presente una certa specie di cromosoma X, altre solamente quando è presente un altro tipo di X.



1 FIG. 25. Discendenza di un cromosoma X difettoso, derivato dal ca-
 1 postipite maschio, quando le unioni *non siano tra consanguinei*. L'X
 5 difettoso è segnato in bianco, quello normale in nero. La prole in F₁
 1 nata dalla coppia primitiva, si unisce con gli individui A e B, non con-
 1 sanguinei ad essa: i cromosomi X di questi ultimi (punteggiati) non
 1 sono difettosi. Gli individui difettosi sono segnati con *d*. In F₁ tutti gli
 1 individui sono normali. In F₂ sono difettosi metà dei figli delle figlie,
 mentre è normale tutta la prole dei figli maschi (e tutta la ulteriore dis-
 cendenza di questa) poiché l'X difettoso è del tutto assente.

Ma, benché queste siano le regole generali, in rari

casi ad esse vien fatta eccezione; e cioè, quando un padre difettoso si unisce con una madre normale, caso in cui il difetto si manifesta sia nei figli che nelle figlie, pur non mostrandolo che circa metà di essi. Se una di queste figlie difettose si unisce con un maschio normale, tutti i figli, che ereditano dalla madre, ma nessuna delle figlie, che ereditano dal padre, presentano il difetto. Vale a dire che «i figli ereditano dalla madre, le figlie dal padre».

Prima che fosse conosciuta la relazione di questi fenomeni coi cromosomi X non si dava nessuna importanza a tali avvenimenti. Il trasmettersi dei difetti ereditari sembrava soltanto casuale. Ma quando si mette in relazione con questo la distribuzione di certi particolari cromosomi X, tutta la materia diventa chiara: il difetto appare negli individui in cui il solo tipo di X esistente è difettoso, non in altri. Lo schema della fig. 26 illustra tutti i casi particolari di cui si è già parlato nei paragrafi precedenti. Quando l'X del padre è il solo difettoso, mentre quello della madre è normale, i figli maschi non ricevono X difettosi e nessuno dei loro discendenti avrà il difetto, a meno che essi non si uniscano con individui che hanno un X difettoso. Quando il padre e la madre hanno un X difettoso per ciascuno (FIG. 26 F2) e la madre per essere fornita di un X normale è normale, metà delle figlie avrà due X difettosi e di conseguenza sarà difettosa,

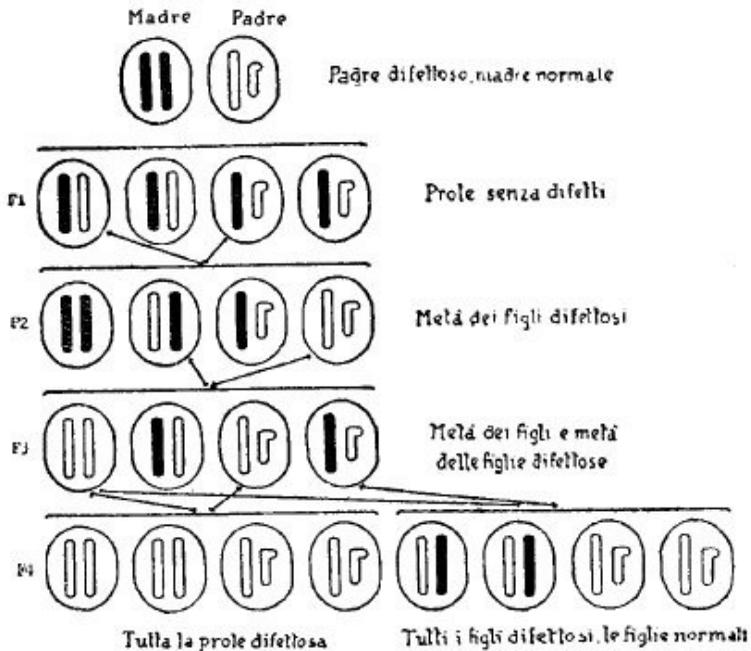


FIG. 26. Discendenza per varie generazioni di un cromosoma X difettoso derivato dal capostipite maschio, *quando vi siano unioni consanguinee tra i discendenti*. L'X difettoso al solito   in bianco, gli X normali derivati dalla madre, in nero; il cromosoma Y (presente nei soli maschi)   raffigurato come pi  piccolo e ricurvo. Le file orizzontali sono le condizioni cromosomiche negli individui delle successive generazioni (da F₁ a F₄). Le femmine (con due X) sono a sinistra; i maschi (con un X e un Y), a destra. Le frecce indicano i genitori da cui i singoli individui sono nati. L'X difettoso produce un difetto individuale recessivo; ossia, gli individui aventi il solo X difettoso, con o senza l'Y, sono difettosi. Tutti quelli che possiedono un X normale (nero) sono normali.

ma anche met  dei figli avr  un X difettoso e perci  sar  difettosa.

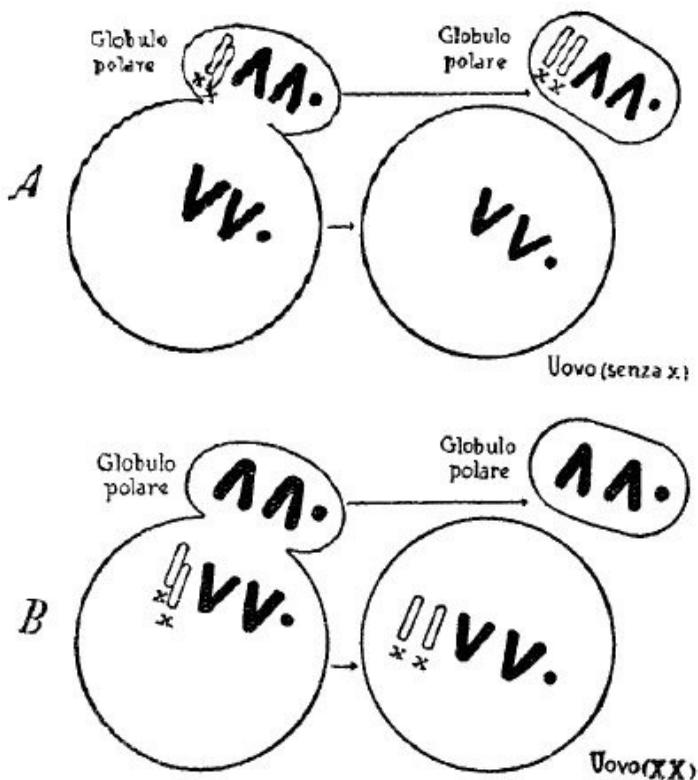


FIG. 27. Produzione (nella *Drosophila*) di due tipi d'uova, allorché, nella formazione delle cellule germinali, i due cromosomi X non si separano. Gli X sono segnati in bianco e diritti, le altre tre paia di cromosomi (vedi FIG. 17) in nero. In *A*, i due X passano nei globuli polari (cellule germinali rudimentali ed inattive), lasciando un uovo privo di cromosoma X. In *B*, i due X passano invece nell'uovo, dando origine a un uovo che contiene un elemento solo per ciascun paio di cromosomi originali, ma due cromosomi X.

Furono esaminati centinaia e centinaia di casi e tutti con il medesimo risultato.

Raramente i cromosomi X sono distribuiti in modo

diverso dal normale; tuttavia quando ciò si verifica, i caratteri legati al sesso seguono la eccezionale distribuzione degli X, con effetti stupefacenti. Per maggior chiarezza vediamo un caso.

Nel moscerino gli occhi bianchi sono dovuti, come abbiamo visto, ad un difetto del cromosoma X. Allorché una femmina con gli occhi bianchi, avente due X con quel difetto, si unisce con un maschio normale dagli occhi rossi, di regola tutti i figli somigliano alla madre, hanno cioè gli occhi bianchi, mentre le figlie somigliano al padre, ed hanno gli occhi rossi (FIG. 22); questo perché, come si è visto, la madre trasmette alle sue uova solamente uno dei suoi X difettosi, mentre per produrre le femmine entra in ciascun uovo un X normale del padre e per questo le femmine sono normali ed hanno gli occhi rossi.

C. B. BRIDGES trovò che in certi casi, quando la madre produce cellule germinali i suoi due X difettosi per qualche ragione non si separano, e allora alcune delle uova portano due X, altre non ne hanno alcuno (FIGURA 27). Queste due classi di uova vengono quindi fecondate dalle solite due classi di spermatozoi, una contenente un X, l'altra un Y. Quando uno spermatozoo contenente un Y si unisce con un uovo contenente i due X, se questi sono ambedue difettosi (FIG. 28 A), si produce una femmina (sebbene lo spermatozoo con Y, quando si unisce con un uovo contenente un solo X, produca un maschio). Ora *tali femmine hanno occhi bianchi come la madre* perché entrambi i loro X, venen-

do dalla madre, sono difettosi. Quando uno spermatozoo contenente un X normale si unisce con un uovo che non ha X (FIG. 28 B) produce un maschio (poiché nella

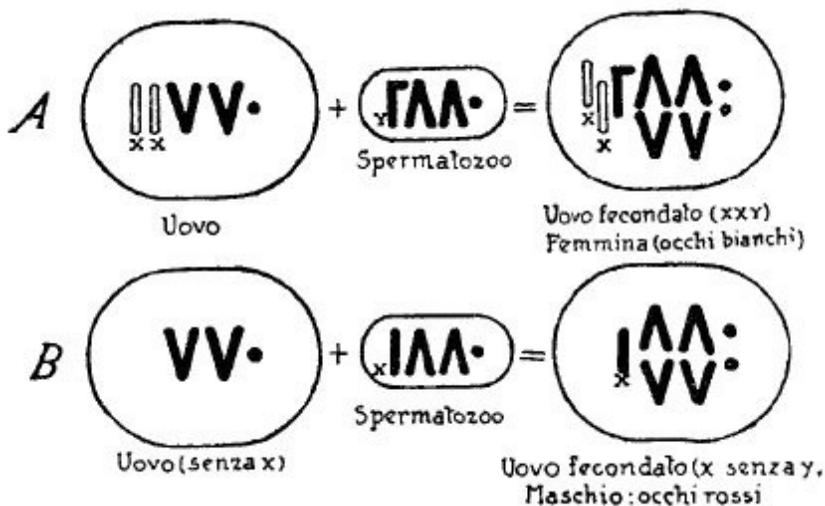


Fig. 28. Fecondazione normale dei due tipi di uova mostrati nella figura precedente. A, uovo con due X, fecondato da uno spermatozoo con un Y, produce una femmina avente nelle proprie cellule due X (entrambi dall'uovo) ed un Y. B, uovo privo di X, fecondato da uno spermatozoo fornito di X, produce un maschio le cui cellule contengono un X (proveniente dallo spermatozoo) ma prive di Y. Gli X dell'uovo (bianchi), sono difettosi; e producono occhi bianchi anziché rossi. Le femmine XXY hanno perciò occhi bianchi, i maschi X occhi rossi normali.

combinazione è presente un solo X); detti *maschi hanno gli occhi rossi* come il padre, poiché il loro unico X viene dal padre. In questo caso, contrariamente alla regola, i figli assomigliano al padre e le figlie alla madre. I ca-

ratteri normali e difettosi seguono precisamente la distribuzione dei cromosomi X normali e difettosi, sia che questi si distribuiscano secondo le regole solite o no.

In questi casi la distribuzione anormale dei cromosomi X si riconosce al microscopio. Le femmine eccezionali con gli occhi bianchi hanno due X ed un Y (FIG. 28), mentre le femmine normali con gli occhi rossi hanno due X senza Y. I maschi anormali con gli occhi rossi hanno un solo X e nessun Y (FIG. 28), mentre quelli normali con gli occhi bianchi hanno due X ed un Y. Fu trovata ed allevata a lungo da L. V. MORGAN una razza di moscerini in cui i due X della femmina, di regola non si separano e passano insieme in un uovo: e questa razza dà perciò di solito risultati anormali come i sopra descritti⁶.

6 La trattazione dei fenomeni ereditari legati al sesso è stata sistematizzata da ENRIQUES in vari suoi lavori. Questa forma di eredità può presentarsi in quattro casi diversi a seconda che il carattere viene trasmesso dal cromosoma x o dal cromosoma y, ed a seconda che nelle varie specie il sesso eterozigote (xy) è il maschio o la femmina.

Si parla allora di:

eredità *diaginica* se il cromosoma affetto è l'x ed il sesso (xy) è il maschile. (Caso *Drosophila* e Uomo);

eredità *diaandrica* se il cromosoma affetto è l'x ed il sesso (xy) è la femmina. (Caso delle Farfalle e degli Uccelli);

eredità *oloandrica* se il cromosoma affetto è l'y, ed il sesso (xy) è maschile;

eredità *ologinica* se il cromosoma affetto è y ed il sesso eterozigote (xy) è il femminile. (Caso ancora sconosciuto).

Questi casi eccezionali sono evidentemente di grande interesse e di massima importanza, poiché dimostrano chiaramente che i caratteri legati al sesso dell'individuo dipendono da particolari cromosomi X e dalla loro distribuzione. Le regole di distribuzione dei caratteri sono le regole di distribuzione dei cromosomi, sia che questi siano normali od anormali. Per cambiare la distribuzione dei caratteri e di conseguenza le regole dell'eredità è necessario soltanto cambiare la distribuzione dei cromosomi, come dimostra la razza trovata da L. V. Morgan.

È chiaro che questi diversi cromosomi hanno diverse peculiarità che danno origine a diversi caratteri ereditari ciascuno dei quali segue la distribuzione dei suoi X. Solo nel moscerino si conoscono più di cinquanta di questi diversi caratteri legati al sesso; perciò in questo insetto esistono più di cinquanta tipi differenti di cromosomi X ciascuno dei quali dà origine ad un differente carattere legato al sesso.

L'eredità *ologinica* è stata invece ritrovata in animali con sesso eterozigote maschile, come la *Drosophila* e come nell'Uomo (per i casi di malattie d'occhi descritte da Enriques al Congresso Internazionale di Genetica a Berlino, 1927). Questi casi si spiegano con i fenomeni di «non disgiunzione» dei cromosomi sessuali.

Secondo l'Enriques anzi questi fenomeni ci indicano il processo che può aver portato in certi gruppi di animali all'inversione del sesso eterozigotico. (*N. d. T.*)

IL CROMOSOMA X È COMPOSTO DI DIVERSE PARTI

Qui nasce una questione di grande importanza. Possono due o piú di questi caratteri essere determinati dallo stesso cromosoma?

Le esperienze dicono di sí. Nel moscerino un tipo di cromosoma X determina il color giallo del corpo, un altro produce gli occhi bianchi. Ma uno stesso individuo può avere il corpo giallo e gli occhi bianchi e questo può accadere anche nel maschio che di cromosomi X ne ha uno solo. Per di piú, quando un tale maschio si riproduce, entrambi questi caratteri seguono la distribuzione del cromosoma X del padre, nella maniera già detta.

Piú di due caratteri possono seguire cosí la distribuzione di un cromosoma X. Quattro, cinque, sei o piú caratteri legati al sesso possono esistere in un maschio e seguire la distribuzione del suo cromosoma X; e, casi di questo genere sono stati seriamente studiati. Ciascuna di queste peculiarità può in altri casi corrispondere a un differente cromosoma X.

Qui sorge una delle questioni fondamentali della genetica. Quando due o piú caratteri seguono un singolo cromosoma X, ha questo cromosoma una o piú parti corrispondenti ai diversi caratteri, o è un'unità inseparabile costituita in modo da produrre quei caratteri?

Si può rispondere ampiamente osservando i risultati delle fecondazioni sperimentali. *Due o piú caratteri che*

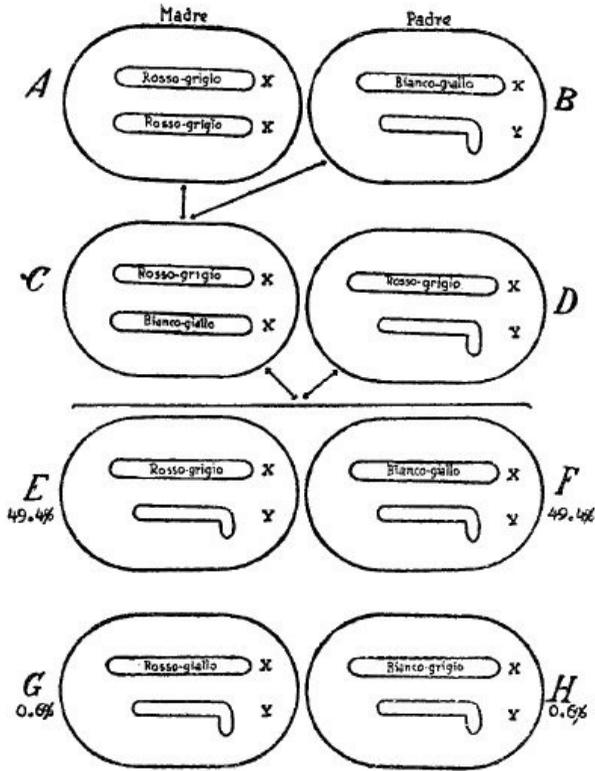


FIG. 29. Dimostrazione che il cromosoma è composto di elementi separabili che hanno diverso effetto sullo sviluppo. Una femmina *A*, gli X della quale producono occhi rossi e addome grigio, si accoppia con un maschio *B* il cui unico X produce occhi bianchi e addome giallo. Le loro figlie *C* possiedono nella stessa cellula le due specie di cromosomi. In talune di queste cellule i due cromosomi si scambiano alcuni elementi, di guisa che dopo la loro separazione nelle cellule germinali l'uno produce occhi rossi e addome giallo, l'altro occhi bianchi e addome grigio. La dimostrazione è corroborata dal fatto che le femmine *C* producono un piccolo numero di figli nei quali l'unico X presente produce quelle nuove combinazioni; e insieme un numero assai maggiore di altri figli, l'unico X dei quali produce la combinazione originaria.

seguono lo stesso singolo cromosoma, si possono separare, e seguiranno piú tardi differenti cromosomi X. Questi caratteri sono quindi prodotti da diverse parti separabili di uno stesso cromosoma. Tale fatto è così importante che dovrebbe essere seguito nei particolari affinché appaia chiara la natura conclusiva dell'esperimento.

Fu scelto un moscerino maschio dagli occhi bianchi ed il corpo giallo (FIG. 29 B). Questi sono caratteri legati al sesso recessivi ed entrambi sono in relazione con il cromosoma X. Si incrocia un tale maschio con una femmina di cui i due cromosomi X sono normali, cioè con una femmina dagli occhi rossi e dal corpo grigio (FIG. 29 A). Le loro figlie (FIG. 29 C), secondo la regola generale, prendono un X normale (rosso-grigio) dalla madre, un X anormale (bianco-giallo) dal padre. Nelle loro cellule quindi esisteranno queste due specie di cromosomi X uno accanto all'altro nella stessa cellula (FIG. 29 C).

Qui, come dimostrano i risultati, *le due specie di cromosomi possono scambiarsi alcune delle loro parti*, così da formare una nuova combinazione di caratteri.

Ciò si capisce unendo alcune di queste femmine (C) che hanno i due tipi di cromosomi X, con maschi normali (FIG. 29 D) aventi un cromosoma X normale e perciò occhi rossi e corpo grigio, e osservando solamente i figli maschi da essi prodotti (FIG. 29 E, F, G, H). I maschi, come noi sappiamo, prendono il loro singolo cromosoma X dalla madre soltanto. Le due specie di

cromosomi X della madre (FIG. 29 C) si separano passando in uova differenti. Quando le uova a cromosomi normali rosso-grigi vengono fecondate da uno spermatozoo contenente un Y del maschio, producono figli con occhi rossi e corpo grigio (FIG. 29 E). Le uova a cromosomi recessivi (bianchi-gialli) producono figli maschi con occhi bianchi e corpo giallo (FIG. 29 F). La maggior parte dei figli maschi prodotti sono di questi due tipi. Ma tra essi vi è anche un esiguo numero, circa l'1%, che ha una nuova combinazione di caratteri. Vi sono maschi che hanno occhi rossi e corpo giallo (FIG. 29 G) e un egual numero di maschi che hanno occhi bianchi e corpo grigio (FIG. 29 H). Queste nuove combinazioni continuano a seguire nelle generazioni successive i particolari cromosomi X.

Perciò è chiaro che i diversi cromosomi X, presenti nelle cellule della madre di questi figli, si sono scambiati in alcuni casi delle parti così da formare nuove combinazioni di caratteri. Evidentemente l'occhio bianco ed il corpo giallo del nonno erano dovuti a diverse parti del singolo cromosoma di esso, che in seguito si sono separate e una di esse s'è combinata con una parte del cromosoma X derivato dalla nonna. Gli occhi ed il corpo grigio della nonna erano dovuti a diverse parti dei cromosomi X di essa, separatesi e combinate con una parte del cromosoma bianco-giallo. Tale scambio di parti dei cromosomi si osserva su vasta scala ed anche nei libri italiani viene indicato col nome che gli dettero i ricercatori americani: *crossing over*.

Il singolo cromosoma dunque, secondo gli esperimenti, si compone di parti separabili aventi diversi effetti nello sviluppo. Questo è uno dei fatti fondamentali della scienza dell'eredità e dello sviluppo.

Quante sono le parti di un cromosoma X? Grazie a un grandissimo numero di esperimenti si è potuto accertare che ciascuno dei 50 e più diversi caratteri legati al sesso del moscerino può essere portato dal cromosoma X e più tardi distribuito in cromosomi differenti. Ne segue dunque che un cromosoma X del moscerino ha 50 o più parti separabili, ciascuna interessata allo sviluppo di una data parte dell'organismo.

È giusto dare un nome a queste parti ed infatti noi sappiamo che comunemente si chiamano *genidi*. La parola genidio serve ad indicare queste parti separabili che presiedono allo sviluppo dei caratteri. In questo senso i genidi sono una realtà e non un'unità ipotetica, con proprietà astratte.

Il numero già conosciuto delle diverse parti (o genidi), contenuto nel cromosoma X del moscerino, cresce col procedere degli studi. Presentemente si aggira intorno a 50; ma senza dubbio quel cromosoma contiene un centinaio e più di genidi. In altri organismi il cromosoma X è stato relativamente poco studiato; ma, ciò nonostante, si è trovato che anche in essi contiene molte parti agenti diversamente.

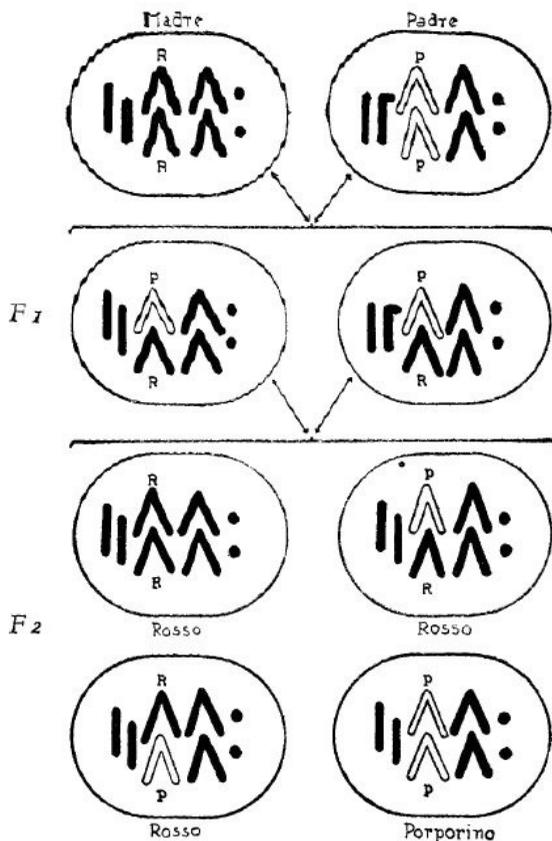


FIG. 30. Eredità (mendeliana tipica) nei casi dove la differenza tra un carattere dominante e uno recessivo è dovuta a una differenza in un autosoma dei due capostipiti. Il padre ha i due elementi della sua seconda coppia di cromosomi (segnati in bianco) così modificati da produrre occhi di color porporino (carattere recessivo, contrassegnato p); nella madre invece la coppia corrispondente è inalterata, e produce occhi del consueto color rosso (R). Ciascuno dei discendenti (F_1) contiene uno degli autosomi modificati (p) e uno normale (R); perciò hanno tutti occhi rossi. Se questi discendenti sono fatti accoppiare tra loro, producono (F_2) le combinazioni RR , pR , Rp , e pp : ossia la proporzione mendeliana di 3 rossi e 1 porporino.

ALTRI CROMOSOMI

Con un metodo simile a quello adoperato per il cromosoma X, sebbene con piú complessi esperimenti sugli allevamenti, si giunse a scoprire che ogni altro cromosoma è egualmente composto di un gran numero di parti diverse (genidi) separabili attraverso scambio e ciascuna di queste parti possiede il suo caratteristico effetto sullo sviluppo. Nel moscerino si è trovato in ciascuna delle due altre coppie di cromosomi, quelle segnate con II e III nella figura 17, un gran numero di parti diverse, circa un centinaio. Nel piccolo cromosoma IV della fig. 17 si trovò invece un esiguo numero di genidi separati. Il cromosoma Y ha poco effetto nello sviluppo ed appare come un cromosoma degenerato. Tuttavia, come vedremo nei paragrafi seguenti, si è trovato in alcuni organismi che diversi cromosomi Y determinano un diverso sviluppo rispetto ad alcuni pochi caratteri.

Gli altri cromosomi vengono distribuiti alla prole in una maniera molto diversa da quella tenuta dai cromosomi X. Per distinguerli da X e da Y, vengono comunemente detti *autosomi*. Mentre per esempio un maschio ha un solo X, ha sempre due membri di una coppia di autosomi. L'X del padre passa, come sappiamo, soltanto alle figlie; ma tanto l'uno che l'altro dei membri di una coppia di autosomi possono passare sia ai figli che alle figlie.

In conseguenza di questo diverso modo di distribuirsi,

i caratteri dovuti a peculiarità di un dato autosoma mostrano regole di eredità molto diverse da quelle dipendenti da un dato cromosoma X. I caratteri risultanti da peculiarità di autosomi mostrano un comportamento tipico chiamato *mendelismo* (perché seguono le leggi scoperte da G. MENDEL⁷) contrastante con l'eredità legata al sesso dei caratteri dovuti alle peculiarità di X. Ciò viene illustrato nella fig. 30, che mostra un caso tipico del moscerino. Gli autosomi del padre della coppia II si modificano così da produrre in lui occhi porporini (p) invece dei soliti occhi rossi (R). Nella madre gli autosomi della stessa coppia (R), essendo del tipo normale fan sí che essa abbia gli occhi normali. La prole (F₁) di questi due riceve uno degli autosomi normali della madre ed uno di quelli modificati del padre. Ne deriva che tra i due autosomi, quello normale è dominante, cosicché tutta questa prole avrà gli occhi rossi, sebbene ciascun figlio prenda dal padre un autosoma modificato (p). Ora, quando due di questi figli si uniscono fra loro si ottengono molti caratteri interessanti. Ciascuno di tali genitori produce due tipi di cellule germinali, una contenente il cromosoma normale (R) l'altra quello modificato (p). Nell'incrocio ciascun tipo di cellula germinale del padre (R e p) si unisce con un tipo (R e p) di quelle della madre. Così, segnando per prima la designazione delle cellule paterne, risultano le combinazioni seguenti: RR, Rp, pR, pp.

⁷ Sulla scoperta di MENDEL si troveranno maggiori ragguagli piú avanti, al Cap. VIII. (*N. d. T.*)

Le prime tre danno origine ad individui con occhi rossi, poiché R è dominante sopra p; l'ultima dà origine ad individui con occhi porporini. Così sorge il tipico rapporto mendeliano, di tre dominanti su uno recessivo. Questa tipica eredità mendeliana, con il rapporto di tre individui con un carattere e uno con l'altro, appare per tutti i caratteri determinati dalle diverse sorte di autosomi (eccezion fatta nei casi in cui nessun carattere è assolutamente dominante). Ovunque appaia questa tipica eredità mendeliana, ne consegue dunque che il carattere così ereditato dipenda dalla peculiarità di qualche autosoma.

LE LEGGI DELL'EREDITÀ SONO LE REGOLE DELLA DISTRIBUZIONE DELLE PARTI DEI CROMOSOMI

Questi fatti illustrano il principio generale che *le «leggi dell'eredità» sono essenzialmente le regole di distribuzione dei cromosomi*, in relazione coi fatti della dominanza e della recessività. Una caratteristica dovuta ad una peculiarità dell'X segue una legge dell'eredità; una caratteristica dovuta ad una peculiarità di un autosoma ne segue un'altra. Se per un caso il cromosoma X è distribuito in una maniera inusitata, la caratteristica mostra la stessa inusitata distribuzione. La stessa cosa è vera anche per gli autosomi. Nel moscerino il piccolo IV cromosoma (FIG. 17 IV) è qualche volta distribuito

irregolarmente; e i caratteri dipendenti da esso seguono allora questa distribuzione irregolare (BRIDGES).

Poiché il cromosoma Y è distribuito con una legge diversa da quelle della distribuzione degli altri cromosomi (X e autosomi), tutti i caratteri dipendenti da peculiarità di particolari cromosomi Y mostrano altre leggi dell'eredità. Numerosi casi di questo genere sono stati accertati recentemente. Tali caratteri si trasmettono esclusivamente da padre a figlio. Non appaiono mai nelle femmine, e non sono mai trasmessi attraverso queste. Un caso di questo genere è noto nel moscerino, e un considerevole numero di tali caratteri, dipendenti da peculiarità del cromosoma Y, si è scoperto in un certo pesce. Tutte queste relazioni illustrano il fatto che le leggi speciali dell'eredità non sono la conseguenza di qualche attributo caratteristico generale ed universale della materia vivente, ma sono al contrario il risultato di specialissime peculiarità di particolari parti di particolari organismi. Differenti caratteri presentano differenti mezzi di eredità perché dipendono da peculiarità di cromosomi che seguono differenti modi di distribuzione. Quando il metodo di distribuzione del cromosoma è mutato, muta il modo di eredità; come è stato dimostrato prima. Vi sono negli organismi superiori tre principali modi di eredità: il modo legato al sesso, dipendente da peculiarità del cromosoma X; quello tipico mendeliano dipendente da peculiarità di certi autosomi; quello dimostrato dalle poche caratteristiche che dipendono da peculiarità del cro-

mosoma Y⁸. Per mezzo dell'uso dei raggi Roentgen è stato possibile in qualche caso provocare l'unione di una porzione del cromosoma X con un autosoma. In seguito a ciò i caratteri dipendenti da quella porzione del cromosoma X cambiano e non si comportano più come caratteri legati al sesso, ma seguono invece le leggi dell'eredità mendeliana.

In certi organismi vi sono ancora altri modi di distribuzione dei cromosomi; e in corrispondenza vigono altre regole di eredità. Nella riproduzione di molti organismi inferiori i figli nascono da un solo genitore e ricevono da esso tutti i cromosomi. In tale riproduzione non vi è né l'eredità mendeliana né quella legata al sesso, ma un tipo del tutto differente. Le regole dell'eredità sono dunque una fedele riproduzione dei modi di distribuzione dei cromosomi.

8 Si può anche considerare l'eredità in rapporto ai cromosomi, in modo più unitario, considerando l'eredità legata al sesso un caso particolare di quella mendeliana. La differenza di comportamento dei caratteri dipende dal fatto che i cromosomi latori dei caratteri stessi non si trovano in tutti i figli, ripartiti secondo le leggi della probabilità come nel caso degli autosomi. Il carattere invece comparisce solo in quel sesso in cui si trova il cromosoma latore del carattere, e nelle condizioni in cui questo carattere possa apparire (se è recessivo). Vedere anche nota a pag. 75 [nota 6 in questa edizione elettronica] (*N. d. T.*)

DETERMINATI CARATTERI EREDITATI DIVERSAMENTE NEI DIFFERENTI INCROCI

Dai fatti sopra stabiliti, in relazione con altri fatti relativi all'azione dei cromosomi, nascono alcune conseguenze che sono di massima importanza pratica, ma generalmente trascurati. Come si dirà in seguito, e particolarmente nel capitolo VIII, ogni carattere è prodotto dall'azione solidale di molti genidi, e può essere mutato dal mutare di uno o di molti tra essi. Alcuni genidi si trovano nel cromosoma X, altri in altri cromosomi. Se un carattere si modifica per il mutare di un genidio del cromosoma X, quel carattere verrà ereditato, come legato al sesso, dalle generazioni future. Ma se esso si modifica per il mutare di un genidio che si trova in un autosoma, verrà ereditato secondo il tipico schema mendeliano. Lo stesso carattere dimostrerà quindi, in alcuni casi, un tipo di eredità, in altri un altro tipo. Tale fatto è di tanta importanza pratica che val meglio illustrarlo con il seguente esempio.

Nel moscerino il colore degli occhi è generalmente rosso ed è prodotto dall'azione simultanea di cinquanta genidi e più; alcuni posti nel cromosoma X, altri in diversi autosomi. Nel cromosoma X, talvolta un genidio si modifica così da rendere bianco il colore degli occhi. Se un individuo dagli occhi bianchi si incrocia con un altro dagli occhi rossi, i due caratteri mostreranno nelle generazioni future un'eredità legata al sesso, come si vede

nelle figg. 22 e 23. Il color bianco mostra dunque un'eredità legata al sesso recessiva, il color rosso una eredità legata al sesso dominante.

In altri individui il color rosso degli occhi si muta in porporino, per il mutare di un genidio negli autosomi. Se un individuo dagli occhi porporini si unisce con un altro dagli occhi rossi, i due caratteri mostrano una tipica eredità mendeliana (FIG. 30), essendo il color porpora recessivo ed il rosso dominante. Così il carattere dominante «rosso», mostra in questo caso una tipica eredità mendeliana, mentre nel caso descritto nel paragrafo precedente mostra un tipo di eredità legata al sesso molto differente. *Il tipo di eredità mostrato dipende dalla posizione del genidio che altera il color rosso nell'individuo con cui avviene l'accoppiamento.* Lo stesso individuo dagli occhi rossi, quando si incrocia con un individuo dagli occhi bianchi, produce il color rosso secondo le leggi dell'eredità legate al sesso; la tipica eredità mendeliana, sempre per il rosso, si ha invece quando lo stesso individuo viene incrociato con un individuo dagli occhi porporini.

Questo è un esempio tipico. Ogni carattere dominante mostrerà il tipo di eredità determinato dalla posizione del corrispondente genidio recessivo nell'individuo con cui si è incrociato.

Un carattere recessivo che dà particolari manifestazioni fisiche può egualmente mostrare in molti casi di-

versi modi di eredità. Come fu già detto a pag. 32^o, nel moscerino una modificazione di un genidio (porpora) nel secondo autosoma, dà agli occhi il color porporino. Quando tali individui dagli occhi porporini si incrociano con altri dagli occhi rossi, gli occhi porporini passano alle generazioni future come un tipico carattere mendeliano recessivo. Ma in altri casi il color porporino degli occhi risulta dall'alterazione di un genidio (granata) nel cromosoma X. Quando tali individui dagli occhi porporini si uniscono con individui dagli occhi rossi, il color porpora viene ereditato dalle generazioni future, come un carattere recessivo legato al sesso.

Però il fatto che un carattere particolare mostra, in circostanze date, un particolare tipo di eredità non vuol dire che in altri casi avvenga lo stesso. Sembra che il daltonismo mostri in alcuni casi un'eredità legata al sesso, mentre in altri può mostrare invece una tipica eredità mendeliana. Il tipo di eredità mostrato dipende dal cromosoma particolare che contiene i genidi dei due genitori, che dà in tal modo la differenza dei caratteri e può essere diverso in diversi casi. Si usa comunemente parlare di un carattere particolare come legato al sesso o tipico mendeliano. Ma queste definizioni esprimono la situazione soltanto nei particolari incroci cui allude l'autore. In altre unioni può darsi che gli stessi caratteri mostrino un altro tipo di eredità.

9 Tutti i rimandi sono da riferirsi alle pagine dell'edizione cartacea [Nota per l'edizione elettronica Manuzio].

Eguali relazioni esistono rispetto alla dominanza e alla recessività. Un carattere particolare è dominante o recessivo in dipendenza del carattere con cui si è incrociato. Incrociata con degli occhi sbarrati, la struttura degli occhi normali del moscerino è recessiva, ma incrociata con occhi sfaccettati (un'altra anormalità), è dominante. Sia la dominanza che la recessività di un carattere sono relative; dipendono cioè dal carattere con cui sono confrontate.

E ancora, in alcuni casi due genitori che differiscano in qualche carattere hanno un solo genidio differente che interessa quel carattere; in altri casi i genitori differiscono in due o più di tali genidi. Il modo di eredità sarà differente nei due casi; nella prole le proporzioni dei caratteri differenti dipenderanno dal numero dei genidi in cui i genitori differiscono. Se il genitore dominante ed il recessivo differiscono in una sola coppia di genidi, i discendenti della seconda generazione saranno in proporzione di tre dominanti su un recessivo; se i genitori differiscono in due coppie di genidi, la seconda generazione mostrerà quindici dominanti su un recessivo. Lo stesso carattere sarà ereditato talvolta in una di queste maniere talvolta nell'altra, dipendendo il modo con cui si eredita un carattere, dalla relativa costituzione genetica dei due genitori.

LEGAMI TRA I CARATTERI

Come abbiamo visto a pag. 80, molti caratteri diversi sono dovuti a peculiarità di differenti parti (genidi) di un particolare cromosoma. Uno, due o più di questi caratteri si possono connettere con un cromosoma particolare: per esempio un cromosoma X. Questi passano tutti, insieme con il cromosoma, a ciascuno di quei figli che ricevono quest'ultimo; perciò si chiamano legati. Questo legame è uno dei fenomeni più importanti dell'eredità. Noi vediamo che, se uno dei nonni ha una combinazione di due o più caratteri risultanti da genidi di un singolo cromosoma e se in un nipote appare uno dei caratteri di questa combinazione, appaiono generalmente anche tutti i caratteri dell'intera combinazione. La stessa combinazione di caratteri che passa dal nonno al genitore è passata generalmente al nipote, sempreché questi caratteri siano dovuti a genidi dello stesso cromosoma. Nei figli avviene talvolta, però in esigua proporzione, una nuova combinazione mediante il cosiddetto «scambio» (*crossing-over*).

I risultati di questi legami sono illustrati dalla fig. 29.

Tutti i diversi caratteri che dipendono dai genidi di un singolo cromosoma e che possono essere legati insieme nel modo sopra descritto, costituiscono un gruppo. Nel moscerino ci sono da cinquanta a cento caratteri costituenti il gruppo relativo al cromosoma X. Gli altri cromosomi mostrano un'eguale situazione. Poiché i genidi

possono essere scambiati tra i due cromosomi di una stessa coppia, tutti i caratteri relativi all'uno o all'altro dei cromosomi di una coppia vengono a costituire un singolo gruppo. Si ha così un gruppo per ciascuna coppia di cromosomi, gruppo di caratteri che tendono a essere ereditati insieme, fintanto che sono uniti allo stesso cromosoma della coppia. In ogni specie il numero dei gruppi viene trovato per mezzo di allevamenti sperimentali, mentre il numero di coppie di cromosomi si trova indipendentemente, con l'uso del microscopio. Negli organismi in cui è stato fatto uno studio adeguato, si trovò che il numero dei gruppi e quello delle coppie corrispondono. Nel moscerino comune, *Drosophila melanogaster*, ci sono quattro di tali gruppi relativi alle quattro coppie di cromosomi. In un'altra specie (*Drosophila virilis*) ci sono sei gruppi e sei coppie di cromosomi, in un'altra (*Drosophila obscura*) ce ne sono cinque. Nei piselli ci sono otto paia di cromosomi e rispettivamente otto di questi gruppi di caratteri legati. Non si è mai dato il caso che il numero dei diversi gruppi di caratteri ecceda il numero delle coppie di cromosomi. Nell'uomo in cui vi sono ventiquattro coppie di cromosomi, si troveranno senza dubbio ventiquattro gruppi di caratteri, sebbene per poterlo dire con certezza occorra il lavoro di molti anni.

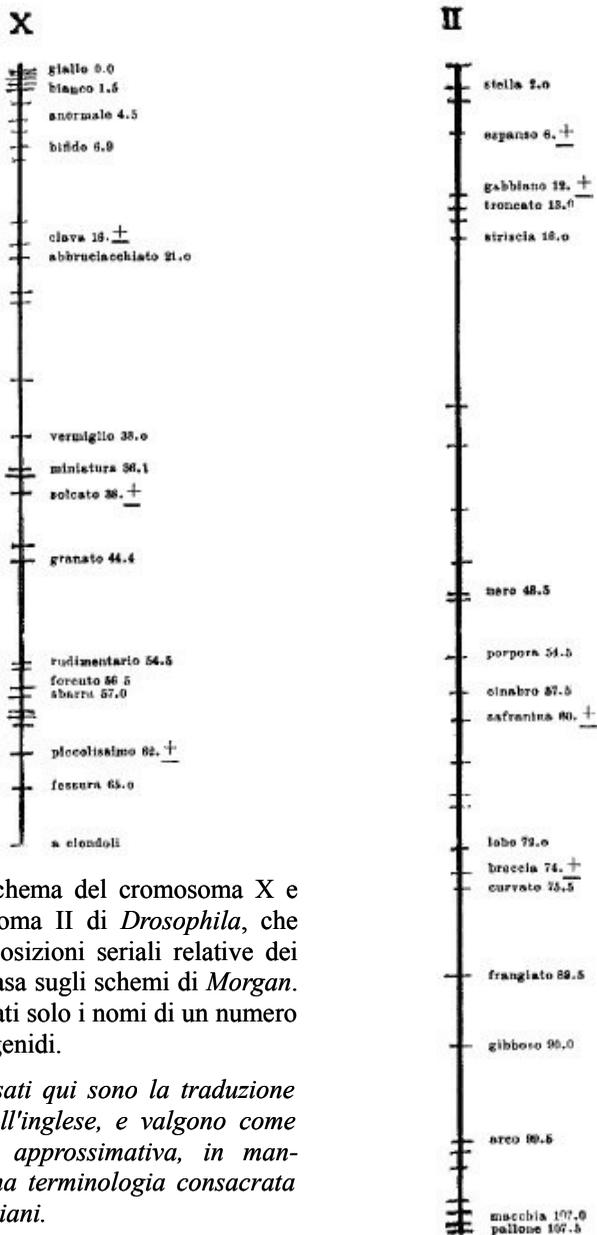


FIG. 31. Schema del cromosoma X e del cromosoma II di *Drosophila*, che mostra le posizioni seriali relative dei geni: si basa sugli schemi di *Morgan*. Sono riportati solo i nomi di un numero limitato di geni.

I termini usati qui sono la traduzione letterale dall'inglese, e valgono come indicazione approssimativa, in mancanza di una terminologia consacrata da studi italiani.

TOPOGRAFIA DEI GENIDI

Estendendo e raffinando gli allevamenti sperimentali sopra descritti, è possibile scoprire per alcuni organismi non solamente quali caratteri seguano i genidi di particolari cromosomi, ma anche come questi genidi siano collocati nei cromosomi. Nel periodo in cui i genidi si scambiano da un cromosoma all'altro i cromosomi sono lineari, filiformi e con successivi ispessimenti (FIG. 3 pag. 19). Si è trovato che i genidi si comportano come se fossero disposti in serie lineare. Nella separazione di uno stesso cromosoma, nello «scambio» i genidi più lontani si separano più spesso degli altri perché c'è tra essi una distanza maggiore lungo la quale il cromosoma si può rompere. Su questa base diventa possibile, attraverso centinaia e migliaia di allevamenti sperimentali, fare uno schema dei cromosomi del moscerino *Drosophila*, mostrando l'ordine in cui i diversi genidi si adattano in serie (FIG. 31). L'esattezza essenziale di questi schemi è pienamente confermata da studi ulteriori. Quando tra due cromosomi di una coppia avviene uno scambio si attua generalmente in ciascun cromosoma una sola rottura. In tal caso tutti i genidi che si trovano da un lato della rottura si separano da quelli che lo schema mostra trovarsi dall'altro lato e ciascuno di questi gruppi si unisce con la parte corrispondente dell'altro cromosoma (FIG. 13). Vale a dire che i cromosomi non si scambiano i singoli genidi, ma interi blocchi di essi,

blocchi che dallo schema risultano vicini l'uno all'altro in ordine successivo. Sotto l'influenza dei raggi X o in altro modo, un pezzo di cromosoma qualche volta si rompe e si attacca ad un altro cromosoma, come si può vedere benissimo al microscopio (FIG. 32). Individui in



Fig. 32. Cellula di *Drosophila* nella quale una parte del cromosoma Y è rimasta attaccata ad un estremo di uno dei cromosomi X (XY), come è spiegato a Pag. 92.

cui è avvenuto ciò si possono allevare e moltiplicare. In tali casi una parte dei genidi che lo schema mostra disposti in serie dalla parte del cromosoma che si è rotto e trasferito, appare legata in eredità con i genidi del cromosoma su cui è stato trasferito il pezzo. Le ricerche condotte con svariati metodi hanno confermato l'ordine lineare dei genidi e l'esattezza degli schemi dei cromosomi basati su quest'ordine. Dapprima questa concezione sollevò fierissime critiche; queste però in pratica fini-

rono col cadere. Chiunque esamini nei suoi dettagli il vasto volume di esperienze raccolte su questo argomento, deve accettare per forza l'ordine lineare dei genidi come lo mostra lo schema. Il lettore può quindi ritenere ciò come certo ed accettare con fiducia le relazioni tra i genidi e tra i caratteri da essi rappresentati.

Ricapitolando, positive ed inequivocabili prove sperimentali dimostrano che il cromosoma è una struttura formata di molte parti diverse, ciascuna delle quali, detta genidio, ha un determinato effetto ben definito sui caratteri dell'individuo prodotto. Le regole dell'eredità dei caratteri risultano dal modo in cui le parti del cromosoma si distribuiscono passando dai genitori alla prole.

CAPITOLO III COME SI SVILUPPA L'INDIVIDUO

GENIDI E CITOPLASMA

Nel suo principio, ogni uomo ed ogni altro animale è costituito di una singola cellula contenente i diversi genidi in due gruppi derivati dai due genitori, inclusi da una massa di protoplasma, il citoplasma dell'uovo (Fig. 33 A in c). Questa minuscola cellula si divide e il numero di cellule aumenta cambiando forma e struttura. Attraverso un lento processo di sviluppo avviene una gran trasformazione. La cellula dapprima relativamente semplice assume man mano la struttura complessa con un gran numero di parti diverse. Se ne ottiene un individuo completo con i suoi organi differenti, le sue differenti funzioni ed attività.

Sappiamo che il modo con cui avviene lo sviluppo è grandemente influenzato dai genidi. Come si esercita questa influenza? E qual è la natura del processo di sviluppo?

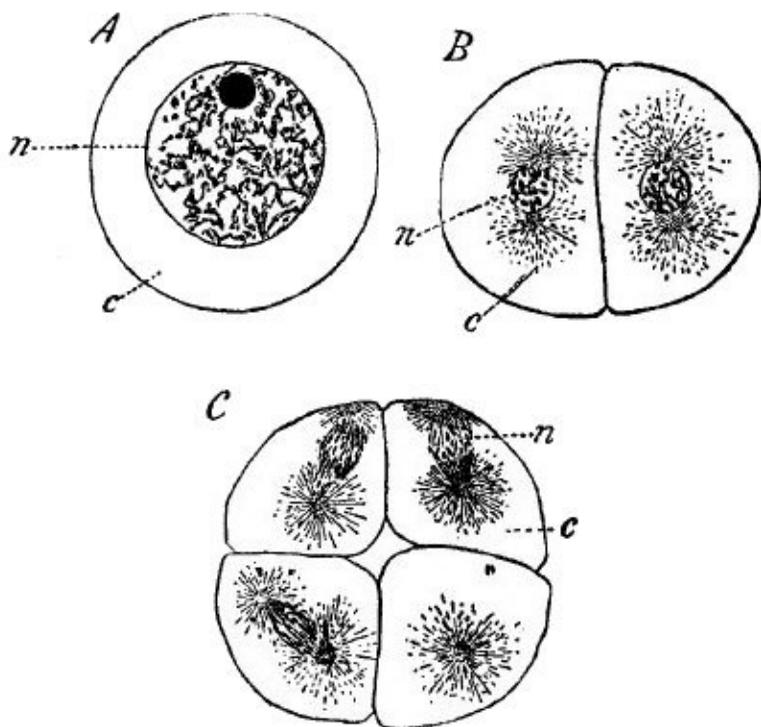


FIG. 33. Primi stadi dello sviluppo individuale. *A*, uovo della stella di mare, prima della fecondazione e della divisione; *B*, dopo la divisione in due cellule; *C*, dopo la divisione in parecchie cellule; *n*, nuclei, mostranti (soprattutto in *B* e *C*) i cromosomi, come piccole masse oscure: in *A* il nucleo è molto ingrandito; *c*, citoplasma, o corpo della cellula. (*Wilson*.)

Accanto ai genidi, un'altra parte della cellula ha una funzione molto importante, sebbene molto diversa. Tale parte è il citoplasma, la massa di protoplasma che forma la parte principale dell'uovo (FIG. 33 c). In questa mas-

sa è compresa la capsula o nucleo che contiene i genidi o ne è composta (FIG. 33 n). Il citoplasma è una massa più complessa ma non contenente, pare, sostanze separabili e agenti come particelle isolate che si possono trasferire singolarmente o a gruppi da una cellula all'altra, come accade dei genidi del nucleo. Gli individui di specie differenti, sebbene differenti nei loro genidi, hanno tutti da principio lo stesso tipo di citoplasma, o press'a poco. Perciò le differenze che appaiono più tardi negli individui sviluppati non sono dovute in regola a differenze primitive nel loro citoplasma. Ecco il motivo per definire i genidi piuttosto che il citoplasma «elemento fondamentale dell'eredità». Benchè il citoplasma sia della massima importanza nello sviluppo, la base originaria delle diversità dei caratteri individuali è costituita dai genidi. Soltanto nelle piante si conoscono alcuni casi in cui individui differenti cominciano con un tipo di citoplasma diverso per la presenza o assenza di corpi produttori calore.

Il citoplasma di un uovo fecondato deriva quasi interamente dalla madre; solo in piccola quantità deriva dallo spermatozoo, poiché quando questo si unisce con l'uovo lascia fuori la massima parte del suo citoplasma. Ciò nonostante una piccolissima parte di questo citoplasma spermico entra con i genidi del padre ed ha una funzione importante nell'inizio dello sviluppo.

Il citoplasma è l'ambiente in cui i genidi vivono ed operano. Modificato e trasformato dall'azione dei genidi, il citoplasma negli stadi posteriori dello sviluppo è di

conseguenza molto diverso da quello che si trova nei primi stadi. Così mutato, esso reagisce a sua volta sui genidi, provocando un nuovo mutamento nella loro azione e dando origine così a nuovi prodotti citoplasmatici; e così via finché in ultimo, come risultato di tutti questi, vengono prodotti i diversi tessuti e organi dell'individuo adulto. Le diverse parti del corpo infatti non differiscono tra loro, di regola, per la diversità dei genidi che contengono, ma per quella della costituzione del citoplasma delle loro cellule. Riassumendo, il citoplasma costituisce la materia con cui, per azione dei genidi, vengono formate le diverse parti del corpo. Ma, nello sviluppo, il citoplasma non è passivo; reagisce sui genidi e qualunque cosa essi facciano o producano, è in gran parte determinata dalla natura del citoplasma in cui si vengono a trovare i diversi stadi dello sviluppo.

INIZIO DELLO SVILUPPO: IL FUTURO ORGANISMO GIÀ PREDISPOSTO NEL CITOPLASMA DI UNA SINGOLA CELLULA

L'azione scambievole dei genidi e del citoplasma che costituisce la base dello sviluppo comincia nell'uovo prima che questo lasci il corpo materno. In questo momento, e cioè prima dell'unione dell'uovo con lo spermatozoo sono già avvenuti importanti processi dello

sviluppo dell'individuo e quindi le prime basi del corpo dell'essere futuro sono, almeno per alcuni organismi, stabilite.

Dapprima le cellule che daranno origine alle uova non differiscono gran che dalle altre del corpo della madre. Tali cellule si dividono molte volte. Dopo un certo tempo una di esse inizia un particolare processo di sviluppo onde ha origine un individuo.

Questa cellula, subito dopo la divisione che l'ha prodotta (il che viene a costituire in un certo senso il primissimo stadio di un individuo), ha i suoi genidi riuniti in minuscoli cromosomi (FIGG. 4, 15, 16) i quali sono immersi nella piccola massa del citoplasma. Non si può osservare separatamente l'azione dei genidi, ma si può seguire il comportamento dell'intero gruppo di essi, poiché questo costituisce l'insieme dei cromosomi visibili. Si vede che questi cromosomi crescono di volume prendendo sostanza dal citoplasma (FIG. 34). Ciascun cromosoma diventa una piccola vescicola (FIG. 34 a, b, c, d). Queste vescicole crescono fino a che le estremità si toccano e si addossano l'una all'altra (FIG. 34 e, f). Poi si fondono parzialmente, formando quello che si chiama il nucleo. Il nucleo, in sostanza, è formato dai cromosomi uniti parzialmente, ed i cromosomi alla loro volta sono formati dai genidi; cosicché, seguendo l'attività del nucleo, possiamo osservare l'azione dei genidi. Questi, come abbiamo visto, hanno preso abbondanti sostanze

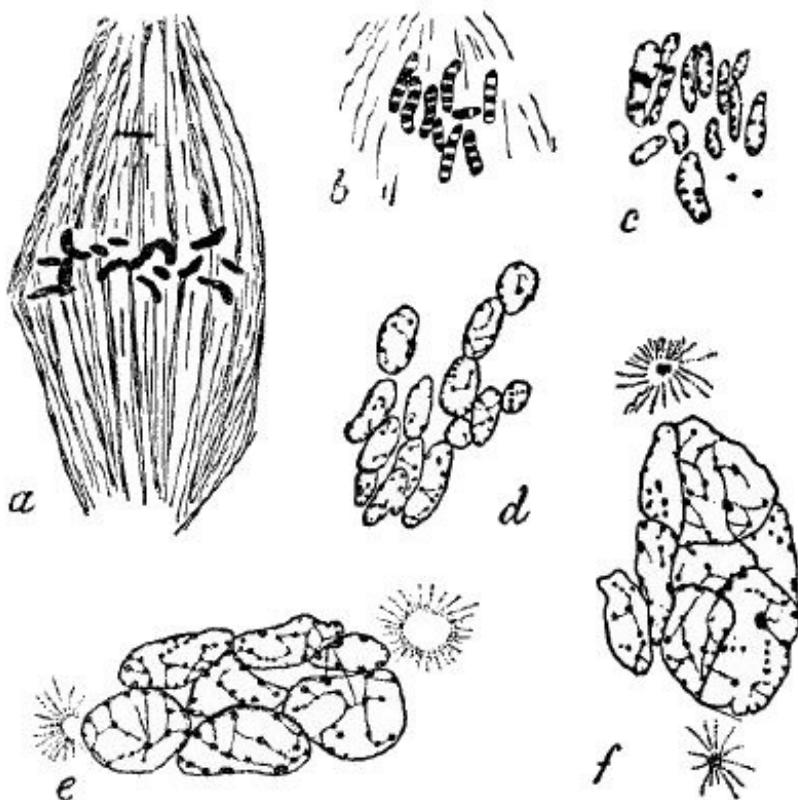


FIG. 34. I cromosomi dopo essersi ristretti insieme (a) mediante assorbimento del fluido che li circonda si trasformano in vescicole che aumentano lentamente di volume (b, c, d, e, f) a costituire il nucleo. Le figure rappresentano questo processo nelle uova di un pesce, *Fundulus*. (Secondo Richards.)

al citoplasma stesso. È evidente che nell'intervallo agiscono su dette sostanze modificandole e, quando le restituiscono, queste sono un materiale nuovo che prende

parte alla costruzione del corpo. Il processo di prendere e restituire sostanze citoplasmatiche si attua ad ogni divisione di cellula. Sembra che in tal modo parte del citoplasma si muti fisicamente e chimicamente; questo viene dunque ad essere uno dei processi fondamentali dello sviluppo.

Nella cellula destinata a produrre un uovo, e piú tardi un individuo, si nota un'altra azione del gruppo di genidi o nucleo. Esso emette nel citoplasma goccioline o particelle di una sostanza visibile per mezzo di una speciale reazione che si ottiene con certi colori. Man mano che questa sostanza si diffonde nel citoplasma, esso comincia a crescere grandemente in volume. L'uovo diviene piú grande di una cellula ordinaria e prende un'apparenza caratteristica (FIG. 33 A).

Il gruppo di genidi o nucleo di questa cellula continua ad allargarsi prendendo materiale dal citoplasma e senza dubbio modificandolo. Diventa quindi un sacco molto voluminoso detto «vescicola germinale» (FIGURA 33 A, n). Avviene ora un processo notevole: la membrana che circonda la vescicola germinale si dissolve ed il fluido che contiene si mescola al citoplasma. Quest'ultimo viene quindi a contenere una grande quantità di materiale elaborato dai genidi nel nucleo, ed è ormai perfettamente pronto al primo importante passo nella produzione di un nuovo individuo; il quale avviene subito dopo che la sostanza nucleare si è versata nel citoplasma. In certi animali in cui il citoplasma porta materia colorante, tale stadio si può chiaramente osservare. Si è

osservato che tutto l'interno dell'uovo si trasforma, si riadatta e prende una figura definita. In certe specie di ricci di mare, che hanno nell'uovo gocce rossastre, si vede il citoplasma disporsi in tre zone (FIG. 35). Vi è una larga porzione che forma la zona di mezzo, nella quale si concentra il pigmento rosso (FIG. 35 B, r). Sopra essa, in quella parte dell'uovo per cui la cellula è in origine attaccata al corpo della madre, vi è una zona di sostanza grigiasta (g). Sotto la zona rossa ve n'è una più piccola di sostanza piuttosto chiara (c). *Queste tre zone formano la base essenziale del nuovo individuo*, e costituiscono il primo differenziamento visibile che avviene nello sviluppo. La zona grigia produrrà in seguito il tegumento del corpo e gli organi di senso del giovane riccio di mare; la rossa mediana produrrà la parete del primitivo canale alimentare, l'inferiore zona chiara produrrà lo scheletro e le altre parti che stanno tra i tessuti interni ed esterni del corpo del giovane riccio. Se una di queste zone cambia di posto o si modifica, si determina una corrispondente deficienza o anormalità nell'individuo che si sviluppa. La singola cellula è divenuta ormai un individuo vero e proprio con le diverse parti che conservano la loro individualità nel corso dello sviluppo successivo. Queste cose furono studiate per la prima volta da TH. BOVERI.

Egual processo fu osservato da E. G. CONKLIN in un animale che non ha alcuna relazione con il riccio di mare, una ascidia che ha il citoplasma colorato. Dopo

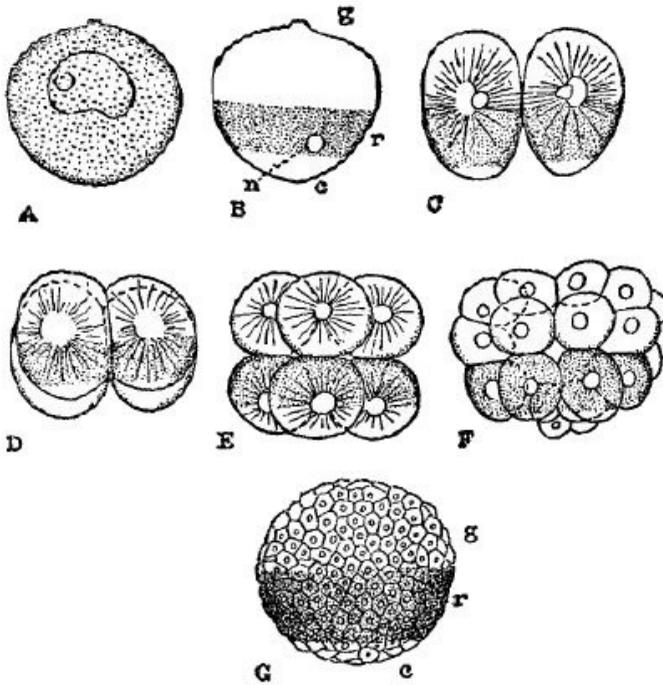


FIG. 35. Fasi successive (A-G) nel Riccio di mare, dimostranti come la costituzione del futuro individuo sia tracciata fino dallo stadio unicellulare. *A*: stadio monocellulare, prima che la grande vescicola germinale (o nucleo) sia dispersa. I granuli rossi, raffigurati da punti, sono sparsi per tutto il citoplasma. *B*: fase ulteriore dello stadio monocellulare: il nucleo ha scaricato il suo fluido nel citoplasma, ed è assai ridotto di volume. I granuli rossi si sono raccolti in una zona sotto all'equatore della cellula. Il corpo di questa ora appare distinto in tre zone: la superiore, grigia (*g*); la intermedia, rossa (*r*); l'inferiore, chiara (*c*). *C*: stadio bicellulare. *D*: quattro cellule. *E*: otto cellule. *F* e *G*: stadi ulteriori. In tutti questi stadi si possono rintracciare il nucleo (*n*), e le tre zone (*g*, *r*, *c*). (Da *Boveri*.)

che la vescicola germinale ha versato il suo fluido nel citoplasma, avvengono in questo dei movimenti e, come

nel riccio di mare, il corpo della cellula presenta varie zone, ma in diversa disposizione. Anche qui si possono nettamente distinguere tre zone; ma con uno studio accurato si può vedere che due di esse sono a loro volta suddivise, cosicché alla fine si distinguono cinque zone, ciascuna delle quali produrrà poi nell'animale una determinata struttura o tessuto; tutte insieme costituiscono la base dell'individuo adulto.

I particolari di questi primi processi di sviluppo differiscono grandemente nei diversi animali, in corrispondenza col fatto che in ciascuno si arriva a diversi risultati. In alcuni animali avvengono fin da principio processi simili a quelli descritti e si formano strutture dell'uovo simili a quelle del riccio di mare e della ascidia ma diversi nei particolari. In altri, i corrispondenti mutamenti non avvengono che tardi, dopo che l'uovo si è diviso in molte cellule. Ma quelli che avvengono nel riccio di mare e nella ascidia sono tipici e danno in sostanza la chiave del processo dello sviluppo.

Un individuo è quindi dapprima una singola cellula contenente tutti i cromosomi e tutti i genidi. Le parti del suo corpo si devono ancora differenziare. Il corpo deve dividersi in proporzioni distinte con funzioni importanti e diverse (FIG. 35 B). Le diverse parti sono composte di citoplasma ed è nel citoplasma che avvengono i mutamenti di sviluppo. La produzione di diverse parti citoplasmatiche continuerà, le cellule cresceranno e si divideranno dando origine a diversi tessuti ed organi del corpo sviluppato.

I FONDAMENTI DELL'ORGANISMO SONO POSTI ESCLUSIVAMENTE DAI GENIDI MATERNI

Negli stadi precedenti la fecondazione non sono presenti i cromosomi del padre. Perciò è chiaro che questa fase dello sviluppo si è compiuta soltanto sotto l'influenza dei genidi materni; e poiché essa è fondamentale rispetto al nuovo individuo, possiamo ben dire che i fondamenti di questo sono dovuti esclusivamente alla madre. Essa fornisce tutto il citoplasma e tutti i genidi descritti finora; il padre produttore dello spermatozoo che verrà tosto a fecondare l'uovo non vi ha ancora avuto parte alcuna. Bisogna ricordare che i genidi della madre provengono per metà dal genitore maschio della generazione precedente. *Non è dunque escluso, anzi è certo, che il maschio abbia qualche influenza su questi primi passi dello sviluppo dell'individuo, ma è il maschio della generazione precedente che esercita questa influenza; non il padre, ma il nonno materno del nuovo individuo.*

INTRODUZIONE DI GENIDI PATERNI

Ora avviene rapidamente la perdita di metà dei genidi materni originari, cioè la perdita di un genidio per ciascuna delle coppie presenti nell'uovo; i genidi perduti

vengono rimpiazzati da corrispondenti genidi del padre. Questi processi sono conosciuti col nome di *riduzione* e *fecondazione*. Prima che essi avvengano, il nucleo dell'uovo ha versato, come abbiamo visto, il suo succo nel citoplasma; dopo compiuti tali processi si trova che il nucleo primitivo si è ricostruito. I cromosomi appaiono ora come corpuscoli separati, con i genidi strettamente uniti e ravvolti insieme; e fino a questo punto cromosomi e genidi mostrano ancora le coppie descritte nel cap. I. Ora questi elementi tornano a circondarsi di una membrana che li isola nuovamente dal citoplasma, e il nucleo così ricostituito si scinde in tal maniera da espellere un cromosoma per ciascuna coppia (e quindi un genidio per ogni coppia di genidi) (FIG. 36). Le parti respinte passano all'esterno in due piccole cellule chiamate globuli polari (Fig. 36 c), i quali vengono eliminati e non hanno più parte nella formazione delle cellule germinali.

Allora lo spermatozoo, cellula germinale maschile, che ha subito a sua volta il processo di riduzione, entra nell'uovo portando con sé un membro di ogni cromosoma, (e quindi di ogni coppia di genidi) del maschio¹⁰.

10 Mentre la cellula originaria conteneva, come abbiamo visto, la duplice serie dei cromosomi, quella ricevuta dalla madre e quella paterna, il numero dei cromosomi nella cellula germinale dopo ultimato il processo di riduzione, appare ridotto a metà; in essa infatti sono rimasti tanti cromosomi singoli dove prima erano tante coppie.

I cromosomi (e i genidi che li compongono) rimasti nella cel-

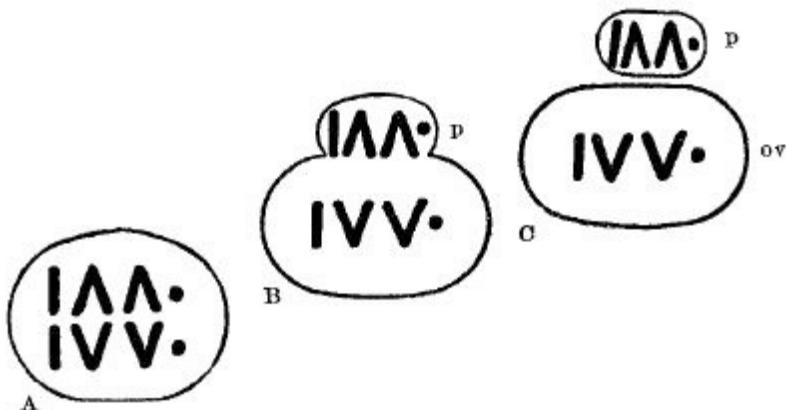


FIG. 36. Schema del processo di riduzione, cioè della espulsione dall'uovo di un elemento di ciascun paio di cromosomi, e di conseguenza di un genidio per ogni coppia di genidi. Qui la cellula originaria contiene quattro paia di cromosomi. In *B* e *C*, uno degli elementi di ogni coppia passa nel piccolo globulo polare (*p*) lasciando l'uovo (*ov*) con un solo elemento in luogo dei due originari.

Questi si dispongono in ordine con i genidi rimasti

lula germinale di ciascun genitore sono essi quelli materni o quelli paterni? Pare sia semplicemente il caso che determina quali debbano essere eliminati coi globuli polari durante la riduzione, e quali invece conservati nell'uovo e nello spermatozoo a concorrere nella formazione del nuovo individuo. La proporzione tra i cromosomi paterni e materni che rimangono nell'uovo e nello spermatozoo prima che essi si congiungano obbedisce al calcolo delle probabilità (vedi FIG. 13). In qualche caso si è visto che, per effetto di temperature più o meno elevate, si possono indurre determinati cromosomi a uscire nei globuli polari o a restare nell'uovo, ma forse queste esperienze rispecchiano solo particolari condizioni proprie dell'animale in esperimento (una farfalla). (*N. d. T.*)

nell'uovo, così che genidi e cromosomi del nuovo individuo si trovano nuovamente in coppia; un membro di ciascuna coppia proviene dalla madre e uno dal padre (FIGG. 18, 19).

I rimanenti processi di sviluppo hanno luogo quindi sotto l'influenza di entrambi i genitori.

Ora l'uovo fecondato comincia a dividersi per formare molte cellule. In relazione alla prima fase di questo processo hanno molta importanza alcuni dettagli, per la luce che portano intorno alla natura dello sviluppo. Nella cellula primitiva (l'uovo fecondato) i cromosomi ed i genidi del padre e della madre si raccolgono in un unico nucleo; quando si divide il nucleo, si dividono i cromosomi che lo compongono ed i genidi che compongono i cromosomi. Si divide l'intera cellula; metà di ciascun nucleo, di ciascun cromosoma e di ciascun genidio passa in ciascuna delle due cellule prodotte, le quali avranno quindi un doppio corredo di genidi.

Si è trovato che ciascuna delle due cellule, di cui ora l'individuo risulta formato, dà origine a metà dell'individuo futuro. In molti animali una dà origine alla metà destra del corpo e l'altra alla metà sinistra, come per esempio, nel caso della stella di mare, del riccio di mare (FIGG. 33 e 35) e della ascidia.

UN PROBLEMA FONDAMENTALE E LA SUA SOLUZIONE

Qui sorge una delle questioni fondamentali dello sviluppo. Perché alcune cellule danno origine ad una porzione del corpo ed altre ad un'altra? È forse perché vi sono genidi per diverse parti del corpo, per diversi organo e tessuti, e che questi genidi si separano in cellule differenti? Allo stadio bicellulare, può una cellula contenere soltanto sostanze della metà sinistra del corpo e l'altra soltanto sostanze dell'altra metà?

Si risponde al quesito separando le due cellule e seguendole nel loro sviluppo isolatamente. Ciò si può fare benissimo in animali come il riccio di mare.

Ciascuna cellula produce un individuo completo. La cellula che dovrebbe produrre soltanto la metà destra del corpo produce invece anche la sinistra e l'intero corpo. È chiaro che quanto la cellula produce in questo stadio, dipende dalle sue relazioni con l'altra cellula e non dalla diversità del genidio contenuto. Dal momento che ciascuna può produrre un animale completo, è evidente che ognuna delle due contiene un gruppo completo di genidi.

È un risultato tipico. Col progredire dello sviluppo, si dividono le cellule, i cromosomi, i genidi, e ogni cellula dell'organismo viene ad avere tutti i genidi al completo. Vi sono apparentemente alcune eccezioni nei Nematodi ma per la maggior parte delle cellule della maggior par-

te degli organismi, la regola invariabile è quella. Ciascuna delle cellule del corpo adulto, e ve n'è molti miliardi, contiene il gruppo completo di genidi accoppiati.

Come mai queste prime due cellule quando vengono in contatto producono soltanto metà di un individuo, sebbene contengano i genidi di un individuo intero? Essendo a contatto si trovano ciascuna in un ambiente differente da quello in cui ciascuna sarebbe se vivesse separata. In quest'ultimo caso, se prendiamo ad esempio i ricci di mare, l'intera superficie di ogni cellula viene a contatto con l'acqua del mare; nel primo caso invece una gran parte della superficie viene a toccare un'altra cellula anziché l'acqua. Ciò porta indubbiamente una differenza nella respirazione della cellula, la quale assorbe ossigeno ed emette anidride carbonica, ed in altri processi chimici di cui essa è sede. Ne consegue una differenza immediata nel corso dello sviluppo.

Negli organismi come il riccio di mare della figura 35, anche quando l'individuo è formato da una sola cellula, il suo corpo citoplasmatico si compone di parti diverse, ossia delle tre zone a funzione differente, produttrice ciascuna, in seguito, una diversa parte del corpo. Che cosa succede se una di queste parti viene tolta dalla cellula? Si può far ciò asportandola con un coltellino od in altra maniera e, quando sia così eliminata da una data porzione di citoplasma, *nel futuro individuo mancherà la parte corrispondente*. Eppure la cellula così mutilata contiene ancora l'intero nucleo con tutti i genidi; è dunque evidente che l'individuo si forma grazie al differen-

ziamento delle parti del citoplasma. La metà di una cellula contenente parte delle tre zone citoplasmatiche, insieme al nucleo, produce un individuo completo, mentre una metà di cellula cui manchi per intero una delle zone citoplasmatiche, produrrà, benché fornita di nucleo, un individuo mancante degli organi da quella zona normalmente formati.

È chiaro perciò che il prodotto finale di una data cellula dipende almeno da due diversi gruppi di condizioni. In primo luogo, come abbiamo visto, dalle parti citoplasmatiche già determinate, presenti nella cellula. Se sono presenti tutte, la cellula produce un individuo completo, se no la cellula può produrre soltanto una parte di un individuo. Secondariamente, dato che siano presenti tutte le parti citoplasmatiche necessarie, il risultato ultimo di una data cellula dipende dalla sua relazione con le altre cellule, cioè dal suo ambiente. Sarà utile esaminare separatamente questi due gruppi di condizioni.

INFLUENZA DELLE PARTI CITOPLASMATICHE GIÀ DETERMINATE ENTRO LE CELLULE

L'uovo del riccio di mare, con le sue tre zone, si divide successivamente in due, quattro, otto, sedici cellule (FIG. 35). Negli stadi di due e quattro cellule, ciascuna cellula contiene una parte di tutte tre le zone di citoplasma-

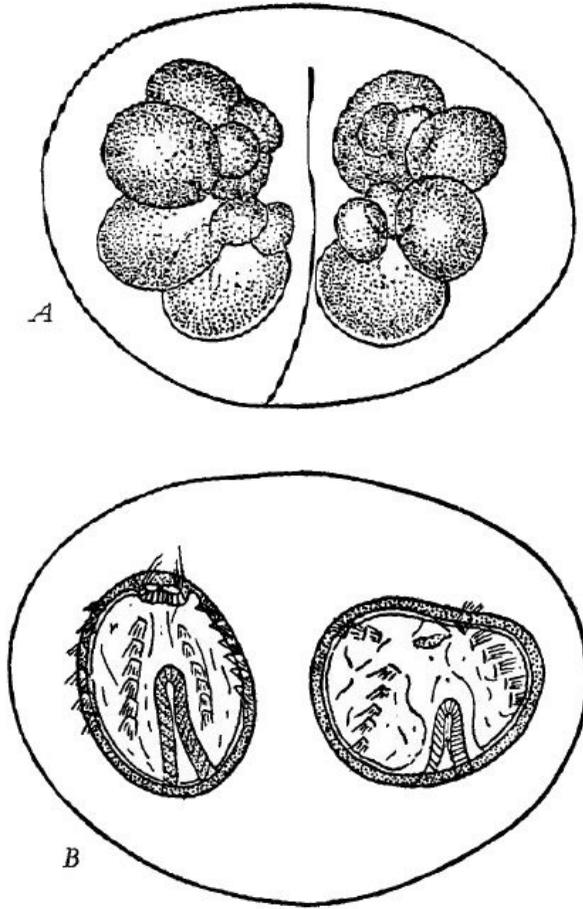


Fig. 38. *A*, cellule della metà destra e sinistra di un uovo di Ctenoforo in sviluppo, separate in una fase primitiva, *B*, i due giovani semi-individui prodotti da quelle metà. L'animale completo ha otto file di placche ciliari; si noti che i semi-individui così ottenuti ne hanno quattro sole. (*Fischel.*)

sma e ciascuna cellula separata dalle altre può produrre un individuo completo. Ma quando viene raggiunto lo stadio di otto, ciascuna delle singole cellule non contiene più parti di tutte tre le zone (FIG. 37 A) e non può più produrre un individuo completo. È istruttivo osservare gli effetti delle diverse maniere in cui si può dividere l'individuo in questo stadio. Se lo si divide in due

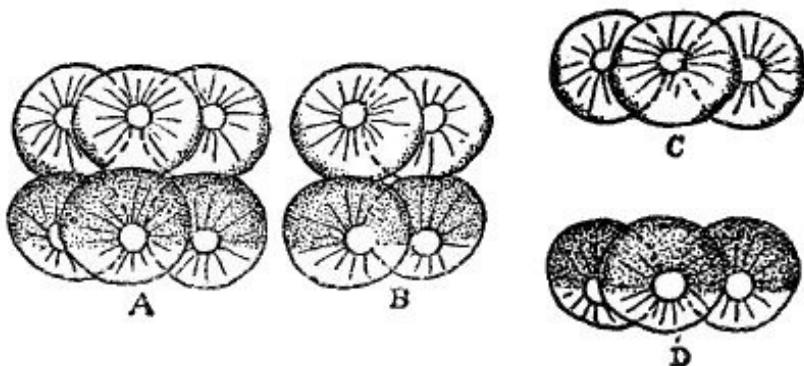


Fig. 37. Effetti ottenuti separando in diverso modo l'embrione di Riccio di mare nello stadio a otto cellule. *A*, stadio a otto cellule (v. Fig. 35). *B*, l'embrione dimezzato, per separazione delle quattro cellule di destra dalle quattro di sinistra. Tale metà contiene parte di tutte e tre le zone, e produce un individuo completo. *C* e *D*, le metà ottenute separando le quattro cellule superiori dalle inferiori. Nessuna di esse contiene parte di tutte le tre zone, nessuna perciò produce un individuo completo.

metà di quattro cellule ciascuna, ogni metà contiene tutte tre le zone (FIG. 37 B), e può produrre un individuo completo. Ma se le quattro cellule superiori sono separate dalle quattro inferiori (FIG. 37 C, D), nessuna delle

due parti produrrà un individuo completo. Le quattro cellule superiori daranno un individuo cui mancano le strutture scheletriche ed il primitivo canale alimentare, per la deficienza delle due zone inferiori dell'uovo. Tale individuo non si svilupperà di piú. Le quattro cellule inferiori daranno un individuo con strutture scheletriche e canale alimentare, ma senza l'organo di senso, senza la bocca e senza altre parti, a causa della mancanza della zona superiore dell'uovo. È un'altra prova che quanto le cellule producono dipende da quello che contengono le parti citoplasmatiche.

Eguali risultati si osservano quando vengono isolate diverse parti dell'uovo dell'ascidia e di molte altre specie di animali. Ma in alcune specie anche se la metà destra e la sinistra dell'individuo, nello stadio di due, quattro e otto cellule, sono separate, ciascuna produce soltanto la metà destra o sinistra dell'individuo. Il citoplasma in qualche modo si è fissato, cosicché anche se le due metà sono separate, continuano a svilupparsi come se fossero rimaste insieme. Tale è il caso di un Ctenoforo (FIG. 38). Questo risultato è prodotto da una differenza nel citoplasma e non da una differenza nel nucleo, tanto è vero che, se nello stadio di una cellula si toglie metà del citoplasma mentre si lascia l'intero nucleo, si produce soltanto metà del corpo.

In molte specie di animali le differenti parti citoplasmatiche non sono determinate in regioni nettamente definite se non piú tardi, dopo che è avvenuta la divisione in molte cellule. Esse restano indefinite per lungo

tempo e, se mentre si trovano in questa condizione, viene tolta una parte del citoplasma, il rimanente produce ancora un individuo completo, che contiene tutte le sostanze citoplasmatiche necessarie. Un frammento di tali organismi nello stadio delle otto o sedici cellule, produce, se non troppo piccolo, un individuo completo.

Così da cellule isolate si hanno risultati completamente diversi nei diversi casi, anche da specie molto affini, in relazione con la rapidità con cui le varie sostanze si differenziano e si determina il citoplasma. Ciò causò gran confusione nei primi studi sulle basi dello sviluppo. Fu posto questo problema: se le prime due cellule prodotte vengono isolate, ciascuna di esse produrrà un individuo intero o mezzo individuo? Dalla risposta a tale problema sembrava dipendere l'intera teoria dello sviluppo. Si riteneva che se ciascuna cellula isolata avesse prodotto la metà di un individuo, ciò avrebbe dimostrato che lo sviluppo è un processo di separazione delle varie parti corrispondenti a quelle che saranno più tardi i settori del corpo. Se la cellula avesse prodotto invece un individuo completo, bisognava ricorrere ad un'altra teoria nella quale avesse grande importanza l'adattamento a condizioni differenti, secondo la quale cioè l'organismo sviluppantesi adoperava qualsiasi mezzo esistente per giungere a un determinato fine, cioè la produzione di un individuo completo.

Esaminando la questione (i primi lavori importanti furono quelli di W. ROUX e H. DRIESCH), alcuni studiosi adottarono una teoria, altri l'altra. Roux trovò che nella

Rana la metà di un uovo produce solo una metà del corpo; Driesch trovò che nel riccio di mare la metà di un uovo produce un corpo intero. Alcuni studiosi con i loro esperimenti confermarono gli esperimenti di Roux, altri quelli di Driesch. Ci furono molte controversie, finché apparve chiaramente che i risultati sono diversi secondo le diverse specie di animali, e che le differenze dipendono dalla condizione e dal grado di separazione delle parti citoplasmatiche, nelle particolari specie studiate. Lo sviluppo non è quindi un processo di distribuzione in cellule diverse delle differenti parti che costituiscono il nucleo, cioè dei genidi. D'altra parte esso implica però una distribuzione graduale delle diverse specie di sostanze citoplasmatiche prodotte sotto l'azione dei genidi.

Nell'ulteriore corso dello sviluppo, il citoplasma delle diverse parti dell'organismo diventa sempre più differenziato e in maniera sempre meno reversibile. Si producono così differenti organi e differenti tessuti. Non sembra dubbio che il crescere della diversità del citoplasma sia il risultato di continue interazioni tra esso e i cromosomi. I cromosomi, dopo la divisione della cellula, assorbono maggior materiale citoplasmatico e diventano larghe vescicole che insieme formano il nucleo (FIG. 24). Esse reagiscono a questo materiale assorbito e lo modificano. Più tardi, prima di una nuova divisione della cellula, questo materiale passa di nuovo nel citoplasma mentre i cromosomi riappaiono come minuscole strutture. In questo modo i genidi continuano la loro opera nel citoplasma, mutandolo e dando origine alle di-

verse parti del corpo.

INFLUENZA DELL'AMBIENTE IN CUI SI TROVA LA CELLULA

Ma quello che accade nella cellula e quello che la cellula produce dipendono anche dall'ambiente in cui essa si trova. Abbiamo già visto ciò per il primo sviluppo della stella e del riccio di mare; e si mostra particolarmente nello sviluppo delle rane, delle salamandre e degli altri Anfibi. Questi animali producono uova di grandezza conveniente per lo studio, variabile tra quella di un pallino da caccia e quella di un pisello, e si sviluppano facilmente sott'occhio in laboratorio. Si possono togliere parti dell'uovo, si può trapiantarle da un uovo all'altro ed osservarne i risultati. Furono trovati anche metodi per colorare alcune parti dell'uovo vivente, e con le differenze di colore così ottenute si è potuto scoprire quali parti del corpo siano prodotte da speciali parti dell'uovo.

Con questi metodi si è trovato che anche negli Anfibi, quando l'individuo è costituito ancora da una sola cellula, il citoplasma si compone di parti diverse con differenti funzioni nello sviluppo. Una data parte che nelle uova di alcune rane è visibile come una mezzaluna grigia, inizia il processo di sviluppo formando il principio di quello che sarà il corpo; il resto del citoplasma segue

la posizione di questa producendo le parti del corpo futuro in una posizione dipendente da essa. Il processo di sviluppo è accompagnato dalla divisione in molte cellule contenenti ciascuna il nucleo con tutti i genidi. Dopo un certo tempo si produce una sfera cava composta di un gran numero di queste piccole cellule, la *blastula* (FIG. 39 A). Questa, mediante un processo di accresci

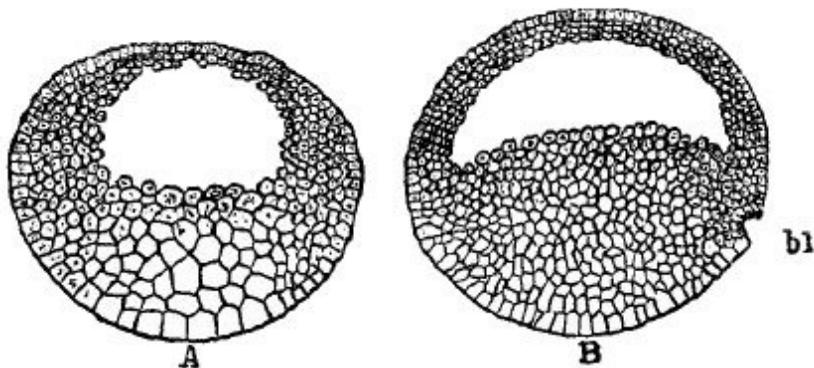


Fig. 39. Prime fasi dello sviluppo nella Rana. *A*, blastula; *B*, gastrula; *bl*, blastoporo, all'estremità posteriore. Nel punto immediatamente soprastante al blastoporo si trova il centro organizzatore, dal quale l'impulso allo sviluppo si effonde in alto e in avanti, organizzando le diverse parti del corpo. (*Morgan.*)

mento di alcune cellule, si trasforma nella *gastrula* che ha forma sferica (FIG. 39 B). In questi stadi le esperienze rivelano fatti di massima importanza per la natura dello sviluppo.

Nella massa delle piccole cellule si può predire con certezza la parte del futuro individuo che verrà normal-

mente prodotto da ciascuna porzione (FIG. 39). Un dato gruppo di cellule può essere additato come quello che produrrà il cervello o gli occhi o la corda dorsale o la pelle o il canale alimentare e così via. Sembra che tutto sia precedentemente fissato e che il destino di ogni cellula dipenda esclusivamente dai genidi o dalla specie di citoplasma che contiene.

Ma gli studi sperimentali dimostrano che ciò non è vero. Se negli stadi primitivi, dalla regione che deve produrre la pelle, vien tolta una parte e vien trapiantata nella regione che deve produrre il cervello, il destino delle cellule trapiantate si muta. Esse si alterano sviluppandosi e diventano parte del cervello invece che parte dell'epidermide. O, se si trapiantano inversamente, le cellule che avrebbero formato una parte del cervello diventano parti epidermiche. La loro sorte dipende dall'ambiente loro, da quello cioè che sono le cellule loro vicine. Il loro sviluppo è tale da adattarsi al modello generale, da produrre cioè strutture adeguate alla posizione in cui esse si trovano.

Studi più precisi dimostrano che nella sfera cava contenente la massa di piccole cellule costituenti la gastrula (FIG. 39 B) comincia ad un certo punto, proprio davanti alla depressione conosciuta come il *blastoporo* (bl), un'influenza organizzatrice e differenziante di natura sconosciuta, che passa da una cellula all'altra causando una alterazione interna, senza dubbio attraverso l'azione scambievole dei suoi genidi e del citoplasma. Ciascuna cellula cambia in modo da adattarsi alle cellule che han-

no mutato prima di essa, così da formare tutte insieme l'embrione.

La regione da cui si dirama l'influenza organizzatrice si chiama «organizzatore» o «centro organizzatore». Con ulteriori ricerche si è trovato che questo nasce dalla regione citoplasmatica dell'uovo non segmentato, detta nella Rana mezzaluna grigia. Dal centro organizzatore della gastrula l'impulso dello sviluppo passa verso l'estremità anteriore in modo da far sí che ogni cellula formi quello che deve formare. Ma se, prima che ciò accada, si asporta lo strato cellulare, posto dinanzi al centro, e ve lo si rimette dopo averlo capovolto, l'influenza organizzatrice agisce nello stesso modo e nella stessa direzione di prima senza alcun riguardo alla mutata posizione delle cellule. Ora le cellule che avrebbero prodotto la pelle producono tubo neurale, quelle che avrebbero prodotto gli occhi danno origine al cervello, e così per tutte le altre. Quello che ciascuna cellula produce dipende dalla sua posizione relativa al centro organizzatore, come è stato fatto in molti casi da SPEMANN e dai suoi allievi, l'embrione col suo sistema nervoso, i suoi occhi ecc., ogni cosa in debita relazione, può venir prodotto in posizioni della blastula o della gastrula dove queste parti non si sarebbero formate. Trapiantando un secondo centro organizzatore in un'altra regione di un uovo che ne ha già uno al suo posto normale, si produrranno nello stesso uovo due embrioni ciascuno con occhi, cervello, corda dorsale.

Dall'inizio, lo sviluppo è dunque adattamento

all'ambiente, adattamento delle parti l'una all'altra. Tutti gli esempi indicano che ogni cellula contiene tutti i genidi e tutte le possibilità ad essi unite, ma i genidi mutano la loro azione sul citoplasma in dipendenza dall'ambiente in cui si trova la cellula che li contiene. Il destino delle cellule in questi stadi primitivi è determinato non dalle differenze dei genidi contenuti nelle differenti cellule, nemmeno per lo più dalla diversità del citoplasma contenuto in cellule differenti, bensì dalle condizioni che circondano ciascuna cellula. Lo stesso gruppo di genidi segue una differente linea d'azione in diverse condizioni d'ambiente. Questo è il fatto fondamentale che emerge dallo studio delle prime fasi dello sviluppo.

LIMITE DEL POTERE DI ADATTAMENTO

Col tempo i genidi in azione scambievolmente col citoplasma hanno prodotto determinate strutture citoplasmatiche nelle cellule, come si è visto nel caso dell'uovo del riccio di mare (FIG. 35). Dopo di ciò le cellule così trasformate non possono più produrre qualsivoglia parte di un individuo o un individuo completo. Il loro destino si è fissato. Se allo stadio seguente alcune parti vengono trapiantate da una regione dell'embrione ad un'altra i risultati sono del tutto differenti da quelli avuti prima. Cellule che normalmente producono occhi, produrranno

ancora occhi sebbene trapiantate in una regione dove gli occhi sono perfettamente fuori di posto. Un gruppo di cellule il cui compito è di produrre tegumento produrrà ancora tegumento, anche trapiantandolo in una regione dove ci sarebbe bisogno di tessuto cerebrale. Se si taglia via una parte di embrione e si rimette in un altro posto, essa nella nuova posizione produrrà le stesse parti che avrebbe prodotto in quella primitiva, benché non siano in relazione con il resto del corpo. A un dato momento, per le trasformazioni citoplasmatiche subite, le cellule divengono limitate nella loro funzione. Non possono più cambiare il corso del loro sviluppo, non possono cioè produrre una parte diversa da quella che normalmente formano. Almeno non possono farlo con facilità come quando erano più giovani. In generale lo sviluppo ha cessato di adattarsi alle condizioni dell'ambiente in cui le cellule vengono a trovarsi.

Studi particolari mostrano che questo fissarsi del destino delle diverse cellule ha luogo in una serie di fasi o gradi. Dapprima ogni cellula può produrre per intero o quasi ogni parte del corpo futuro. In uno stadio seguente la cellula viene mutata cosicché non può più trasformarsi in muscolo o in una parte del canale alimentare sebbene possa ancora produrre una parte qualunque del sistema nervoso. In una fase ulteriore si raggiunge una determinazione maggiore: la cellula potrà produrre parte dell'occhio ma non parte del midollo spinale e così via. Poiché ciascuna cellula contiene ancora tutti i genidi, tutti quei mutamenti sono sempre dovuti a cambiamenti

del citoplasma. Ci sono argomenti per ritenere che, anche dopo che il citoplasma è stato parzialmente trasformato in una certa direzione, esso per un certo periodo non è ancora completamente «fissato», per cui il mutamento (la determinazione) può essere annullato e lo sviluppo della cellula può prendere una nuova direzione. Più tardi questa reversione non può più avvenire o si consegue con difficoltà.

Naturalmente resta sempre la possibilità che si trovino metodi sperimentali per annullare o trasformare di nuovo il citoplasma già in certo modo determinato, ed è anche possibile che questo possa avvenire in natura sotto certe condizioni ancora sconosciute. Ma allo stato attuale delle esperienze risulta che in un determinato periodo il destino della maggior parte delle cellule degli animali superiori è fissato definitivamente.

Nello stesso periodo le diverse parti dello stesso individuo che si sviluppa differiscono rispetto a ciò che si è detto ora. In un dato momento, il destino delle cellule di certe parti è ormai pienamente determinato, mentre altre hanno subito semplicemente un orientamento generico che le destina, per esempio, al sistema nervoso; ma la posizione specifica della parte di questo che verranno a formare, è ancora alterabile col mutarsi delle condizioni; altre cellule ancora mantengono del tutto, o quasi, la loro primitiva condizione embrionale, cosicché si possono trasformare in qualunque tessuto. Di conseguenza il trapianto sperimentale dà risultati differenti nelle diverse parti dello stesso organismo giovane. Alcune parti

trapiantate continuano a produrre quello che avrebbero prodotto se fossero state lasciate al loro posto, altre cambiano in tutto o in parte il loro modo di agire e producono strutture che si adattano al nuovo ambiente. Il tempo e il ritmo con cui ha luogo questa determinazione, varia molto nei diversi animali. In alcuni degli animali inferiori il destino cellulare non è mai irrevocabile, oppure si trovano molte cellule rimaste nella condizione embrionale sparse fra quelle che si sono trasformate in speciali tessuti od organi. Così asportando parte dell'individuo, queste cellule di cui il destino non è stato ancora fissato (cellule embrionali) possono dare origine ad un nuovo sviluppo producendo nuovamente le parti asportate (rigenerazione)¹¹.

Anche tra molti animali superiori, ad es. nelle salamandre, questo potere di rigenerare le parti perdute permane in grado considerevole nell'adulto. Ciò proviene dall'essere molte cellule rimaste nella originaria condizione embrionale o dal fatto che i differenziamenti citoplasmatici possono essere annullati in alcune di queste cellule, in modo da costituire nuove possibilità di sviluppo.

¹¹ Un esempio è fornito da talune oloturie (*Stylochopus*) che rigenerano l'intestino a spese di tessuto connettivo. (N. d. T.)

DIVERSI TIPI DI SVILUPPO IN ALCUNI ORGANISMI

Nella maggior parte degli organismi sperimentalmente considerati, lo sviluppo è del tipo che abbiamo descritto. I genidi reagiscono col citoplasma e lo modificano, ma essi stessi non possono mutare e ciascuna cellula del corpo li possiede tutti. Ma finora sono relativamente pochi gli organismi adeguatamente studiati, e intorno alle basi dello sviluppo rimane molto da imparare.

Vi sono indizi che in alcuni organismi anche i processi fondamentali sono di tipo diverso da quelli sopra descritti. In alcuni Vermi, i Nematodi, detti anche vermi filiformi, ed in alcuni Insetti sembrerebbe che non tutte le cellule del corpo ricevano tutti i genidi. Si vedono i cromosomi di alcune cellule nei primi stadi dello sviluppo rompersi in pezzi ed alcuni di questi pezzi venir assorbiti e sparire. Altre cellule serbano interi i cromosomi e sono quelle che diverranno in seguito le cellule germinali e produrranno gli individui della nuova generazione. Sembra probabile che le cellule che perdono parte dei loro cromosomi non contengano più tutti i genidi. Ma non si conosce sperimentalmente l'effetto fisiologico di questa perdita, e si sa per certo che la maggior parte degli organismi non subisce la perdita di genidi da parte di alcune cellule, ma che al contrario tutte le cellule contengono tutti i genidi.

*

Sembra insomma che il processo fondamentale di sviluppo dell'individuo, da cui sorgono le sue diverse parti e le diverse funzioni, sia costituito dall'interazione cumulativa e scambievole dei genidi e del citoplasma. In questo processo il citoplasma si modifica gradualmente fino a formare diversi tessuti e diversi organi. Le cellule di cui sono composti questi organi e questi tessuti contengono tutte lo stesso numero di genidi, almeno nella maggior parte degli organismi, ma differiscono nella costituzione del loro citoplasma. Quell'azione scambievole risente dapprima largamente dell'influenza dell'ambiente cellulare e dell'altro ambiente, cosicché lo sviluppo è costituito da un'opera continua di adattamento a queste condizioni. Più tardi, man mano che la costituzione citoplasmatica si stabilisce, si fissa il destino delle parti, l'ambiente viene ad avere ben poca influenza, né più ha luogo l'adattamento. In diversi organismi i particolari di questi processi differiscono molto. In qualcuno appare diverso anche il processo fondamentale.

Altri aspetti della natura e del processo dello sviluppo saranno descritti nel capitolo prossimo.

CAPITOLO IV

COME SI SVILUPPA L'INDIVIDUO

(*Seguito*)

AZIONE DEI GENIDI

Il precedente capitolo tratta dei processi fondamentali nella prima formazione dell'individuo. Un'ulteriore conoscenza del modo di agire dei genidi nello sviluppo si ottiene esaminando le differenze prodotte dai diversi gruppi di genidi. Differenti uova fecondate cominciano con differenti combinazioni di genidi e di conseguenza producono individui con caratteri diversi. Come si ottengono tali differenze di caratteri? Attraverso quali processi di sviluppo i diversi caratteri vengono prodotti dai diversi genidi?

Sebbene di questa materia si conosca ben poco, qualche lume su di essa vien fornito dagli allevamenti sperimentali. Questi allevamenti pongono le basi di una fi-

siologia dello sviluppo dipendente dai genidi.

Si sa che alcuni genidi entrano in azione proprio al principio dello sviluppo, interessando la costituzione dell'uovo che produrrà il nuovo individuo. Nel baco da seta vi sono due razze che differiscono tra loro per il colore delle uova; differenza dovuta alla diversità di una coppia di genidi nelle due razze. Se le uova del tipo bruno vengono fecondate da uno spermatozoo del tipo colorato in ardesia, il colore non subisce un'immediata differenza e l'uovo fecondato rimane bruno. Ma quando le femmine nate da queste uova brune contenenti un genidio della razza ardesia producono le uova per una nuova generazione, tali uova saranno tutte del colore della razza ardesia. Delle femmine derivate da queste uova color ardesia, tre quarti produrranno uova color ardesia ed un quarto color bruno, mostrando così una semplice eredità mendeliana.

Un'altra razza di bachi da seta a uova brune differisce dalla razza dalle uova color ardesia per un altro genidio. Quando le uova della razza bruna vengono fecondate dalla razza ardesia, si colorano subito in ardesia e nelle generazioni successive, essendo il color ardesia dominante, i due colori daranno la semplice eredità mendeliana. Il colore dell'uovo bruno viene tosto mutato dall'intervento del genidio della razza ardesia, mostrando che questo genidio entra subito in azione.

Si conoscono nello sviluppo altri mutamenti molto precoci che risultano dalle caratteristiche dei genidi o dei cromosomi portati nell'uovo dallo spermatozoo.

Sono stati fatti molti studi sugli effetti della fecondazione delle uova di una specie con lo sperma di un'altra. Tali esperimenti furono facilmente eseguiti sul riccio di mare. A prima vista parve che in questi animali ogni aspetto primitivo dello sviluppo fosse indipendente dallo spermatozoo e venisse determinato soltanto dalla madre. Ma studi piú profondi fatti dal BOVERI, dal FISCHER e dal TENNENT, mostrano che questo è un errore. Le esperienze dimostrarono che il tipo di spermatozoo che entra nell'uovo influenza il corso di divisione della cellula; agisce sulla forma delle cellule della blastula, sul numero di cellule mesenchimatiche prodotte; sulla forma della gastrula, sul colore e la forma della larva ed il carattere delle prime strutture scheletriche che si formano. Cosí la natura dello spermatozoo può influenzare lo sviluppo praticamente dal suo inizio. Lo stesso si è visto negli incroci di due specie di pesci *Fundulus* fatti da H. H. NEWMAN.

I risultati di allevamenti sperimentali mostrano egualmente che certi particolari genidi agiscono subito nello sviluppo. Si trovano in molti organismi genidi difettosi per mancanza di materiale necessario all'inizio dello sviluppo. Il corrispondente genidio normale appartenente alla stessa coppia fornisce la sostanza richiesta. Tali genidi difettosi si chiamano letali. Se noi designamo un tale genidio con la lettera L ed il genidio normale della stessa coppia con N, se un uovo fecondato ha la coppia NN e NL si sviluppa normalmente. Ma se ha deficienti entrambi i genidi della stessa coppia, cioè la coppia è

formata di LL, non si può sviluppare e non può venir prodotto alcun individuo. Spesso questi genidi letali esistono nel cromosoma X. Poiché il maschio ha un solo cromosoma X, se questo ha un genidio letale i maschi muoiono, mentre le femmine avendo un altro cromosoma X che può portare un genidio normale, vivono e si sviluppano. Nel moscerino, una femmina spesso ha così un genidio letale in uno dei suoi cromosomi X, ma non nell'altro. Quando una tale femmina si unisce con un maschio normale i suoi figli maschi, come sappiamo, prendono tutti il loro singolo cromosoma X dalla madre. Metà di essi prenderanno il cromosoma X col genidio letale e non si svilupperanno. Così la prole presenta un numero doppio di figlie in ragione di quello dei figli maschi. Tali risultati si ottengono spesso negli allevamenti del moscerino.

Altri genidi portano sostanze che agiscono nello sviluppo qualche tempo dopo. Se questi genidi si alterano così da non poter portare quelle sostanze, lo sviluppo cessa nel momento in cui questo materiale si rende necessario e l'individuo muore. Ciò accade nel caso dei topi gialli. Un genidio presente nell'individuo normale si altera in modo che il topo prodotto è giallo. Possiamo chiamare questo genidio Y ed il corrispondente genidio normale N. Se l'uovo fecondato ha questa coppia di genidi del tipo NN o NY, l'individuo si sviluppa normalmente, sebbene in quest'ultimo caso sia di colore giallo. Ma se nell'uovo fecondato la coppia è YY e manca il genidio normale N, l'individuo si sviluppa soltanto fino

allo stadio in cui questo genidio normale deve entrare in azione, indi muore. Furono trovati nel corpo della madre embrioni morti, di color giallo puro. Questi esempi indicano che tali genidi imperfetti sono abbastanza comuni e causano la morte dell'embrione arrivato a un dato stadio di sviluppo. Embrioni morti si trovano sovente tra i mammiferi.

Un caso notevole di questo genere si riscontra nelle piante. Alle volte manca uno dei genidi richiesti per la produzione della clorofilla. Non potendo esso produrre una data sostanza chimica che deve prendere parte alla formazione della clorofilla, quest'ultima non si forma. Le piante che hanno in coppia soltanto genidi del tipo deficiente, non possono diventare verdi e rimangono bianche. Se noi indichiamo il genidio normale che produce il materiale richiesto, con la lettera C ed il genidio deficiente con c, gli individui aventi la costituzione CC o Cc sono normali, mentre quelli con la coppia cc sono bianchi.

La clorofilla è necessaria per elaborare il nutrimento delle piante verdi; quindi l'individuo che non l'ha può vivere soltanto fino allo stadio in cui la sua nutrizione è supplita dalle sostanze raccolte nel seme. Così gli individui che hanno la coppia di genidi cc si sviluppano fino a produrre le piccole pianticelle bianche, e poi muoiono. Queste pianticelle possono qualche volta vivere innestandosi su piante verdi che forniscano loro il nutrimento. La pianta bianca innestata può produrre ovuli e, incrociata con ovuli o polline di piante verdi, dà un'ordi-

naria eredità mendeliana mostrando che la differenza tra piante verdi e bianche è dovuta a una singola coppia di geni.

Certi geni cominciano ad agire in uno stadio ancora piú avanzato dello sviluppo, quando cioè sono già state poste le basi di ciascun organo particolare. Nel moscerino esiste nel quarto cromosoma una coppia di geni che può alterarsi così da non porre la base dell'occhio. La mosca che in questa coppia possiede soltanto geni alterati, sviluppa corpi completi ma senz'occhi (FIGURA 40 B). D'altra parte in quelli col genidio normale la base dell'occhio è posta regolarmente e gli individui prodotti hanno occhi completi (FIG. 40 A).



FIG. 40. Capo di *Drosophila* normale (A) e senz'occhi (B). La mancanza degli occhi è prodotta dalla alterazione di un unico genidio nel quarto cromosoma. (Dalla *Genetica della Drosophila*.)

Di tale natura sono senza dubbio i mutamenti dai quali risulta la debolezza di mente ereditaria nell'uomo. Il cervello è formato dall'azione concorde di un gran numero di genidi. Quando in qualche coppia di genidi manca una parte essenziale nel lavoro di costruzione dell'abbozzo del cervello, il cervello è imperfetto, non può lavorar bene e ne risulta la debolezza di mente. Tale debolezza di mente è ereditaria secondo la semplice regola mendeliana.

Altri genidi entrano in giuoco piú tardi ancora. Nel moscerino un occhio può essere abbozzato e parzialmente sviluppato, dopo di che, se qualche genidio è difettoso, lo sviluppo prende una via sbagliata e si produce un occhio irregolare o deformato. Si conoscono molti di questi casi. Quando un dato genidio (situato vicino ad una estremità del cromosoma X) è difettoso, nessun pigmento viene deposto nell'occhio sebbene questo sia ben formato; si producono così i cosiddetti occhi bianchi. In altri casi la deficienza di una data coppia di genidi non evita il deposito di pigmento ma ne altera la natura. Il pigmento invece di essere rosso come il solito è rosa o porpora. Dal mutare di particolari genidi risulta un gran numero di tali modificazioni del colore degli occhi conosciute specialmente nel moscerino. Ciascuna modificazione si eredita secondo la semplice regola di Mendel ed è dovuta al mutare di una singola coppia di genidi.

L'opera di dati genidi è essenziale perché l'adulto sia vigoroso. Se una coppia di tali genidi è difettosa, l'individuo può giungere ad essere adulto ma sarà debole,

senza resistenza per le avverse condizioni, e avrà vita breve. Nel moscerino si conoscono molti genidi di questo genere.

RAYMOND PEARL ha studiato dettagliatamente l'effetto sulla lunghezza della vita, sul grado di mortalità ecc. di un numero di genidi difettosi nella *Drosophila*. La vita dei moscerini, lunga o corta, è ereditaria secondo la tipica regola di Mendel o secondo la regola dell'eredità legata al sesso. Individui a vita lunga incrociati con individui a vita corta, danno figli a vita lunga. Questi, incrociati fra loro, producono figli in cui ci sono press'a poco tre individui longevi su uno a vita corta. La differenza tra una vita lunga e vigorosa da una parte ed una vita corta e debole dall'altra, è dovuta al cambiamento di un singolo genidio, uno di quelli che portano un'importante sostanza alla costituzione dell'organismo.

Gli esempi qui elencati illustrano il fatto che l'azione di un particolare genidio non è limitata ad una determinata parte costituente del corpo. Molti singoli genidi producono effetti a lunga scadenza che influenzano l'intera costituzione e le funzioni dell'individuo. Essi devono agire producendo alcune sostanze che passano attraverso l'individuo e interessano tutte le sue parti. Altri, per quanto può dire l'esperienza, hanno un'azione più limitata producendo sostanze che interessano generalmente determinate parti del corpo. Si è trovato però che anche queste hanno di solito qualche effetto sulla costituzione generale e MORGAN ha espresso l'opinione che tutti i genidi interessano l'intero organismo.

DETERMINAZIONE DEL SESSO

È stata fatta luce sul modo in cui si producono tali effetti su diverse parti del corpo o sull'intera costituzione, esaminando come differenti gruppi di genidi producano a lunga scadenza alcune delle classiche diversità tra gli individui. Lo studio del differenziarsi dei sessi è particolarmente istruttivo perché illumina una nuova sorta di processi nello sviluppo.

Abbiamo visto che nei Mammiferi come in molti altri organismi gli individui dei due sessi sono diversi fin dal principio dello sviluppo, fin da quando cioè ciascuno è costituito da una cellula sola. Essi differiscono nei cromosomi; la femmina ha un dato numero di cromosomi in gruppi di coppie. Il maschio invece o ha un cromosoma di meno, sicché i suoi cromosomi sono dispari, oppure uno di essi (Y) è degenerato e quasi senza alcuna funzione. In altre parole, il maschio ha un cromosoma dispari («X») in luogo della coppia degli X presente nella femmina (vedi cap. II). Tutti i cromosomi eccetto gli X e gli Y sono, come abbiamo visto, comunemente detti autosomi. Adoperando questa denominazione possiamo dire che il maschio ha un doppio gruppo di autosomi più un X, la femmina ha un doppio gruppo di autosomi più due X (FIG. 15).

Un uovo fecondato contenente gli autosomi ed il singolo X, produce un maschio, deve quindi svilupparsi molto diversamente da un uovo che ha gli autosomi e

due X e che produce una femmina. Come si sviluppa questa grande differenza? Come operano i cromosomi per produrre i sessi differenti?

Poiché l'uovo fecondato si divide in due, quattro, otto e piú cellule, sappiamo che ogni cellula del maschio riceve gli autosomi piú un X, mentre ogni cellula della femmina riceve gli autosomi piú due X. Cosí ogni cellula nel corpo del maschio differisce da ogni cellula della femmina, per tutta la vita. Sappiamo che, con il progredire dello sviluppo, i cromosomi prendono, modificano e restituiscono parte del citoplasma della cellula (vedi cap. III). Essendo il risultato diverso nei due sessi, devono essere diversi nelle cellule i processi, i mutamenti chimici, secondo che sia presente un X o che ve ne siano due.

Nei Mammiferi da principio i risultati visibili dello sviluppo sono gli stessi e per un notevole periodo gli individui dei due sessi non si possono distinguere. Nel topo o nel coniglio si produce un embrione nel quale sulla membrana che forma la parete dorsale della cavità del corpo c'è una striscia sporgente composta di piccole cellule (FIG. 41). Queste piú tardi produrranno le cellule germinali dell'individuo, gli spermatozoi o le uova. Detta prominenza si chiama ghiandola germinale. Ciascuna di queste cellule cresce producendo in seguito le *cellule germinali*. Da principio la ghiandola germinale è per lo piú d'aspetto simile nei due sessi. Ma dopo un certo tempo appaiono le prime differenze risultanti dalla presenza, nelle cellule, di uno o due X. Le cellule ingrandi-

te che contengono un solo X (nel maschio) si dividono e diventano piú piccole, formando le cellule madri degli spermatozoi. Esse vengono circondate da altre cellule della ghiandola, le cosí dette cellule interstiziali.

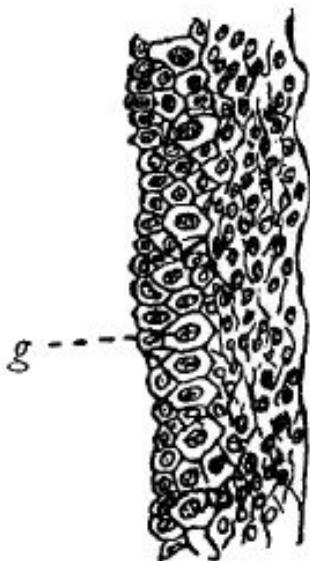


FIG. 41. Porzione di ghiandola germinale in una fase primitiva dello sviluppo del Maiale; si notino le cellule genitali ingrandite (g). (*Nagel.*)

Le ghiandole germinali della femmina, che portano nelle loro cellule due X, in questo stadio non appaiono mutate. A questa età quindi i maschi si possono distinguere per i detti gruppi di piccole cellule, mentre le femmine sono come i maschi piú giovani con le cellule non ancora modificate.

Piú tardi avviene un mutamento nelle femmine; le grandi cellule genitali aumentano ancora di volume producendo le cellule che in seguito daranno origine alle uova. Queste sono circondate da piccole cellule protettive.

A questo punto gli individui che hanno un solo X nelle loro cellule differiscono dunque da quelli che ne hanno due, in modo che si possono subito riconoscere esaminando le ghiandole germinali. Le due sorta di individui continuano da quello stadio a svilupparsi per due vie diverse. La prima produce i maschi, la seconda le femmine. Maschi e femmine differiscono fra loro grandemente per la struttura interna, per l'aspetto esterno, per le funzioni e il comportamento. Familiari sono le differenze fra maschi e femmine: colori, forma del corpo, pilosità, corna e simili, conosciute come caratteri sessuali secondari.

Alcune delle cause che danno origine a queste differenze sono rese note da certe esperienze. Se a un giovane maschio viene tolta la ghiandola germinale o testicolo, non si sviluppano i caratteri sessuali secondari. L'individuo rimane senza barba, senza corna, senza insomma quei caratteri che distinguono il maschio adulto. Resta cioè in condizioni giovanili. La stessa cosa succede se si toglie la ghiandola germinale (ovario), alla femmina giovane; essa rimane giovanile per forma e per sviluppo.

Questo dimostra che le cellule contenenti un solo X producono in qualche modo i caratteri secondari nel ses-

so maschile per mezzo della ghiandola germinale. Per cui se viene tolta la ghiandola germinale non si producono le caratteristiche dell'aspetto maschile, quantunque le rimanenti cellule abbiano ancora il cromosoma X. Analogamente le cellule con due X producono i caratteri secondari del sesso femminile, per mezzo della ghiandola medesima.

Come fanno le ghiandole germinali a dare questi risultati? Si può averne qualche notizia trapiantando la ghiandola germinale di un sesso nel corpo di un individuo dell'altro sesso, come è stato fatto dallo STEINACH, da C. MOORE e da altri. Da una giovane femmina si toglie l'ovario e al suo posto si mette un testicolo. Il testicolo continua a crescere e la femmina in cui è stato trapiantato, prende gradualmente i caratteri sessuali secondari maschili. Nello stesso modo se a un giovane maschio si toglie il testicolo e al suo posto si mette un ovario, questo maschio acquista gradatamente i caratteri sessuali secondari femminili.

Sembra che il testicolo secerna una sostanza che passa in circolazione nel corpo dando origine allo sviluppo dei caratteri maschili. Essa ha questo effetto, normalmente, in un corpo composto di cellule con un solo X; ma lo si ha anche quando agisce in un corpo le cui cellule posseggono due cromosomi X, come avviene negli esperimenti di trapianto. L'ovario produce una secrezione che, circolando nel corpo, causa lo sviluppo dei caratteri femminili. Tale risultato si ottiene non solo nei corpi le cui cellule costituenti hanno due cromosomi X,

ma anche in quelli che ne hanno uno solo. Dette secrezioni messe in circolo si chiamano ormoni. Sarebbe di grande interesse far sí che il sangue di un maschio circolasse nel corpo di una giovane femmina; ciò dovrebbe far sviluppare nella femmina i caratteri maschili. Un esperimento simile si dà in natura, e il fenomeno fu studiato bene da F. R. LILLIE. I bovini producono qualche volta una coppia di gemelli dei quali uno è un maschio mentre l'altro presenta un misto dei caratteri dei due sessi. Lillie trovò che in tutti questi casi il sistema sanguigno dei due individui sviluppantisi è in comunicazione. Come abbiamo detto in un paragrafo precedente, nei Mammiferi il maschio sviluppa le sue caratteristiche prima della femmina; perciò, nei casi in parola, fino a un certo tempo il sangue di un maschio parzialmente sviluppato scorre attraverso il corpo di una femmina non ancora sviluppata. Questo sangue portando la secrezione del testicolo del maschio fa sí che il corpo della femmina sviluppi molte caratteristiche maschili. Il risultato è di trasformare un individuo originalmente femmina, in un individuo che porta commisti i caratteri di tutti due i sessi.

La trasformazione non è mai completa, come rimane incompleta nei trapianti descritti nei paragrafi precedenti. Il corpo originariamente femminile, avente due cromosomi X in ciascuna delle sue cellule, sviluppa sempre alcuni caratteri femminili e alcune strutture femminili, parallelamente a quelle maschili. Apparentemente le cellule fornite di due cromosomi X reagiscono agli or-

moni maschili in una maniera differente dalla reazione delle cellule che ne hanno uno solo. I caratteri del sesso dipendono principalmente da quello dell'ormone presente, ma in parte anche dal numero dei cromosomi presente nelle cellule su cui l'ormone agisce.

AZIONE DEGLI ORMONI

Sembra dunque che l'originale differenza dei cromosomi tra gli elementi germinali maschili e femminili produca molti dei suoi effetti attraverso l'azione di secrezioni diverse nei due sessi. Tali secrezioni prodotte da una parte del corpo, circolanti in altre parti e che vi producono un dato effetto, sono conosciute come secrezioni interne, secrezioni endocrine o ormoni. La ghiandola germinale le cui cellule hanno un solo cromosoma X, produce un dato tipo di ormone che induce lo sviluppo dei caratteri maschili; i caratteri maschili e femminili dipendono in ultima analisi dalla differenza dei cromosomi tra le uova fecondate da cui provengono.

Le condizioni sopra descritte si trovano nei Mammiferi. Negli Uccelli la situazione per la produzione dei caratteri del sesso differisce molto da quella trovata nei Mammiferi. Anche qui gli ormoni vi prendono parte ma la loro funzione è alquanto diversa. Negli Insetti pare che le differenze del sesso non dipendano dagli ormoni ma che risultino piú direttamente dall'originale diversità

dei cromosomi nelle cellule originarie. La fisiologia dei differenti gruppi di organismi può differire come la loro struttura. Poiché il nostro compito è soltanto di illustrare i vari modi in cui operano nello sviluppo i cromosomi, rinunciamo a esaminare qui il caso degli Uccelli e degli Insetti.

Oltre alle ghiandole germinali, altre parti del corpo in sviluppo producono ormoni che circolano nell'intero organismo ed interessano lo sviluppo e la fisiologia di altre parti. Lo studio di questi ormoni è uno dei rami della biologia moderna, e dei più interessanti. Alla loro azione è stata attribuita una grandissima importanza, specialmente nella determinazione dei temperamenti e dei caratteri mentali degli uomini. Oltre alle ghiandole germinali, alcuni dei principali organi a secrezione interna sono la ghiandola tiroide, le paratiroidi, le surrenali, e la ghiandola pituitaria o ipofisi. Esaminando l'azione della ghiandola tiroide nello sviluppo degli Anfibi si può apprezzare meglio la natura dell'azione delle secrezioni interne nello sviluppo, la loro importanza e i loro limiti; poiché questa azione è stata studiata più completamente negli Anfibi che negli altri animali.

In tutte le classi degli Anfibi, eccezion fatta per qualche rara specie, si sviluppa dall'uovo un essere atto a nuotare, fornito di coda e di branchie, e da principio, senz'arti: il girino. In quel gruppo degli Anfibi che comprende i rospi e le rane, dopo un certo periodo la coda e le branchie si perdono, si sviluppano gli arti, avviene una trasformazione interna ed esterna ed il girino si

muta in rana o rospo, a quattro zampe. Che cosa causa questa metamorfosi? J. F. GUDERNATSCH trovò che se i giovanissimi girini vengono nutriti con pezzetti di ghiandola tiroide, si mutano tosto in rane anche se molto piccoli. In questo modo furono prodotte delle rane piccole come mosche. I girini del ranocchio, che generalmente non si metamorfosano che a due o tre anni, furono portati a metamorfosarsi durante la prima stagione della loro vita e dopo due settimane da quando si cominciò a nutrirli con la tiroide.

D'altra parte si trovò che, se con una operazione si toglie la ghiandola tiroide, i girini non si metamorfosano più, ma rimangono allo stato primitivo anche crescendo e diventando sessualmente maturi.

Lo studio di questi fatti fu intrapreso da molti altri e si è molto imparato dagli effetti della tiroide sullo sviluppo degli Anfibi. W. W. SWINGLE trovò che l'effetto della tiroide è in gran parte dovuto all'iodio che essa contiene. Dando da mangiare dell'iodio ai girini, si provoca la loro metamorfosi come nutrendoli colla tiroide.

La ghiandola tiroide produce una secrezione interna o ormone che contiene iodio e che passa nel sangue. L'iodio che la tiroide contiene è unito ad altri composti organici ed alcuni degli effetti di queste secrezioni non possono essere prodotti dall'iodio solo, specialmente negli animali superiori.

La tiroide come le altre parti del corpo si sviluppa gradualmente e, negli stadi primitivi del suo sviluppo non può produrre il suo ormone. Essa resta inattiva fin-

ché il rimanente del corpo non diventa capace di reagire alla sua attività. Ad un dato momento poi comincia a produrre la sua secrezione caratteristica ed a mandarla in circolo, provocando le trasformazioni che si son dette.

DIVERSITÀ DELLE REAZIONI

Quando esaminiamo come avviene questa trasformazione troviamo che, per comprendere lo sviluppo, sono di grande importanza alcuni particolari nell'azione dell'ormone della tiroide. Diverse parti del corpo reagiscono in maniera diversa all'influenza dello stesso ormone. Lo stesso ormone poi influisce diversamente sulle diverse razze o specie. Gli effetti dell'ormone non sono quindi dovuti esclusivamente alle sue peculiarità, ma dipendono egualmente dalla costituzione della parte o della specie su cui agisce. Queste importanti relazioni sono illustrate notevolmente nei diversi Anfibi.

Il principale effetto dell'influenza dell'ormone della tiroide sul sangue è di accelerare molto il metabolismo del girino, cioè i processi chimici che avvengono nel corpo. Quando il girino è nutrito con troppa tiroide, perde rapidamente di peso e i suoi tessuti tendono a distruggersi e ad essere riassorbiti fino a produrre la morte per inedia. Nella trasformazione naturale del girino in rana, l'ormone della tiroide agisce sulle branchie, sulla

coda e sulle parti dell'intestino. Le branchie e la coda vengono assorbite e spariscono. La maggior parte dell'intestino avvolto in lunghi giri sparisce egualmente, lasciando solo l'intestino corto che si trova nella rana adulta.

Ma in altre parti del corpo l'ormone produce effetti contrari. Le membra, sotto l'azione di esso, non soltanto non spariscono, ma al contrario crescono rapidamente, si allargano, sviluppano in diverse parti dita, giunture ecc. e continuano a funzionare attivamente. Vengono prodotti anche i polmoni. Lo sviluppo del corpo prende una via differente da quella seguita prima, e la intera forma si muta. Per contro, le ghiandole sessuali, i testicoli e l'ovario non vengono distrutti come le branchie e la coda, né accelerati nello sviluppo come le membra; continuano a svilupparsi press'a poco come facevano prima che l'ormone della tiroide cominciasse ad agire.

Perché parti diverse del corpo e cellule diverse reagiscono diversamente allo stesso ormone? Sappiamo che tutte le cellule contengono lo stesso gruppo di genidi e che il differente comportamento non è dovuto alla diversità dei genidi nelle cellule. Ma sappiamo anche come il citoplasma sia diverso nelle diverse cellule attraverso la sua interazione con i genidi, secondo il particolare ambiente organico di ciascuna cellula. Con molta probabilità, quindi, le reazioni diverse delle diverse parti con lo stesso ormone sono dovute in primo luogo alla diversità del citoplasma nelle cellule di queste parti. Questa relazione, se è vera, ha una grandissima importanza per

molte fasi dello sviluppo.

Alcune parti vengono ridotte e distrutte, altre trasformate, altre crescono e si differenziano, altre non risentono alcuna conseguenza. All'ormone non si può attribuire, nello sviluppo, una azione singola e definitiva, poiché gli effetti dipendono tanto dalla natura dello ormone, quanto dalla costituzione delle parti su cui esso agisce. Le diverse parti reagiscono così da produrre dei complessi risultati speciali, di grande importanza nella vita dell'animale. Il girino abituato a vivere nell'acqua e a cibarsi di vegetali, si trasforma in una creatura atta a vivere sulla terra ed a cibarsi di animali.

Sotto l'azione dello stesso ormone della tiroide, non soltanto le diverse parti dello stesso corpo si comportano diversamente, ma anche le diverse specie degli Anfibi. Oltre alle rane ed ai rospi che perdono le branchie e la coda e che vengono a vivere in terra, vi sono le salamandre e i tritoni la cui vita si svolge molto diversamente. Alcune salamandre, come l'*Amblystoma* (FIG. 42 B) hanno uno stadio di girini che assomiglia molto a quello delle rane. Quando tali girini si assoggettano all'ormone della tiroide, si trasformano perdendo le branchie ma non la coda, né, come succede alle rane ed ai rospi, le loro membra si sviluppano eccessivamente. La salamandra mantiene la sua forma allungata, ma acquista i polmoni e può strisciare sulla terra. In un altro gruppo di Anfibi, di cui il prototipo è il *Necturus*¹², non ci sono

12 Il *Necturus maculatus* è esclusivo dell'America settentrio-

trasformazioni; le branchie non si perdono mai, e gli individui rimangono acquatici per tutta la vita, pur crescendo in grandezza. Si potrebbe supporre che tale mancata trasformazione sia dovuta all'assenza dell'ormone della tiroide, ma non è il caso. Se detti animali vengono nutriti con della tiroide o vengono in altro modo assoggettati ad essa con il metodo che provoca la trasformazione dei girini in rane, essi non si trasformano, ma mantengono le branchie e le zampe come prima.

L'*Axolotl* (FIG. 42 A) è una salamandra di grado intermedio tra gli Anfibi che si trasformano e quelli che restano immutati. Generalmente mantiene le sue branchie per tutta la vita, poiché vive nell'acqua dove depone le uova e produce i figli. Se però l'*Axolotl* si nutre con la tiroide, si metamorfosa, perde le branchie, muta la forma del corpo e diventa un *Amblystoma* (FIG. 42 B). Ma la consueta mancanza di una metamorfosi non è però dovuta a mancanza di tiroide. Le esperienze mostrano che l'*Axolotl* ha una tiroide attiva che dà origine a trasformazioni quando viene trapiantata in un girino di rana. E allora perché l'*Axolotl* di regola non si trasforma? A questa domanda non si può rispondere con certezza. Probabilmente vi è qualche meccanismo che impedisce alla secrezione della tiroide di entrare nel sangue. Il caso dell'*Axolotl* dimostra che l'effetto dell'ormo-

nale, ed è molto affine sistematicamente al *Proteus anguineus* che si trova esclusivamente nella regione carsica giuliana (Grotte di Postumia, ed altre). Anche il *Proteus* si comporta nei riguardi della metamorfosi come il *Necturus*. (N. d. T.)

ne della tiroide dipende da altri caratteri dell'animale, all'infuori del mero possesso della tiroide e dei suoi ormoni.

L'effetto dell'ormone della tiroide differisce dunque grandemente nei diversi animali. Nelle diverse specie le cellule hanno costituzione differente, differenti genidi e reagiscono diversamente collo stesso ormone, come le diverse parti dello stesso individuo. Constatiamo ancora una volta che l'effetto prodotto dipende tanto dalla costituzione delle cellule, quanto dalla natura dell'ormone che su esse agisce.

GLI ORMONI NELLO SVILUPPO DELL'UOMO

Nell'uomo l'ormone della tiroide ha un grande effetto sullo sviluppo. Alcuni uomini hanno la tiroide poco sviluppata, cosicché l'ormone scarseggia; tali individui non si sviluppano normalmente, ma restano piccoli, con la forma del corpo anormale, alcune parti mancano, altre si sviluppano piú del normale. Il cervello non si sviluppa normalmente; ne risulta un cretino. Quando questa creatura repulsiva viene nutrita con della tiroide per lungo tempo, il suo aspetto anormale gradualmente scompare ed essa cresce regolarmente, con un cervello normale. Quando da un giovane mammifero si toglie la tiroide, per esempio da una pecora, si sviluppano in essa molte caratteristiche del cretinismo.

Se invece di restare inattiva o difettare, la tiroide è iperattiva, l'individuo è smilzo, leggero, energico, nervoso. Egli mostra un'alta frequenza nei battiti del cuore, un'alta pressione del sangue ed un'eccessiva produzione di calore. Sembra che le caratteristiche risultino dall'alto grado di metabolismo prodotto dall'ormone della tiroide. L'attività della tiroide varia moltissimo nei diversi individui e a questo sono dovute certamente molte delle diversità di temperamento. D'altra parte le differenze della funzione tiroidea sono dovute in alcuni casi alle diverse condizioni d'ambiente. La mancanza di iodio nel cibo o nell'acqua da bere può determinare imperfezioni nell'ormone della tiroide e di conseguenza uno sviluppo anormale. In molti casi le diversità nella funzione tiroidea sono dovute, senza dubbio, a differenze originali nel sistema genetico con cui l'individuo comincia a vivere. I genidi manifestano molti dei loro effetti attraverso l'ormone della tiroide che producono, ed altri attraverso gli ormoni del sesso. Diversi gruppi di genidi producono ormoni tiroidei diversi di qualità e di quantità, così da dar origine a differenze nei caratteri degli individui.

Anche altri ormoni hanno una grande importanza nello sviluppo, sebbene i loro effetti siano stati molto meno studiati di quelli delle ghiandole sessuali e della tiroide. Le paratiroidi, piccole ghiandole addossate alla tiroide, sono necessarie ad uno sviluppo normale, per la loro azione sulla quantità di calcio nel sangue. Le surrenali hanno una grande influenza sullo sviluppo dei caratteri sessuali secondari e la loro secrezione ha molta impor-

tanza nelle funzioni del corpo. La ghiandola pituitaria, che si trova alla base del cranio, produce due ormoni che hanno entrambi effetti importanti nello sviluppo. L'ormone del lobo anteriore della ghiandola promuove l'accrescimento; se la sua azione è eccessiva, l'accrescimento procede oltre il normale e si hanno i giganti. Se d'altra parte questo ormone è inattivo, l'individuo resta piccolo e non si sviluppa. Si è trovato che l'azione eccessiva dell'ormone della pituitaria causa anche un rapido ed eccessivo sviluppo dell'ovario, mentre, se l'ormone manca, l'ovario è degenerato. L'ormone del lobo posteriore della pituitaria ha un effetto sulla nutrizione e stimola la produzione dell'adipe.

Si è detto che le differenze tra le razze degli uomini possono essere dovute, in tutto o in parte, a differenze tra i particolari ormoni, e si è detto lo stesso anche per le differenze tra le razze canine. Ma in mancanza di dati sperimentali, queste affermazioni vanno accolte con prudenza.

Si potrebbe dire che le differenze tra le salamandre che mantengono le branchie per tutta la vita e quelle che non le mantengono siano del genere di quelle dovute alla secrezione tiroidea, ma gli esperimenti dimostrano che non è vero. Cellule con differenti specie di citoplasma e cellule con differente costituzione originale e differenti genidi reagiscono molto diversamente allo stesso ormone tiroideo, come lo dimostrano gli esperimenti sugli Anfibi. Questo è uno dei fatti più importanti nello sviluppo, e non si può non prenderlo in considerazione.

Razze diverse di uomini, o di cani, cominciano certamente a vivere con differenti gruppi di genidi. Molti dei loro diversi caratteri sono dovuti a questo fatto, qualunque sia la natura della tiroide o degli altri ormoni esistenti. La diversità degli ormoni, quando esiste, è dovuta a diversità di genidi e, con genidi diversi, gli stessi ormoni producono effetti differenti. Ogni volta che studiamo gli effetti di differenti fattori sui caratteri e sullo sviluppo otteniamo questi risultati.

L'azione degli ormoni rivela ancora che il prodotto di un dato gruppo di genidi dipende non solo dalla sua propria costituzione, ma dalle condizioni del suo ambiente. Tale relazione si manifesta anche nei primi stadi dello sviluppo, poiché quello che produce una data cellula dipende dalle cellule che la circondano. Se è presente un ormone con date caratteristiche e in una certa concentrazione, le cellule producono un dato gruppo di strutture; se l'ormone ha altre caratteristiche o concentrazioni le stesse cellule producono altre strutture. Lo stesso gruppo di genidi dà caratteri maschili o femminili, produce un gigante o un nano, un individuo poltrone o attivo, un imbecille o un uomo intelligente a seconda dell'ormone presente. L'esistenza dell'ormone dipende a sua volta, in condizioni normali, dal gruppo dei genidi esistenti in principio; ma con un'operazione o in un'altra maniera, si può sostituire un altro ormone a quello presente normalmente, e lo sviluppo cambia. Lo sviluppo di ciascuna parte reagisce fortemente all'ambiente che la circonda.

Ma che effetto può avere l'ambiente esterno su tutto

questo? L'ambiente esaminato finora è quello delle cellule del corpo, quello che si potrebbe anche chiamare *l'ambiente interno*. Esso determina quel gruppo di caratteri che tra parecchi gruppi possibili sarà prodotto da un particolare gruppo di cellule. È questa un'azione simile alle condizioni esterne incontrate dall'individuo? In che proporzioni i caratteri e lo sviluppo dipendono dalle condizioni esterne? Questa questione sarà trattata nel capitolo seguente.

CAPITOLO V

L'INFLUENZA DELL'AMBIENTE

EFFETTI DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI SULLE SECREZIONI INTERNE

Abbiamo visto che quello che produce ogni particolare cellula di un individuo è determinato con una certa latitudine dall'ambiente interno che la circonda. Vediamo ora se lo stesso gruppo di genidi può produrre differenti tipi di individui a seconda delle condizioni esterne in cui l'organismo viene a trovarsi.

A questa domanda si può rispondere affermativamente, come del resto abbiamo già visto studiando l'effetto del cambiamento degli ormoni che interessano un individuo. Il principio attivo della tiroide è stato prodotto sinteticamente; la sostanza così ottenuta può essere usata in luogo di quella prodotta dai genidi, con lo stesso effetto sullo sviluppo e sui caratteri. Nello stesso modo è stato prodotto artificialmente uno degli ormoni delle

capsule surrenali; gran passi sono stati fatti sintetizzando l'insulina, l'ormone prodotto dal pancreas. E su questa via si stanno facendo una quantità di ricerche.

Azioni simili possono darsi spontaneamente in natura? Non abbiamo ragioni per escluderlo. Molti caratteri dipendono dagli ormoni prodotti dai genidi. La produzione degli ormoni potrebbe essere sotto l'influenza del sistema nervoso, quindi sotto l'influenza delle condizioni esterne; o queste potrebbero interessare la produzione degli ormoni in qualche altra maniera.

È accertato del resto che la produzione di alcuni ormoni è effettivamente influenzata dal sistema nervoso «perciò profondamente modificabile dalle condizioni esterne; è il caso in particolare di uno degli ormoni prodotti dalle capsule surrenali, i quali interessano notevolmente e profondamente il comportamento dell'individuo. In un certo Anfibio le condizioni esterne, quasi certamente agenti sulla tiroide, hanno un effetto notevolissimo sullo sviluppo e sui caratteri dell'individuo adulto. È questo l'*Axolotl*, nominato nel precedente capitolo. Si è trovato che le condizioni esterne possono portare alla trasformazione dell'*Axolotl* in *Amblystoma*. Se l'*Axolotl* viene indotto gradualmente a lasciare l'acqua ed a vivere sulla terra sotto certe condizioni di temperature e simili, si trasforma in *Amblystoma* come se fosse stato nutrito con la tiroide, e come tale si riproduce e vive tutto il corso della sua esistenza. È assai probabile che l'effetto delle mutate condizioni è quello di agire sulla tiroide facendo sí che essa versi la sua secrezione nel sangue e

che questo produca la trasformazione in *Amblystoma*. Tuttavia ciò non è stato ancora provato sperimentalmente.

Questo animale quindi può differire profondamente per taluni caratteri a seconda delle condizioni ambientali che incontra. Non è improbabile che molti effetti delle condizioni d'ambiente sui caratteri dell'organismo siano dovuti agli effetti immediati delle condizioni di ambiente sulla produzione degli ormoni.

Se le sostanze chimiche prodotte dai genidi dell'organismo stesso hanno un effetto così grande sui suoi caratteri, non ci possono essere altre sostanze chimiche prodotte diversamente che hanno tali effetti? Moderne ricerche sull'alimentazione mostrano che vi sono effettivamente sostanze chimiche, all'infuori di quelle proprie dell'organismo, le quali alterano fortemente i caratteri degli individui. Si è scoperto che nei vari cibi esistono sostanze conosciute come vitamine, aventi effetti paragonabili a quelli degli ormoni. Il burro, il grasso di diversi animali ed il tuorlo d'uovo contengono una sostanza conosciuta come vitamina D necessaria per lo sviluppo delle ossa, specialmente se l'individuo non vive alla luce del sole. Se il cibo non contiene vitamine D, il calcio non si deposita adeguatamente nelle ossa. Queste rimangono cartilaginose, si piegano sotto il peso, si fissano storte e l'individuo ha le membra curve, le gambe storte o il corpo deformato in qualche maniera. A questo risultato si dà il nome di rachitismo. Se invece viene adottato il cibo con le vitamine D, il rachitismo scompa-

re, lo sviluppo ha il suo corso normale e, se i danni prodotti non sono troppo gravi, si possono curare. Di grandissimo interesse è il fatto che una condizione esterna, la luce del sole, ha lo stesso effetto della vitamina D. I bambini che hanno potuto godere poco la luce del sole, hanno bisogno di maggior quantità di vitamina D, e viceversa.

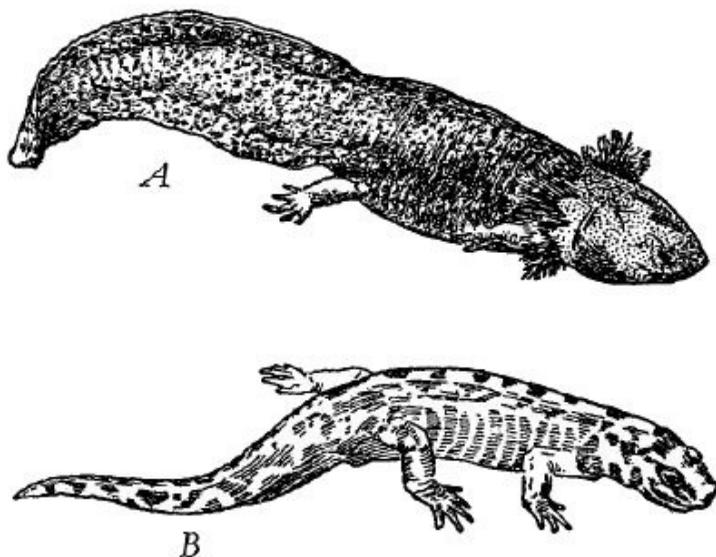


FIG. 42. *Axolotl* (A) e *Amblystoma* (B). Si notino le differenze di forma e di struttura. (Brehm.)

Gli aranci, i pomodori, e certi altri frutti contengono un'altra sostanza, la vitamina C, anch'essa richiesta per lo sviluppo normale. I bambini la cui dieta non contiene questa vitamina non aumentano di peso, la loro nutrizio-

ne è irregolare, e insieme con altri sintomi si nota in essi una grande suscettibilità alle infezioni. Tutti questi perturbamenti spariscono, grazie alla somministrazione di succo di arancio ed altri cibi contenenti la vitamina C in quantità adeguata. Nell'adulto la mancanza di vitamina C produce lo scorbuto. Esso viene prevenuto e curato dall'uso di succhi di frutta.

Un'altra sostanza, la vitamina E, presente in vari vegetali (cereali) è necessaria per lo sviluppo dei topolini allo stato embrionale. Se la dieta della madre non contiene questa sostanza, il figlio muore già nel corpo della madre, fra il dodicesimo e il ventesimo giorno di sviluppo. Questa stessa vitamina è richiesta ad uno stadio posteriore di sviluppo, per la produzione delle cellule germinali dei maschi. Se la loro dieta non contiene questa vitamina, i maschi crescono ed appaiono normali, ma, essendo degenerate le loro cellule germinali, sono del tutto sterili.

Si conoscono altre vitamine richieste per lo sviluppo normale e funzionale. Le nostre conoscenze su queste sostanze aumentano rapidamente e indicano chiaramente che, accanto agli ormoni prodotti dai genidi, anche le vitamine che vengono dall'esterno modificano profondamente la natura dello sviluppo e i caratteri dell'individuo.

RELAZIONE DELL'EREDITÀ CON L'AMBIENTE

Certe varietà di *mais* sono rossastre in molte loro parti, altre interamente verdi. R. A. EMERSON ha dimostrato che tale diversità corrisponde a una differenza di genidi, e si eredita secondo le leggi di Mendel.

Ma i genidi che producono quella colorazione rossa agiscono solo se la pianta cresce esposta alla luce diretta del sole; altrimenti anch'essa è verde come le altre. Sicché di due piante geneticamente uguali, una cresciuta al sole sarà rossa, l'altra, in ombra, verde; e in questo caso la differenza sarà dovuta unicamente all'ambiente.

Nel moscerino *Drosophila* si è riscontrato un certo difetto nelle zampe, tipicamente ereditario, che si può perpetuare sperimentalmente mediante opportuni allevamenti. Ma le zampe risultano difettose solo se i soggetti sono allevati in ambiente umido; se essi crescono in aria asciutta, il difetto non si manifesta.

Sempre nella *Drosophila*, un genidio modificato nel cromosoma X fa sí che quei moscerini raggiungano dimensioni doppie del normale. Ma tale accrescimento si verifica soltanto se i moscerini, durante una certa fase della loro vita larvale, ricevono nutrizione copiosa. Soggetti senza quel genidio alterato non diventano mai giganti, per abbondante che sia la loro alimentazione; e quelli forniti di quel tal genidio, se non si alimentano a quel modo in quel tale periodo della loro esistenza, non diventano piú grandi dei moscerini soliti. Questa specie

di gigante richiede dunque un ambiente specifico che agisca sopra un genidio anch'esso specifico, altrimenti non si produce.



Fig. 43. Addome anormale nella *Drosophila*: carattere risultante da un genidio difettoso nel cromosoma Y, ma che si manifesta soltanto quando gli individui crescono in un'atmosfera umida. Le ali furono rimosse per rendere meglio visibile l'addome. (*Morgan e Bridges.*)

Qual è il significato di questi fatti rispetto alle relazioni fra eredità e ambiente? Ciò che si eredita direttamente, come si eredita una proprietà, ciò che passa dal

genitore al figlio, è il gruppo di genidi con il citoplasma che li accompagna, vale a dire un assortimento di certe sostanze in date combinazioni, le quali in date condizioni danno origine a un individuo, avente determinate peculiarità. Con lo stesso gruppo di genidi diverse condizioni di ambiente possono portare a produrre diversi caratteri e con le stesse condizioni di ambiente diversi genidi possono portare egualmente alla produzione di diversi caratteri. Non c'è quindi una completa distinzione fra le diversità prodotte da genidi differenti e quelle prodotte da un diverso ambiente. I caratteri non possono venir divisi esclusivamente in due classi, una ereditaria e l'altra dovuta all'ambiente. Un dato carattere può essere alterato dal mutare dei genidi (e questo è il caso in cui viene detto ereditario), ma lo stesso carattere può essere alterato dal mutare dell'ambiente ed allora vien detto ambientale. I genidi forniscono un gruppo di condizioni per lo sviluppo, l'ambiente ne fornisce un altro; non è necessario che tra essi vi sia una differenza qualitativa. I caratteri prodotti possono essere mutati da un'adeguata alterazione di una qualunque condizione genetica o ambientale. Dall'aspetto di un carattere non è possibile decidere se sia dovuto all'influenza dei genidi o all'azione dell'ambiente, poiché ciascun carattere può essere dovuto in diversi casi o all'una o all'altra causa. Per rispondere alla domanda posta dianzi, bisogna esaminare sperimentalmente caso per caso.

Tuttavia, applicata alle differenze fra individui particolari, la questione se noi trattiamo materia ereditaria o

relativa all'ambiente è una questione alla quale solo se si conoscono i fatti, si può dare una risposta definitiva. Se due piante di granoturco hanno gli stessi genidi e una è rossa e l'altra è verde, la differenza è dovuta all'ambiente, alle diverse condizioni in cui esse vivono. Ma se noi paragoniamo la stessa pianta rossa ora considerata, con una pianta verde cresciuta nelle stesse condizioni di ambiente, la differenza fra esse sarà ereditaria, dovuta cioè alla diversità dei loro genidi.

La differenza fra due uomini uno dei quali ha la carnagione scura e l'altro bianca, è dovuta all'eredità o all'ambiente? Non si può dare generalmente una risposta precisa a questo quesito; essa dipende essenzialmente dalle circostanze. La differenza fra un individuo A, con un colorito scuro, ed un individuo B con un colorito chiaro può essere dovuta ad un'originale differenza di genidi; gli individui avranno allora colorito differente anche portati nello stesso ambiente, ma la differenza tra lo stesso individuo a colorito scuro A e l'individuo a colorito chiaro C può essere dovuta ad una differenza nelle condizioni ambientali poiché A può essere stato esposto maggiormente al sole di C.

Le differenze tra particolari individui si possono dunque assegnare alla eredità e all'ambiente, a seconda degli agenti: ma i caratteri per se stessi, almeno quelli che abbiamo considerato, non si possono – ripetiamo – adeguatamente assegnare ad una classe piuttosto che a un'altra.

ESISTONO CARATTERI NON INFLUENZATI DALL'AMBIENTE?

Ma che cosa diremo dei caratteri come il colore degli occhi nell'uomo o nel moscerino? Tutte le differenze del colore degli occhi sono dovute a diversità di genidi, non a diversità d'ambiente. Lo stesso si può dire per molti caratteri dell'uomo e di altri organismi. Possiamo dire che tali caratteri sono per se stessi ereditari e non ambientali? In pratica non risulterebbe tale asserto erroneo. Sappiamo positivamente che il colore degli occhi risulta dall'azione cumulativa di molte sostanze chimiche prodotte dai genidi. Sappiamo che, se una di queste sostanze chimiche si modifica per il mutare dei genidi, si cambia il colore degli occhi che ne risulta. È perfettamente concepibile che si possa giungere a somministrare dall'esterno una sostanza chimica che i genidi non portano, e a produrre così un colore di occhi che i genidi stessi non potrebbero produrre. Molte di queste scoperte sono già state fatte. Come abbiamo visto nel capitolo IV si è giunti a portare dall'esterno degli ormoni non forniti dai genidi. È ora possibile alterare molti dei caratteri dell'organismo i quali, pochi anni fa, sarebbero stati immutabili. La materia è stata studiata da poco e senza dubbio gli uomini impareranno un giorno a mutare molti altri caratteri che oggi sono inalterabili. Il fatto che un carattere è ereditario, cioè alterabile dal mutamento dei genidi, non implica che non si possa trovare un modo

per mutarlo attraverso l'ambiente.

È indispensabile spostare l'intera questione, dalla base dei principi generali *a priori* a quella della investigazione sperimentale di ogni singolo caso. Può un dato carattere di un dato organismo venir modificato dall'alterarsi di una particolare condizione di ambiente? Può la disposizione, il temperamento di un bambino venir alterato da un dato trattamento, dall'educazione, dalle misure igieniche e simili, come sostengono alcuni psicologi? A tale questione non si può rispondere appellandosi a principi generali di biologia, ma soltanto con l'esperimento e lo studio diretto della questione specifica. Molti caratteri che evidentemente dipendono dai genidi e dalle loro alterazioni, sono egualmente cambiati dal mutare delle condizioni a cui diversi individui sono soggetti ogni giorno. Ve ne sono altri che resistono, altri ancora che, una volta sviluppati interamente, non cambiano gran che per un mutamento delle condizioni ambientali; tuttavia nuove scoperte possono cambiare le nostre possibilità a riguardo di questi ultimi, come è accaduto diverse volte in passato.

CAPITOLO VI

LA PARTE DELL'EREDITÀ E QUELLA DELL'AMBIENTE NELLA FORMAZIONE DELL'INDIVIDUO

LE DIFFERENZE FRA INDIVIDUI SONO ESSE
DOVUTE PIÙ SPESSO A DIVERSITÀ DI
GENIDI O A DIVERSITÀ D'AMBIENTE?

Nel determinare i caratteri individuali ha maggior influenza l'eredità o l'ambiente? Nella costruzione delle automobili conta più il materiale con cui sono fatte o il metodo di lavorazione? Una domanda vale l'altra. Non si può dare ad esse una risposta generica. Per ottenere buoni risultati è indispensabile tanto del materiale adatto, quanto un appropriato trattamento di esso; nel caso nostro buoni genidi e condizioni ambientali favorevoli al loro sviluppo. Con materiale di una data qualità si può fare un'eccellente macchina di una data specie, ma

non di un'altra. Il miglior materiale ha bisogno per realizzare le sue possibilità, di una lavorazione adeguata. Se l'individuo ha dei genidi scadenti, l'ambiente non può aiutarlo gran che. Se il materiale si deteriora durante lo sviluppo non importa molto che fosse buono all'origine.

In un dato gruppo di organismi diversi qualcuna delle differenze è dovuta a differenze originali nei genidi, qualche altra alle differenti condizioni in cui gli individui si sono sviluppati: le prime sono comunemente dette ereditarie, le altre accidentali. Queste distinzioni si applicano, come abbiamo detto prima, soltanto alle differenze fra dati individui e non ai caratteri in sé presi, poiché questi ultimi sono sempre un prodotto cumulativo dei genidi e dell'ambiente. Ed è soltanto in relazione alle differenze fra individui che ci interessa la questione dell'importanza relativa dei genidi e dell'ambiente.

Ma da questo lato la questione ha davvero grande importanza. Se noi esaminiamo un dato gruppo di esseri umani, quelli di una data scuola, di una data città, di un dato paese o del mondo intero, troviamo che le maggiori differenze tra essi sono dovute alla diversità d'ambiente o alla diversità dei genidi? E quali sono più importanti per la vita? Si tratta di una domanda statistica cui non si può rispondere che con studi particolareggiati del gruppo di individui in questione. La risposta ideale si otterrebbe raffrontando ciascun individuo del gruppo a ogni altro, determinando l'origine delle differenze e facendo una media dei risultati. La risposta sarebbe diversa per ciascun organismo, per ciascun gruppo di individui di

una particolare specie e per ciascuna specie di caratteri di uno stesso individuo.

Se una risposta statisticamente precisa alle domande fatte piú sopra non si può dare, si possono però dare ragguagli generali di situazioni ovvie per alcuni organismi e per alcuni caratteri. Relativamente ai loro evidenti caratteri fisici normali, forma, colore, misura, struttura, sesso, i diversi organismi differiscono molto. Vi sono specie o gruppi in cui, essendoci comunemente diversità d'ambiente, vi sono grandi differenze in alcuni o in tutti questi caratteri. In alcuni organismi la natura dell'ambiente determina trasformazioni profonde, come per esempio, il fatto di far sviluppare l'uovo maschio o femmina. In altre specie le comuni differenze d'ambiente hanno poco effetto: forma, struttura, dimensioni sono molto costanti anche in diverse condizioni d'ambiente. In molti organismi il sesso appare pienamente determinato dai cromosomi al momento della fecondazione dell'uovo.

LA SITUAZIONE NELL'UOMO

Qual è la situazione nell'uomo? Per alcuni caratteri fisici, come il colore degli occhi, sembra chiaro che la maggior parte delle diversità tra individui sia dovuta ad una originale differenza di genidi. Non si conosce nessun metodo col quale il colore degli occhi possa in qual-

che modo venire alterato attraverso l'ambiente. Per il colore dei capelli il caso è simile, ma non così assoluto, poiché il colore dei capelli muta con l'età. La differenza del colore della pelle può essere dovuta tanto a differenza di genidi, quanto all'azione del sole. La differenza di statura è dovuta in gran parte a differenza di genidi, ma forse non esclusivamente. La differenza di struttura del corpo debole o robusto, è dovuta spesso a differenza di genidi (DAVEMPORT), ma qualche volta anche ad un diverso modo di vita. Certe anormalità di struttura sono di solito, o sempre, dovute a diversità di genidi, come si può riscontrare nelle dita in soprannumero sia dei piedi che delle mani, nei piedi o nelle mani palmate, nelle dita che hanno due sole articolazioni invece di tre, ecc. Vi sono però altre anormalità di strutture che risultano da cattive condizioni di ambiente, da dieta insufficiente ecc., come le gambe arcuate dovute a rachitismo. Nell'uomo la differenza di sesso è dovuta esclusivamente, almeno pare, a differenza di genidi ed a differenza di cromosomi. La femmina ha in tutte le sue cellule 23 coppie di cromosomi più due X; il maschio ha 23 coppie più un X ed un Y.

GEMELLI IDENTICI O MONOCORIALI

Per caratteri la cui origine è meno evidente, come nella forma precisa di certi tratti particolari, nei piccoli dettagli strutturali, nei segni della pelle, occorre studiare

nelle loro differenze e nelle loro somiglianze i gemelli identici, paragonandoli ad altri tipi di gemelli o ad individui che non lo sono. I gemelli identici sono individui prodotti dalla divisione di un singolo embrione. Talvolta questa divisione non si attua completamente, dando origine così ad individui ancora in parte uniti tra loro: i «fratelli siamesi» e simili. Di questa divisione si conoscono molti stadi diversi. Nei casi in cui la divisione è completa, si producono quelli che noi chiamiamo gemelli identici, che sono sempre dello stesso sesso e si somigliano sempre moltissimo. Nell'armadillo il singolo uovo si divide regolarmente in quattro o più gemelli identici che vengono partoriti insieme. In questo animale il processo di divisione del singolo embrione è stato studiato dettagliatamente. I gemelli vengono originariamente da un singolo uovo, ma la divisione dell'embrione può avvenire soltanto se l'individuo ha oltrepassato la fase unicellulare. Nell'armadillo avviene in uno stadio abbastanza avanzato dello sviluppo.

I gemelli identici, quelli cioè che provengono da un singolo uovo, hanno esattamente lo stesso gruppo di genidi e costituiscono in certo qual modo un individuo duplicato. Altri due individui, anche se della stessa famiglia, e perfino se gemelli derivati da uova diverse, hanno molti dei loro genidi diversi, poiché non esistono due uova fornite della stessa combinazione di genidi. Perciò confrontando due gemelli identici con altri individui e particolarmente con altri gemelli derivati da uova differenti, è possibile talvolta determinare quali somiglianze

e quali differenze siano dovute ai genidi. Le differenze tra due membri di una coppia di gemelli identici non sono certamente dovute a differenze di genidi. La simiglianza di caratteri in gemelli monocoriali e la loro diversità in individui che non siano tali, derivano nel primo caso da identità di genidi, nel secondo dalla diversità di essi.

Da questo punto di vista sono stati fatti recentemente molti studi sui gemelli monocoriali, o identici, e sugli altri. Tali studi hanno dimostrato che c'è una classe di differenze tra individui dovuta a differenza di genidi e non, come si credeva prima, a diversità d'ambiente. Spesso un membro di una coppia di gemelli identici è mancino e l'altro è manritto; e ciò avviene in questo caso più di frequente che tra i gemelli derivati da uova differenti. Si sa che in individui che non siano gemelli identici, la differenza tra l'adoperare la mano destra o la sinistra può essere dovuta ad una differenza di genidi. Ma, avendo i due gemelli identici lo stesso gruppo di genidi, nel loro caso la differenza non può essere attribuita a tale ragione. Uno dei gemelli presenta la proprietà che avrebbe avuto anche se non fosse avvenuta la divisione dell'uovo, mentre l'altro ha avuto in qualche modo questa simmetria cambiata dal processo di separazione. Quindi, pur avendo gli stessi genidi, due individui possono essere l'uno manritto e l'altro mancino e ciò dipenderà da qualche fatto verificatosi durante il primo sviluppo. È anche vero che molto spesso uno dei gemelli è più forte e più attivo dell'altro e generalmente lo do-

mina; anche questo è, in certo qual modo, un risultato del processo di divisione. Si suppone che il piú forte ed il piú attivo sia l'individuo che conserva la simmetria originale. Ma, qualunque sia la causa, è chiaro che individui con uno stesso numero di genidi possono differire sotto molti ed importanti aspetti, a causa di quello che succede durante i primi periodi dello sviluppo.

A parte questi aspetti, i membri di una coppia di gemelli identici mostrano notevoli somiglianze nei particolari. Anzitutto sono sempre dello stesso sesso; hanno eguale il colore degli occhi e quello della pelle, il colore e la disposizione dei capelli, anche nei particolari. Si somigliano moltissimo talvolta con divario minimo nell'aspetto delle lentiggini, nella forma, nella grandezza e nella collocazione dei denti, nel modo con cui il sangue traspare dall'epidermide, nella forma del viso, delle orecchie e delle mani, nella struttura del corpo, nelle infermità e nelle anormalità, nel tono della voce, nei «tic» e gesti caratteristici. V'è inoltre una stretta somiglianza nei caratteri microscopici delle piccolissime sporgenze papillari delle dita e delle palme delle mani e dei piedi. V'è una grande somiglianza perfino nel disegno secondo cui tali sporgenze sono disposte. Qui tuttavia si nota un fatto caratteristico risultante in qualche modo dal processo di divisione. L'impronta della data mano di un gemello somiglia piú a quella di una mano dell'altro gemello che non a quella dell'altra mano sua propria. Talvolta la mano destra di un gemello corrisponde precisamente alla destra dell'altro, talvolta corrisponde alla si-

nistra.

Sotto tutti gli aspetti gli individui che non sono gemelli, sebbene vengano dalla stessa famiglia, o che sono gemelli non derivanti dallo stesso uovo, mostrano una maggior differenza che i gemelli identici. È chiaro quindi che in ogni caso la somiglianza e la diversità devono essere provocate in massima parte da somiglianza o differenza di genidi. Non si vuol dire con ciò che non vi possano essere differenze o somiglianze d'altro genere. Sebbene i gemelli identici siano generalmente somiglianti nel colore della pelle, si sa che tali diversità sono dovute facilmente a condizioni d'ambiente; questo vale anche per altri caratteri. Riassumendo, l'osservazione di questi soggetti mostra che individui forniti degli stessi genidi possono essere diversi nell'adoperare la mano destra o la sinistra, nell'aver maggior vigore e ascendente morale, nelle impronte delle dita e delle palme.

PARTICOLARITÀ FISILOGICHE E MALATTIE

È accertato che talune peculiarità fisiologiche nell'uomo sono dovute piuttosto a differenza di genidi che a differenza di ambiente. Alcuni individui mancano di certe sostanze necessarie per la coagulazione del sangue e se si feriscono possono facilmente morire dissanguati. Questa differenza si eredita nella tipica maniera legata al sesso; risulta quindi dovuta al difetto di un ge-

nidio del cromosoma X. Nell'uomo si sono accertati anche quattro tipi di sangue, differenti rispetto ai caratteri chimici. Questi «gruppi sanguigni» diversi risultano da diversità di genidi, perciò si ereditano secondo le leggi di Mendel. Molti indizi consentono di affermare che le differenze tra individui rispetto alle loro ghiandole a secrezione interna ed all'azione funzionale di queste secrezioni, sono dovute a differenze di genidi. Tali differenze nelle secrezioni interne portano grande diversità nel temperamento e nel modo di comportarsi sicché anche quest'ultimo dipende dai genidi; torneremo su questo punto nel capitolo prossimo. Geneticamente; le particolarità fisiologiche presentano una maggiore difficoltà di studio dei caratteri strutturali ed in questo argomento la nostra conoscenza è relativamente poco progredita. C'è ragione di credere che con l'aumentare delle conoscenze la dipendenza delle funzioni fisiologiche dalla differenza dei genidi diventerà sempre più evidente.

Molte altre peculiarità negli uomini sono il risultato dell'azione di un particolare ambiente su un particolare tipo di genidi. Ciò si riscontra particolarmente e nelle condizioni patologiche di varie sorte. Su tale argomento vi sono stati molti malintesi provocati dal comunissimo errore di ritenere che se un carattere subisce l'influenza dell'ambiente non può essere ereditario e che se è ereditario non può subire l'influenza dell'ambiente, o che, in altre parole, i caratteri vanno separati in due gruppi che si escludono reciprocamente. La maggior parte delle malattie sono molto influenzate dalle condizioni di vita,

e nello stesso modo tutte o quasi tutte sono egualmente influenzate dalla natura della costituzione genetica dell'individuo. Perché ci sia tubercolosi è necessaria l'infezione portata dal bacillo; tale malattia non è quindi dovuta ai genidi, cioè all'eredità. Ma alcune combinazioni di genidi producono un terreno più favorevole per la cultura del bacillo della tubercolosi di certe altre. Una persona che possiede tale combinazione di genidi è molto più incline ad ammalarsi di tubercolosi di un'altra i cui genidi non costituiscono un ambiente favorevole per tale bacillo. La costituzione genetica è quindi di grande importanza relativamente a questa malattia. Alcune combinazioni danno origine a individui più atti di certi altri a produrre quell'accrescimento irregolare di tessuti che è noto col nome di cancro. Nei topi e nei ratti gli individui che hanno un dato gruppo di genidi press'a poco invariabile in normali condizioni di vita sviluppano il cancro, mentre altri geneticamente diversi non lo sviluppano. In altre razze con un altro gruppo di genidi, circa la metà degli individui producono il cancro; in altre razze ancora esso non attecchisce presso nessun individuo. Vi sono razze particolarmente suscettibili ad una specie di cancro e non a un'altra. Queste differenze sono ereditarie secondo le leggi di Mendel, mostrando così di essere dovute a uno o due genidi.

È probabile che anche nell'uomo vi siano rispetto al cancro comportamenti diversi risultanti da differenze genetiche. Tuttavia non si può dire che nell'uomo esistano razze che abbiano per il cancro la grandissima sensi-

bilità mostrata da certe razze di topi, e perciò non vi è ragione di supporre che vi siano esseri umani predestinati a sviluppare il cancro in qualunque condizione. Le condizioni d'ambiente che favoriscono il cancro sono poco conosciute, sebbene per i ratti e per i topi si sappia che in certe condizioni il cancro è prodotto in soggetti che in altre condizioni non lo avrebbero. È possibile che per il cancro come per la tubercolosi la conoscenza ed il controllo dei fattori ambientali progrediscono fino al punto da far perdere ai fattori genetici molto della loro importanza.

Una situazione simile a quella tratteggiata per la tubercolosi o per il cancro esiste anche per la maggior parte se non per tutte le malattie infettive e d'altro genere. Perché si sviluppi una di queste malattie sono necessarie certe condizioni d'ambiente o almeno la malattia in questione è da esse molto influenzata. Ma in condizioni favorevoli alcuni genidi determinano lo sviluppo di malattie, altri no.

Generalmente si ha l'idea che una malattia o un difetto ereditario siano inguaribili ed inevitabili, come un destino contro il quale l'individuo non può lottare. La materia ora discussa dimostra che, anche se un difetto o una malattia hanno una base ereditaria o genetica, non è detto che debbano inevitabilmente manifestarsi. L'eredità non ha il valore assoluto che quella nozione vorrebbe darle. Quello che l'individuo eredita è una costituzione che in certe condizioni produrrà la malattia, ma in certe altre potrà anche non produrla.

In tutti questi casi di resistenza alle condizioni che producono le malattie o ad altre condizioni sfavorevoli bisogna tener presente che la costituzione dell'organismo viene alterata durevolmente dalle condizioni attraverso le quali passa. Sottoposto ad un blando attacco di vaiolo o alla vaccinazione l'individuo resta immunizzato contro questa malattia; esponendosi a temperature eccessive acquista la resistenza a tali estremi. Così di tre individui che non soccombono ad una epidemia, uno può essere immunizzato per la sua originaria costituzione genetica, un altro per i mutamenti nella sua costituzione prodotti da un previo attacco della malattia, o da un agente immunizzante, un terzo perché ha evitato il contagio. In diversi casi lo stesso risultato è prodotto da una caratteristica costituzione genetica, da un effetto continuato di condizioni d'ambiente passate e dalle condizioni dell'ambiente presente.

La funzione delle condizioni attuali nel determinare il sopravvenire di una malattia è stata sempre uno dei principali problemi della scienza medica. Il diminuire della resistenza dell'organismo sia per la malattia stessa o per altre condizioni è ora una delle questioni che più occupano tale scienza. L'influenza dell'originaria costituzione genetica è stata studiata meno, ma in molte malattie appare indiscutibile.

Ma i caratteri più importanti per gli esseri umani non sono quelli somatici e neanche quelli relativi alla resistenza o nella sensibilità verso condizioni favorevoli. Sono piuttosto i caratteri che compaiono nel comporta-

mento, i tratti mentali e del temperamento. Nel capitolo seguente tratteremo delle funzioni dei genidi e dell'ambiente in relazione a questi caratteri.

CAPITOLO VII

LA GENESI DEI CARATTERI MENTALI

LA GENETICA È APPLICABILE ALL'UOMO?

Di massima importanza nell'uomo sono i caratteri che si manifestano nella sua condotta; i caratteri così detti mentali¹³ o del temperamento. Da essi dipendono di solito la carriera per cui egli è adatto, il suo successo o insuccesso, le manifestazioni della vita sociale, i progressi della scienza e delle arti, il tipo di civiltà offerto da un dato gruppo di esseri umani.

Si afferma ogni tanto che né i genidi né l'eredità han-

13 Col termine *mente* e coi suoi derivati l'A. designa tutto ciò che nell'uso corrente nostro si suole in parte attribuire alla *psiche*, al *temperamento* ecc., ossia tutti quei caratteri che non rientrano nella morfologia o nella fisiologia. È bene che il lettore abbia presente questa accezione del JENNINGS, che noi abbiamo conservato perché ci sembra che essa semplifichi notevolmente la sua esposizione. (N. d. T.)

no in questa materia parte alcuna. Vi sono certuni che negano espressamente ogni funzione dell'eredità di questi importantissimi caratteri umani, almeno finché si tratta di individui normali. Dice WATSON: «Noi non ereditiamo il nostro carattere, il temperamento né le particolari abilità. Tutto questo ci viene imposto dai nostri genitori». D'altra parte molti biologi attribuiscono invece ai genidi una funzione preponderante nei caratteri mentali.

Poiché la diversità dei genidi interessa la struttura e la fisiologia dell'uomo, sarebbe strano che non avesse alcun effetto sulla sua mentalità e sul suo comportamento, Nei capitoli precedenti abbiamo largamente citato taluni caratteri dell'uomo, compresi quelli mentali, per dimostrare l'azione dei genidi. Qual è la conclusione cui può condurci un esame spassionato della questione?

L'uomo ha lo stesso sistema genetico di ogni altro organismo superiore, ed operante nella stessa maniera. Egli ha lo stesso tipo di cromosomi, e rispettivamente di genidi accoppiati. I cromosomi nell'uomo sono 48, e formano 24 coppie (FIG. 44). Come in altri organismi, i genidi vengono distribuiti alla prole secondo l'eredità mendeliana e quella legata al sesso. Si conoscono numerosi caratteri dell'uomo ereditati in questi due modi.

Per molti caratteri umani, come abbiamo già visto, non c'è dubbio sulla applicabilità della moderna genetica; sono ereditati nello stesso modo dei caratteri degli altri organismi e sono cambiati con il mutamento dei genidi.

COME SONO PRODOTTE LE DIFFERENZE MENTALI?

Secondo una indiscutibile prova sperimentale, talune caratteristiche nel comportamento di certi animali vengono alterate dal mutare dei genidi. Nella *Drosophila* la reazione alla luce dipende da un genidio del cromosoma X, posto al punto 27,5 della topografia dei cromosomi. Quando tale genidio conosciuto come *abbronzato* ha una data costituzione, gli individui che lo portano volano verso la luce da qualunque parte venga e mostrano una «fototassi positiva». Se questo genidio si forma in un altro modo, gli individui non volano verso la luce. Questi due diversi modi di comportarsi mostrano un'eredità legata al sesso: se un padre che ama volare incontro alla luce si unisce con una madre che questo non fa, tutte le figlie voleranno verso una fonte luminosa, ma non i figli.

Si sa che in molti animali i caratteri sensori dipendono dai genidi, poiché mostrano sia l'eredità mendeliana che quella legata al sesso; anche le disposizioni che noi chiamiamo domesticità e selvatichezza, appaiono in certi animali come dipendenti dai genidi.

Venendo all'uomo, si sa benissimo che certi caratteri degli organi di senso sono di origine genetica. Uno di questi è il daltonismo, che si trasmette per eredità legata al sesso mostrando così che alcuni genidi interessanti la visibilità del colore si trovano nel cromosoma X. Per la

stessa ragione la visione normale dei colori dipende dai genidi, poiché negli incroci comprendenti degli affetti da daltonismo, la visione normale si trasmette per eredità legata al sesso ed è dominante. Acutezza e debolezza di vista sono egualmente dipendenti dai genidi, e così pure la sordità e l'udito normale, i quali spesso si ereditano secondo le leggi di Mendel.



FIG. 44. I 48 cromosomi dell'uomo, secondo *Painter*. La figura mostra i cromosomi nella cellula di un uomo bianco.

Abbiamo già visto che nell'uomo le normali capacità cerebrali e mentali dipendono dai genidi e che l'alterazione di un solo genidio può produrre la debolezza di mente, tanto è vero che questa si eredita spesso secondo il semplice sistema mendeliano; questo difetto esiste in molti gradi di intensità ed in molte specie diverse corri-

spondenti a diverse condizioni dei genidi.

È ovvio che anche la normalità di mente dipende dalla condizione di svariati genidi; e quando un individuo normale si incrocia con un deficiente, tanto la normalità che la debolezza si ereditano secondo le leggi di Mendel.

Oltre che dalla osservazione diretta dell'eredità legata al sesso e mendeliana, la dipendenza dei caratteri dai genidi è dimostrata ripetutamente dall'apparire di un carattere particolare tra i membri di una stessa famiglia o tra i parenti stretti, in assenza di circostanze ambientali che possano spiegarlo altrimenti.

Su questa base è evidente che l'inclinazione a certi tipi di malattia, ad es. certe forme di disordine mentale, dipende da certi genidi prodotti dagli individui di una data famiglia, in cui tale malattia esiste. Questo non implica che gli individui che hanno tali genidi debbano necessariamente ammalarsi, ma soltanto che possono ammalarsi in condizioni in cui un altro individuo non si ammalerebbe.

Il comportamento di un uomo è il suo modo di reagire agli stimoli e di adattarsi alle condizioni presenti, passate e future che incontra. Tale modo considerato per così dire dall'interno, è chiamato mentalità. La natura delle reazioni dipende naturalmente dagli stimoli e dalle condizioni incontrate. Non è dubbio che l'ambiente ha una grande importanza sul comportamento e sulla mentalità. Non si troverà nessuno per sostenere che il nostro modo di comportarsi non sia in relazione con le condizioni in-

contrate nella vita. L'individuo si comporta diversamente in presenza di cibo o nella sua assenza; e così in un infinito numero di particolari il comportamento dell'individuo dipende dalle condizioni che gli si presentano al momento della reazione.

Inoltre individui differenti reagiscono in modo diverso alle stesse condizioni.

Hanno parte i genidi in questa diversità di condotta? Qui incontriamo di nuovo la grande difficoltà incontrata nel trattare dell'influenza dei genidi e dell'ambiente sulla resistenza a condizioni sfavorevoli; ma ora la difficoltà è moltiplicata. Le esperienze per cui l'individuo passa, le condizioni che incontra nello sviluppo, lo alterano, cioè cambiano le sue reazioni alle condizioni esterne, le quali si manifestano con un giuoco di influenze altrettanto vasto quanto complesso. Tuttavia una situazione simile sussiste nei riguardi dei genidi; essi mostrano una varietà di combinazioni non minore di quella dei fattori dell'ambiente, e possono agire sul comportamento dell'individuo non meno di quelli; da entrambi i lati ci troviamo dinanzi a possibilità illimitate. Conviene perciò uscire dal terreno delle possibilità e dei ragionamenti astratti, per entrare in quello dei fatti positivi.

Bisognerebbe anzitutto separare e distinguere gli effetti di queste due classi di fattori, sul comportamento umano. Ma questa separazione è difficilissima e per molti casi addirittura impossibile nello stato attuale delle nostre cognizioni.

Gli psicologi, i sociologi, gli «ambientisti» affermano

che il comportamento è cambiato dalle esperienze subite: gli studiosi di genetica proclamano l'influenza della diversità dei genidi. Prima di esprimere le opinioni che si possono attualmente giustificare in questa ardua materia passeremo in rassegna tutto quello che si sa intorno alle differenze di comportamento producibili da una parte dai genidi e dall'altra dalle condizioni di ambiente.

LA DIFFERENZIAZIONE GENETICA

La femmina possiede un certo gruppo di genidi in duplice serie, mentre il maschio ha lo stesso gruppo di genidi, ma in serie semplice: lo stesso individuo che cresce femmina sarebbe cresciuto maschio se nell'uovo fecondato fosse stato tolto uno dei due X. La differenza dei genidi porta dunque nientemeno che alla diversità del sesso con tutte le sue conseguenze, nella struttura, nella fisiologia, nella mentalità, nel comportamento.

Abbiamo già visto che la diversità dei genidi può portare grandi o piccole differenze nel temperamento e nella disposizione risultante da differenze nelle secrezioni interne, e quindi nella normalità delle funzioni intellettuali.

Resta a vedere se la diversità dei genidi può dare origine a differenze nelle attitudini, nelle abilità, nelle disposizioni emotive e simili, che distinguono l'uomo normale. Può la diversità dei genidi determinare la differen-

za tra l'individuo che impara facilmente e rapidamente e quello che impara con fatica o non impara affatto, differenza così grande tra gli uomini?

Tra un individuo che è facilmente influenzabile dall'ambiente e uno che va dritto per la sua strada senza deviare, tra un bambino che si suggestiona con poco e tende a seguire gli ammaestramenti, ed un altro che reagisce in senso contrario ad ogni consiglio o ad ogni comando, tra un uomo che agisce soltanto sotto la pressione dei vantaggi e della soddisfazione personale ed un altro che si prodiga per il bene dei suoi simili, può esservi diversità genetica? E tra l'individuo che ha gusti artistici e quello che non li ha, tra quello che si sente portato a fare l'ingegnere e quello che diventa un operaio, un artista?

Alla maggior parte di queste domande non è possibile rispondere con dimostrazioni dell'eredità mendeliana o legata al sesso, come se fossero domande riguardanti la deficienza di mente o il daltonismo. Per formulare un giudizio in proposito bisogna dare un'occhiata al quadro generale delle diversità genetiche, considerare la natura dell'azione dei genidi rivelata dallo studio dei suoi effetti su altri caratteri e su organismi in cui sono possibili esatti allevamenti sperimentali. Conosciamo positivamente che le diversità dei genidi portano grandissime differenze nella mentalità. Minori differenze di genidi porterebbero nella mentalità differenze minori ma ancora importanti; ma non è possibile controllare sperimentalmente tutto questo. Tutto quello che si sa dei genidi

indica però che ogni differenza principale nei caratteri da essi determinati è accompagnata da innumerevoli differenze minori; né vi è ragione perché ciò non si debba ammettere anche per il cervello e la mentalità dell'uomo. Nella *Drosophila* vi sono cinquanta tipi diversi di colore degli occhi, prodotti dalla diversità dei genidi; chi vorrà credere che in un campo tanto più complesso come quello del cervello e delle sue funzioni non debba accadere qualcosa di corrispondente?

Considerato tutto ciò, si può dunque concludere che la diversità dei genidi è una causa notevole di diversità mentali, grandi e piccole non di un tipo solo ma di molti tipi. Il quadro generale presentato attualmente dagli esperimenti genetici fa apparire probabile che tutti i caratteri dell'organismo, senza eccezione, possono essere cambiati dal variare della costituzione originale degli individui, cioè dai loro genidi. Non c'è motivo per escludere da tale generalizzazione i caratteri mentali.

Il fatto che detti caratteri possono essere alterati anche da differenze accidentali, è stato qualche volta preso come motivo per negare l'efficacia dei genidi, ma è uno sbaglio. Come è stato dimostrato nei capitoli precedenti, molti caratteri indubbiamente cambiati da differenze di genidi vengono cambiati egualmente da differenze di ambiente.

Accettando tali conclusioni si risponde affermativamente a tutte le domande intorno alle specie di diversità che i mutamenti dei genidi possono produrre. C'è ragione di credere che di due individui con storie simili, uno

possa mostrare una migliore conoscenza della sintassi latina in seguito ad un'originale differenza genetica con cui i due individui hanno cominciato a vivere. E lo stesso si può dire per ogni altra differenza sia nella mentalità che nel modo di agire. Non è vero che vi sia un genio speciale per ogni capacità distinta dell'organismo; è vero soltanto che innumerevoli tipi e infinite sfumature anche nella costituzione mentale possono essere prodotte dalle innumerevoli diversità nelle combinazioni dei genidi.

Tutti gli individui umani, ad eccezione dei gemelli identici, differiscono nei più svariati modi nelle loro combinazioni genetiche. Se noi immaginiamo quindi una popolazione soggetta per tutta la vita allo stesso ambiente, troveremo ancora differenze nel temperamento, nell'attitudine, nell'abilità, nella moralità di forse tutti i diversi tipi osservati.

LA DIFFERENZIAZIONE AMBIENTALE

Che influenza può avere la diversità d'ambiente sui caratteri del temperamento e della mente? Per ambiente intendiamo tutte le condizioni esterne in cui si trovano gli individui fino da quando sono costituiti da una singola cellula con tutto il complesso dei genidi.

Tutti convengono che il particolare delle azioni presenti di un individuo dipende dalle circostanze attraver-

so cui l'individuo si trova ed è passato. Ciò vuol dire che anche due persone con lo stesso gruppo di genidi, come sarebbero due gemelli monocoriali, nelle stesse condizioni esterne si comporterebbero diversamente. Le differenze tra fame, sazietà, fatica, consuetudine, istruzione ed un centinaio di altre cose risultanti da condizioni passate, conducono gli individui a comportarsi diversamente nelle stesse situazioni. L'educazione, l'abitudine, la cultura influenzano moltissimo il comportamento umano e su questo fatto non v'è discussione.

Di quale durata ed entità sono i mutamenti apportati dalle condizioni esterne sul temperamento, sulla mentalità e sul carattere?

È difficile ottenere una decisiva risposta sperimentale a questa domanda. Individui soggetti a differenti condizioni hanno quasi invariabilmente anche diverse combinazioni di genidi, cosicché non è possibile decidere quale gruppo di fattori dia i risultati osservati. Per giudicare intelligentemente su questo punto occorre unire le opinioni di acuti osservatori della natura umana, ai risultati degli studi sperimentali sulla nostra condotta. I fatti più certi in questo campo si hanno dallo studio dei gemelli identici o monocoriali vissuti in condizioni diverse; ma tali soggetti non sono frequenti e la diversità d'ambiente in complesso è così piccola che questi studi hanno dato relativamente poco. Prima di procedere ad un esame più generale, sarà bene dare un'occhiata alle esperienze ottenute da questa fonte.

GEMELLI IDENTICI

Nei gemelli monocoriali noi abbiamo individui con identico corredo di genidi. Ogni differenza nei loro caratteri mentali è dunque dovuta a qualcosa che è avvenuto durante il loro sviluppo, a diversità di circostanze e di ambiente, ma non ad una diversità di genidi.

Quattro coppie di gemelli identici che erano stati separati presto e che erano cresciuti lontani uno dall'altro, vennero studiati secondo i metodi della psicologia moderna; una coppia dal MÜLLER, studioso di genetica e le altre tre dal NEWMAN, embriologo specialista per gli studi sulla biologia dei gemelli.

Müller studiò due sorelle gemelle, separate all'età di due settimane, le quali fino a diciotto anni non si erano più viste, e che anche dai diciotto ai trenta trascorsero separate circa i nove decimi del loro tempo. Esse vissero in condizioni sociali simili, entrambe nel nord-ovest degli Stati Uniti, il paese delle miniere e delle fattorie; ma nella vita attraversarono circostanze molto differenti. Fisicamente mostravano una grandissima somiglianza, e quasi l'identità nei caratteri generalmente comuni ai gemelli identici. Entrambe hanno sempre avuto una intelligenza attiva, sono sempre state capaci, energiche, simpatiche, ed hanno sempre primeggiato nella loro comunità per ogni genere di lavoro. Entrambe ebbero quasi simultaneamente due o tre attacchi di tubercolosi. Ebbero l'una e l'altra, negli ultimi tredici anni, un esaurimen-

to nervoso, in una di esse piú leggero. Le consuete «prove di intelligenza» dettero risultati molto simili tra le due gemelle, benché molto diversi dai risultati ordinari di tali prove, indicando cosí che la somiglianza era dovuta ad un'eguale costituzione di genidi. Ma le altre prove «non intellettuali» cioè di velocità di reazione agli stimoli motori e associativi, di capacità emotiva, di attitudini sociali ecc., danno risultati fortemente contrastanti con quelli delle prove di intelligenza: le gemelle mostrano in tutte queste prove caratteristiche molto diverse. Tali differenze furono in media maggiori di quelle tra due individui presi a caso e mostrarono «di essere in relazione con le piú salienti differenze delle abitudini di vita e con le esperienze di vita fatte». In questo caso quindi lo studio di gemelli identici indica che le circostanze e l'ambiente hanno una grande influenza sul temperamento dell'individuo, sulla sua natura emotiva e sulle sue attitudini sociali. D'altra parte la capacità di reagire a prove di intelligenza è stata poco influenzata dai due ambienti che tuttavia, bisogna ricordarlo, furono simili nel loro complesso.

Newman studiò due coppie di sorelle ed una di fratelli. Ciascuna di queste coppie era formata da gemelli moncoriali; in ciascun caso i due membri erano stati separati prima che avessero due anni ed erano vissuti lontani uno dall'altro fino all'età di vent'anni e piú.

La prima coppia di gemelle era nata a Londra ed era stata separata all'età di diciotto mesi. Una delle sorelle continuò a vivere a Londra e l'altra fu portata ad Ontario

nel Canada. Dopo diciassette anni si ritrovarono ad Ontario e vissero insieme per un anno. Durante il periodo di separazione erano vissute in ambienti molto differenti; «così differenti» dice il Newman, «come in casi di separazioni di gemelli identici non si è probabilmente mai verificato». Detta coppia di gemelle, contrariamente al solito, mostrò differenze in quei tratti in cui la coppia del Müller aveva dimostrato somiglianze, e somiglianze in quei tratti in cui la coppia del Müller aveva mostrato diversità. Dice ancora il Newman: «Le gemelle in parola hanno una differenza di capacità intellettuale tre volte maggiore di quella di una quindicina di gemelli allevati insieme». D'altra parte questa coppia mostrò una gran somiglianza nelle qualità volitive e nella reazione alle emozioni. In questo caso vediamo dunque che le diverse esperienze hanno influenzato grandemente le facoltà intellettuali dell'individuo.

Le due sorelle della seconda coppia del Newman ricevettero un'educazione molto diversa, avendo l'una frequentato la scuola per sette anni più dell'altra. Riguardo ad esse, l'autore dice: «Queste gemelle notevolmente somiglianti, dopo essere state separate a diciotto mesi di età e non essersi mai viste né conosciute per diciannove anni, sono state grandemente modificate dalla diversa educazione ricevuta. In ogni tratto della capacità intellettuale, sia che si tratti delle cosiddette attitudini innate, sia nell'esecuzione, *G*, la gemella più educata, mostra una mente decisamente superiore. Evidentemente l'educazione della mente rende l'individuo più abile a supera-

re ogni sorta di prove. In confronto alla grande differenza delle facoltà intellettuali, sta il fatto che in tutte le prove di caratteri emotivi e di temperamento, queste gemelle danno l'impressione di assomigliarsi grandemente e straordinariamente».

La terza coppia studiata dal Newman consiste in due giovani uno dei quali, *C*, è vissuto in città più dell'altro, *O*, che è vissuto in campagna. Essi vennero esaminati all'età di ventitré anni. «Nelle attitudini innate apparvero quasi identici, mentre una netta diversità apparve nella loro personalità generale. *C*, più distinto, più riservato, più esperto, meno facile alle amicizie, e con un maggior dominio di sé. Ride raramente, dimostrando una maggior serietà di espressione negli occhi, nella fronte, nella bocca. Tiene la testa alta, la persona eretta, solo talvolta abbassando le ciglia sugli occhi. Sotto questo aspetto *O* è proprio tutto l'opposto. È il tipico ragazzo paesano, che ride facilmente e non mantiene per niente la sua dignità.» Newman conferma che «le personalità di questi ragazzi sono assolutamente differenti».

Così l'esempio di questi quattro casi di gemelli identici allevati separatamente, conferma la teoria di quelli che asseriscono che l'ambiente e le circostanze possono avere una grande influenza sui caratteri della mente e del temperamento, producendo sotto questi aspetti grandi differenze anche tra individui geneticamente eguali. I quattro casi suddetti dimostrano tuttavia egualmente che anche la costituzione genetica ha una grande importanza a questo riguardo. In ogni caso infatti i gemelli allevati

in ambienti diversi sotto certi riguardi dimostrano certe somiglianze (talora nei processi intellettuali, talora nel temperamento) spiegabili solo con l'identità della loro costituzione genetica. I risultati di queste ricerche concordano perfettamente con la conclusione cui si è pervenuti sperimentalmente in altri campi, che sui caratteri della mente e del temperamento sia la costituzione genetica che l'ambiente influiscano profondamente e che gli effetti prodotti in un caso dal primo di questi fattori possono in un altro caso essere prodotti dal secondo.

INDIVIDUI NON GEMELLI

Passando a una considerazione più generale, le differenze prodotte nella mentalità e nella personalità degli individui dalle loro vicende, sono stimate da alcuni studiosi della natura umana come assai profonde. Shakespeare afferma che «l'abitudine può giungere fino a mutare la stessa natura». E in fatto di natura umana, l'opinione di Shakespeare vale qualche cosa.

I moderni «ambientisti» guidati da WATSON, vanno anche più in là di Shakespeare, affermando che tutte le differenze di mentalità e di carattere tra individui normali sono dovute alla diversità delle vicende, attribuiscono perciò una grande importanza alle circostanze in cui si è trovato il bambino ed alle emozioni provate prima dei diciotto mesi. Ogni educazione è basata sull'idea che

l'individuo umano subisca profondamente l'influenza delle condizioni a cui viene sottoposto; e su tale concetto si fondano anche tutti gli sforzi per correggere l'individuo e migliorare la società.

Immaginiamo per comodità di ragionamento una popolazione umana nella quale tutti gli individui abbiano l'identica costituzione genetica, come se fossero tanti gemelli monocoriali: aggruppamenti simili, composti di moltissimi individui, esistono negli organismi inferiori. Ammettendo che tutti costoro siano del tipo «normale», e della capacità media che corrisponde a quella di un buon cittadino medio, e collocandoli in diversi ambienti, quale sarà la diversità di risultati che essi daranno quanto a mentalità, carattere, carriera, riuscita finale?

Per una simile popolazione può ben essere vero quello che afferma Watson nel suo *Behaviorism*:

«Datemi una dozzina di bambini sani e ben formati e la possibilità di realizzare l'ambiente adatto, ed io garantisco che li prendo ciascuno a caso e li faccio diventare tipi specializzati a mia scelta, per esempio dottori, avvocati, artisti, mercanti, capi di stato od anche mendicanti e ladri, senza riguardo a talento, a caratteri, a tendenze, ad abilità, a vocazione o alla razza dei loro antenati». (*Behaviorism*, New York, 1925, p. 82.)

Ciascuno di questi individui, originariamente identici, della nostra popolazione immaginaria, ha la capacità di perseguire una di tali carriere; quale di esse sarà la sua, dipenderà dalle influenze agenti su di lui durante la sua vita. (Lo stesso può esser vero, come sostiene Watson,

per gli individui normali di una popolazione esistente attualmente, anche se sono molto diversi nei genidi e differiscono molto, di conseguenza, nella loro possibilità di riuscita, come più tardi diremo.) Una popolazione identica nei genidi in tutti i suoi membri, realizzerebbe in modo ideale la situazione esposta dal Watson, confermerebbe cioè che tutte le diversità sono dovute a differenze ambientali, non genetiche.

Ma per quali caratteri, facendo astrazione dalle diversità esteriori di circostanze e di riuscita, verrebbero man mano a differire i membri di questo gruppo geneticamente uniforme? Quali sarebbero le diversità osservabili in essi in conseguenza delle loro diverse esperienze? Vediamo per il momento alcune delle differenze che si riscontrano tra individui nel nostro mondo normale.

L'ambiente diverso può esso cambiare un buontempono ottimista in un pessimista malinconico? Un bonario e placido in un feroce e impaziente? Un docile in un caparbio? Un egoista in uno sempre pronto a sacrificarsi per gli altri?

Il «genetista» penserà, forse giustamente, che tali differenze sono di origine costituzionale; ma rimane sempre la domanda se esse possano ugualmente essere prodotte dalla diversità delle influenze ambientali. Lo «ambientista» risponde affermativamente. La contesa non può essere decisa altrimenti che con dimostrazioni obiettive, con fatti sperimentali. Nella scienza genetica non vi è nulla che consenta una conclusione *a priori*.

La diversità degli ambienti può essa mutare le attitu-

dini e i talenti? Creare la differenza che passa tra il musicista e il campanaro, il ragazzo che inclina alle lettere, quello che è forte in matematica, e l'altro che inclina unicamente al piacere dei sensi e abborre lo studio? Nel nostro gruppo geneticamente identico, si verificherebbero tali diversità? Quest'ultima domanda può forse far meditare molti di coloro che inclinano ad ammettere una influenza pressoché illimitata dell'ambiente.

E infine ancora una domanda, che tocca il punto cruciale delle relazioni tra influssi genetici e ambientali: la diversa adattabilità degli individui all'ambiente, la loro maggiore o minor accoglienza delle influenze esteriori è essa stessa modificabile dall'esterno? È possibile ad esempio che l'ambiente crei la diversità che passa tra coloro che apprendono molto in breve tempo, e quelli che imparano poco e a fatica; e fino a che punto ha ragione DEWEY dove dice: «Nell'apprendere abitudini l'uomo può anche giungere ad imparare l'abitudine di imparare?»

Gli studiosi della natura umana in massima concordanza nel dire che la capacità di imparare può, negli esseri umani, venir accresciuta con metodi adatti. Ciò è compatibile benissimo con l'opinione sostenuta da molti, che le differenze individuali in questo campo siano per lo più originarie, e risultino di diverse combinazioni di genidi. Inoltre, se esiste la capacità di aumentare la disposizione di un uomo a imparare, questa capacità stessa varierà a seconda delle costituzioni, sarà esigua negli individui stupidi, e aumenterà man mano che la combinazione dei genidi sarà più favorevole.

AZIONE COMBINATA DEI DUE FATTORI

Abbiamo immaginato una popolazione geneticamente uniforme, in cui tutti i membri hanno una combinazione di genidi simile a quella di un cittadino normale e capace. Consideriamo ora una popolazione dello stesso genere, ma che abbia invece una infelice combinazione di genidi; e che sia tutta composta di individui stupidi, di livello inferiore. In tale popolazione gli effetti della diversità dell'ambiente saranno minori che in una popolazione geneticamente superiore. Poiché è precisamente la qualità dei genidi che impedisce alla gente stupida di adattarsi alle differenze di ambiente. Da uno stupido c'è ben poco da sperare. Dice il Libro dei Proverbi: «Se anche tu potessi pestare uno sciocco in un mortaio non riusciresti a togliergli la sua stoltizia». Tuttavia la moderna scienza biologica offre qualche speranza anche a costoro, né si può dire fino a qual punto essa potrà giungere in avvenire; somministrando artificialmente gli ormoni od altre sostanze chimiche non fornite dalla costituzione individuale riusciremo forse a rendere capaci ed intelligenti altre categorie oggi irrimediabilmente inferiori.

In generale è vero che i diversi organismi differiscono molto nelle loro capacità di adattamento ai diversi ambienti. Le facoltà di un verme si adattano pochissimo; quelle di una cavia già un po' di più. Il cane ed il gatto (ciascuno secondo le sue caratteristiche) possono adattarsi a condizioni abbastanza complesse. La capacità di

adattamento è assai maggiore nell'uomo che in ogni altro organismo. Ma tra i diversi esseri umani tale facoltà varia moltissimo di grado e di precisione. In una popolazione ipotetica composta di persone geneticamente stupide, la varietà degli ambienti produrrebbe delle diversità di caratteri e di personalità molto minori che non nell'aggruppamento superiore che abbiamo supposto prima.

Se immaginiamo una popolazione composta di due gruppi di individui geneticamente diversi, di cui uno risponda poco e l'altro molto alle differenze di ambiente, ci saremo avvicinati a quella che è la popolazione umana effettivamente esistente. Per avvicinare ancor più la realtà, bisogna aumentare di molto il numero delle classi geneticamente diverse, e portando questa suddivisione genetica al massimo, sicché ogni individuo rappresenti una diversa classe di combinazioni genetiche (salvo il caso dei rari gemelli monocoriali), avremo esattamente la composizione della popolazione umana. Questo insieme di individui diversi, ciascuno reagente in maniera diversa a date circostanze d'ambiente, dà modo di agire alle svariatissime condizioni della vita umana e dà origine a una civiltà.

In una popolazione umana di una data epoca e di un dato paese, per esempio quella degli Stati Uniti al giorno d'oggi, noi troviamo un grande numero di classi di uomini forniti di una grande facoltà di adattamento, ma diversi geneticamente nei loro gusti, nelle loro facoltà ed attitudini. Favorendo il rispetto della personalità, la

genetica aiuta grandemente a trattare e comprendere gli esseri umani. Attribuire tutto all'eredità, come alcuni hanno fatto, è piú dannoso che attribuire tutto all'ambiente, poiché incoraggia il fatalismo e deprime ogni sforzo. Ma con l'attribuire tutto all'ambiente, si incoraggia la disastrosa illusione che i genitori ed i maestri possano modellare i loro infelici soggetti su di uno stampo uniforme. Si ritornerebbe cosí a quella indifferenza verso la personalità che un tempo faceva dell'educazione e della disciplina familiare una lunga tortura. L'uomo è una creatura dotata di uno straordinario potere di adattamento alle piú varie condizioni, di capacità enormi, di possibilità diversissime. Ma individui diversi costituzionalmente differiscono moltissimo nelle loro reazioni a condizioni particolari.

Che risposta si può dare alla domanda sempre ripetuta, se sia piú importante l'eredità o l'ambiente per la mente e per il comportamento degli uomini? Ad essa si può dare un significato razionale, come si è visto nelle pagine precedenti, solamente convertendola in un problema statistico, che oggi non può essere ancora risolto scrivendo delle misure e dei numeri. Si possono fare con probabilità alcune induzioni generali. La risposta muterebbe secondo la specie dei gruppi considerati.

Per quanto possa sembrare paradossale, tra i membri di una stessa famiglia le differenze di mentalità e di temperamento saranno dovute con maggior probabilità a diversità di combinazioni genetiche che non a diversità d'ambiente. Quasi lo stesso si può dire per le differenze

fra un piccolo gruppo di individui appartenenti allo stesso grado sociale o viventi in eguali condizioni di coltura, per esempio per gli studenti di un dato collegio. Procedendo ad esaminare un gruppo sempre maggiore e più largo di individui, la risposta diventa meno chiara. In una data nazione, per esempio negli Stati Uniti al giorno d'oggi, vi è certamente un gran numero di diversità individuali prodotte da entrambe le cagioni; ma a parer mio, il maggior numero di differenze importanti è di natura genetica. Allargando il campo, fino a comprendere più nazioni di diversa coltura e tradizione, l'influenza dei fattori ambientali tende a eguagliare o a eccedere quella delle differenze genetiche. E tra vasti gruppi di uomini in differenti epoche storiche, si può dire che le maggiori differenze sono quali mostrano di essere di coltura, di tradizione, di sapere, di quantità di invenzioni ecc., piuttosto che genetiche.

EREDITÀ DELLE QUALITÀ DELLA MENTE

Poiché i caratteri mentali dipendono dai genidi, essi devono essere soggetti alle regole di eredità come gli altri caratteri. Ma la maggior parte dei caratteri mentali subisce talmente l'influenza delle condizioni dell'ambiente in cui l'individuo vive, che l'operazione delle regole dell'eredità non si mostra più che confusa e spesso diventa irriconoscibile.

Se fosse possibile ottenere per un gran numero di individui, attraverso una serie di generazioni, delle condizioni d'ambiente effettivamente eguali, le regole di eredità derivanti dai noti metodi di distribuzione dei genidi si manifesterebbero chiaramente anche per i caratteri mentali. Sotto il velame delle influenze esterne, la loro azione continua, ed i risultati sono di grande importanza per la vita e per la società, sebbene siano dedotti piuttosto dalla conoscenza generale della costituzione genetica e dal modo con cui essa opera, che da uno studio obiettivo e ben definito dei caratteri mentali stessi.

Le basi genetiche delle diversità mentali devono necessariamente manifestarsi con gli stessi tipi di fenomeni che abbiamo descritto nel primo capitolo parlando dell'eredità in generale. Con ogni nuovo individuo si forma una particolare combinazione di genidi che interessano i processi mentali, combinazione che può non essere mai esistita prima. Metà dei genidi che interessano la mente viene dal padre, metà dalla madre e per ogni genidio di ciascun genitore c'è il corrispondente genidio dell'altro che forma la coppia. I due genidi di una coppia generalmente sono diversi nei loro effetti. In molti casi uno di essi (il genidio dominante) produce i suoi effetti caratteristici, mentre l'altro (recessivo) non si manifesta. I genidi difettosi o inferiori generalmente sono recessivi, mentre i normali sono dominanti. Così due genitori di mentalità superiore possono avere ciascuno in una data coppia un genidio difettoso, qualcuno dei loro figli riceverà il genidio difettoso da entrambi i genitori e sarà di-

fettoso di mente o inferiore ad essi; ecco perché i genitori di grandi qualità naturali possono avere dei figli sciocchi e deficienti. E per converso, come è stato descritto nel capitolo I, genitori che appartengono intellettualmente ad un tipo inferiore, possono avere dei figli di intelletto superiore al loro; basta che essi forniscano dei genidi che si integrino l'uno con l'altro. Questa dipendenza dei caratteri dei figli dai genidi dati loro dai genitori, da noi detta eredità, si manifesta tanto nella somiglianza mentale tra le due generazioni quanto nella dissomiglianza. L'apparire di geni come Cesare, Dante, Shakespeare in famiglie mediocri è un esempio non già di uno «sbaglio» dell'eredità, ma del suo funzionamento normale.

Con tutto ciò è anche vero che, rispetto alla mentalità, al temperamento, al carattere, i membri di una data famiglia hanno in comune un maggior numero di genidi operanti in questo campo di quello che possono avere individui presi a caso. La situazione è, sotto questo punto di vista, proprio la stessa che per i caratteri fisici. Per questo ci si deve aspettare che, a parità di condizioni, i membri di una data famiglia si assomiglino nella mentalità, nel temperamento, nel carattere, più di persone prese a caso. Gli studi fatti da GALTON, PEARSON, TERMAN e molti altri, dimostrano infatti che rispetto a molte manifestazioni di mentalità e temperamento, esiste un considerevole grado di correlazione tra genitori e figli.

È verissimo che la famiglia, con l'educazione, l'andamento di vita e più ancora con gli affetti, le attrattive, le

repulsioni, gli ideali, le tradizioni ed i costumi è di gran lunga il piú potente complesso di fattori ambientali che influiscono sull'individuo.

Ma per grande che sia tale influenza, e per quanto essa possa ricoprire l'operazione dei genidi, questa non può a meno di esplicarsi, producendo *nella media* una similarità di caratteri mentali tra individui strettamente imparentati.

Perciò mentre genitori superiori possono con la ricombinazione dei genidi produrre figli mentalmente inferiori, e genitori mediocri producono spesso figli eminenti, tuttavia a lungo andare i primi non possono a meno di dare una prole piú eletta di quella che danno i secondi. In altre parole, un milione di genitori superiori produrrà un maggior numero di figli egregi di quello prodotto da un milione di genitori mediocri. Ma poiché il numero di genitori mediocri di solito avanza molto quello dei genitori superiori, ne risulta che in via assoluta i genitori dappoco produrranno un maggior numero di individui di mentalità superiore, che non i genitori di alta qualità.

CAPITOLO VIII

RECENTI TRASFORMAZIONI DELLE CONOSCENZE SULL'EREDITA E SULLO SVILUPPO

LE PRIME NOZIONI SULL'EREDITÀ

Sulle relazioni dell'eredità e dell'ambiente con i caratteri e con i destini umani sono state fatte, in nome della scienza biologica, molte asserzioni positive e categoriche, spesso anche contraddittorie. Per gli eugenisti intransigenti l'eredità è tutto, mentre l'ambiente conta poco o niente, e su questa base essi vorrebbero risolti tutti i problemi dell'umanità, con straordinarie conseguenze pratiche. D'altra parte il *behaviorism* di WATSON afferma che l'ambiente è tutto e che, per quel che riguarda le cose umane, l'eredità praticamente non c'entra nulla. Tali dottrine contraddittorie ne suscitano cento altre, tutte l'una con l'altra incompatibili, ma tutte proclamate

come vangelo della scienza. Si è tentato l'accordo dividendo i campi ed assegnando un gruppo di caratteri all'eredità ed un altro all'ambiente. Ma ciò dà origine ad una nuova serie di dispute, reclamando ciascun campo per sé molti o addirittura tutti i caratteri.

In un dato campo scientifico ed in un dato momento, la situazione e le dottrine, accettate o no, si possono capire soltanto seguendo i passi per cui si è giunti a tale situazione. Come le altre strutture organiche, così anche la struttura della scienza dipende dal modo in cui si è sviluppata. La sua condizione presente è molto influenzata dalle sue recenti esperienze, talvolta a dispetto di ogni ragione ed ogni prova.

Soltanto negli ultimi trent'anni si è raggiunta una conoscenza tale da potersi chiamare scientifica in materia d'eredità.

Ma nel periodo prescientifico si formarono già alcune nozioni in proposito, nozioni che a nostra insaputa hanno tuttora gran parte nelle nostre concezioni. Una di queste nozioni generiche fu la concezione dell'eredità come un'entità, una cosa per se stessa, separata dal resto dell'universo; una forza che tendesse a creare la prole simile ai genitori, opposta ad un'altra forza o tendenza detta variazione o variabilità. Questa idea sopravvive ancora più o meno nascosta in molte discussioni sui caratteri individuali.

CARATTERI-UNITÀ E PARTICELLE RAPPRESENTATIVE

Col passare dal periodo prescientifico ad una vera e propria conoscenza scientifica, due idee si fecero strada gradualmente, portando una luce piú chiara sulla nostra conoscenza; due idee che hanno tuttora una grandissima influenza. Sono: il concetto dei caratteri-unità e quello delle particelle tipiche. Era stato notato che nei figli di due genitori differenti, i caratteri non apparivano una semplice fusione intermedia, ma venivano trasmessi separatamente ai diversi figlioli come i pezzi che formano un mosaico; sicché un figlio poteva avere i begli occhi della madre ed il brutto naso del padre. Questi si potevano dunque considerare caratteri unità, cioè elementi ereditari che passano come unità dai genitori alla prole. L'idea dei caratteri-unità divenne una delle basi della dottrina dell'eredità.

Da essa nacque la seconda nozione fondamentale: quella delle particelle rappresentative. I caratteri-unità si trasferiscono in qualche modo dai genitori ai figli per mezzo delle cellule germinali. Nella cellula germinale deve esserci quindi qualcosa, qualche minuscola particella, che corrisponde a ciascun carattere-unità. Deve esserci quella che rappresenta la forma del naso, una altra il colore degli occhi o il colore dei capelli o l'acutezza della vista o il senso musicale e così via. Per ogni cosa che può essere tramandata separatamente dai geni-

tori ai figli, deve esistere una particella separata. Tale era il ragionamento che si faceva.

LA SCOPERTA DI MENDEL

La grande scoperta di MENDEL, non appena conosciuta, apparve una chiara conferma alla concezione dei caratteri unità e delle particelle rappresentative.

Tale scoperta mise in grado d'identificare e delimitare i diversi caratteri-unità e mostrò come essi siano distribuiti secondo regole matematiche. Avendo incrociato piante di piselli gialli con piante di piselli verdi, nella prima generazione non si troverà più il carattere verde che riapparirà invece nella generazione seguente in proporzione di 1 verde su 3 gialli. Il verde ed il giallo sono perciò caratteri-unità; quel carattere che sparisce in alcune generazioni fu detto recessivo, l'altro dominante. Tale proporzione di 3 dominanti per 1 recessivo nei nipoti, è l'aspetto più caratteristico di quella che fu chiamata la legge di Mendel sull'eredità dei caratteri-unità.

Per spiegare la legge di Mendel sembrò necessario ricorrere alle particelle rappresentative. Infatti dov'era il verde, cioè il carattere recessivo, nella generazione in cui non appariva? Poiché appariva nella generazione seguente, non poteva essere stato del tutto assente: doveva essere semplicemente nascosto. Nella cellula germinale doveva dunque esistere una particella che lo rappresen-

tasse. La regola secondo cui si ereditano i caratteri-unità parve rivelare il modo della distribuzione delle particelle rappresentative nelle cellule germinali: non pareva vi fosse altra maniera di spiegare la trasmissione dei caratteri come unità.

IDENTIFICAZIONE DELLE PARTICELLE RAPPRESENTATIVE

Col passare del tempo le particelle stesse si poterono vedere al microscopio e si poté attribuir loro un nome ed un posto determinato. Come si era previsto risultò che esse sono quelle che costituiscono i cromosomi nel nucleo della cellula. Essendo ormai visibili tanto i caratteri-unità quanto le loro particelle rappresentative, si ebbe il quadro completo. La storia ed i metodi della trasmissione e distribuzione dei genidi osservata al microscopio corrispondeva, punto per punto, alla storia, alla trasmissione ed alla distribuzione dei caratteri unità. Infine fu possibile per opera di MORGAN e dei suoi compagni, identificare le particelle corrispondenti ad una particolare unità di caratteri e scoprire inoltre in quale dei cromosomi fossero situate, e in quale parte di questi, precisando la loro posizione relativamente ai genidi che rappresentano altri caratteri-unità. Nella *Drosophila* il genidio degli occhi bianchi è all'estremità sinistra del primo cromosoma e, più precisamente, ad una distanza

dall'estremità di 1.5 unità, proprio alla destra del genidio del color giallo del corpo. In tal modo è stata determinata la posizione di migliaia di genidi. Tutto ciò diede alla scienza dell'eredità una precisione mai sognata e rese possibile un progresso nella conoscenza, che solo pochi anni prima sarebbe sembrato fantastico.

Non vi fu alcun dubbio sul carattere rappresentativo di queste particelle la cui esistenza dapprima teorica, fu confermata poi sperimentalmente. Si ritenne per certo che ci fosse una particella, un genidio, che corrispondesse ad ogni carattere-unità, e desse origine ad esso. Il DE VRIES, nel suo libro che tratta della riscoperta del Mendelismo (1900) nota che «ad ogni carattere separato corrisponde una formula speciale di materiale portatore» e che «tutto il carattere di una pianta è fatto di unità definite».

Ciò apparve evidente e fu o sottinteso o affermato esplicitamente nei testi di genetica. Tale concezione era alla base di ogni discorso su questo argomento, ed è ancora influente.

QUALI SONO I CARATTERI-UNITÀ?

Rimaneva da determinare nei particolari quali fossero le caratteristiche negli organismi che avessero natura di unità e fossero rappresentati nelle cellule germinali da queste particelle localizzate. La ricerca fu fatta sulla

scorta delle leggi di Mendel, considerando che ogni carattere che ubbidisce a queste, dando nella seconda generazione le proporzioni di 3 a 1, e comportandosi come un'unità, fosse un carattere-unità. Le esperienze seguite per anni mostrarono che i caratteri unità comprendono il colore, la dimensione, la struttura normale ed anormale, le peculiarità chimiche, le funzioni fisiologiche ed i caratteri del senso, del sesso, del temperamento e della mente. In conclusione apparve da ultimo che ogni specie dei caratteri dell'organismo è di tal genere, e che non ve n'è alcuna che non si trasmetta di generazione in generazione come unità separabile, più o meno evidente. Tutte quante sono rappresentate nei cromosomi e nei genidi.

Tutti i caratteri sono ereditari.

Scoperta meravigliosa e di immensa portata! Risultava che tutti i nostri caratteri, di qualunque specie siano, ci vengono dall'eredità. L'eredità determinava sotto ogni aspetto la nostra essenza! Ogni carattere era rappresentato nella cellula germinale, e questa svolgendosi dava luogo a tutto il complesso di caratteristiche che costituisce l'organismo.

Tale era il quadro che offrivano allora le conclusioni della genetica; secondo le quali l'ambiente non aveva alcuna parte o ne aveva soltanto una subordinata, nella formazione dell'individuo.

L'enorme importanza di queste conclusioni per tutti i problemi biologici ed, in particolare, per quelli umani, fu riconosciuta e proclamata da un coro sempre più forte

man mano che si andava afferrandone il profondo significato. Sull'onnipotenza dell'eredità si sarebbero basate d'ora innanzi la vita e la società.

A tali principi avrebbero dovuto informarsi l'educazione della gioventù, il trattamento dei criminali, l'attitudine di certe nazioni in fatto d'immigrazione, la medicina curativa e preventiva, le organizzazioni di carità. Essi infine avrebbero dovuto regolare la nascita e la morte, la vita e l'amore, la condotta e la libertà. Come corollario logico, l'eugenetica sarebbe stato il rimedio sovrano contro tutti i mali della società. Poiché tutto è determinato dall'eredità, il vero progresso non poteva aversi altrimenti che con l'allevamento di esseri umani che avessero migliori qualità ereditarie.

LE SCOPERTE ULTERIORI

Ma mentre venivano proclamate tali dottrine, gli studiosi continuavano a ricercare quali dettagli dei caratteri-unità fossero rappresentati da genidi singoli. Ed ora cominciarono a saltar fuori relazioni paradossali oscuranti quel limpido concetto del carattere-unità rappresentato da particolari genidi; relazioni sorprendenti e rivoluzionarie. Lo stesso carattere in uno stesso organismo appariva in alcuni esperimenti come una singola unità; in altri come un'unione di molte unità separate. Nella *Drosophila* si trovò che gli occhi sono un com-

plesso di molti e distinti caratteri-unità. Genidi separati rappresentano il colore, la forma degli occhi, la forma delle faccette ed il loro numero, nonché altre strutture e funzioni dell'occhio. I rispettivi genidi furono identificati e localizzati: alcuni nel cromosoma X (quelli dell'eredità legata al sesso); altri nel secondo cromosoma, altri nel terzo. Ma un altro esperimento dimostrò per contro che tutto l'occhio con le sue parti e le sue proprietà costituisce una singola unità. Se si incrociano individui provvisti di occhi con individui che non ne hanno, presenza ed assenza di occhi si comportano secondo l'eredità mendeliana. Il genidio che produce l'intero occhio si trova nel quarto cromosoma. Che cosa concludere?

Nello stesso modo l'ala appare un complesso di innumerevoli e separate unità: colore, forma, struttura, venature, ciascuna col suo genidio distinto ereditato separatamente, cosicché l'intero organo appare una singola unità trasmessa come un tutto unico. Casi simili s'incontrano a centinaia. Nell'uomo la mente è un complesso dipendente da molte unità separate. Quando una mente normale si incrocia con una mente debole, ciascuna può comportarsi come una singola unità.

Come possono, l'occhio, l'ala, la mente, essere un singolo carattere unito, sviluppato da un singolo genidio che lo rappresenta, ed essere nello stesso tempo un complesso di unità di caratteri distinti dipendenti da molti genidi differenti?

S'incominciò a sospettare che la nozione dei caratteri-unità, composti da singoli genidi rappresentativi, celasse

un errore.

Altri risultati sperimentali rinforzarono quel sospetto. Abbiamo visto che fu scoperto il metodo per determinare la posizione precisa dei particolari genidi da cui i caratteri dipendono, e mostrar così in quale cromosoma ed in che parte di esso ciascun genidio si trovi. Si scoprì poi che ogni singolo carattere-unità si trova ad avere i suoi genidi dappertutto. Il color rosso degli occhi incrociato con il bianco è un carattere-unità, dominante, legato al sesso, col suo genidio al punto 1,5, vicino all'estremità sinistra del cromosoma X. Ma quando si incrocia col rosa, il rosso non è più legato al sesso, bensì «mendeliano tipico», un carattere unità con il suo genidio non già nell'X, ma nel terzo cromosoma al punto 48. Il colore dell'occhio, come può avere il genidio che lo rappresenta in due cromosomi diversi? Se poi lo si incrocia con il porporino, il rosso si comporta come un carattere-unità con i genidi non più nell'X e neanche nel terzo cromosoma, ma press'a poco nel mezzo del secondo. Se si incrocia il rosso col vermiglio, il suo genidio tornerà nel cromosoma X, non, come prima, vicino all'estremità, al punto 1,5, ma quasi nel mezzo, al punto 33.

Questo tanto per cominciare. Facendo altri incroci si trovò che il genidio degli occhi rossi della *Drosophila* ha nei cromosomi dozzine di posizioni diverse; il loro numero si aggira intorno a cinquanta, vale a dire che vi sono una cinquantina di genidi diversi che tutti possono determinare la formazione di occhi rossi.

Si tratta di un fenomeno tipico; le stesse relazioni ap-

paiono quando altri caratteri, dominanti o recessivi, si studiano per esteso in questi o in altri organismi.

Che significa tutto questo? Necessariamente l'idea di un singolo genidio che rappresenta e sviluppa ogni singolo carattere deve essere buttata a mare. Se, come è provato, cinquanta parti diverse della cellula germinale concorrono a produrlo (e questo numero seguita a crescere col progredire delle ricerche) non può sostenersi che il color rosso degli occhi è un carattere-unità, dipendente dal genidio singolo che lo rappresenta.

Ma perché allora i caratteri si comportano come unità nel passare da una generazione all'altra? In fin dei conti era stato proprio il loro comportamento a far nascere il concetto dei singoli genidi rappresentativi. Siamo forse davanti ad una contraddizione nella natura?

La risposta è semplice e illuminante, e tale da infirmare definitivamente tutta la teoria costruita sui caratteri-unità e sulle particelle rappresentative, con la conseguente esclusiva dipendenza di tutti i caratteri della eredità, e tutti i suoi corollari pedagogici e sociali.

EGUALI CARATTERI EREDITATI CON MEZZI DIVERSI

La situazione è semplicemente questa. Ogni carattere, come l'occhio con il suo colore, è prodotto dalla collaborazione di molti genidi diversi. Questi hanno nei cro-

mosomi posizioni diverse, diverse funzioni. Ce n'è uno o piú d'uno che è necessario per iniziare la base della costruzione dell'occhio. Se il genidio è difettoso, l'occhio non si forma. Perciò se l'individuo possiede questo genidio in condizioni normali avrà gli occhi sviluppati. Se invece un altro lo ha difettoso (in entrambi i membri della coppia), non avrà occhi; una tale razza cieca si trova nel moscerino. Ora, se si incrociano individui delle due razze, i discendenti mostreranno l'eredità mendeliana, cioè quelli con uno o due genidi normali, avranno gli occhi, mentre i discendenti con entrambi i genidi della coppia anormali, non avranno occhi. In questo l'occhio completo si comporta come carattere-unità.

In altri individui il genidio richiesto per la costruzione degli occhi esiste in condizioni normali. Ma se alcuni altri genidi richiesti per la riproduzione del consueto color rosso degli occhi, sono difettosi o modificati, gli individui avranno sí gli occhi, ma non rossi. L'incrocio di tali individui con individui con gli occhi rossi darà egualmente «una eredità a carattere-unità».

Tale è la situazione rispetto ai cinquanta e piú genidi richiesti per la produzione di un occhio normale. Se due genitori hanno tutti i loro genidi normali e simili, eccetto quelli di una coppia, noi troviamo un'eredità a carattere-unità, per la differenza prodotta da tale coppia di genidi. In tal caso questa coppia diversa avrà una posizione precisa nel sistema dei cromosomi ed i caratteri dipendenti da essa si trasferiranno in un modo particolare a seconda della loro posizione. Se questi genidi si tro-

vano nel cromosoma X, i caratteri seguiranno il modo dell'eredità legata al sesso, altrimenti no. I due caratteri: *occhi bianchi* ed *occhi rossi*, dipendenti rispettivamente dalla coppia di genidi normale o modificata, seguono la distribuzione della singola coppia di genidi differente; ecco il segreto del loro comportamento come carattere-unità.

Se la differenza fra i genitori sta in un'altra coppia di genidi che interessa quel carattere, genidi posti da un'altra parte, i due caratteri seguono la distribuzione di questi due genidi e l'eredità sarà di un tipo diverso. I genitori possono essere scelti così da differire riguardo a uno dei cinquanta o più genidi che cooperano a produrre il rosso; in tutti i casi quel carattere segue la distribuzione dei genidi differenti, mostrando la cosiddetta eredità a carattere-unità. Semplici diagrammi raffiguranti genidi e cromosomi, come nelle figure del capitolo I e II, mostrano che così deve necessariamente avvenire. «L'eredità a carattere-unità» è solamente la specie di eredità che appare quando i due genitori differiscono soltanto per una coppia di genidi riguardante il carattere che stiamo esaminando. Ma i genitori possono essere scelti così da differire in due o più coppie di genidi che interessano quel carattere: e allora noi non troviamo l'eredità a carattere-unità che abbiamo visto or ora, ma piuttosto la cosiddetta eredità a fattori multipli. In un gruppo troviamo un carattere unità legato al sesso; in un altro gruppo due fattori di eredità, in un altro tre, e così via a seconda del numero e della posizione dei genidi nei quali differi-

scono i genitori. Tale dimostrazione si è ripetuta per molti e diversi caratteri. Perciò quando gli studiosi, riferendosi ad un carattere, continuano a citare, come fanno, «il genidio» si deve intendere solamente «un genidio» e specificatamente quel particolare genidio in cui differiscono i genitori presi per l'esperimento.

INESATTEZZA DELLA TEORIA DEI CARATTERI-UNITÀ E DELLE PARTICELLE RAPPRESENTATIVE

La concezione di caratteri-unità dipendenti da singole particelle rappresentative si rilevò basata su un errore sia materiale che logico. Un lavoro completo dimostra che ogni carattere dipende dal complesso di molti genidi, e che ogni genidio interessa molti caratteri.

Con l'annullamento del concetto di carattere-unità, cade anche la nozione della natura rappresentativa dei genidi. I genidi sono unità nel senso che ogni specie di genidio costituisce un piccolo corpo localizzato che può essere separato da altri genidi presenti nella stessa cellula, e può combinarsi con quelli di un'altra. Ma nessun genidio può rappresentare da solo un carattere od una struttura dell'organismo, dato che l'organismo in ogni suo aspetto è costituito dal prodotto di un complesso di molti genidi. L'apparente natura unitaria dei caratteri è un riflesso che i genidi sono unità e che spesso due ge-

nitori differiscono solo in uno di questi genidi, dando origine al carattere che si comporta nell'eredità come un carattere-unità. Ma i genidi sono i vari materiali dalla cui azione scambievole l'individuo si sviluppa.

Tutto ciò scosse nelle sue fondamenta le conclusioni cui si era giunti con lo studio dell'eredità e particolarmente quella che affermava il potere assoluto dell'eredità e la nessuna importanza dell'ambiente.

Si può dire che all'infuori dei genidi non entrino in giuoco altri elementi? Le teorie moderne non possono ormai trascurare l'influenza dell'ambiente. Al contrario, la situazione sembra ora ammettere la partecipazione della condizione di ambiente alla produzione dei caratteri dell'organismo. Determinare soltanto quali particolari caratteri dipendano dai genidi non è più sufficiente; si deve determinare quali caratteri dipendano dall'ambiente, ed in che modo. Tutta la questione ha dovuto essere riesaminata. Alcuni risultati di quest'esame vennero già dati nei capitoli V e VI.

TRASFORMAZIONE DELLA CONOSCENZA DELLO SVILUPPO

Fin qui abbiamo seguito gli studiosi dell'eredità. Un cammino simile fu fatto dagli osservatori dello sviluppo e del processo per cui l'individuo deriva dall'uovo. Prevalse in passato presso costoro la teoria detta del «mo-

saico», che corrisponde alla nozione della natura rappresentativa dei genidi e sostiene nello stesso tempo l'idea che ogni cosa viene determinata dall'eredità. Secondo questa concezione i genidi rappresentanti le diverse parti del corpo vengono, durante lo sviluppo, distribuiti nelle diverse cellule, alcuni nelle une, altri nelle altre. Quel che diventano sia la cellula che l'embrione dipende dai genidi che ricevono. Il corpo si sviluppa come un mosaico di parti con diversi genidi; una parte dell'embrione accoglie i genidi della testa; un'altra quelli del corpo; un'altra degli occhi, degli orecchi, del cuore e così via. Ogni genidio rappresenta una data parte e la produce.

Nello sviluppo c'erano molte cose che sembravano convalidare questo modo di vedere. La singola cellula con cui l'individuo si inizia, si divide in due; una parte produce la metà destra del corpo e l'altra la metà sinistra; si poteva pensare che ciò accadesse perché una contiene i genidi per la metà destra e l'altra quelli per la metà sinistra. In alcuni animali, quando le prime due cellule si separano, ciascuna produce soltanto la metà dell'individuo che verrebbe prodotto se rimanessero unite. E ciò concorda con la teoria del «mosaico».

In uno stadio successivo, un individuo, p. es. la rana, diventa una massa di piccole cellule; esaminando questa possiamo dire quale parte dell'adulto produrranno determinate cellule. Tutto appare come se lo sviluppo dell'embrione fosse fissato e determinato dalla distribuzione dei diversi genidi alle diverse parti. In alcuni degli stadi ulteriori, se le cellule vengono sperimentalmente

spostate da una regione dell'embrione ad un'altra, continuano a produrre quello che avrebbero prodotto nella loro prima collocazione; potrà così svilupparsi un occhio in una parte qualsiasi del corpo; dove la sua presenza apparirà piuttosto strana. Questi ed altri fenomeni parvero convalidare la teoria che l'organismo è un mosaico di parti costituite da genidi diversi, artefici delle diverse strutture.

Ma l'aumentare delle conoscenze intorno allo sviluppo, come l'aumentare delle conoscenze sull'eredità, portò a un mutamento di opinioni. Nei capitoli III e IV abbiamo dato un ragguaglio della concezione dello sviluppo secondo la teoria del «mosaico» dei genidi. Tuttavia, come apparve da tali capitoli, quello che una cellula può diventare dipende non soltanto dai genidi che essa contiene, ma dalle sue relazioni con le altre cellule. Si può provare che la stessa cellula individuale produrrà molte cose differenti, a seconda dell'ambiente in cui si trova. Ogni cellula dell'organismo contiene *tutti* i genidi e questi agiscono insieme col citoplasma, modificandolo in modo da formare i tessuti e le strutture. Ma i genidi mutano la loro azione col mutare dell'ambiente in cui si trovano le cellule che li contengono, e in diverse condizioni producono differenti strutture. Senonché, dopo che essi si sono frammisti al citoplasma per produrre le parti citoplasmatiche ben definite, è impossibile mutare il destino delle cellule, ed è ciò che diede origine all'errore da cui nacque la teoria del «mosaico».

Riassumendo, da questi studi emerse che lo sviluppo

è il risultato dell'azione continuata e scambievole di molte sostanze chimiche esercitata dapprima dai genidi e dal citoplasma dell'uovo, e producendo un gran numero di prodotti intermedi i quali, con la loro azione cumulativa, danno origine a nuove sostanze, finché, per una serie di stadi, si forma l'individuo maturo. Dallo studio dello sviluppo, come dallo studio dell'eredità è apparso come i genidi siano un gruppo di sostanze chimiche trasmesse dai genitori. Differenti individui partono con differenti gruppi di sostanze chimiche e queste sviluppano differenti caratteri. Anche un solo mutamento nelle sostanze chimiche originali può mutare grandemente l'individuo in uno o più aspetti.

Ma ogni genidio entra isolato nel processo generale formativo, alterando lo sviluppo ed i prodotti di questo a seconda della sua natura particolare.

INTERPRETAZIONE MODERNA DELL'EREDITÀ

Riflettendo, si vede che le deduzioni teoriche e pratiche derivanti da questo quadro della natura e della azione dei genidi sono fundamentalmente diverse da quelle tratte, consapevolmente o meno, dalla concezione dei genidi come singoli rappresentanti, sviluppanti più tardi i singoli caratteri. Secondo tale nozione ciascun individuo entra nel mondo con la sua provvista completa di caratteri e, indiscutibilmente, qualunque cosa avvenga

dipende dall'eredità. Su questo fatto dovrebbero basarsi i nostri concetti, il nostro modo di vivere, la nostra società. Su questa nozione si basano molti scritti sulla relazione tra la biologia e i problemi sociali, e sui suoi rapporti con gli altri problemi umani.

Ma quando noi riconosciamo che i genidi non sono altro che sostanze chimiche la cui azione, sia tra i genidi medesimi, sia di questi su altre sostanze, produce l'organismo, e che i caratteri adulti sono soltanto l'ultimo risultato di questo processo scambievole, non vi è piú una ragione *a priori* per cui tali materie chimiche non possano essere aumentate, o diminuite, o modificate, chimicamente, o perché la loro interazione non possa subire l'influenza dell'ambiente e così produrre altri caratteri. L'esperienza ha dimostrato che tale possibilità si può realizzare, come abbiamo tentato di far vedere dettagliatamente nei capitoli precedenti. In conclusione, se i genidi provvedono certi materiali e talune condizioni per lo sviluppo, la nutrizione e l'ambiente ne provvedono taluni altri. Il modo come date sostanze o condizioni agiscono sullo sviluppo e sulla forma definitiva, non dipende dall'origine ambientale o genetica di esse, ma dalla loro natura intrinseca, dal luogo e dal tempo in cui incominciano ad agire. Il riconoscimento di questa verità sposta l'intero argomento dal terreno dei principi generali ed aprioristici a quello dei fatti particolari, e della investigazione pratica caso per caso, aprendo la via ad un progresso illimitato nella determinazione dello sviluppo e dei caratteri degli organismi.

CAPITOLO IX

ERRORI BIOLOGICI CORRENTI

Il desiderio di applicare la scienza biologica alle cose umane è una notevole caratteristica dei tempi. Oggi si riconosce nell'uomo un essere biologico né piú né meno del serpente o del ramarro; e le cose che lo riguardano si vogliono regolare sempre piú in osservanza con i principi biologici.

Come la repentina realizzazione di un sogno, appaiono oggi allo scienziato il mondo che agisce secondo principi scientifici, la vita e la società che si basano su sani principi biologici, i libri che trattano queste massime biologiche divenuti tra i piú smerciati, e la scienza biologica diventata popolare.

Ma il suo entusiasmo di fronte a questa trasformazione è attenuato dai dubbi intorno all'integrità di alcune massime che circolano in nome della sua scienza; ed egli può chiedersi se essa allo stato attuale è sufficiente al compito impostole.

Numerosi errori, o semi-errori vanno per la gente travestiti da principi biologici piú o meno apertamente ap-

plicabili alle cose umane. Essi compaiono particolarmente frequenti nei tentativi di applicare ai problemi umani ed alle riforme sociali i risultati dello studio scientifico dell'eredità. Di alcuni di questi errori sono responsabili gli intermediari, i quasi-biologi, gli scrittori popolari che hanno intrapreso a spacciare nel mondo la biologia; ma ve n'è parecchi dei quali devono rispondere i biologi stessi.

Non sarà inutile passare in rassegna queste false opinioni. E se alcune di esse contrariamente a quanto suppone l'autore di questo libro, non fossero errori ma verità, l'averle messe in discussione non servirà che ad affrettare il loro trionfo definitivo.

Daremo di ciascuna una breve formulazione, e ne risulterà come il primo abbozzo di un *Corpus Errorum Biologicorum*.

In capo al nostro elenco metteremo

1) *Il sentenziare senza convalide sperimentali, sia in materia di eredità che di sviluppo.*

È un errore di metodo generale in cui cadono sia i biologi di professione che le altre persone in genere, quando fondano i loro giudizi su ogni altra base che non sia quella della stretta aderenza ai particolareggiati risultati sperimentali, illudendosi di poter discutere i problemi genetici in base a considerazioni generiche e universali, o per analogia con altri rami della scienza. L'eredità e l'evoluzione sono state per tanto tempo il soggetto di esercitazioni astratte nelle quali l'ipotesi dell'uno valeva

quanto quella dell'altro, che quasi ognuno si sentiva qualificato ad esporre nozioni originali in materia. Ora quel tempo è passato: abbiamo oggi una quantità di osservazioni sicure che devono formare la base di ogni giudizio serio. Se mai vi fu un argomento inadatto ai giudizi aprioristici o «ispirati» è proprio questo. I filosofi in fatto di genetica sono stati costantemente mandati all'aria dai progressi della pratica sperimentale. Genetica e sviluppo sono il dominio dell'imprevisto. In questi campi si è andato formando sotto i nostri occhi un vasto sistema di relazioni e di metodi, che rappresenta qualcosa di unico nell'esperienza umana; un sistema il quale, sebbene passi sotto il nome di eredità, ha ben poco in comune con le idee che ancor oggi quella parola suscita nella maggior parte delle persone, e che può essere giustamente afferrato solo osservando e seguendo costantemente e da vicino i risultati degli esperimenti e delle osservazioni, e guardandosi con cura dalle generalizzazioni affrettate.

Qualunque sia la situazione in altri rami, nella genetica l'opinione di un biologo che non abbia laboriosamente vagliato i fatti specifici, non ha alcun valore, anche se egli sia uomo autorevolissimo in altre materie.

Un secondo errore generale occorre nell'interpretazione dei risultati degli esperimenti e delle osservazioni:

2) *L'attribuire ad una causa sola quello che è dovuto a molte cause.*

Questo errore è il più comune nella scienza. Si cerca

dappertutto la causa di questo o quel fenomeno, e gli scienziati non sono contenti finché non l'hanno trovata. I fenomeni naturali, quelli biologici in primissimo luogo, sono causati dalla complessa situazione in cui occorrono. Molti elementi di tale situazione intervengono a determinarli, e tutto quello che può fare la scienza sperimentale è di individuare le differenze provenienti dall'alterazione di uno o più di questi elementi, ma non già trovare una causa unica che escluda le altre.

3) *L'escludere, per il fatto che un certo fattore interviene, l'intervento di altri fattori.*

Tale errore contribuisce largamente a fare della scienza uno spettacolo ameno, poiché esso suscita controversie innumerevoli. La causa trovata dal secondo studioso non è certo quella trovata dal primo; ecco la questione ravvivata da una bega sempre divertente per chi sta a vedere. Ma chi mira al sodo deve sempre aver presente che ogni fenomeno biologico nasce dall'azione complessiva di molti fattori. Dall'aver trovato una causa, non bisogna concludere che non ve ne sono altre: tuttavia questo abbaglio è frequentissimo. In genere si possono accettare abbastanza facilmente le asserzioni di un ricercatore intorno ai fattori che entrano in giuoco in un dato processo, ignorando le sue conclusioni negative intorno ai fattori che *non* entrano in giuoco.

In biologia i due errori ora nominati danno luogo, a quest'altro oltremodo nocivo:

4) *La credenza che i caratteri dell'organismo siano divisibili in due classi distinte, una dovuta all'eredità e l'altra all'ambiente.*

Nei tentativi di applicare la biologia alle faccende umane questo errore può dirsi universale. È una forma della «causa unica»: si veda ciò che se n'è detto nel capitolo precedente.

5) *Il credere che l'eredità sia una forza o una entità distinta dalle altre condizioni dello sviluppo, la quale tende a produrre la somiglianza tra i genitori ed i figli.*

6) *Far ritenere che eredità significhi o implichi somiglianza tra figli e genitori e che necessariamente dia luogo alla massima «ogni simile produce un suo simile».*

Queste nozioni si erano andate formando prima che ci fossero basi sufficienti per poter concepire adeguate definizioni, e ancora oggi servono a mantenere la confusione.

Paragonando due diverse specie d'animali, si vede che ciascuna perpetua se stessa: su questa base crebbe il primo concetto dell'eredità. Ma applicandolo all'uomo, le cose si complicano. Genitori dagli occhi bruni producono figli con occhi bruni, ma anche con occhi azzurri. È il primo un fenomeno ereditario, e non il secondo? Per lo studioso di genetica sono ereditari entrambi, o nessuno dei due: ognuno è l'effetto di uno stesso processo biologico. In entrambi i casi il colore deriva da una

peculiarità delle cellule germinali provenienti dai genitori, e muterà se muta la composizione di queste. Ecco ciò che noi abbiamo in mente parlando di eredità; e non già la simiglianza o la dissimiglianza. Il meccanismo dell'eredità può causare in molti modi figli e parenti dissimili, anziché simili.

È bensì vero che l'eredità, considerata statisticamente, nell'insieme dà luogo a un certo grado di somiglianza e di correlazione tra figli e genitori, ma si tratta di una questione di medie quantitative e non già di una inevitabile simiglianza individuale.

Fu solo abbandonando la tradizionale idea dell'eredità come somiglianza, che divenne possibile una scienza genetica sistematica.

Nessuna persona intelligente può sostenere ai nostri giorni il concetto che eredità significhi simiglianza; i casi in cui questo non avviene diventano sempre più numerosi e convincenti e se ne trovano esempi in tutti i manuali. E purtuttavia la concezione dell'eredità implicante necessariamente simiglianza continua ad avere una grande importanza nelle proposte di applicare la genetica all'uomo.

E qui, tra parentesi, possiamo mettere nel nostro catalogo un errore di logica generale, che interviene molto spesso in biologia come in ogni altra attività umana.

7) Il fondare le proprie conclusioni su premesse implicite le quali si rifiutano non appena siano formulate esplicitamente.

Molte premesse che agiscono sui nostri ragionamenti sono di questo tipo, vale a dire inconscie ed occulte.

Gli errori elencati fin qui si congiungono spesso, e figliano una progenie che si incontra dappertutto dove si tratta di biologia umana. Ad esempio:

8) *Un carattere ereditario non può essere modificato dall'ambiente.*

Questo sbaglio è diffusissimo e viene dato da parecchi studiosi come un assioma, ed è rispecchiato nell'opinione corrente che ciò che è ereditario sia inevitabile, fatale; da ciò nasce l'altra credenza, anch'essa assai frequente, che l'ambiente nulla può sull'eredità.

Eppure si sono ormai catalogati molti casi di caratteri ereditati sia mendeliani che legati al sesso, i quali si possono facilmente modificare ed anche correggere con l'influenza ambientale, come abbiamo esposto nel capitolo V.

Nessuno che conosca tali casi può coscienziosamente accettare l'idea che un carattere ereditario non possa venire alterato dall'ambiente.

Ed è ugualmente corrente l'errore reciproco:

9) *Il mutare di un carattere per le condizioni ambientali è segno che esso non è ereditario.*

Errore madornale, come hanno dimostrato chiaramente molte esperienze. In maggior accordo con le nozioni oggi accertate, benché le oltrepassi un poco, sarebbe l'asserto che ogni carattere il quale può essere influenza-

to dall'ambiente può esserlo anche dai genidi. Dal presente stato delle nostre conoscenze, e dall'indirizzo delle moderne scoperte, sembra probabile che le seguenti affermazioni, benché categoriche, saranno convalidate dai futuri progressi della biologia:

I. TUTTI I CARATTERI DELL'ORGANISMO POSSONO ESSERE MODIFICATI COL MUTARE DEI GENIDI, PURCHÉ SI TROVI IL MODO DI MODIFICARE I GENIDI RISPETTIVI.

II. TUTTI I CARATTERI POSSONO MODIFICARSI COL MUTARE DELL'AMBIENTE IN CUI L'ORGANISMO SI SVILUPPA, PURCHÉ SI RIESCA AD ACCERTARE LE CONDIZIONI CHE DEVONO ESSERE MODIFICATE ED IL MODO DI MODIFICARLE.

III. OGNI ALTERAZIONE DEI CARATTERI CHE SI OTTIENE ALTERANDO I GENIDI, PUÒ ESSERE OTTENUTA UGUALMENTE MUTANDO AMBIENTE, PURCHÉ SI SAPPIA TROVARNE IL MODO.

Quest'ultima affermazione può suscitare maggiori dubbi delle altre due, ma con grande probabilità è vera anch'essa.

L'errore attestante che un carattere alterabile dalle condizioni dell'ambiente non è ereditario, è particolarmente comune ai medici, ai sociologi ed agli psicologi. Il medico non ammette volentieri l'idea che l'eredità abbia gran parte nelle malattie, perché ciò sembrerebbe voler dire che le condizioni d'ambiente non hanno alcun effetto, e che non c'è niente da fare; ed egli sa che non è vero. Il sociologo tende a non dare nessuna importanza all'eredità negli argomenti che egli tratta, perché anche a

lui sembra che ciò escluda ogni rimedio ai malanni sociali, tranne la creazione di una nuova razza di uomini. Bisogna ammettere che molti biologi hanno fatto il possibile per dar loro questa impressione, cadendo essi stessi nell'errore che le azioni dell'eredità e dell'ambiente si escludano a vicenda. L'antropologo non ammette l'eredità nella condotta umana, perché la condotta umana si modifica facilmente per le condizioni d'ambiente.

Tra gli altri errori, frutto di quelli già considerati, ve n'è uno prediletto da certi propagandisti di eugenica:

10) *Poiché tutti i caratteri umani sono ereditari, l'eredità sola importa, e l'ambiente non conta nulla.*

Questa opinione negli ultimi tempi è stata appoggiata da quasi-biologi, e fino ad un certo punto anche da biologi autentici, sebbene si vada felicemente facendo strada una reazione.

E per converso:

11) *Tutti i caratteri umani più importanti sono dovuti all'ambiente poiché quello che conta è l'ambiente e l'eredità non ha valore.*

Dagli errori più generali sopra nominati ne nascono molti altri parziali o di pratica, i quali talvolta esercitano la loro influenza pur senza essere chiaramente formulati. Alcuni di essi sono di quantità piuttosto che di qualità, e consistono nell'attendere grandi conseguenze là dove non ce ne può essere che di piccole. Basato principalmente sulla convinzione che eredità significhi somi-

glianza, è il seguente:

12) Evitando la generazione di individui difettosi ereditariamente, questi potranno essere eliminati interamente o quasi, dalle generazioni future.

Sebbene ogni studioso di genetica sappia che questo è uno sbaglio madornale, pure lo si sente ripetere spesso in comuni discussioni. Sono ereditarie: la debolezza di mente, la pazzia, la deformità, la tubercolosi, la criminalità; queste esisteranno quindi nella generazione futura, dicono, per opera dei rispettivi genitori difettosi nella generazione presente, poiché simile produce simile: sopprimendo dunque i genitori difettosi, non si avranno figli difettosi.

Una società che riesca a mettere in pratica tale progetto va incontro a grosse delusioni. La grande maggioranza di genidi difettosi, responsabili di quelle debolezze, si trova in individui normali. Questi dovranno produrre per forza un considerevole numero di individui inferiori nella nuova generazione. Impedendo all'individuo attualmente difettoso di propagarsi, si evita, è vero, la trasmissione alla nuova generazione di un certo numero di genidi difettosi; e ciò, trattandosi di difetti gravi, può anche essere vantaggioso; ma suscitare l'aspettativa che in tal modo possa risolversi il problema dei difetti ereditari, e si possa giungere alla chiusura dei manicomii e delle prigioni, è un diffondere pericolose illusioni.

Eguualmente comune è l'errore corrispondente rispetto

agli individui superiori.

13) *Individui superiori nascono e nasceranno da genitori superiori.*

Questa idea è talmente radicata che, allorché degli individui eccezionali hanno dei genitori mediocri (il che accade molto spesso), se ne arguisce che vi dev'essere sotto un qualche mistero di famiglia, e che la tendenza vera non è quella che sembra essere.

La biologia sperimentale non conferma queste idee. Da due genitori di tipo molto inferiore di grado, nasce talora una prole di tipo superiore, come abbiamo già detto piú volte. Nel moscerino, da genitori che hanno occhi ereditariamente difettosi nascono figli con gli occhi sani. Individui vigorosi e longevi sono spesso figli di genitori deboli e che ebbero vita breve. L'azione compensatrice dei genidi complementari dei genitori produce talvolta, nei figli, caratteri che non si trovano nei genitori e, reciprocamente, la separazione nei figli dei genidi complementari dei genitori dà origine a caratteri differenti, e ciò ha grande importanza nell'eredità. Le qualità buone o cattive nell'individuo dipendono moltissimo dal modo nel quale i genidi che gli vengono dai due genitori sono assortiti: ed ogni coppia di genitori può produrre migliaia di combinazioni diverse.

Dai due ultimi errori considerati nasce ancora quest'altro:

14) *La biologia tende a una costituzione aristocrati-*

ca della società.

Che la biologia sostenga la teoria democratica, nel senso che tutti gli individui sono fundamentalmente eguali, è stato riconosciuto un errore, sebbene Watson col suo «*behaviorism*» si sforzi a rimmetterlo in onore. Perciò alcuni, cadendo in quello che è il tipo piú comune degli errori di ragionamento, hanno concluso che essa implica una concezione aristocratica.

Per uniforme che sia un dato settore di una popolazione umana, e in qualunque modo e in qualunque strato di essa lo si vada a scegliere, è da presumere che nella generazione successiva appariranno in esso notevoli disuguaglianze fisiche, intellettuali, morali ed emotive. Vi compariranno alcuni individui assai superiori alla media, alcuni inferiori ad essa; e nella grande massa restante si avranno spiccate diversità di gusti e di attitudini. La specie umana nel suo complesso ha qualche affinità con quegli organismi inferiori che hanno un alto potere rigenerativo. Da ogni porzione di essa, anche limitata, possono ricrearsi tutti i diversi organi dell'organismo sociale. Le «classi» non si perpetuano come tali. Dalle due porzioni estreme nascono rispettivamente meno individui ottimi e pessimi che non dalla parte intermedia, mediocre e numericamente maggiore.

Su queste verità biologiche non può certo fondarsi una concezione aristocratica della società, nel senso di un perpetuarsi di una data classe dominante; e neppure una concezione democratica se questa presuma la generale uguaglianza. Ma se per democrazia si intende una

società cosiffatta che ogni sua parte possa fornire col tempo individui capaci di ogni funzione, allora può ben dirsi che il punto di vista biologico è anche quello democratico.

*

La nostra rassegna può dare l'impressione che lo studio biologico dell'eredità e dell'ambiente non abbia contribuito se non con errori alla condotta della vita. È evidente che il suo contributo positivo alla vita umana è stato meno immediatamente pratico di quello portato, dalla stessa biologia, nel campo della medicina, dell'igiene e della salute pubblica. La giusta applicazione della biologia ai problemi delle razze umane e della società offre notevoli difficoltà. La genetica è ancora giovane; ha solo trent'anni. Quanto è già stato da essa messo in luce, se valutato rettamente e con prudenza, rappresenta un prezioso contributo ai problemi sociali. Il suo contributo più importante è l'aver stabilito proprio quello che il «*behaviorism*» nega, e cioè l'aver dimostrato che gli esseri umani sono forniti di inclinazioni, temperamenti, attitudini diverse, di un diverso modo di rispondere alle stesse condizioni. E che perciò, come ha stabilito DAVENPORT, non vi possono essere una medicina, un'igiene, una pedagogia astratte. Va sempre considerata la particolare natura dell'individuo.

Di un secondo eventuale contributo di questo ramo della biologia, la cosiddetta *eugenetica*, si tratterà nel ca-

pitolo seguente.

Ora sta anche venendo in luce come i genidi divengono difettosi e come può deteriorarsi la costituzione ereditaria; materia trattata nel capitolo XV. Quest'indagine, quando sarà condotta a termine, realizzerà uno dei maggiori contributi alla biologia dell'uomo ed alla pratica della vita umana.

CAPITOLO X

IL PRO E IL CONTRO DELL'EUGENETICA

SPERANZE DEGLI EUGENISTI

Gli animali e le piante domestiche sono stati grandemente migliorati mediante l'allevamento selettivo. La concezione di un miglioramento della razza umana con quegli stessi metodi è detta «Eugenetica».

Ad alcuni le prospettive dell'eugenetica appaiono meravigliose, in base a ragionamenti che suonano all'incirca così: «Alcuni uomini sono forti, vigorosi, saggi, virtuosi: altri sono deboli, sciocchi, malati, immorali, criminali, e questi ultimi provocano i malanni che affliggono l'umanità. Per estirpare dalla radice tali malanni, bisogna produrre una razza migliore, mondata da quei tipi inferiori. Quando si sia ottenuta una generazione così ripulita, le leggi, i costumi, l'educazione, le condizioni materiali miglioreranno da sé. Uomini buoni e saggi faranno il mondo buono. Il fine da ricercare è dunque

quello che le generazioni future siano prodotte da genitori via via piú sani, piú forti, piú saggi.

È una magnifica visione, e che ha suscitato l'entusiasmo di molti. Sono state create delle associazioni per propagare questo ideale. «L'eugenetica ha da essere la cura maggiore dell'umanità», ha dichiarato il presidente della Società Americana di Eugenetica.

Per rendersi esattamente conto della questione, occorre aver ben presente la situazione biologica e considerare da vicino come le differenze tra individui siano originate dalle diversità delle sostanze ricevute dai genitori. Alcuni fatti definitivamente assodati dalla genetica moderna sono decisivi rispetto alla domanda: che cosa possiamo sperare dalla eugenetica?

Questi fatti sono già stati descritti nei capitoli I e II, perciò non li ripeteremo.

Per impedire gli effetti dei genidi difettosi o rimediarvi, o per sostituire a lungo andare gli individui minorati con altri normali, molti mezzi sono stati proposti o contemplati. Essi si possono classificare in tre categorie:

1°) L'uso di mezzi terapeutici o in genere ambientali (la tiroidina per i cretini, l'insulina per i diabetici etc.).

2°) Gli incroci appropriati, combinando genidi inferiori con superiori, in modo che i primi non abbiano quasi nessun effetto; questo metodo è alla base della così detta eugenetica familiare.

3°) L'eliminazione dei genidi difettosi od inferiori escludendoli dalla razza, il che rappresenta l'eugenetica della razza.

Tutti questi tre metodi possono avere una certa efficacia, ma i risultati finali si prospettano molto diversi.

IL METODO TERAPEUTICO E AMBIENTALE

Il concetto di rimediare alle manchevolezze genetiche con mezzi ambientali, sia interni che esterni, è male accetto dagli eugenisti, come tendente a perpetuare i geni scadenti e a far degenerare la razza.

Esamineremo in un altro capitolo la fondatezza di questa obiezione. Tuttavia è indiscutibile che questi metodi giovano solamente all'individuo; anche se egli è ricondotto alla normalità, i suoi geni rimangono inalterati, cioè non meno scadenti di prima. Essi si moltiplicano nel suo organismo e sono trasmessi ai suoi discendenti i quali dovranno alla loro volta essere sottoposti alla correzione ambientale.

Il cretino che è stato guarito dall'uso della tiroidina trasmette i suoi geni immutati ai figli, i quali devono anch'essi essere curati con la tiroidina. E questo caso è tipico e mostra, insieme con molti altri, che il trattamento ambientale non concorre minimamente al miglioramento dell'eredità nella razza.

EUGENETICA FAMILIARE

Il mezzo maggiormente adottato dagli organismi per impedire gli effetti della deficienza dei genidi, è quello di accoppiare il genidio difettoso con uno normale che possa adempiere perfettamente la funzione richiesta. Ciò si ottiene, come spieghiamo nel capitolo I, dando due genitori all'individuo, ciascuno dei quali fornisca un esemplare di ogni specie di genidi, in modo che l'individuo non ne abbia soltanto un esemplare, ma due. Egli ha perciò due probabilità invece di una di portare a termine perfettamente lo sviluppo di ogni sua funzione, poiché se il genidio di una coppia è debole l'altro è probabilmente migliore, ed è quest'ultimo che di solito è dominante.

Tale meccanismo è assai utile a correggere l'influenza dei genidi scadenti, sebbene lasci molta parte al caso. A lungo andare si può dire efficace, e si ritrova in quasi tutti gli organismi. L'uomo fece suo questo metodo, lo sviluppò, lo incorporò ai costumi ed alle leggi, e lo pratica ora sistematicamente in quella che possiamo chiamare *eugenetica familiare*. Questa è un insieme di regole per assicurare che i figli di una data unione non siano difettosi, e per garantire la creazione di famiglie normali. Dette regole tendono in sostanza ad evitare che due genidi difettosi si trovino insieme nella stessa coppia. Le due massime principali dell'eugenetica familiare possono riassumersi presso a poco così:

1 – Due persone appartenenti a famiglie alcuni membri delle quali mostrano difetti simili non si dovrebbero unire, sebbene entrambe le persone siano normali. Ciascuna può avere in sé nascosto (recessivo) uno dei genidi difettosi cui è dovuta l'imperfezione, la quale si manifesterà nella loro prole se i due genidi recessivi vengono a trovarsi nella stessa coppia.

2 – Non si dovrebbero unire parenti stretti. I parenti stretti sono persone che hanno avuto gran parte dei loro genidi dagli stessi progenitori. Data la frequenza dei genidi difettosi, è probabile che i due consanguinei si trovino ad avere in comune alcuni elementi scadenti; con la loro unione, questi possono facilmente venire a trovarsi nella stessa coppia, dando origine a prole imperfetta. Tale rischio si attenua con l'allontanarsi della parentela. Nelle famiglie dove è noto che vi sono gravi difetti, devono essere assolutamente impedito le unioni tra parenti, anche lontani. Invece nelle famiglie dove non si riscontrano genidi gravemente difettosi è probabile che se si uniscono per es. due cugini, non ne risulti una prole imperfetta.

Queste due regole di eugenetica familiare sono naturalmente rese più efficaci se è conservata una storia fedele della famiglia e della parentela. In alcuni organismi la natura ha disposto efficaci mezzi fisiologici per evitare gli incroci fra parenti stretti.

È chiaro che il metodo dell'eugenetica familiare, come già quello terapeutico ed ambientale, non elimina i genidi inferiori. Al contrario, *esso tende ad occultarli*

e proteggerli, in modo che si possano moltiplicare e possano essere trasmessi alle loro nuove generazioni in numero sempre maggiore. Col passare delle generazioni essi devono per forza tornare alla luce e produrre individui difettosi ed inferiori. Quanto piú a lungo sono rimasti occulti ed inerti, tanto piú facilmente ne sarà scordata la presenza, e potranno aversi unioni in cui essi figurano ignorati e latenti in entrambi i genitori.

EUGENETICA DELLA RAZZA

Per eliminare definitivamente i genidi scadenti, ci sarebbe un modo solo: che gli individui che li portano non producessero figlioli. Questo è appunto il metodo della cosiddetta eugenetica della razza.

Due classi differenti di individui portano, come abbiamo visto, un particolare genidio difettoso, come la debolezza di mente, l'emofilia ecc. La prima è formata da un numero di persone relativamente piccolo, che porta in ciascuna coppia entrambi i genidi inferiori, e in tal caso i portatori stessi sono minorati, come, per es., i deboli di mente, i pazzi ereditari, i deformati, i deboli, i degenerati. Essendo tali individui facilmente riconoscibili si potrebbe (secondo i dettami dell'eugenetica) impedire senz'altro la loro propagazione.

La seconda categoria è formata da un numero molto piú grande di individui che hanno nella coppia un solo

genidio difettoso, e l'altro normale. Non c'è quindi modo di identificare questi portatori: essi possono paragonarsi a quei portatori dei bacilli del tifo che sono immuni dalla malattia. Alcuni di essi si possono riconoscere dalla storia della loro famiglia, ma nella maggior parte dei casi questa inferiorità potenziale è ignorata da tutti, anche dallo stesso individuo che l'ha in sé. Non sarebbe possibile evitare il loro propagarsi, né vi sono mezzi diretti per espellerli dalla razza. Tali genidi difettosi, portati inconsciamente dall'individuo normale, sono molto più numerosi di quelli manifesti portati da individui essi stessi difettosi. Nel caso della debolezza di mente è stato calcolato, come si vedrà più tardi, che vi è una proporzione circa trenta volte maggiore di deficienti, prodotti attraverso gli individui normali con genidi difettosi, che non attraverso gli altri.

Tali genidi scadenti ed occulti sono il maggior ostacolo al programma dell'eugenetica della razza. Dato il gran numero di essi, si affaccia più imperativo che mai il problema della loro eliminazione.

È semplicemente un problema di tecnica, dicono certuni, una questione di allevamenti pratici. Che cosa è stato fatto nell'allevamento dei gatti e dei polli, o nella coltivazione delle piante? Perché gli stessi metodi applicati all'uomo non devono dare eguali risultati? Spetta ai genetisti trovare il metodo più acconcio.

Tale metodo può effettivamente essere indicato con facilità. Nei principi della scienza genetica nulla si oppone a un tale risultato, purché si sia d'accordo sulle

qualità che si vogliono conservare nella razza umana, e purché i mezzi necessari siano adottati con la necessaria costanza e per un tempo sufficiente. Le difficoltà non stanno nelle leggi dell'eredità né nella teorica dell'allevamento, bensì nella pratica. Esse consistono essenzialmente nel contrasto fra le regole dell'eugenetica familiare, il cui fine è di tenere nascosti i genidi difettosi e le esigenze dell'eugenetica della razza, la quale vuole scoprirli affinché ne sia possibile l'eliminazione. Noi abbiamo nella specie umana un gruppo di organismi che sono stati per secoli e sono tuttora intenti a coprire, a nascondere, a proteggere i loro genidi difettosi permettendo loro di moltiplicarsi. Quello che si vorrebbe è che gli uomini cessassero di fare così, che si unissero in maniera tale da portare in luce gli elementi inferiori e che gli individui in cui si manifestano gli effetti di tali elementi si astenessero dal riprodursi.

Per migliorare la specie umana, come fu fatto per quella bovina, bisogna darle l'incarico e i poteri assoluti ad un allevatore, il quale, possa procedere nell'opera sua senza rispetti né umani né divini. Non sarà necessario che egli sia consumato nella scienza genetica. Il suo metodo sarà semplice, ma il suo motto dovrà essere: *fino in fondo!* egli accoppierà alcuni individui i più vicini possibile al tipo ideale da raggiungere, ed impedirà la propagazione degli altri. Poi egli procederà a rivelare i genidi difettosi, applicando a rovescio le norme dell'eugenetica familiare. La prole selezionata del suo primo incrocio sarà fatta accoppiare insieme, come si fa col be-

stiamo. Ciò riunirà da un lato i genidi inferiori, dall'altro quelli desiderabili. Così egli otterrà una moltitudine di individui scadenti e deformati, insieme con alcuni altri che non saranno tali. I primi saranno scartati, gli altri nuovamente accoppiati tra loro. Continuando queste operazioni e incrociando ogni tanto giudiziosamente degli individui eletti, i genidi difettosi verranno man mano resi manifesti ed eliminati dal ceppo. In tal modo, dopo molte generazioni e nel corso di molti secoli, si otterrebbe una razza umana la quale riunirebbe i caratteri migliori che l'uomo può avere, quelli almeno che sono compatibili fra loro.

Ma gli ostacoli che si oppongono a un simile progetto sono naturalmente insuperabili nella pratica. La umanità non si metterà mai a produrre deliberatamente prole difettosa affinché i genidi responsabili possano manifestarsi ed essere eliminati impedendo la riproduzione dei portatori di essi.

Tale modo di procedere esce dai limiti delle possibilità effettive; i metodi applicabili agli animali domestici non possono essere adatti all'uomo. Il paragone dei due casi inganna, e non può certo indicare la via per il miglioramento eugenetico dell'umanità.

LE POSSIBILITÀ PRATICHE

Il mezzo proposto praticamente dall'eugenetica è di

impedire la riproduzione degli individui difettosi, di quelli cioè che mostrano di avere scadenti entrambi i genidi di una stessa coppia, e nei quali il difetto ha carattere dominante anziché recessivo, sicché basta un solo genidio a produrlo; fenomeno raro, di cui un esempio è la brachidattilia (dita con due sole falangi). Fin qui il biologo non ha obiezioni da sollevare. Ma nel caso di malattie risultanti dalla combinazione di singoli genidi difettosi in coppie diverse, vi sono a seconda degli individui molte gradazioni di gravità, sicché sarebbe difficile definire i casi in cui dovrebbe essere impedita la riproduzione. Il numero dei difetti localizzati in una coppia unica, e che siano così gravi da suggerire l'impedimento della riproduzione, è finora molto piccolo. L'esempio classico è senza dubbio dato dal cretinismo, sebbene non tutti i casi di esso siano dovuti a difetti di genidi. Un caso noto del difetto derivante da un singolo genidio è l'emofilia, affezione del sangue per cui ad una ferita anche piccola può seguire una emorragia che può condurre anche alla morte. Alcuni casi di demenza appartengono probabilmente a questo gruppo; per molti altri non sembra. Probabilmente sono di questo tipo certi casi di gozzo, di diabete, di epilessia, di predisposizione alla tubercolosi ed al cancro. È vero che nella maggior parte di tali casi non si sa con certezza fin dove operi l'effetto dei genidi e dove cominci quello dell'ambiente. Vi è una gran necessità di accertare meglio quali affezioni dell'umanità derivino fundamentalmente dai difetti di una coppia unica di genidi. In questo campo le indagini

sono difficili ma essenziali, se si vuol far valere il programma dell'eugenetica anche moderatamente.

Grazie ad esse l'elenco di queste imperfezioni potrà essere forse considerevolmente accresciuto.

È chiaro poi che nel gruppo relativamente piccolo dei difetti «dominanti», impedendo il propagarsi di tutti gli individui difettosi si otterrebbe lo scopo di eliminare quelle imperfezioni nel corso di una sola generazione. In simili casi infatti ogni individuo che ha anche un solo genidio imperfetto è imperfetto egli stesso: se quindi tutti costoro si astengono dal propagarsi, il genidio responsabile sparisce subito e definitivamente. Se tutti i difetti fossero di questo tipo, il programma eugenico sarebbe un pronto e sicuro rimedio per essi.

Ma torniamo alla categoria che è di gran lunga la più numerosa, quella cioè degli individui normali, portatori di un genidio imperfetto e recessivo, cioè occulto. Quale rapporto corre tra essa e l'altra nominata ora?

L'ESEMPIO DELLA DEFICIENZA DI MENTE

Per illustrare la situazione prendiamo come tipo la deficienza mentale che tra i difetti trattabili con le misure eugeniche è quella più semplice e più difficilmente influenzata dall'ambiente.

Qualche anno fa, le statistiche indicarono che negli Stati Uniti d'America i deboli di mente comprendevano

circa il 0,33% della popolazione; sicché in una popolazione di 100 milioni di abitanti c'erano circa 330 mila deboli di mente. Questa affezione è ereditaria quando gli individui hanno, in una data coppia unica, due genidi imperfetti. Da questa proporzione, per mezzo di relazioni conosciute, è possibile computare approssimativamente quella degli individui normali, possedenti un solo genidio difettoso. Essa si aggira intorno al 10% della popolazione.

La popolazione degli Stati Uniti consiste dunque di tre gruppi di individui: il primo di circa 330.000 deboli di mente, aventi in quella tal coppia due genidi imperfetti; il secondo di circa 10 milioni di individui normali, che ne hanno uno solo; e finalmente il terzo gruppo di circa 90 milioni di individui normali che non hanno nessun genidio difettoso di questo tipo.

I deficienti della successiva generazione provengono parte dal piccolo gruppo numero uno, e parte dal grande gruppo numero due. Per di più sono nati nuovi «portatori normali», formati dall'incrocio di individui di questi due gruppi con individui del gruppo numero tre. Impedendo la riproduzione al gruppo 1°, esso non darà più né deficienti né «portatori normali»; ma rimane invariata la produzione del gruppo 2°. Di quanto saranno dunque diminuiti i deboli di mente nella nuova generazione?

La risposta dipende, fino a un certo punto, dal come sono distribuiti nella popolazione i genidi difettosi. I calcoli di R. A. FISHER indicano che, se sono largamente disseminati, circa l'11% dei deficienti di una generazio-

ne proviene dall'incrocio di deficienti della generazione precedente, mentre l'89% viene dalle unioni avvenute nel gruppo 2°, quello dei «portatori normali»; in tal caso la diminuzione sarà dunque dell'11%. Quella generazione contiene ancora, grazie al gruppo 2°, l'89% di deficienti. Se il numero di questi in origine era di 330.000, nella nuova generazione sarà di circa 293.700.

In una terza generazione si produrranno ancora circa 290.000 deboli di mente, sempreché anche in questa ai deficienti sia stato impedito di propagarsi. Sicché la riduzione è dell'11% nella prima generazione, e assai minore nelle altre.

Tuttavia col passare delle generazioni si ha ancora una piccola riduzione, risultante dal lieve decrescere del numero dei «portatori normali». Ciò è dovuto al fatto che nessun deficiente si può più incrociare con un individuo normale così da produrre nuovi «portatori». Ma la diminuzione dovuta a tal causa è lieve. È stato computato che se nella popolazione, la proporzione dei deficienti è dell'1 per 1000, prima di ridurla all'1 per 10.000 mediante l'arresto della loro riproduzione, occorreranno 68 generazioni, cioè da 2 o 3.000 anni.

In sostanza il risultato che si ottiene con questo mezzo può considerarsi limitato alla riduzione dell'11%, nella prima generazione; il calo delle altre è trascurabile. Nel caso invece che i genidi difettosi non siano disseminati largamente nella popolazione, il provvedimento in questione produrrà effetti assai più considerevoli. Il Fisher ritiene possibile in tal caso una riduzione del 30 o

del 40%.

Come si vede tale misura proposta dagli eugenisti, sebbene abbia una certa efficacia, è lontana dal risolvere il problema delle imperfezioni ereditarie, anche di quelle così spiccate da far suggerire la cessazione della riproduzione negli individui che ne siano affetti.

INCAPACITÀ E DELINQUENZA

Ora, la maggior parte dei malanni della società viene da individui che non mostrano tratti patologici ben definiti, come quello che abbiamo esaminato dianzi. Sono piuttosto individui e famiglie di bassa condizione economica, viventi a carico della comunità, oppure delinquenti, o disturbatori in genere dell'ordine sociale e soggetti alla repressione della legge.

Qual è la posizione biologica di tali individui? In tutti o nella maggior parte di questi casi si tratta di comportamento, di reazioni all'ambiente, reazioni insufficienti o dannose. Queste possono dipendere oltreché dai genidi, cioè dalla costituzione con cui si inizia l'individuo, anche dalla natura dell'ambiente. Alterandosi l'uno o l'altro di tali fattori le reazioni, per un complesso di ragioni, mutano.

Qui le condizioni di ambiente hanno senza dubbio una gran parte. Certi psicologi attribuiscono pressoché tutti i tratti poco desiderabili del carattere a violente e

dannose influenze nella prima infanzia; ed è certo che dette influenze hanno una grande importanza. Ad esse sono spesso da aggiungere la miseria e, di conseguenza, l'assenza di circostanze favorevoli; l'educazione scadente e cattiva; cattive tradizioni; una mediocre organizzazione sociale; disgrazie particolari. La gravità di queste e di altre cause accidentali è molto diversa. Soltanto la esatta conoscenza delle condizioni realmente subite dagli individui o dalle famiglie incapaci o criminali può consentire una giusta assegnazione delle cause della loro inferiorità. Non si può dubitare che nell'insieme di tali gruppi, le combinazioni sfavorevoli di genidi siano associate alle avverse condizioni ambientali. Vale a dire che nelle categorie degli incapaci e dei delinquenti le combinazioni di genidi conterranno in media un gran numero di genidi deficienti, per lo meno relativamente, e in molti casi le imperfezioni esisteranno in dose doppia, ossia di due genidi sfavorevoli in una coppia unica. Tali gruppi rappresentano una riserva di genidi inferiori contrapposta a quella dei favorevoli costituita dai gruppi degli individui capaci.

Questa differenza non va però esagerata. Lo stesso gruppo di genidi trovato in una classe di individui incapaci potrebbe, ricombinato diversamente, produrre individui efficienti ed anche superiori, per le compensazioni che abbiamo descritto altrove.

È chiaro che in tali situazioni si possono ottenere dei risultati tanto dai rimedi ambientali, quanto da misure eugeniche applicate efficacemente.

Quello che si può sperare da un mezzo e dall'altro dipende dalla possibilità pratica di applicazione e dal tempo richiesto perché il metodo applicato abbia effetto.

L'adottare misure genetiche in una simile situazione è estremamente arduo. È difficile immaginare un compito più infido di quello del prevenire le combinazioni di geni che in date condizioni di ambiente producono individui stupidi, delinquenti o criminali. Se anche si impedisse di propagarsi a tutte queste persone, salve restando le altre circostanze, la differenza nel loro numero nella generazione futura sarebbe assai piccola, e forse percepibile soltanto in base alla più raffinata statistica. Se il solo rimedio alla delinquenza fosse, come è stato asserito, di: «sradicarla fino dal plasma germinale» dovremmo rassegnarci a tollerarla per un bel pezzo. Ma non si può asserire su basi biologiche che questo sia l'unico rimedio.

Perciò, in attesa dei rimedi ideali dell'eugenetica, va messo in opera ogni altro rimedio possibile. È probabile che i mutamenti di ambiente, nel trattamento dell'infanzia, nell'educazione, nella tradizione, nei costumi, negli ideali, nella situazione economica, nell'organizzazione sociale possano, contro i malanni della società, più di ogni tentativo diretto a mutare la costituzione genetica della popolazione.

Rispetto alla criminalità quest'opinione è stata recentemente enunciata da DAVENPORT stesso, che è pure un grande sostenitore dell'eugenetica. Se la pena fosse pronta e sicura, in modo che gli individui non potessero

sperare di sfuggirvi, si giungerebbe probabilmente alla soppressione della criminalità in un tempo assai più breve di quanto non sia possibile chiedere alle misure eugeniche, che nella migliore ipotesi richiederebbero molte generazioni. In ogni classe di incapaci e di delinquenti, salvo nei casi estremi di particolari difetti genetici poco influenzabili dall'ambiente, bisogna aspettarsi molto di più dai mutamenti delle condizioni della vita che operano fortemente già nello spazio di un secolo o due.

Con ciò non si vuol dire che, biologicamente parlando, anche le misure eugeniche non abbiano la loro giustificazione. Esse possono operare lentamente nello stesso senso dei miglioramenti ambientali mediante vari espedienti fisiologici, economici, psicologici e morali.

NECESSITÀ DI DUE GRANDI CONQUISTE

Per migliorare la razza mediante le misure eugeniche più efficacemente di quello che non sia possibile ora, sono necessari due grandi passi in avanti nelle nostre conoscenze e nella pratica.

Il primo di questi è il ritrovamento di un metodo per riconoscere le persone che, normali per se stesse, hanno in una delle loro coppie un genidio difettoso. La scoperta di un metodo per identificare tali individui sarebbe una delle più grandi vittorie che la biologia possa sperare. Per i difetti estremi, come il cretinismo, l'arrivarci

non sembra un'impresa impossibile, poiché in molti casi di animali e di piante, i portatori di un singolo genidio difettoso o recessivo, che ha il suo compagno normale o dominante, differiscono sotto certi aspetti, sia pure lievi, dagli individui aventi entrambi i genidi normali.

Promuovere tali ricerche nella genetica umana è probabilmente la maniera più diretta per aiutare la genetica a preparare il benessere e la salute delle generazioni future.

Il secondo progresso sia nella conoscenza che nella pratica, è quasi altrettanto necessario e, con il conseguimento del primo, diverrà ancora più indispensabile. Dobbiamo arrivare a estendere le nostre cognizioni sul numero delle infermità che sono causate da genidi imperfetti. La gran difficoltà sta nel fatto che spesso cattive condizioni d'ambiente possono produrre gli stessi risultati di una cattiva combinazione di genidi. Una persona può diventare inerte, incapace, pazza, criminale o tubercolotica, sia per una cattiva combinazione di genidi, sia per cattive condizioni di vita, sia per entrambe le cause. Fin tanto che le seconde sono sfavorevoli non possiamo sapere quali malanni siano dovuti alla prima. Rendendo ottima la salute pubblica, eliminando il lavoro sfibrante e in genere correggendo le condizioni di esistenza dalla popolazione, le deficienze sia qualitative che quantitative dell'alimentazione, vincendo i mali economici, abolendo la miseria degradante, saremo sempre meglio in grado di distinguere un ordine di cause dall'altro.

Quando la pianta umana potrà svilupparsi in pieno vigore senza essere impedita, avvelenata o mutilata dall'ambiente che la circonda, allora sarà possibile scoprire quali malanni siano dovuti essenzialmente a cause ereditarie, e si potrà studiare ogni mezzo possibile per combatterle. Agendo in base a una conoscenza esatta, si otterranno risultati ben più rapidi ed efficaci che non agendo alla cieca, come si fa oggi col favorire il propagarsi di alcune classi e ostacolando quello di altre¹⁴.

14 Quale riferimento pratico alle considerazioni dell'autore si può ricordare come i principi della scuola eugenetica siano stati applicati ufficialmente fino dal 1899, nello stato americano dell'Indiana dove la sterilizzazione fu poi, nel 1907, in determinati casi imposta per legge.

La legge sulla sterilizzazione dei minorati ereditari, adottata in seguito da parecchi stati d'America, ebbe ultimamente pieno consenso anche in Germania dove entrò in vigore col 1° gennaio 1934.

Tale sistema venne dottamente confutato dagli studiosi italiani, in parecchie occasioni, come al congresso di igiene mentale tenuto a Roma nel settembre 1933, nei Convegni promossi dalla Società Italiana di genetica ed eugenetica, nel Convegno di Firenze dei medici cattolici, tra i quali si notano i nomi dei più illustri tra i nostri biologi e clinici, sia dal punto di vista scientifico, sia dal punto di vista di un più elevato concetto dell'umanità, concetto che non si può soffocare se non a prezzo di ogni dignità e sentire.

Chi desideri conoscere l'opinione di un eminente studioso, interprete particolarmente autorevole del pensiero cattolico su questa materia, veda ciò che scrive il M. R. P. Agostino Gemelli, professore di psicologia sperimentale e Rettore dell'Università del Sacro Cuore, di Milano, nel suo articolo: «La Sterilizzazione

CAPITOLO XI

LE BASI BIOLOGICHE DEL MATRIMONIO E DELLA FAMIGLIA

VITA INDIVIDUALE E RIPRODUZIONE

Né il matrimonio, neanche quello monogamo, né la famiglia sono invenzioni dell'uomo. Queste istituzioni, sotto varie forme, si sono sviluppate indipendentemente nella vita di molti organismi.

Le varie manifestazioni di esse hanno le loro basi nel complesso dei grandi processi fisiologici dell'organismo, e nelle correlazioni dello sviluppo, del comportamento, della riproduzione. Queste attività fondamentali sono divisibili in due gruppi, sino a un certo punto opposti e talvolta opposti integralmente. Da un lato l'organismo vive individualmente, dall'altro si riproduce.

coattiva e preventiva» nell'insegnamento degli studiosi italiani, apparso nella rassegna fascista mensile di politica ed economia: *L'economia Italiana*. (N. d. T.)

Ogni individuo ha il suo corso vitale: cresce, si sviluppa, si procura da mangiare, obbedisce alle sue necessità ed ai suoi desideri, diventa maturo; infine invecchia e muore. Per di più produce nuovi individui che, quando egli è morto, prenderanno il suo posto.

Ora, tutti gli organismi trovano, come trovano anche gli uomini, che il problema della riproduzione si incrocia con quello dell'esistenza individuale. Le due vicende si attraversano, si uniscono e si modificano reciprocamente, nei diversi organismi in maniera diversa. Ne risultano soluzioni innumerevoli e multiformi.

In alcuni animali che si riproducono per mezzo di gemme, una di queste resta attaccata al corpo del genitore, vi cresce, si sviluppa, prende il cibo dalla bocca del genitore e ne divide la vita. Talora i figli così uniti al corpo che li ha generati sono parecchi ed allora abbiamo un vero e proprio principio di famiglia. Un simile caso di famiglia embrionale ci è offerto dal corallo. In questa come in tutte le associazioni famigliari, l'esistenza individuale dei singoli membri è mutata profondamente dalla sua vita comune con gli altri, ed importa il sacrificio di gran parte della loro libertà.

Gli animali che richiedono due genitori si trovano in una situazione più complessa. Abbiamo già mostrato nel capitolo I alcuni vantaggi dall'aver due genitori. Ma ciò aumenta moltissimo la varietà e la complessità della vita, centuplica i suoi problemi e le sue difficoltà, e forse anche il suo interesse e le sue soddisfazioni. Si aggiunge a quello della vita il problema di trovare il com-

pagno e di accoppiarsi con lui, problema molto piú difficile di quello offerto dalla piú parte delle altre funzioni. Da esso ha origine un impulso capitale che muta lo sviluppo ed il comportamento dell'organismo; esso esercita una grandissima influenza generale e si manifesta come uno dei principali fattori dell'evoluzione.

DIVERSA VITA DEI SESSI

Nelle sue forme piú basse la riproduzione per mezzo di due genitori si compie in modo relativamente semplice. In alcuni organismi gli individui emettono semplicemente le loro cellule germinali lasciando che si uniscano o no, come capita, e il frutto eventuale si sviluppa come può. Cosí avviene in molte piante ed in molti animali acquatici. Ma quando le condizioni di vita diventano piú complesse, questo non basta. I compagni si cercano e si trovano l'un l'altro, e ciò costituisce uno dei principali aspetti della loro esistenza. Tra i due compagni si verifica una differenza che non si riscontra nei gradi inferiori. La ricerca e gli approcci spettano principalmente ad uno dei due, il quale porta minute cellule germinali che si muovono e si uniscono attivamente con le altre, ed è chiamato il maschio. L'altro, la femmina, produce e porta cellule germinali piú grandi in cui accumula il cibo per lo sviluppo dei figli. La riproduzione altera grandemente il corso della vita individuale in entrambi i sessi,

ma meno assai quello del maschio che non quello della femmina. Il produrre le grandi cellule germinali, l'accumulare in esse il nutrimento, il portarle, il deporle son tutte cose che costituiscono per la femmina una gran parte della vita.

Questo non è che un primo passo di un lungo cammino. La vita della femmina si trasforma profondamente dal momento in cui l'uovo, dopo la sua unione con la cellula germinale maschile, rimane attaccato al corpo materno ricevendone protezione e nutrimento fino ad un determinato stadio del suo sviluppo. Noi troviamo negli animali tutti gli stadi di questo rapporto. In alcuni dura poco. La femmina porta l'uovo soltanto finché è pronto per essere covato e poi lo depone. In altri è più lungo e più intimo, finché si arriva alla condizione del gruppo cui appartiene l'uomo, quello dei mammiferi. Qui il figlio per lungo tempo forma tutt'uno con la madre. Il nuovo individuo non viene abbandonato a se stesso prima che abbia raggiunto un determinato grado di sviluppo.

Quest'unione intima della madre con la prole per un lungo periodo ha grandi conseguenze. Lo sviluppo della prole ne è grandemente mutato mutando a sua volta la madre; questa ne vede alterato il proprio sistema fisiologico, metabolico, nervoso, ghiandolare, mentale. Nell'unione della madre con la prole abbiamo una nuova influenza sullo sviluppo e sul comportamento, paragonabile per importanza a quella esercitata dalla necessità dell'accoppiamento. Ma questa interessa direttamente

uno solo dei genitori: la femmina: e la famiglia nel suo inizio comprende soltanto la madre ed i figli, mentre il maschio mantiene pur sempre la sua libertà, tranne che per esigenze di nuovi accoppiamenti.

Senonché questa catena che lega il maschio alla sua compagna, lo porta gradualmente ad essere legato anche ai suoi figli. La sua compagna, mentre porta in sé il figlio che si sviluppa, è molto impacciata. La sua vita diventa piú pesante, piú faticoso diventa per lei nutrirsi e proteggersi da sola. La vita del maschio, già molto modificata per la ricerca della femmina, muta sempre piú per il fatto di doverla conservare, nutrire e proteggere mentre porta il figlio. Tale situazione appare palesemente negli uccelli e nei pesci, oltreché nei mammiferi.

Parallelo a questo troviamo un altro grande fattore. L'influenza del figlio sulla madre non cessa subito dopo la loro separazione corporale. La madre continua a proteggerlo, a fornirgli il cibo, a tenerlo in condizioni favorevoli per uno sviluppo sempre migliore. Da queste funzioni nascono complesse strutture, complesse attività, che anch'esse modificano profondamente il corso della vita individuale, diventandone lo scopo precipuo.

La famiglia qui consiste ancora di uno solo dei due genitori, la madre, e dei figli. In altri casi il maschio viene attratto anch'egli in questa attività. La femmina e la sua condotta diventano per lui la piú grande sorgente di stimoli di condotta. Se a volte la sua relazione con la prole appare solo indirettamente, attraverso la protezione esercitata sulla femmina, in altri casi è diretta. Così il

maschio di alcune specie di pesce-gatto prende in bocca le uova, ve le tiene e le protegge finché i figli possono proteggersi da sé. Alcuni rospi maschi portano le uova sulla schiena finché ne nascono i figli. In varie specie di pesci il maschio aiuta a costruire ed a custodire il nido ed a proteggere i piccoli che incominciano a nuotare. Alcuni uccelli maschi aiutano anch'essi a costruire il nido, nutrono la femmina finché cova le uova e l'aiutano anche a covare ed a nutrire i nati. In alcuni mammiferi il maschio si associa poco a tutte queste cure domestiche; in altri invece si occupa attivamente a provvedere la dimora ed a custodire la prole.

Durante il tempo in cui i genitori e la prole fanno vita in comune, avvengono alcuni mutamenti nella relazione tra i due genitori. In alcune specie è soltanto temporanea; il maschio si sceglie la femmina e dopo la copula se ne separa; essi non serbano più niente in comune e, in seguito, si accoppieranno con chi capiterà. Ma dove lo sviluppo della prole dipende dal genitore o dai genitori, in quanto da essi viene nutrita e protetta, il comportamento di un genitore viene ad essere legato a quello dell'altro, ed essi si trovano a cooperare. Gli stessi genitori continuano ad accoppiarsi tra loro.

UNIONI POLIGAME, MONOGAME E TEMPORANEE

Qui ci troviamo forse davanti a due linee principali di evoluzione. Nella prima, che ora esamineremo, si dà anzitutto il caso del maschio che si incrocia con un numero limitato di femmine che egli protegge dai nemici e difende dagli altri maschi, proteggendo fortuitamente anche i figli. Ne nasce la famiglia poligama: la mandra o il gregge capeggiati da un solo maschio, come nei buoi, nelle foche ed in molti altri mammiferi.

La famiglia poligama presenta delle difficoltà biologiche, poiché in molte specie il numero dei maschi e delle femmine è approssimativamente lo stesso e l'appropriazione di alcune femmine da parte di un maschio solo ha per effetto l'impossibilità di propagarsi per molti altri maschi, e costoro si trovano perciò in guerra continua. Poiché, per legge di natura, sono i più forti che sopravvivono alla lotta e che diventano perciò gli autori della generazione futura, tale metodo porta ad una eliminazione selettiva in favore dei combattivi; elimina le virtù pacifiche ed accresce quelle guerresche. Come ci si può aspettare, in tali famiglie i maschi la cui occupazione è combattere e propagarsi, s'incaricano ben poco dei figli che crescono interamente sotto la protezione del gregge.

Ma nei casi più numerosi in cui il maschio coopera direttamente alle cure dei figli prodotti da una singola

madre, l'azione solidale di un maschio e di una femmina diventa la regola. La cura dei figli comuni li tiene uniti; gli accoppiamenti continuano e da una stessa coppia possono nascere degli altri figli. È sorta quella associazione che noi consideriamo «famigliare»: i genitori ed i loro figli vivono in comune, concordemente, dividendo il cibo e la protezione, aiutandosi scambievolmente. In un gran numero di animali di diverse specie si trovano associazioni cosiffatte; esse non sono affatto caratteristiche della specie umana.

La durata dell'associazione famigliare dipende spesso dal tempo durante il quale i figli hanno bisogno di assistenza ed in minor grado dal fatto che gli accoppiamenti siano stagionali o meno.

Negli uccelli ed in molti mammiferi questi ultimi avvengono infatti soltanto in un determinato periodo dell'anno ed i figli hanno bisogno di assistenza solo per breve tempo. Trascorso questo periodo, i figli si separano dai genitori, i genitori si dividono a loro volta e conducono una vita indipendente. In alcuni casi, come nei piccioni, si susseguono due covate; la seconda comincia prima che la prima abbia lasciato i genitori, e allora i genitori restano uniti ed allevano insieme le due covate, separandosi in fine di stagione.

Ma esiste o nasce in molti animali una potente influenza biologica che porta i genitori a vivere assieme più a lungo di una stagione. L'attrazione tra i due compagni l'uno per l'altro e l'abitudine fanno sí che in certe specie, come nelle aquile, nei falchi ed in altri uccelli da

preda, il maschio e la femmina finiscano per costituire un'unione che dura per tutta la vita.

In altri animali questa tendenza è rafforzata dal lungo periodo di cui abbisogna la prole per rendersi indipendente, il quale dura non una ma molte stagioni. I figli vengono non in covate ma singolarmente, succedendosi uno dopo l'altro, né vi è un momento in cui i genitori possano separarsi senza interrompere il compito loro verso la prole. Tale situazione si trova negli antropoidi superiori, nell'orango, nel gorilla, e, nella sua forma più evoluta, nell'uomo.

ORIGINE INDIPENDENTE DELLA FAMIGLIA MONOGAMA NEI DIFFERENTI ANIMALI

Anche col crescere dell'età, quando l'ultimo figlio ha preso la sua strada e le relazioni biologiche con la prole non richiedono più una cooperazione da parte dei genitori, le influenze già accennate tengono uniti i due genitori, pur senza la cura dei nati. Nei mammiferi e negli uccelli è nata indipendentemente da bisogni funzionali simili l'unione monogama permanente: quei bisogni sono peraltro assai più forti e più numerosi nei mammiferi superiori. Non è vero, come spesso si afferma con sicurezza ingiustificata, che il solo scopo biologico del matrimonio sia la produzione dei figli. Il matrimonio e la famiglia sono invece una risultante complessa di mol-

ti bisogni funzionali.

Tale è dunque la famiglia come la troviamo negli uccelli monogami, nei mammiferi e nell'uomo: una vita in comune, un'unione di due compagni e di entrambe le loro vite con quella dei loro figli finché questi possano vivere da soli. Le principali basi biologiche di essa sono, oltre al potente impulso sessuale, la prolungata debolezza della prole che richiede l'aiuto dei genitori, il notevole imbarazzo della femmina finché i figli sono piccoli, la mancanza di un'epoca stagionale per gli accoppiamenti, l'accavallarsi dei periodi di immaturità dei successivi figli, la complessità dell'esistenza individuale e l'intrecciarsi delle sue numerose attività con quelle inerenti alla riproduzione.

La famiglia monogama, con l'unione dei due compagni protratta per tutta la vita, appare il termine finale di una lunga serie evolutiva.

LA FAMIGLIA SOSTITUITA DALLA SOCIETÀ

Ma esaminando il vario mondo animale, vi troviamo una seconda linea evolutiva la quale conduce ad una meta diversa. Gruppi più numerosi di una singola famiglia monogama cooperano ad aiutarsi e proteggersi.

È negli organismi in cui non ha luogo una intima unione della madre coi figli prima della nascita e dopo, con le conseguenti reciproche alterazioni cui abbiamo

accennato, che troviamo di preferenza questo sistema, il quale raggiunge la sua piú alta espressione presso certi insetti. In queste società i genitori, tranne che per la produzione e la congiunzione delle cellule germinali, hanno poca parte nella vita della specie. A questa, somma delle esistenze individuali, attendono quasi esclusivamente individui inetti alla riproduzione, individui asessuali; cosí avviene in alcune formiche, nelle api e nelle termiti. Nell'organizzazione sociale, queste specie, a parere di certi studiosi, hanno oltrepassato di molto l'uomo; se poi questo loro progresso sia auspicabile anche per noi, è un'altra questione. Nelle formiche e nelle api la funzione dei genitori è diventata puramente riproduttiva. Con gran cerimonia viene scelta una femmina che dovrà fungere da madre. Essa viene favorita, protetta, nutrita, mentre le altre femmine vengono distrutte o trasformate con un trattamento speciale in individui asessuali. I maschi valgono solo in quanto fecondano quell'unica femmina, poi anch'essi vengono distrutti, come nelle api, o privati del sesso.

È una società asessuale mantenuta non da padri e da madri, ma da individui neutri. La funzione riproduttiva, con tutto l'enorme complesso di attività che essa svolge, non ha importanza in tale società; gli individui che ne fanno parte possono applicarsi interamente alla loro vita individuale. I figli prodotti dalla madre prescelta sono curati da operaie neutre che non fanno altro. La famiglia non esiste piú, è uno stadio evolutivo ormai sorpassato e abbandonato. Certuni vedrebbero volentieri avviata la

società umana verso una condizione simile.

Questi sono dunque i due tipi di aggruppamento prodotti negli organismi dall'incontro della funzione riproduttiva con la esistenza individuale del singolo. Una linea principale di sviluppo culmina nella famiglia monogama come si trova negli uccelli, negli antropoidi superiori e nell'uomo, l'altra sbocca nelle società senza famiglia ad alta organizzazione, come le colonie degli Insetti.

LA FAMIGLIA NELLA SPECIE UMANA

Rivolgendoci ad esaminare particolarmente la situazione dell'uomo, troviamo che, anche in questo come in altri rispetti, l'uomo costituisce, o nella realizzazione completa o nelle aspirazioni e nelle tendenze, una specie di breve compendio dell'intera serie biologica.

Per la massima parte rappresenta forse lo stato della famiglia monogama più o meno completamente sviluppata. Ma ritroviamo anche, sparse tra i gruppi umani più differenziati, parecchie di quelle fasi che si ritrovano nei diversi gruppi animali. L'uomo certo non può ritornare indietro alla fase dell'individuo solitario, poiché se non altro la madre è per lungo tempo tutto uno col figlio, e anche dopo la nascita di questo essa rimane fortemente legata a lui, sebbene in maniera diversa. Tuttavia anche

nell'uomo il maschio è meno unito alla prole come accade sempre, e vi sono anche tra noi degli individui che tendono a ritroso verso lo stadio anteriore in cui il maschio serve solo alla fecondazione, mentre tutte le altre cure della famiglia restano a carico della femmina. Ma questi appaiono ritorni sporadici; e biologicamente non si possono considerare in armonia con la società nostra, almeno finché essa non sia organizzata come quella delle api e delle formiche in cui i maschi sono press'a poco superflui. Esistono alcune specie dove questa condizione oziosa e secondaria dei maschi è molto sviluppata, come nei Rotiferi, dove essi non sono che nani dalla vita breve, che all'infuori della riproduzione non hanno esistenza degna di questo nome. Non è vero, come si asserisce talvolta, che il maschio, per la natura delle cose, deve essere sempre più vigoroso, capace e attivo della femmina; invece in molti animali il maschio è un essere debole e rudimentale; in talune specie esso è perfino completamente estinto e la razza ha finito per consistere nella sola femmina la quale assomma in sé tutte le funzioni riproduttive. Più frequente che questa tendenza del maschio ad abdicare dal suo posto nella famiglia, si riscontrano nell'uomo certe altre fasi anteriori della formazione famigliare. Ad esempio, il tipo in cui un solo maschio possiede molte femmine ed agisce come capo dell'intero gruppo è condizione tipica di molti Mammiferi, bovini ed altri. E vi sono per contro nella società umana esempi di situazioni difficilmente reperibili in altri animali, come quella in cui la femmina ha un certo

numero fisso di mariti ed esistono altresí varie combinazioni o varianti di questi due sistemi. Tali forme portano ad escludere molti individui dalla riproduzione e di conseguenza sono origine di turbamenti e di lotte d'ogni specie. Alcuni difendono la poligamia perché tende a far sí che siano i maschi piú forti e pugnaci a procreare la futura generazione, con esclusione dei piú deboli, il che risulta in una selezione continua eugeneticamente desiderabile, benché tenda a perpetuare soltanto certi gruppi di caratteri. Ma qualunque sia il valore di questa opinione, le tendenze della razza umana vi sono evidentemente contrarie e la poligamia pare destinata a sparire dati i disordini e le perturbazioni che porta con sé. La famiglia monogama è oggi nell'uomo il sistema piú stabile, benché anch'essa compaia talvolta in forme irregolari e con punti di squilibrio.

Un altro sistema vantato da certuni ed in parte anche praticato, è quello della famiglia temporanea come si trova in molti uccelli e in altri animali. È una forma la quale, se non sia fortemente integrata da speciali provvidenze, non tiene conto del lungo periodo di dipendenza della prole dai genitori, col risultato che le frequenti separazioni ed i mutamenti dei compagni agiscono in senso disgregatore sulla struttura sociale, nuociono ai figli e sono causa di gravi turbamenti nei genitori.

Codesta forma quindi non può essere logicamente difesa che dai piú estremi selezionisti, i quali sostengono che dure e severe condizioni di vita unite ad un alto grado di mortalità, a lungo andare portano un vantaggio

alla specie. Se poi la si associasse alla astensione dalla prole, come fu proposto e come sarebbe indispensabile a scanso di ogni sorta di pericoli e malanni sociali, essa condurrebbe fatalmente all'estinzione della specie.

Infine noteremo la tendenza verso un sistema sostanzialmente analogo a quello degli insetti, la cui organizzazione sociale è tanto superiore alla nostra, e presso i quali la comunità si assume interamente la cura dei figli rendendo superflua l'istituzione della famiglia. In tal modo i genitori verrebbero sollevati dalle loro cure e resi liberi di condurre le loro esistenze individuali.

La propaganda fatta in questo senso appare dominata fortemente dall'aspirazione alla libertà e alla piena soddisfazione dell'istinto sessuale, favorita dalla facilità del connubio, la cui durata sarebbe fissata unicamente dal capriccio individuale. Esaminando sotto questo aspetto le specie che usano allevare collettivamente la prole troviamo risultati sorprendenti. Questa forma anziché liberare l'istinto in parola, lo ha soppresso quasi interamente, creando una società priva di sesso. Solo pochi individui isolati continuano a congiungersi e a riprodursi, mentre la massa è costituita da soggetti neutri. Non è certo un risultato tale da soddisfare quegli entusiasti.

A parte questo, l'uomo incontrerebbe gravissime difficoltà biologiche in una educazione veramente sociale della prole. Egli ha fatto troppi progressi nell'altra direzione evolutiva. In conclusione, alla base della famiglia umana come noi la conosciamo sta la strettissima unione prenatale della madre con il figlio, e quella, anch'essa

molto stretta, tra la madre e il nato, la quale non può essere interrotta senza danni prima di un certo tempo. Tali caratteri biologici, insieme con altri bisogni propri della natura umana quale si manifesta nei genitori oltreché nella prole, hanno condotto alla monogamia permanente come forma piú alta della convivenza familiare dell'uomo; ed appare del tutto improbabile che il futuro, per quanto ci è dato scorgerlo, la veda soppiantata da forme biologicamente migliori.

CAPITOLO XII

LA MESCOLANZA DELLE RAZZE

VARIA COMPATIBILITÀ DEI CROMOSOMI

La biologia ha raccolto attraverso numerose esperienze molti dati positivi sui risultati della mescolanza di diversi tipi di organismi. La larga conoscenza del sistema genetico, dei cromosomi, dei genidi e del loro modo di agire, descritti nei capitoli precedenti, fornisce una solida base per determinare quei risultati, rischiarendo molte importanti conseguenze.

Il mescolare le razze consiste anzitutto nel riunire in un singolo individuo genidi che esistevano prima in individui di diverso tipo. Se gli organismi da cui vengono i due gruppi di genidi sono molto diversi, i risultati possono essere disastrosi. In natura i genidi di una tellina o di un'ostrica non si uniscono mai con quelli di un riccio o di un verme nello stesso individuo, perché i cromosomi dell'uno non si trovano mai ad entrare nell'uovo

dell'altro. Ma il LOEB scoprì il modo di sopperire alla natura. Mediante un trattamento chimico fece sí che l'uovo del riccio venisse fecondato dallo sperma del verme o di un altro animale molto diverso. L'effetto fu la distruzione dei cromosomi e dei genidi introdotti nell'uovo estraneo; il protoplasma di questo riuscí velenoso per essi, e al microscopio si videro i cromosomi fatti entrare artificialmente, prima attenuarsi e poi sparire del tutto. L'uovo del riccio di mare, fecondato cosí da un verme, da un mollusco o da una stella di mare, produce un riccio di mare puro e semplice; i genidi estranei non hanno alcun effetto sulla prole. Questo è in breve l'effetto dell'incrociare specie lontane, il protoplasma e i genidi delle quali sono incompatibili. L'uovo di ogni specie permette soltanto lo sviluppo nel proprio seno di genidi del suo stesso tipo.

Ma se i diversi organismi hanno maggiore affinità, solo una parte dei cromosomi estranei sarà distrutta.

Alcuni dei loro genidi resisteranno all'attacco dell'altro citoplasma, e prenderanno parte allo sviluppo; nasceranno individui somiglianti per lo piú alla madre ma aventi tuttavia anche qualche carattere paterno.

In molti altri incroci di specie relativamente affini vengono distrutti alcuni cromosomi di tutti e due i genitori. I genidi di ogni genitore sembrano essere venefici per la maggior parte di quelli dell'altro; ciononostante ne sopravvivono alcuni di entrambi. L'uovo comincia a svilupparsi, ma in breve si arresta ed il giovane organismo muore.

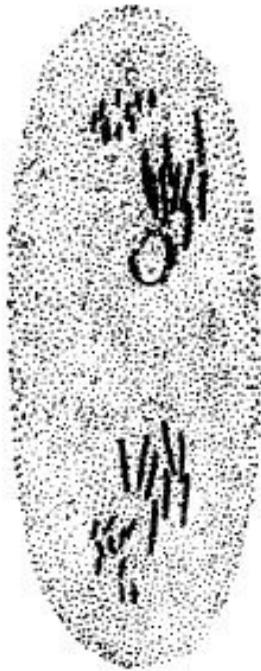


FIG. 45. Uovo ottenuto dall'incrocio di due specie di pesci (*Menidia* e *Fundulus*), sul punto di dividersi. Le due sorte di cromosomi si sono raggruppate separatamente: quelli lunghi sono del maschio *Fundulus*, quelli brevi della femmina *Menidia*. (Moenkhauz.)

Un gruppo singolo di cromosomi può dunque bastare allo scopo; ma se esso include frammenti di un altro gruppo, e se entrambi i gruppi sono incompleti, ne risulta di solito il disordine e la morte.

Talvolta il gruppo di cromosomi di un genitore è molto diverso, sia nel numero che nella misura di essi, dal gruppo dell'altro. Allora può accadere che i due gruppi

restino uniti ciascuno per conto proprio e lo sviluppo può iniziarsi (FIG. 45). In seguito, cromosomi di entrambi i gruppi si dividono e passano nelle nuove cellule, e nello stesso tempo cominciano a mescolarsi. Ma essi non possono operare insieme: tosto lo sviluppo devia, l'individuo in formazione diventa anormale, deforme e infine muore. L'azione di uno dei gruppi di genidi è incompatibile con quella dell'altro, e l'individuo ch'è il campo della loro lotta, perisce.



Fig. 46. Cromosomi di tre specie di *Drosophila*. A e B, gruppi similari di 8 cromosomi nella *D. melanogaster* e nella *D. simulans*: queste due specie si possono incrociare. C, gruppo della *D. virilis*, con 12 cromosomi in luogo di 8; questa non può incrociarsi con le altre due. (Metz, Moses e Mason.)

Nelle specie veramente affini si può affermare generalmente che due specie che si assomigliano nell'aspetto e nel numero dei cromosomi possono incrociarsi e produrre figli ben fatti, mentre se i loro gruppi di cromosomi sono molto diversi la prole non riesce a svilupparsi. Due specie del tanto studiato moscerino *Drosophila melanogaster* e *Drosophila simulans* hanno cromosomi molto simili (FIG. 46, A, B). Queste due specie possono produrre figli ibridi mentre nessuna delle due può pro-

durre figli incrociandosi con la *Drosophila virilis* (FIG. 46, C), che ha un differente gruppo di cromosomi.

IBRIDI STERILI

Ci sono per contro molti casi in cui due gruppi differenti di cromosomi di genitori di specie diversa, operano insieme perfettamente, producendo una prole valida, ma che non potrà concorrere alla produzione di una generazione ulteriore. Nello sviluppo del figlio della prima generazione i due gruppi di cromosomi non hanno bisogno di venire in relazione strettissima; perciò pur essendovi due gruppi di cromosomi diversi in tutte le cellule dell'individuo, questi non si danneggeranno l'un l'altro ed i figli saranno forti e ben fatti. Questo è il caso della produzione del mulo, nato dall'asino e dal cavallo. Ma quando questa prole diventa adulta e dovrebbe avvenire la formazione delle cellule germinali sue proprie, i due gruppi si rifiutano di operare insieme, le cellule germinali non si formano ed il nuovo individuo non potrà riprodursi.

Nella produzione delle cellule germinali infatti, i cromosomi dei due genitori si uniscono più intimamente che pel semplice sviluppo dell'individuo; nel processo di «riduzione» descritto al capitolo III, ciascun cromosoma di un genitore si unisce strettamente col cromosoma corrispondente dell'altro genitore, e diventa con esso una

cosa sola, dopo di che i due elementi si separano in differenti cellule germinali. Ma se i genitori hanno un differente numero di cromosomi, la unione dei cromosomi corrispondenti non può avvenire, o almeno non perfettamente. Vi sono sempre certi cromosomi che non si uniscono, e questi elementi scompagnati sono distribuiti irregolarmente nelle cellule germinali. Queste invece di avere un cromosoma per ciascuna coppia contenuta nelle cellule dell'organismo che le produce, acquistano una combinazione ineguale e irregolare di cromosomi e di genidi; di conseguenza non possono funzionare adeguatamente e di solito muoiono senza essersi unite con cellule germinali di altri individui, e l'individuo è sterile. Nel mulo il padre, l'asino, ha da 64 a 66 piccoli cromosomi; la madre, la cavalla, ha 38 cromosomi grandi. Il mulo che riceve metà cromosomi da ciascun genitore ne avrà circa 51, ossia 19 grandi, dalla cavalla, e 32 o 33 piccoli dall'asino. Questi possono operare insieme e produrre un robusto mulo, ma non già fornirlo di cellule germinali. Allo stesso modo sono sterili molti incroci di specie differenti.

In molti incroci del genere tra specie differenti, mentre la maggior parte delle cellule germinali prodotte sono anormali ed inattive, alcune ricevono per caso una combinazione di cromosomi e genidi che le rende atte a vivere ed a unirsi con altre. Tali individui ibridi possono quindi produrre della prole, seppur di rado. Si trovano ibridi che vanno per tutte le gradazioni, dalla sterilità completa a quella parziale fino alla completa fecondità.

COMBINAZIONI ETEROGENEE

In una grande classe di incroci i cromosomi dei due genitori agiscono bene insieme nel senso che non rifiutano di unirsi, né si avvelenano o si distruggono a vicenda; con tutto ciò gli individui prodotti sono imperfetti o anormali, perché i due gruppi tendono a portare lo sviluppo in direzioni diverse. Avviene normalmente qualcosa di simile, come abbiamo visto prima, in quasi tutti i casi dove intervengano due genitori: i due gruppi di cromosomi tendono a produrre individui o poco o tanto differenti e ne risulta una specie di compromesso. Ma quando i genitori sono troppo differenti l'accomodamento non è possibile; si producono strutture che non opereranno insieme o che non adempieranno adeguatamente certe funzioni richieste.

Un esempio di ciò fu dato dall'incrocio fatto dal NEWMAN tra due specie comuni di due pesciolini appartenenti alla famiglia del *Fundulus*. Uno di essi è più grande dell'altro. La specie grande produce l'uovo maggiore che contiene maggior tuorlo di quel che non abbia l'uovo della specie più piccola (FIG. 47, A, B). Nello sviluppo di ciascuna specie l'uovo grande si sviluppa più lentamente di quello piccolo, ma dopo stabilita la circolazione del sangue, il cuore batte più veloce ed il sangue circola più rapidamente nella prima specie che non nella seconda, col risultato che nella specie grande il tuorlo viene rapidamente assorbito dal sangue e quando il pe

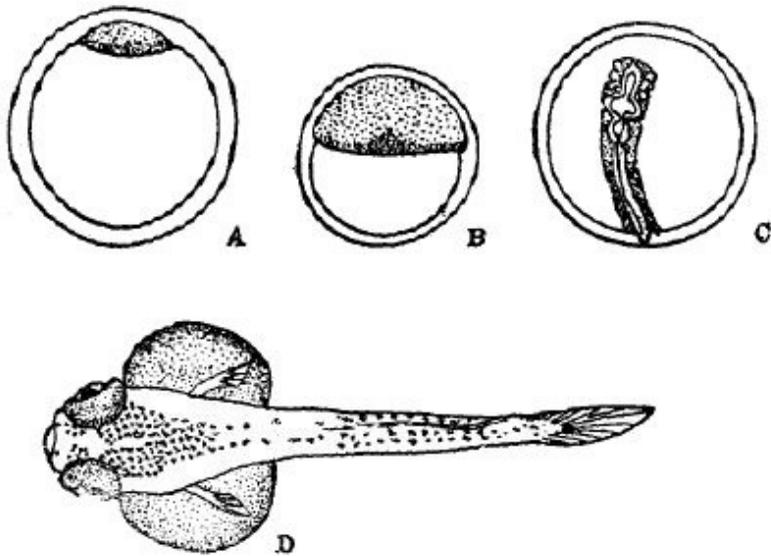


FIG. 47. Sviluppo di un ibrido nato dall'incrocio tra due specie del pesce *Fundulus*, di grandezza diversa. *A*, uovo della specie maggiore; *B*, uovo di quella minore; *C*, individuo giovane sviluppantesi da l'uovo *A*, dopo fecondazione dalla specie *B*; *D*, il giovane ibrido nella fase in cui dovrebbe incominciare a nuotare. Una grande massa di tuorlo che ancora rimane gli impedisce di nuotare liberamente, e produce la morte. (*Newman.*)

sciolino è pronto a nuotare il tuorlo è sparito. Quando un uovo della specie piú grande è fecondato dalla specie piú piccola, in modo che il nuovo individuo si svolga da un gruppo di genidi di entrambe le specie, lo sviluppo si inizia come al solito, ed il pesciolino si forma sulla superficie dell'uovo grande (FIG. 47, C). Ma per effetto della presenza dei genidi della specie piú piccola, le pul-

sazioni del cuore e la circolazione del sangue sono piú lente del normale. Di conseguenza il tuorlo abbondante nell'uovo non viene assorbito cosí rapidamente come dovrebbe essere, e quando il pesciolino è giunto al punto in cui dovrebbe incominciare a nuotare, ha ancora una gran massa di tuorlo attaccata al corpo (FIG. 47, D). Questa gli impedisce di nuotare, perciò di vivere, ed egli muore ostacolato nei suoi movimenti. Uno dei genitori gli ha conferito una gran massa di tuorlo, l'altro una pulsazione lenta del cuore ed una lenta circolazione, combinazione discorde che produce l'insufficienza e la morte.

I prodotti degli ibridi del *Fundulus* si mostrarono fisiologicamente meno efficienti degli individui puri anche sotto vari altri aspetti, sempre per effetto di strutture e funzioni che erano frutto di due diverse cellule germinali inadatte alla cooperazione.

In vari organismi si hanno numerosi altri esempi del genere, i quali, a seconda dei casi, presentano o una deficienza piú o meno grave o un'anomalia di sviluppo causanti una morte immatura. Parleremo in seguito di alcuni casi del primo tipo.

COMBINAZIONI OMOGENEE

L'unione di due genitori diversi della medesima razza porta spesso grandi vantaggi per la compensazione ge-

netica che abbiamo discusso in precedenza.

E così l'incrocio di due razze diverse ma con cromosomi omogenei può dare il medesimo beneficio.

Qual è ora la situazione nell'incrocio dell'uomo? Le differenze tra le razze umane sono esse così grandi da rendere incompatibili oppure eterogenei i loro cromosomi?

Sia il negro che il bianco hanno ciascuno 24 coppie di cromosomi. Queste operano insieme perfettamente, formano prole vigorosa e, operazione ancora più delicata, formano in questa prole le cellule germinali. Lo stesso avviene per le altre razze umane.

Nello sviluppo i due gruppi di strutture e di funzioni si uniscono a formare un individuo che è un complesso fisiologico ben costruito e omogeneo, almeno rispetto alle grandi funzioni biologiche partecipanti alla nutrizione, alla respirazione, all'azione nervosa, alla riproduzione e simili. Rispetto ad esse, la prole di genitori appartenenti a razze umane diverse è perfetta, vigorosa e feconda, come la prole di membri di una stessa razza. Possiamo dunque escludere senz'altro che tra gli uomini di varia provenienza vi sia una seria incompatibilità od eterogeneità di cromosomi e di genidi.

Tuttavia rimangono ancora delle questioni particolari, alcune delle quali possono essere importanti. Vi sono caratteri di mentalità, di condotta, in cui gli individui incrociati siano discordi, in paragone con quelli di una razza sola? In questa materia una mancanza di armonia anche lieve può portare a serie conseguenze.

A questo proposito è importante ricordare che gli individui formanti una cosiddetta razza sono molto diversi tra loro, sia nei genidi che nei caratteri sviluppati. Nessuna razza è uniforme nei suoi genidi; ed anche in ogni razza umana l'incrocio di diversi individui produce tipi molto differenti tra loro, in conformità a ciò che fu detto altrove.

Di questi, taluni sono inferiori, altri superiori. Ci aspetteremmo *a fortiori* un risultato simile quando i genitori appartengono a razze diverse; ed è appunto così. Ma il problema che ci interessa è se l'unione di razze umane diverse porti con sé differenze speciali e caratteristiche rispetto a quelle ordinariamente prodotte dalle varie combinazioni genetiche che avvengono nell'ambito di una razza unica. La risposta al quesito è affermativa. Negli incroci delle razze nell'uomo si danno due ordini di tali differenze caratteristiche: uno vantaggioso ed uno che non lo è.

VANTAGGI E SVANTAGGI DELL'INCROCIO NELLE RAZZE UMANE

Un vantaggio già implicito in quel che si è detto ora è che, dato l'immenso numero di genidi portato dagli individui di ciascuna razza e le loro vicende separate fin dal momento dell'incrocio, i difetti, che relativamente sono sempre pochi, interessano quasi certamente i genidi di

coppie differenti. Se ne vede l'effetto nell'ibridazione di molti animali domestici; i figli, per vigore e per altre molte qualità, valgono piú dei genitori. Questo «vigore ibrido» è stato osservato anche negli incroci tra diverse razze umane. Il FISCHER trovò che nell'Africa del Sud i figli dei Boeri e degli Ottentotti sono in media piú alti di statura che i figli di genitori appartenenti a ciascuna delle due razze, nonostante che gli Ottentotti siano per natura molto piú bassi dei Boeri.

Le osservazioni fatte sinora sul vigore superiore degli ibridi negli incroci tra le diverse razze umane, sono tuttavia ancora scarse di materiale probatorio. Si può ad ogni modo escludere fin da ora che essi siano nella media meno robusti dei genitori.

Dall'altro lato, le diversità secondarie apparenti tra alcune razze umane possono far presumere combinazioni discordanti nei particolari.

Queste presunzioni sembrano confermate dal recente studio fatto dal DAVENPORT e dallo STEGGERDA, sui bianchi ed i negri della Giamaica, e sui bruni risultanti dai loro incroci. I bianchi hanno le gambe relativamente corte, ed il tronco lungo mentre i neri hanno il tronco corto e le gambe lunghe. Dice il Davenport: «Alcuni mulatti hanno una strana combinazione di gambe lunghe e tronco lungo, mentre altri hanno corti sia le gambe che il tronco. Inoltre, mentre nei negri le braccia e le gambe sono lunghe, nei bianchi sono piú corte. Alcuni degli incroci hanno le gambe lunghe del negro e le braccia corte del bianco, il che renderebbe loro piú difficile raccoglie-

re oggetti da terra».

A tali combinazioni strutturali disarmoniche è probabile facciano riscontro combinazioni favorevoli, poiché, se alcuni degli incroci non raccolgono i lati migliori di entrambe le razze, naturalmente altri possono sommarli.

CARATTERI MENTALI

Oltre che sul fisico, gli incroci di razze influiscono anche sui caratteri mentali.

Davenport descrive i risultati di incroci avvenuti tra galline di razza bianca livornese con la razza Brahma. La bianca livornese depone le uova continuamente senza interruzione per le covate, ed è perciò buona da uova, ma mediocre per l'allevamento. La Brahma dall'altro canto, produce le uova per un certo tempo, poi si arresta e le cova finché nascono i pulcini, ed è una madre diligente che cura i suoi nati finché questi possono far da sé.

La prole nata dall'incrocio di queste due razze prende caratteri da entrambi i genitori. Produce uova per un certo tempo, poi, come la Brahma, cessa di deporle e le cova finché si schiudono. Ma allora appaiono i caratteri della bianca livornese; la razza incrociata cura i pulcini soltanto un giorno o due, quindi li abbandona e riprende a deporre uova, e i suoi nati periscono. Da questa combinazione dei caratteri risulta dunque un comportamento

inadeguato.

Il LANG ha descritto nuove combinazioni di caratteri fisici e mentali nel cane, il cui differenziarsi nelle diverse razze ricorda non poco quella dell'uomo. Il Lang incrociò due varietà di cane da pastore, la prima senza coda, timida e mansueta; la seconda, munita di coda lunga e folta, fiera ed aggressiva. Dei discendenti, uno ebbe la coda lunga e folta della seconda varietà, ma il carattere timido e mansueto della prima. Altri ebbero la coda minuscola; ma alcuni di essi furono mansueti, altri fieri, altri ancora dimostrarono un carattere misto.

Nell'esaminare la questione rispetto all'uomo, si presenta il quesito se le razze umane possono differire mentalmente o no.

La diversità di genidi nelle razze differenti produce indiscutibilmente grandi differenze negli aspetti fisici (colore, statura, struttura, forma ecc.); è dunque plausibile che ad esempio tra gli europei e gli abitatori delle foreste africane il divario dei caratteri fisici sia accompagnato da una diversa mentalità. Ma anche qui naturalmente saranno l'osservazione e l'esperienza a dire l'ultima parola. Fare osservazioni che si prestino al confronto non è agevole, dato il gran numero delle variazioni possibili dentro una razza unica.

I raffronti eseguiti da Davenport e Steggerda tra i negri e i bianchi della Giamaica (raffronti resi più interessanti dal fatto che i gruppi osservati erano di condizioni simili e vivevano in circostanze analoghe), accertarono differenze evidenti.

I neri apparvero superiori nelle varie prove che misurano la sensibilità musicale, ad es. nel distinguere le note, i toni, le intensità, i ritmi diversi. E prevalsero anche nei quesiti di aritmetica elementare da risolvere a mente, come nel seguire direttive complicate nell'esecuzione di certi ordini.

I bianchi per contro risultarono più capaci nel copiare figure geometriche semplici, disegnare un corpo umano senza modello, ricostruire un pupazzo smontabile, correggere frasi errate, emettere giudizi di natura pratica.

Quanto ai meticci, essi nella media generale delle prove si sarebbero mostrati di qualcosa inferiori sia ai bianchi che ai negri; tuttavia i soggetti «estremi» vale a dire ottimi e pessimi, furono in numero superiore presso di loro che non presso gli altri due gruppi.

La tanto dibattuta questione se si possano considerare alcune razze come superiori ed altre come inferiori, posta così genericamente non ha senso. Giudizi di merito a questo riguardo non possono pronunziarsi che relativamente all'attitudine in vista di un certo scopo o a qualche specifica capacità funzionale.

Un esempio di mescolanza di razze le quali, sebbene differenti, risultano sostanzialmente conformi negli aspetti più importanti, si ha nella popolazione di origine europea negli Stati Uniti d'America. Il fatto tipico di una fusione simile è che i caratteri propri delle diverse razze compaiono in molte nuove combinazioni. Alcune di queste possono riunire le qualità più scadenti delle razze considerate, altre invece quelle più egregie, dando origi-

ne ad individui superiori, e tutto ciò accadrà tanto per i caratteri fisici, quanto per quelli fisiologici e mentali. A lungo andare si ha un'eliminazione selettiva delle combinazioni deficienti, con la produzione di una nuova razza relativamente omogenea che riunisce caratteri di tutte le razze originali. Questo processo è stato attuato molte volte nel passato; da esso ebbero origine le razze odierne.

CAPITOLO XIII

L'INDIVIDUALITÀ

CONSIDERATA BIOLOGICAMENTE

Al biologo ogni specie, ogni gruppo di organismi parenti si presenta come una serie di successive generazioni legate le une alle altre. Prese nel loro complesso, queste generazioni formano come una vastissima trama che si estende senza limite verso il passato e verso l'avvenire. Essa è formata di innumerevoli fila, i genidi, che corrono continuamente nell'ordito, vi appaiono contesti insieme, e a intervalli vi figurano stretti in quei nodi che noi chiamiamo individui. Ognuno di questi è una combinazione nuova di molte fila, diversa da quelle di ogni altro nodo, ma tuttavia contenente fila che sono state parte di individui anteriori. Uscendo dai nodi, le fila si separano nuovamente, s'intrecciano con altre fila, e formano gli individui di una nuova generazione.

Si può dire che ciascuno di noi è esistito materialmente e (almeno in potenza) anche visibilmente, fin dal tempo remotissimo in cui ebbe inizio la razza che diede origine alla specie umana. Un osservatore ideale, fornito

di un microscopio prodigioso, avrebbe potuto seguire coi propri occhi il vostro destino e il mio attraverso le età, senza mai perder di vista neppure un istante gli organismi materiali, tale e quale uno sperimentatore che segue giorno per giorno le migliaia di generazioni dei suoi infusori. Allorché furono costruite le Piramidi, voi ed io esistevamo come organismi viventi già da milioni di anni, e quell'osservatore ideale avrebbe potuto tracciare la nostra storia per tutto questo tempo, senza mai una soluzione di continuità.

Ai suoi occhi tuttavia noi non conserveremmo la nostra identità personale, la nostra «unicità». Le vostre fila e le mie, risalendo il passato, si spartono fra cento, fra mille ascendenti, aventi tutti caratteri diversi dai nostri, e dopo di noi esse tornano a essere divise per ricongiungersi ancora a quelle di altri individui, e formare una nuova generazione. Ciascuno di noi può dire del proprio corredo di genidi quel che Jago nell'*Otello* dice del proprio denaro: «Era mio, ora è suo, e fu già servo a mille».

Considerato come una entità individuale che sente e conosce, il mio Io si identifica con uno solo dei moltissimi nodi in cui si legano quelle fila viventi: le mie esperienze toccano quello solo. Ciò dà luogo a parecchi interrogativi. Perché la mia esperienza non abbraccia tutto quanto l'ordito, invece di restar fermata in un unico nodo dei tanti che lo formano? Qual è il rapporto del mio Io con gli altri nodi che esistono contemporaneamente? E con quelli che furono prima di me, e che ver-

ranno dopo?

A questo proposito importa considerare un preciso fatto biologico. Allorché i genidi si aggruppano a formare un nuovo individuo, il nodo da essi costituito cresce, si sviluppa, e produce un frutto che pende dalla gran pianta della specie coi suoi mille rami intrecciati. Questo frutto – il corpo dell'individuo – benché possa essere rintracciato e seguito nelle sue parti in una ininterrotta continuità genetica fino al passato piú remoto, non si perpetua però tutto intero nell'avvenire. Oltre ai genidi che si sono svolti e trasformati per formarlo, esso porta in sé altre serie di genidi che sono rimasti immutati, senza svilupparsi. Sono soltanto questi ultimi che continuano nel futuro; il resto del frutto cade dalla pianta e finisce.

Ora l'io individuale da un punto di vista strettamente biologico sembra identificarsi col corpo formato piuttosto che coi genidi non sviluppati che esso contiene, e l'esperienza personale sembra cessare con la fine di quel corpo, anche se i genidi che recava in sé, uguali a quelli che lo formarono, seguitano ad esistere e a formare altri corpi. Senonché il nostro Io desidera potentemente di seguire la propria esistenza nel futuro; il fatto che essa possa venir rintracciata nel passato ha assai minor interesse per lui. Perché il nuovo corpo, prodotto dai genidi che hanno originato il mio, non costituirebbe un altro individuo uguale a me, uguale nel senso che il mio Io presente è uguale a quello dell'anno passato? Molte concezioni non scientifiche dell'immortalità vollero appunto

che noi si continuasse ad esistere con la nostra personalità in vite ulteriori, sebbene senza più memoria delle vite passate.

Le difficoltà che si oppongono a una giustificazione biologica di una tale concezione sono parecchie; ne citeremo una sola. I genidi che mi hanno formato, così come stanno non saprebbero produrre un nuovo individuo. Prima che questo nasca, metà dei miei genidi va dispersa, e l'altra metà si unisce con mezzi i genidi di un altro individuo. Se quella credenza fosse fondata, il nuovo individuo sarebbe non già la riproduzione di *una* personalità anteriore, ma di *due*. E tale ricombinazione è già avvenuta migliaia di volte nel passato: ogni nuovo essere che nasce dovrebbe perciò rappresentare la reincarnazione parziale di innumerevoli personalità precedenti.

Chi osserva obbiettivamente e «dal di fuori» l'ordito universale di cui abbiamo parlato, trova naturale che i vari nodi abbiano caratteri e aspetti diversi, dal momento che in essi vengono a essere legate combinazioni sempre differenti di genidi. Ma sorpresa e perplessità colgono l'osservatore se egli contempla se medesimo con la somma di tutte le possibili sue esperienze (grazie alle quali unicamente il mondo esiste per lui), congiunto da un rapporto di identità ad un unico nodo fra tutti quei milioni. Quali cause hanno operato per associare la mia individualità, tutte le mie possibilità di conoscenza e di vita, proprio a quest'unica combinazione di fila, fra le innumerevoli che sono? Se questa non si fosse mai pro-

dotta, «io» non sarei dunque mai esistito?

Anche qui converrà rifarci ad alcuni dati di fatto. Il mio Io, come sappiamo, è sorto dalla particolare unione di due cellule germinali, ciascuna fornita di un suo gruppo di genidi. La mia personalità cosciente avrebbe essa potuto nascere da una combinazione diversa? Noi vediamo che delle molte altre combinazioni che hanno luogo, nessuna produce *me*; neppure quando si tratta di cellule provenienti dai miei stessi genitori. Se quella che mi originò non fosse mai accaduta, le altre che si sono verificate avrebbero apparentemente prodotto gli stessi risultati oggi esistenti, vale a dire degli individui che non sono «io». La risposta alla domanda formulata dianzi parrebbe dunque dover essere negativa: la mia possibilità di esistenza non avrebbe mai potuto verificarsi.

Secondo opinioni autorevoli, una delle due combinazioni che diedero luogo alla mia, quella paterna, possedeva circa 17.000 cellule germinali. L'altra, la materna, ne possedeva invece la formidabile cifra di 300 miliardi. Ogni cellula germinale racchiude una diversa combinazione di genidi, e ognuna di quelle formanti i 300 miliardi delle materne poteva combinarsi con qualunque delle paterne. La probabilità che si formasse precisamente la combinazione mia particolare era dunque una su 5.000.000.000.000.000 (un miliardo moltiplicato per 5 milioni).

Ma se veramente la individualità di ciascuno di noi è condizionata al verificarsi di una particolare combinazione di genidi, questo calcolo non rappresenta che una

frazione infinitesima delle probabilità che v'erano per noi d'essere quali attualmente siamo. Noi infatti abbiamo ammesso come certa l'unione dei miei due genitori. Ma v'era ugualmente una probabilità sola su migliaia di miliardi per l'esistenza di loro quali essi furono; e anche sorvolando su questa considerazione, resta il fatto che essi avrebbero potuto contrarre una diversa unione, escludendo così in modo assoluto e definitivo la possibilità di quella combinazione di genidi sulla quale è basato il mio Io. Se poi risaliamo il corso delle generazioni, applicando, come è logico, lo stesso ragionamento a ciascuna, vedremo ben presto che la somma delle probabilità contrarie alla combinazione da cui ognuno di noi proviene supera ogni possibilità di computo.

Che dire poi delle individualità che sarebbero esistite se si fossero prodotte altre combinazioni? Ognuna di quelle esisteva in una forma non meno reale di quanto esisterebbe la mia prima che si unissero le due cellule che mi diedero vita. Di una sterminata moltitudine di figli possibili, due genitori ne generano quattro o cinque soltanto. E gli altri? Mille mondi avrebbero potuto essere popolati da coteste individualità virtuali, ora svanite nel limbo delle cose che non furono. Con ogni generazione si cancella un numero inconcepibile di «io» in potenza, increati, bastanti a dare abitanti a tutte le regioni favoleggiate dalla mitologia, a tutti gli astri veduti dagli astronomi.

Il nostro istinto, la nostra educazione ci conducono a considerare la personalità umana come la piú alta, reale

e nobile delle entità. Non è certo strano che l'uomo ripugni alla visione di una natura altrettanto indifferente allo spreco delle possibilità di esistenza umane di quanto lo è verso le spore dei funghi e le uova dei pesci. Ed ecco pensatori e filosofi cercare altre alternative.

È possibile trovarne qualcuna che non sia in contraddizione coi dati di fatto accertati dalla biologia?

Forse la base di un'altra concezione può emergere discutendo l'asserto che le diverse individualità umane sono dovute alla differenza delle combinazioni dei genidi. Vi sono effettivamente alcuni fatti biologici che possono far dubitare della validità di quella affermazione. Una data combinazione genetica non dà inevitabilmente luogo a una data individualità. La stessa unione delle due cellule germinali, e conseguente combinazione di genidi, la quale di regola produce un individuo, può produrre due, perfettamente differenziati. È il caso dei gemelli monocoriali. Obbiettivamente esaminate, le loro caratteristiche originarie sono così simili da poter essere considerate identiche, eppure essi sono due persone e individualità ben distinte, nel corpo, nelle sensazioni, nella coscienza. Se io sono uno di due gemelli monocoriali, non sento dolore per la ferita dell'altro, e posso perfino ignorarla; egli può avere un segreto di cui non so nulla, aver pensieri di cui io non sono partecipe, sapere cose che io ignoro. La sua morte non è la mia; siamo due Io separati. Ognuno dei due gemelli può domandarsi: Come avviene che la mia coscienza, le mie espe-

rienze possibili siano congiunte a questo preciso nodo del grande ordito, allorché ve n'è uno in cui si sono unite esattamente le medesime fila genetiche, e che pure rispetto a me è un «*non-io*»?

E ancora: due uova che sviluppandosi separate danno luogo a due individui distinti, possono essere unite sperimentalmente in modo da formarne uno solo. Ciò è stato fatto per vari organismi inferiori, e non per l'uomo; ma è lecito presumere che la cosa sarebbe possibile anche per esso, usando una tecnica appropriata. Quale è ora la relazione tra l'individualità così prodotta e quelle virtuali che sarebbero nate dalle due uova sviluppantesi ciascuna per conto suo? È essa identica con l'una piuttosto che con l'altra di quelle due, o con nessuna di esse?

Sono domande alle quali la biologia non può dar risposta, come non può rispondere a quell'altra piú generale: Come avviene che una particolare individualità sia congiunta a una particolare combinazione genetica? Il caso dei gemelli monocoriali ci mostra che non è la natura della combinazione a essere determinante.

Partendo da fatti di questo genere si potrebbe forse argomentare che l'esistenza del mio Io viene ad essere in qualche modo uno dei fattori che determinano ciò che sarà prodotto da altre cellule germinali, sia che queste possiedano l'uguale combinazione di genidi (gemelli identici), sia che ne abbiano una differente. In tale caso, se io non fossi nato nel modo in cui nacqui, talune di quelle altre cellule avrebbero potuto produrre un risultato diverso da quello che attualmente produssero; avreb-

bero cioè potuto generare *me*. Ed io sarei ugualmente pervenuto all'esistenza, senza che la particolare unione di cellule cui devo la vita si fosse verificata!

Un concezione simile in ultima analisi viene ad implicare che l'individualità umana è una entità che sussiste indipendentemente dai genidi e dalle loro combinazioni; se un certo particolare nodo dell'ordito universale non si verifica, quella data individualità si identificherebbe con un altro nodo. Di conseguenza, ognuno di noi potrebbe esistere con caratteri diversi da quelli che ci distinguono; come del resto sarebbe avvenuto se ci fossimo sviluppati in altre circostanze ambientali. La relazione del nostro Io coi genidi sarebbe dunque analoga a quella che passa tra esso e l'ambiente: la combinazione genetica aiuterebbe l'Io a determinare i propri caratteri, ma non sarebbe determinante in via assoluta della nostra individualità.

Questo è senza dubbio un punto di vista assai più semplice e soddisfacente del rompicapo in cui si trova chi rimane nell'ambito positivo delle considerazioni biologiche. Sorvolando su tutti i spinosi particolari del quando e del come avvenga l'unione dell'individualità col corpo, si potrebbe sostenere che vi è un numero definito di individualità pronte a entrare in giuoco, e che la mera circostanza di due particolari cellule che possono unirsi e possono anche non farlo, non ha valore determinante per l'esistenza delle dette individualità, ma fornisce loro soltanto una base alla quale esse, per ragioni incognite, si fissano in via temporanea. E quali affascinanti

ti corollari non potrebbero dedursi da questa dottrina, circa la futura esistenza del nostro Io dopo la distruzione delle combinazioni genetiche cui è provvisoriamente legato!

Nessuno certamente può sostenere che la scienza biologica implichi una cosiffatta dottrina, e nemmeno che la favorisca. Ma poiché la biologia a sua volta non fornisce nessuna dottrina positiva circa la relazione della individualità con le combinazioni dei genidi, la domanda se essa condanni una concezione come quella cui veniamo ad accennare è perfettamente legittima.

CAPITOLO XIV
I MUTAMENTI
NELLA COSTITUZIONE EREDITARIA:
L'AZIONE DEL SISTEMA GENETICO

VARIAZIONI DEL SISTEMA GENETICO E
VARIAZIONI DEI MATERIALI COSTITUENTI

Sul modo come sorgono i nuovi tipi organici si hanno ormai conoscenze nuove e definitive, pari a quelle che si hanno sull'eredità.

Il sistema genetico da cui dipendono i caratteri dell'organismo è diventato visibile. Il suo modo di operare lo abbiamo ormai chiaramente sott'occhio. Sono le variazioni in seno a questo sistema che cambiano i caratteri degli organismi, e producono tipi nuovi, e sono i cambiamenti nel suo modo di operare che danno luogo ai nuovi tipi di eredità. Tali mutamenti, sia del sistema, sia del suo modo di operare sono stati osservati e si os-

servano tuttora in gran numero, e dal dominio teoretico sono ormai passati sicuramente a quello della certezza sperimentale.

Questa conoscenza, come avviene sempre in principio, abbraccia finora solamente i gradi singoli e minori. La trasformazione di organismi inferiori in organismi superiori a quanto pare non avviene per pochi gradi isolati, ma quel tanto che noi possiamo vedere, ripetuto moltissime volte, determina poi in natura grandi mutamenti. Come un organismo semplice si trasformi in complesso è ancora cosa in gran parte oscura, e lascia campo a ipotesi e discussioni. Ma la trasformazione di un tipo in un altro, la produzione di molti tipi da un tipo solo, ci è già evidente in tutto il suo svolgimento, per moltissimi esempi.

Il sistema genetico si muta dunque in due maniere, e dà origine in entrambi i casi a tipi con nuovi caratteri. Da un lato si muta la sua organizzazione. Le sostanze che costituiscono il sistema genetico, i genidi, non sono né sparse, né separate, bensì organizzate in un esatto meccanismo, l'apparato cromosomico. Questo apparato è sottoposto ad una serie di operazioni complesse, grazie alle quali i genidi vengono distribuiti tra le cellule germinali prodotte, e gli individui della generazione futura ricevono ciascuno una copia completa dell'apparato esistente.

Quando furono studiate le operazioni di tale apparato, la cosa che impressionò maggiormente fu la regolarità e la precisione del suo modo di agire, l'esattezza con cui

la prole riceve una copia esatta del tutto. Ma uno studio piú minuto di un gran numero di individui diversi, rivelò in seguito come succedano continuamente molte inesattezze ed aberrazioni. Lo svolgimento effettivo può differire in molte maniere dal piano d'azione stabilito, e i prodotti non sempre riescono tutti eguali. Combinazioni insolite di materiali entrano in alcuni degli individui nuovi; questi mostrano di conseguenza un nuovo insieme di caratteri, e la nuova combinazione opera ora in un modo diverso, rivelando nei discendenti un nuovo modo di eredità. Il sistema genetico, sebbene rimanga costante per un periodo assai lungo, si rivela in tal modo non fisso o stereotipato ma mutevole e vario. Negli ultimi tempi si sono anche trovati dei mezzi per mutarne il corso artificialmente, mediante radiazioni che lo influenzano e producono in tutto od in parte i cambiamenti che avvengono in natura, e gli organismi nuovi in tal modo generati possono essere allevati e moltiplicati.

Il secondo tipo di mutazioni osservate nel sistema genetico consiste nell'alterazione delle materie che lo costituiscono, cioè dei genidi stessi. Dette materie parvero dapprima immutabili e permanenti, proprio come il sistema che le trasmette, ma ora che si conoscono i metodi per esaminare la loro costituzione e migliaia di osservatori hanno concentrato la loro attenzione in questo campo, si riscontra che in molti organismi la sostanza dei genidi può alterarsi. In un migliaio di casi esaminati non si troverà magari nessun mutamento; ma quando questi raggiungono le decine o le centinaia di migliaia,

come oggi accade, si trovano in natura queste alterazioni dei genidi le quali sono fonte di alterazione nei caratteri. Quei genidi crescono infatti e si moltiplicano come prima dell'alterazione; di conseguenza si producono intere popolazioni diverse, e nascono così i nuovi tipi. Anche questi mutamenti materiali possono provocarsi sperimentalmente mediante speciali radiazioni.

Dei tipi nuovi così formati alcuni sono complessi, ben costituiti fisiologicamente, altri no. A favore dei primi e contro i secondi si attua una eliminazione selettiva su una scala assai più vasta di quel che si fosse immaginato finora, e che rappresenta uno dei fattori principali nella trasformazione dei tipi organici. Variazioni del sistema genetico; alterazione sostanziale dei genidi stessi; mutamenti di caratteri provenienti da queste due cause; propagazione dei tipi mutati; eliminazione selettiva su vasta scala di quelli tra essi che sono meno adatti alla vita; ecco le fasi attraverso le quali quella trasformazione si compie.

Dopo questa occhiata preliminare al processo intero, ne esamineremo ora partitamente le fasi.

MUTAZIONI NELL'ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA GENETICO

Le più semplici alterazioni nell'organizzazione del sistema genetico sono forse le variazioni nel numero dei

cromosomi presenti, con le implicite variazioni nel numero dei genidi di ciascuna specie. La situazione piú comune, come abbiamo visto nei capitoli precedenti, è quella in cui ciascun individuo ha i suoi cromosomi in coppie, un membro di ogni coppia da ciascun genitore. Sono perciò presenti due rappresentanti di ciascun cromosoma, e si può dire che l'individuo abbia due gruppi completi di cromosomi; di conseguenza ha due rappresentanti di ciascuna specie di genidi. Questa condizione si mantiene nel succedersi delle generazioni, nonostante che ciascuna cellula germinale riceva solo un gruppo di cromosomi e un gruppo di genidi. Dall'unione delle due cellule germinali vengono ristabiliti i due gruppi.

Deviando da questa norma, una singola cellula germinale anziché perdere metà dei suoi gruppi cromosomici al momento della riduzione, talvolta li conserva tutti e ha quindi due gruppi invece di uno. Questo può ottenersi in alcuni casi portando a bassa temperatura le cellule che stanno per dividersi. Quando una di tali cellule germinali, con due gruppi di cromosomi, si unisce col tipo normale avente un gruppo solo, si produce un individuo che ha tre gruppi di cromosomi, ossia tre rappresentanti di ogni specie di genidi invece che due. Se si uniscono due cellule germinali aventi ciascuna due gruppi, nasce un individuo con quattro gruppi di cromosomi, cioè quattro rappresentanti di ciascun tipo di genidio (vedi la FIG. 48).

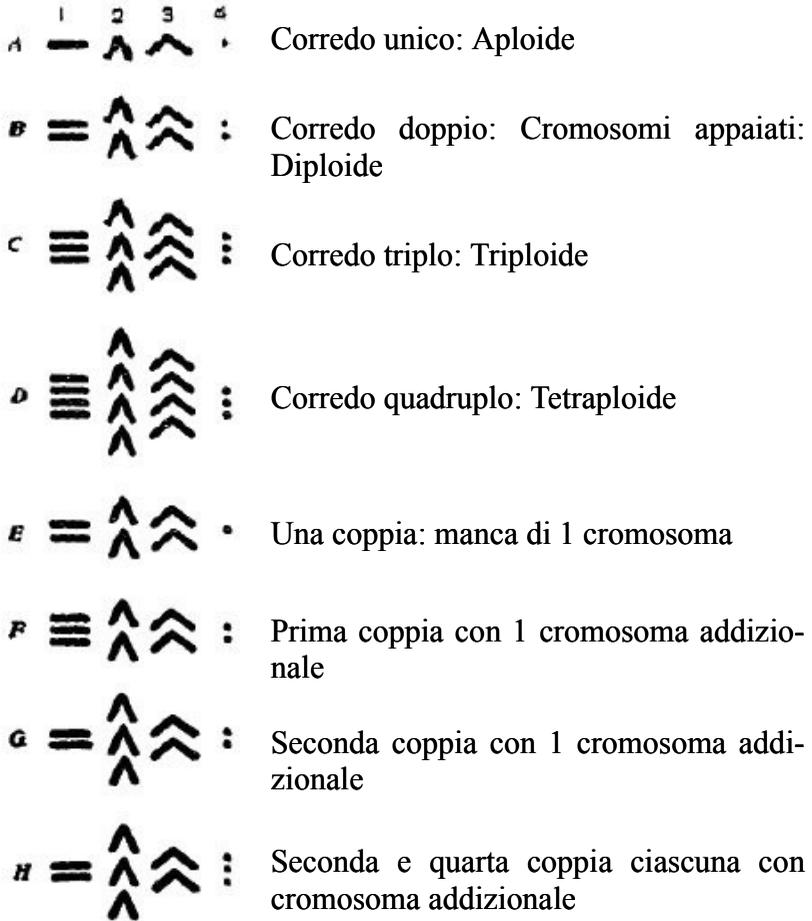


FIG. 48. Schema dei vari gruppi di cromosomi producenti diversi tipi di organismi. È preso come base il corredo semplice della *Drosophila melanogaster*, composto di quattro cromosomi, (A). Da A ad H, gruppi cromosomici riscontrati in taluni organismi. B, la condizione diploide, si ritrova nella maggior parte degli animali e delle piante.

Tali individui, con tre o quattro gruppi di cromosomi, o genidi, invece di due, si trovano in molti organismi. Essi differiscono sotto molti aspetti dagli individui che hanno due gruppi solo. Quelli che hanno tre di questi gruppi si chiamano *triploidi* e si riproducono irregolarmente, poiché i tre cromosomi di ciascun tipo non possono accoppiarsi secondo il solito passando uno in ciascuna delle due cellule germinali. La maggior parte delle cellule germinali, fornita di un numero irregolare di cromosomi, non può funzionare né dare origine ad individui; poche altre, munite di uno o due gruppi completi, sono invece funzionali. Esse producono nella generazione futura alcuni figli aventi come loro tre gruppi di cromosomi, e altri di tipo usuale con due soli gruppi. Nelle piante, tali individui triploidi si propagano per bulbi, polloni ecc., così da formare varietà perenni comuni nelle piante ornamentali.

Gli individui con quattro gruppi di cromosomi o genidi, *tetraploidi*, possono essere del tutto immutabili o quasi, riproducendosi come quelli con due gruppi; solo pochi di essi sono instabili come i triploidi. Essi differiscono nei loro caratteri dagli individui normali. Sono più grandi, hanno lo stelo più grosso, più grande il fiore, le foglie ed altri organi, un diverso modo di ramificarsi ecc. Fu di questa natura una delle prime alterazioni dell'*Enothera* coltivata dal DE VRIES. Per la sua altezza maggiore fu chiamata *Oenothera gigans* (gigante). Solo più tardi si scoprì che essa doveva le sue peculiarità al fatto di aver quattro gruppi di cromosomi, ventotto in

tutto, invece dei quattordici costituenti i consueti due gruppi. Molte mutazioni osservate nelle piante risultarono di questa natura, specie quelle che danno origine alle varietà molto voluminose; casi del genere si conoscono anche tra gli animali.

Vi sono alcune specie di piante selvatiche che hanno due gruppi di cromosomi, altre che ne hanno tre, ed altre ancora quattro. Il numero di gruppi può essere anche maggiore, fino a otto o dieci, ed oltre. Nella rosa selvatica il numero dei cromosomi in un singolo gruppo, cioè il numero originario delle diverse qualità dei cromosomi, è di 7. Alcune varietà hanno due gruppi, ossia 14 cromosomi; altri 21, altri 28, 35, 42, 56. Il che vale a dire che varietà diverse hanno rispettivamente 2, 3, 4, 5, 6, od 8 gruppi di cromosomi, e ciascun gruppo ne numerava sette. Nei crisantemi, dove il numero originario del gruppo è 9, vi sono specie aventi rispettivamente 18, 36, 54, 72, 90 cromosomi riuniti in 2, 4, 6, 8, 10 gruppi. Nelle banane, che hanno 8 cromosomi, per ogni gruppo vi sono specie differenti aventi rispettivamente 16, 24, 32, 48 cromosomi. Simili differenze si sono riscontrate fra diverse varietà di frumenti, di fragole e di molte altre piante. I mutamenti nel numero dei gruppi di cromosomi hanno naturalmente grande importanza nell'origine delle specie e delle varietà.

Un fatto di grande interesse è che molte di tali varietà, col numero dei cromosomi aumentato, mostrano una notevole tendenza a riprodursi senza fecondazione. In tali casi la cellula germinale della femmina, o ovocellu-

la, non riduce il suo numero di cromosomi al momento della maturazione, ma lo mantiene e produce una pianta nuova senza unirsi con la cellula germinale maschile. È come se un numero maggiore di cromosomi tendesse a provocare comunque lo sviluppo della cellula-uovo, sia che l'aumento numerico si abbia per mezzo della fecondazione od in altro modo. La capacità di produrre nuovi individui da semi non fecondati, è di grande importanza per le varietà che hanno numerosi gruppi di cromosomi, poiché, come si è detto, quando sono presenti molti gruppi i processi di accoppiamento e di riduzione dei cromosomi hanno luogo irregolarmente e la maggior parte delle cellule germinali prodotte sono inerti. Senza bisogno di accoppiamento, riduzione e fecondazione la varietà può dunque propagarsi e moltiplicarsi rimanendo fedele al suo tipo¹⁵.

ADDIZIONE O SOTTRAZIONE DI UNO O DUE CROMOSOMI

Un altro gruppo di varietà si produce aggiungendo o sottraendo non un intero gruppo ma un singolo cromosoma. Ciò aumenta o diminuisce di uno il numero di cromosomi di ogni singola qualità esistente nell'organi-

15 Fatti di questo genere si osservano anche negli animali; ARTOM ha osservato in un crostaceo razze tetraploidi partenogeniche e diploidi che si riproducono con fecondazione. (*N. d. T.*)

smo. Di regola, come sappiamo, l'individuo possiede una coppia di cromosomi di ogni specie. In qualcuna delle divisioni irregolari che talvolta avvengono, una delle qualità di cromosomi può trovarsi col numero ridotto a uno od aumentato a tre (vedi diagramma della FIG. 48) e ciò porta a una mutazione nei caratteri dell'individuo che si sviluppa, dando così origine a un nuovo tipo di varietà che può propagarsi e moltiplicarsi.

Se alcuna delle qualità ordinarie di cromosomi manca assolutamente lo sviluppo di regola è impossibile. Se un cromosoma ha un solo rappresentante invece di due, ciò ha effetti differenti secondo il cromosoma che manca; se quello mancante è grande, ha molti genidi, generalmente lo sviluppo non avviene con un singolo cromosoma di questo tipo. Se si tratta invece di uno di quelli più piccoli e meno importanti, risulta solo una mutazione nel carattere dell'individuo prodotto. Nell'ordinaria riproduzione di molti organismi avviene, come sappiamo, una grandissima diversità negli individui, dipendente dalla presenza di uno o due cromosomi X. Se ve ne sono due, l'individuo diventa una femmina, se ce n'è uno solo diventa un maschio. Quando non è il cromosoma X ma un altro, a rimanere solo, avvengono nei caratteri altre mutazioni.

Le mutazioni più comuni si hanno aggiungendo un rappresentante ad una singola coppia di cromosomi, di modo che vi siano tre cromosomi di una qualità, mentre ve ne sono due soli di tutte le altre. Tale mutazione è stata studiata minutamente in una comune erba, *Datura*

stramonium ha 12 cromosomi in un gruppo completo; le piante normali, con due gruppi, ne hanno 24. Aggiungendo un cromosoma a una di queste 12 coppie, si produrranno individui con 25 cromosomi. Poiché l'operazione può farsi volta per volta in ciascuna delle 12 coppie esistenti, si potranno produrre 12 tipi differenti di piante. Di tali 12 tipi, 11 sono stati prodotti e individuati. Ognuno differisce sotto molti aspetti dalle piante normali aventi solo 2 cromosomi in ciascuna coppia, e differisce da ogni altro tipo prodotto addizionando un cromosoma ai 12 già appaiati. Tali differenze si riscontrano nella forma e nella grandezza delle foglie, nel modo di ramificarsi, nella forma, nella grandezza, nella struttura del frutto e nella struttura interna della pianta; e non sono lievi.

Gli 11 nuovi tipi di *Datura*, aventi ciascuno 25 cromosomi, presentano nell'eredità aspetti particolari. Nella generazione, metà delle loro cellule germinali riceve 12 cromosomi, l'altra metà ne riceve 13; all'unione di due cellule germinali, con 12 cromosomi ciascuna, si avrà una prole avente il numero normale di cromosomi, cioè 24. Tale prole avrà perciò la consueta struttura; è tornata al tipo comune e non assomiglia ai propri genitori aberranti. Dall'unione di una cellula germinale avente 12 cromosomi con un'altra che ne ha 13, nascerà prole somigliante ai genitori anormali e avente 25 cromosomi.

Quando si uniscono tra di loro due cellule germinali contenenti ciascuna 13 cromosomi, non si sviluppa prole che in casi rarissimi, che danno luogo a un nuovo tipo

di individui con 26 cromosomi, 4 rappresentanti di una specie di cromosomi e 2 rappresentanti di ciascuna delle altre. In complesso questi vari tipi con 25 cromosomi si riproducono dunque in una parte soltanto della loro prole, mentre l'altra ritorna al tipo normale o, molto di rado, produce un nuovo tipo.

Queste piante con un cromosoma in piú svariano dalle regole dell'eredità anche sotto un altro aspetto. S'è visto che una delle loro «coppie» di cromosomi ha 3 cromosomi di una qualità invece che 2. Se uno di tali cromosomi ha il genidio dominante A e gli altri 2 hanno il corrispondente genidio recessivo a , l'unione di due individui siffatti darà nella prole una proporzione di individui dominanti e recessivi molto diversa da quella consueta mendeliana. Nell'eredità mendeliana, quando ci sono due soli cromosomi di una stessa qualità, la proporzione è di 3 dominanti a 1 recessivo. Nel caso in parola la proporzione è invece di 5 dominanti a 4 recessivi per la prole che ha 24 cromosomi, e di 7 dominanti a 2 recessivi per la prole che ne ha 25. Se invece di tre cromosomi per «coppia» ve ne sono quattro, risulta una proporzione ancora diversa. Se parecchie coppie di cromosomi hanno ciascuna un cromosoma in piú, l'individuo di solito non si sviluppa, data la fatale condizione di squilibrio che sopravviene. Ma nella *Datura stramonium* anche due coppie possono avere un membro in piú e l'individuo si svilupperà egualmente. Da 12 cromosomi differenti si possono produrre 66 combinazioni differenti con due membri in piú. Di tali 66 tipi diversi, con

26 cromosomi, BLAKESLEE e i suoi allievi ne hanno prodotti circa 40.

Vi sono inoltre delle piante in cui una singola qualità di cromosomi avrà quattro rappresentanti invece che due; nella *Datura* vi sono 12 tipi possibili di questa specie, ma uno solo di essi è stato studiato.

In queste piante vi sono anche dei tipi del genere esaminato nel paragrafo che precede, risultanti da variazioni nel numero dei gruppi completi dei cromosomi. Vi è un tipo che ha un solo gruppo (12 cromosomi), altri che ne hanno due, tre, o anche quattro. Si possono produrre altre varietà aumentando o diminuendo di uno o due il numero dei rappresentanti di una delle dodici qualità dei cromosomi, negli individui con tre o quattro gruppi.

Settantasette sono i tipi risultanti da variazione nel numero dei cromosomi particolari di un gruppo, o nel numero dei gruppi stessi finora osservati nella *Datura*. Si può calcolare in 3400 il numero complessivo dei tipi possibili, cioè capace di vivere e svilupparsi, vale a dire che nella comune *Datura* avente 12 specie diverse di cromosomi, possono esistere 3400 tipi geneticamente diversi, risultanti da una semplice mutazione numerica degli elementi genetici, senza alcuna mutazione nelle sostanze da cui questi sono formati. La maggior parte di questi tipi, se non tutti, si possono riprodurre per seme in una data proporzione dei loro individui, mentre i restanti ritornano al tipo originale o danno origine ad altri tipi.

Non c'è ragione di supporre che sotto questo punto di

vista la *Datura* sia unica. Si sa che altre piante mostrano lo stesso fenomeno. Nell'*Oenothera* si ha egualmente un gran numero di tipi diversi, molti dei quali si sono prodotti nello stesso modo che nella *Datura* e lo stesso può dirsi per altre piante specie ornamentali (come il tulipano, la rosa, il crisantemo, la dalia, il giacinto), benché quelle due siano finora le più minutamente studiate.

MUTAMENTI NELLA STRUTTURA DI CROMOSOMI PARTICOLARI

Un'altra numerosa serie di tipi deve la sua origine ai mutamenti nella struttura dei singoli cromosomi. Il singolo cromosoma, come abbiamo già visto, è un segmento della catena dei genidi e ciascun genidio ha, nella catena, il suo posto ben definito. Per mezzo di radiazioni od in altri modi ancora sconosciuti, i cromosomi talvolta si rompono in diversi frammenti: uno di questi frammenti può venire a contatto con un altro cromosoma e attaccarsi a lui: in tal modo un segmento perde una parte dei suoi genidi, mentre un altro ne acquista.

Si hanno così dei cromosomi deficienti rispetto a certi genidi, altri con un numero di genidi esuberanti. È ovvio che questi mutamenti producono un'alterazione nel modo di operare nel sistema genetico e, di conseguenza, anche nei metodi dell'eredità. In alcuni casi il mutamento dei cromosomi si può vedere al microscopio, mentre

il corrispondente mutamento nell'eredità è messo in luce dagli allevamenti degli individui a cromosomi mutati. PAINTER e MÜLLER hanno descritto ed illustrato il considerevole numero di casi studiati in entrambe queste maniere.

In parecchi casi tali mutamenti di cromosomi, piuttosto che originare nuovi tipi che si possono perpetuare, causano forse delle irregolarità che a lungo andare producono la distruzione dell'organismo. Vi sono tuttavia molti tipi nuovi che si sono formati in questo modo. Nella *Datura*, oltre alle molte varietà risultanti dai mutamenti nel numero dei cromosomi, se ne sono trovate molte altre provenienti da questa seconda causa. Ad esempio, un singolo cromosoma perde una delle sue metà, mentre l'altra metà viene raddoppiata. Così, se il cromosoma normale è composto della catena dei genidi successivi *a-b-c-d-e-f-g-h*, il cromosoma alterato avrà i genidi *a-b-c-d-d-c-b-a*. Tale mutamento avviene durante la sinapsi dei cromosomi precedente alla formazione della cellula germinale (v. Cap. III). In altri casi ancora, frammenti isolati di cromosomi si sono fusi dando origine a nuove varietà. Aggiungendo al numero di tipi possibili che possono essere originati dal variare del numero dei cromosomi, il quale è di circa 3400, come abbiamo visto, i possibili tipi risultanti da mutamenti e ricombinazioni di parti di un singolo cromosoma, abbiamo un totale di circa 10.000 tipi possibili, tutti derivabili dal variare del modo in cui si combinano i 12 cromosomi differenti, senza che cambi la sostanza di cui i cromoso-

mi sono composti.

Questa situazione è probabilmente tipica del mondo vegetale. Gran parte delle varie forme organiche e strutture che si trovano in esso sono dovute a queste variazioni nel numero e nelle combinazioni dei cromosomi e delle loro parti componenti.

Negli animali, specie superiori, alcuni di questi processi sono meno efficaci nel produrre le diversità dei tipi; gli animali superiori non si riproducono infatti da un solo genitore, come avviene per le piante (riprodotte da bulbi, polloni, tuberi ecc.); perciò mentre i mutamenti numerici e di combinazione dei cromosomi è probabile siano frequenti anche in essi, gli individui che hanno una formazione irregolare delle cellule germinali non hanno possibilità di perpetuarsi. Tuttavia alcune di queste nuove condizioni producono nuovi tipi che possono riprodursi. Un tipo cosiffatto, avente regole di eredità notevolmente diverse da quelle normali, si è verificato negli allevamenti nel moscerino *Drosophila*, e studiato da L. V. MORGAN e da altri. I due cromosomi materni, a forma di bacchetta, di solito completamente separati, in questo tipo si uniscono ad una estremità come un V. Tali individui si sono propagati e moltiplicati.

Vi sono molte indicazioni della parte avuta dalle mutazioni finora descritte nella formazione delle diverse specie, sia animali che vegetali. Esistono specie vicinissime, una con due gruppi di cromosomi, un'altra con quattro, e più. In altri casi, due cromosomi separati in una specie, in un'altra risultano uniti all'estremità così da

formare un cromosoma solo. Il piú interessante gruppo di esempi di questo genere, si è trovato nelle diverse specie della *Drosophila* (Fig. 49). Alcune specie hanno quattro coppie di cromosomi; due dei cromosomi che le compongono sono foggiate a V e mostrano una strozzatura alla base del V, come a segnare il punto di giunzione. Altre hanno al posto di uno dei cromosomi che forma il V due cromosomi dritti, come se le due metà del V si fossero separate. In altre ancora, ciascuno dei due V è rimpiazzato da due cromosomi dritti. Sembra molto probabile che uno dei fattori della mutazione delle specie sia stata l'unione di due cromosomi dritti, che formano il V, o la rispettiva separazione del V in due cromosomi dritti.



Fig. 49. Cromosomi di tre diverse specie di *Drosophila*, rispettivamente a gruppi di 8, 10 e 12. A, *D. melanogaster*: due paia a forma di v. B, *D. obscura*: una delle coppie fatte a v è sostituita da due coppie di cromosomi dritti, a destra. C, *D. virilis*: entrambe le coppie a v sono sostituite da coppie di cromosomi dritti. (Metz, Moses e Mason.)

MUTAZIONE NEI GENIDI OSSIA NELLE SOSTANZE DEL SISTEMA GENETICO

Fin qui abbiamo parlato soltanto di tipi prodotti da alterazioni nell'organizzazione del sistema genetico. Al grande numero di questi vanno aggiunti gli altri moltissimi di cui tratteremo ora, risultanti da alterazioni nella natura delle sostanze di cui è formato il sistema genetico stesso, da alterazioni, cioè, dei genidi. Queste, chiamate comunemente *mutazioni dei genidi* sono forse ancora più notevoli e di maggior portata di quelle.

Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, vi sono vari metodi per determinare nei cromosomi la posizione dei genidi particolari, la loro natura, i loro effetti. Esaminando così molti individui discendenti dagli stessi genitori, si è trovato in alcuni di essi un particolare genidio, mutato nella sua natura, e produttore caratteri diversi. Nel moscerino un certo genidio fa sí che gli occhi diventino rossi; la mutazione di esso dà degli occhi bianchi. Questo è un esempio tipico di mutazione.

In un gran numero di individui allevati, alcuni pochi mostrano mutazioni di questo genere, senza causa apparente. L'osservazione mostra che esse interessano soltanto uno dei genidi di una stessa coppia, l'alterazione non è dovuta dunque ad alcuna condizione generale del corpo e neanche dell'intera cellula, ma unicamente ad un agente la cui azione è così minutamente localizzata da interessare soltanto uno dei due membri similari di una

coppia tra le moltissime contenute nella cellula. Negli ultimi tempi è stato scoperto un metodo atto ad operare anche in un campo tanto circoscritto: tali mutazioni dei genidi possono essere prodotte artificialmente da radiazioni, e in modo speciale dai raggi X. Sottoponendo l'organismo che si sviluppa a tali raggi, questi agiscono direttamente su alcuni dei genidi, alterandoli ma non distruggendoli. Col dividersi delle cellule i genidi alterati continuano a vivere ed a moltiplicarsi in condizione di alterazione, e continuano a influenzare i caratteri dell'organismo dando origine a nuovi caratteri. Tale scoperta recente, dovuta a H. J. MÜLLER, è tale da far epoca nella biologia. Tuttavia in un gran numero di individui assoggettati alle radiazioni, soltanto in alcuni i genidi si alterano così da dar origine a mutazioni.

Qual è la causa che produce le mutazioni dei genidi negli individui non soggetti ai raggi X? È stato supposto che fonte di tali mutazioni possano essere i raggi aventi piccola lunghezza d'onda e provenienti da sostanze radioattive della crosta terrestre, o della profondità dello spazio. Se fosse così, i genidi di tutti gli organismi sarebbero perennemente sottoposti a irradiazioni capaci di mutarli. Ma di ciò tratteremo più ampiamente nel capitolo prossimo.

Si è trovato inoltre che il medesimo genidio può, in differenti individui, mutare in diverse maniere; quello stesso che, alterato in un certo modo, fa sí che gli occhi rossi del moscerino diventino bianchi, in altri individui si altera così da dare un color marrone. Questo partico-

lare genidio, a seconda degli individui si muta in almeno undici maniere, dando origine ogni volta ad un differente colore degli occhi, e ognuno di tali tipi può propagarsi come quello originale dagli occhi rossi. Sicché quest'ultimo, che è normale, ha prodotto nel giro di vent'anni, undici tipi diversi, tutti per la modificazione dello stesso genidio e tutti permanenti. Un singolo genidio ha quindi molte possibilità di trasformarsi.

Sembra che tutti i genidi di un organismo possano mutare in una o piú maniere. Nella *Drosophila*, durante l'ultimo ventennio, sono variate parecchie centinaia di genidi diversi, dando luogo a mutazioni interessanti ogni possibile carattere ereditario.

Tali mutazioni possono rinforzare o indebolire certi caratteri, o alterare la natura e le qualità di essi. I pigmenti si possono intensificare, diluire, o possono cambiare di colore. Gli organi possono aumentare oppure diminuire di numero o di volume, essere distribuiti diversamente, o anche definitivamente soppressi. Si producono con questi metodi moscerini con piú di sei zampe; con occhi piccoli e privi di occhi; con ali differenti, piú piccole, e senza ali; con peli piú o meno numerosi, vari di forma e di struttura, e diversamente distribuiti sul corpo; con occhi di tutti i colori: bianchi, color marrone, rosa in moltissime gradazioni, porpora, rosso di molte gradazioni ed intensità. Le alterazioni così prodotte possono essere assai lievi o assai spiccate. Le prime mutazioni notate furono naturalmente le piú evidenti, e si ebbe perciò l'impressione che tutte dovessero avere ca-

rattere simile; si concepí la mutazione come un gran passo, un vero e proprio salto da una condizione ad un'altra molto differente. Ma quando gli osservatori si fecero piú esperti, si trovò che il numero delle mutazioni le quali danno origine a diversità lievi e difficili a percepire è assai maggiore delle altre. Si conoscono ora molte alterazioni nei genidi, che producono nella fisiologia dell'organismo soltanto mutazioni interne e di poca entità, non determinabili se non con speciali esperimenti. Nelle piante e in altri animali, come nei piccioni, nei polli, nei ratti, nei topi, nei porcellini d'India e nei conigli, si è trovato uno stato di colore analogo a quello osservato nella *Drosophila*. In questi soggetti tali mutazioni danno origine a numerosissime varietà domestiche differenti per colore, per forma, per struttura e per altri caratteri del loro piumaggio o del loro mantello. Nelle piante coltivate, le mutazioni sono egualmente numerose e importanti, e gli effetti di esse sono generalmente combinati con quelle risultanti dalle mutazioni nel numero dei cromosomi e dalle altre alterazioni del sistema genetico, descritte nella prima parte di questo capitolo. Cosí risulta l'inestricabile groviglio delle varietà, delle razze, dei tipi che si trovano nelle piante coltivate.

LE MUTAZIONI IN RAPPORTO CON LA SELEZIONE

La maggior parte dei genidi mutati danno caratteri recessivi in confronto alla condizione trovata negli individui immutati. Cioè, se nella stessa coppia esiste un genidio mutato ed uno immutato, il carattere manifestato dall'individuo è generalmente dovuto al genidio immutato. Sussistono tuttavia moltissimi genidi mutati e dominanti, i quali manifestano i loro effetti anche in presenza di genidi immutati nella stessa coppia.

Per produrre un individuo con nuovi caratteri che siano ereditari, devono mutare i genidi nella cellula germinale o in una cellula che dia piú tardi origine a cellule germinali. Le mutazioni di genidi possono prodursi anche nelle cellule ordinarie del corpo, che non formano cellule germinali, come è stato dimostrato recentemente con l'uso dei raggi X, da PATTERSON ottenendo così alterazioni in alcune parti del corpo dell'individuo, non trasmesse alla prole. È chiaro quindi, che non tutte le mutazioni producono alterazioni ereditarie.

Con quale frequenza avvengono le mutazioni dei genidi? È difficilissimo ottenere in questo campo statistiche attendibili. MÜLLER e ALTEMBURG studiarono nella *Drosophila* la frequenza di un certo tipo di mutazione, quello che impedisce lo sviluppo, e conclusero che muta circa un individuo su 13, nel caso delle femmine. Questa conclusione non può servire per altri tipi di mutazio-

ne, ma è ovvio ad ogni modo che questa non è un fenomeno eccessivamente raro. Nei vent'anni durante i quali la *Drosophila* è stata osservata sistematicamente, si riscontrano centinaia di mutazioni; la loro frequenza viene molto accresciuta dall'azione dei raggi X. Il ventennio in cui occorsero le centinaia di mutazioni di genidi nel moscerino è un periodo ben corto in paragone alla lunghezza delle epoche geologiche; in relazione a queste, le mutazioni hanno un corso assai rapido. Ne risulta che anche se una razza di organismi fosse, in un dato momento, "pura" nel senso che tutti gli individui avessero ereditato uguali caratteri, essa in breve diverrebbe "impura", attraverso le mutazioni che porterebbero la diversità nei caratteri sia individuali che ereditari, diversità che nei componenti di ogni specie, compreso l'uomo, ha luogo quindi, anche senza che si incrocino razze diverse, nell'ambito di una razza originalmente omogenea. È ovvio tuttavia che gli incroci accelerano e moltiplicano la differenziazione.

È noto che nella *Drosophila* avvengono mutazioni fra individui che vivono in natura, come tra quelli che vivono nei laboratori; ma in natura quasi tutti gli individui mutati spariscono, perché meno adatti alle condizioni dell'esistenza naturale, mentre nei laboratori essi godono condizioni particolarmente favorevoli che permettono loro di vivere e moltiplicarsi. Ecco perché nei laboratori la specie si diversifica rapidamente in numerose varietà, mentre in natura essa nello stesso spazio di tempo, cioè negli ultimi vent'anni, è rimasta uniforme.

Una simile situazione si riscontra ogni volta che si paragona una specie allo stato domestico con la specie selvatica corrispondente e spiega perché le specie domestiche si differenziano in tante varietà, mentre le selvatiche si mantengono sostanzialmente costanti nel tipo.

Si comprenderà come gli effetti svantaggiosi delle mutazioni assumano una grande importanza rispetto alle trasformazioni degli organismi avvenute durante il susseguirsi delle ère geologiche, e alla loro progressiva evoluzione. È assodato che una gran parte delle mutazioni ha conseguenze dannose; nel moscerino, ad esempio, esse producono occhi ed ali che funzionano meno bene di quelli degli individui non mutati, e altre imperfezioni e deformità di ogni genere. Altre ancora portano con sé una diminuzione di vigore e della resistenza dell'organismo e, di conseguenza, una vita più breve.

L'elenco delle deficienze che si riscontrano negli individui mutati, in tutte le fasi dell'esistenza, a cominciare da quella embrionale, è assai lungo, sia per ciò che riguarda la specie meglio studiata, la *Drosophila*, sia per quello che si conosce delle altre specie.

Se tutte le mutazioni dei genidi sono dannose e deleterie, non può trovarsi in esse il meccanismo dell'evoluzione progressiva. È stata espressa perciò l'opinione che esse ci mettano unicamente davanti alla disintegrazione del sistema genetico, e al degenerare degli organismi, non già al loro evolversi.

A questo è da rispondere che non è ancora detto che tutte le mutazioni dei genidi siano dannose. Anzitutto

non vi sono ragioni per affermare che siano dannose molte mutazioni che producono effetti lievi e difficilmente percettibili: e alcune di quelle notevoli sono per lo meno innocue. Le mutazioni che danno origine a colori differenti nei conigli e nei topi, non portano a diminuzione nel vigore degli individui. Nell'uomo devono risalire a mutazioni i diversi colori degli occhi: gli azzurri essendo recessivi hanno presumibilmente origine da occhi piú scuri; eppure questa diversità non porta a nessuna disparità di robustezza, resistenza ecc.

È abbastanza plausibile che mutazioni genetiche così violente da produrre immediatamente una notevole alterazione della struttura o nella fisiologia dell'organismo, siano molto spesso dannose. Ma il caso è diverso per quelle, di tanto piú numerose, che producono effetti assai lievi. Se ve ne può essere di nocive anche tra queste, ve ne saranno pure di quelle che non lo sono, e che anzi rendono l'individuo maggiormente adatto alle condizioni in cui vive, e non occorre che siano molte. Gli individui che hanno subito tali mutazioni benefiche si moltiplicheranno e soppianteranno gradualmente quelli non mutati, finché, con l'andare del tempo, una gran parte del gruppo sarà formato da individui con genidi modificati vantaggiosamente.

Del resto, è ormai pacifico che i cambiamenti nei caratteri ereditari hanno origine in cambiamenti dei genidi. Se noi potessimo scorgere l'evoluzione nel suo meccanismo intimo, troveremmo di necessità alterazioni trasmesse ereditariamente attraverso la mutata natura dei

genidi, o attraverso cambiamenti nell'organizzazione del sistema genetico. Il che è precisamente ciò che vediamo. L'affermazione che le mutazioni dei genidi sono estranee all'evoluzione, si confuta dunque da sé. Le idee a questo proposito vengono confuse dal fatto che l'eliminazione selettiva ha nel processo evolutivo una parte molto maggiore di quello che si presuma da certuni. Dalle mutazioni dell'organizzazione e della materia del sistema genetico si producono innumerevoli tipi di organismi diversi; la maggior parte di questi viene eliminata per il suo scarso potere di adattamento all'ambiente. I fatti mostrano chiaro che poche sono le specie superstiti. Queste formano la base di nuove alterazioni; e anche tra i nuovi organismi così prodotti, sopravvivono le combinazioni più adatte, mentre scompaiono quelle deficienti, che costituiscono la maggioranza. E così vanno formandosi sempre di seguito attraverso le età i tipi nuovi, frutto del processo evolutivo, e ad un tempo materiale per la sua continuazione.

Non c'è ragione di dubitare che si abbiano nell'uomo mutazioni di genidi, come negli altri organismi; egli ha infatti lo stesso tipo di sistema genetico composto di genidi, che agiscono nella stessa maniera. Data la durata delle generazioni umane, le alterazioni risultanti dalle mutazioni richiederanno nell'uomo molto più tempo di quello che si richiede per il moscerino sul quale si ha una nuova generazione ogni due o tre settimane, ma, a lungo andare, il risultato sarà eguale in entrambi i casi. Una razza di uomini diverrà eterogenea in forza delle

mutazioni, anche senza una vera e propria mescolanza di razze, proprio come accade negli altri animali e nelle piante: e non è dubbio che a tal causa risale in buona parte la varietà delle popolazioni umane.

Guardando all'uomo, il fatto dà da pensare. Gli uomini civilizzati vivono in condizioni molto simili a quelle in cui vivono e si propagano razze di animali domestici, sottratti alla selezione naturale. Se noi, come ha suggerito qualcuno, immaginiamo che le mutazioni dei genidi siano prodotte dalla continua irradiazione delle onde corte, il pensiero di trovarci continuamente sotto l'azione di questa specie di bombardamento malefico per i genidi, che sono la vera base della personalità, non lascia d'essere impressionante. Ma poco importa la natura dell'agente; il fatto è che i genidi mutano e il più delle volte, almeno a giudicare dagli altri organismi, mutano in peggio. L'arguire che questo stato di cose determini di necessità la graduale degenerazione della specie umana sarebbe tuttavia affrettato. Vediamo infatti che l'uomo in simili condizioni si è sviluppato, a risalir molto indietro, da organismi inferiori per struttura e per funzioni; e avanzando nell'evoluzione, da organismi più recenti sí, ma che ciononostante difettano di molte sue attitudini, specie per quanto riguarda il potere di adattamento all'ambiente. Le nostre condizioni attuali non precludono quindi un ulteriore sviluppo nella stessa direzione.

Ciò per altro sembra implicare la necessità, sia per un progresso, sia per un mantenimento delle posizioni attuali, di un'eliminazione selettiva su più vasta scala di

quella che, in relazione alla specie umana, sia piacevole contemplare. Una considerevole opera selettiva si compie certamente anche ora nelle cellule germinali stesse e nei primi stadi dello sviluppo, come avviene in altri organismi. Quanto al problema scottante della possibilità ed opportunità che essa continui anche dopo la nascita, lo abbiamo già toccato nel cap. X.

*

Ricapitolando, in questa nostra rassegna delle alterazioni del sistema genetico abbiamo veduto che queste avvengono abbastanza rapidamente in relazione ai lunghissimi periodi che occorrono all'evoluzione per manifestarsi. I genidi che considerati per brevi intervalli sembrano così stabili, appaiono invece variabili misurando le loro variazioni con un più vasto concetto del tempo. Dalle variazioni nella organizzazione del sistema genetico nascono molti tipi diversi, anche nello spazio compreso da una vita umana, e dalle mutazioni dei genidi hanno origine numerosi altri mutamenti. La selezione ha una grandissima parte nel risultato generale di tutte queste alterazioni genetiche. Tutto ciò non è ipotetico, ma si deduce sicuramente da fatti ormai certi. Il quadro generale che ne risulta ha molti aspetti in comune col Darwinismo; come questo rappresenta l'intervento di molte trasformazioni nella costituzione ereditaria, sulle quali opera la selezione naturale. Le grandi trasformazioni evolucioniste, rivelate dalla paleontologia, bene si ac-

cordano col ritmo di variabilità del sistema genetico, quale risulta dagli allevamenti sperimentali.

CAPITOLO XV I MUTAMENTI NELLA COSTITUZIONE EREDITARIA: L'AZIONE DELL'AMBIENTE

LE VARIE INFLUENZE AMBIENTALI

Le condizioni ambientali nelle quali si trova una data generazione interessano le generazioni future almeno in due modi diversi. In primo luogo, come abbiamo visto nel capitolo precedente, certe radiazioni possono portare ad alterazioni genetiche, modificando direttamente i caratteri della prole. In secondo luogo questi vengono modificati indirettamente dall'eliminazione selettiva, la quale permette ad alcuni tipi di propagarsi, impedendolo a certi altri.

A questi due effetti dell'ambiente sulle generazioni future, effetti tangibili e osservabili, una teoria biologica assai conosciuta vorrebbe aggiungere una terza azione

ambientale. Abbiamo veduto nei capitoli V e VI che in ambienti diversi, gli organismi reagiscono differentermente così da acquistare abitudini e caratteri diversi. Secondo la teoria dell'eredità dei «caratteri acquisiti», dopo che certi caratteri sono stati acquistati come reazioni a condizioni particolari, le generazioni seguenti mostrano una tendenza a sviluppare quei medesimi caratteri anche fuori dalle condizioni che li hanno provocati in origine. Si avrebbe così una modifica dei caratteri della discendenza meno diretta della prima che abbiamo nominato, ma più diretta della seconda. Esamineremo anzitutto l'azione diretta degli agenti esterni, poi l'eredità dei caratteri acquisiti e da ultimo l'eliminazione selettiva.

AZIONE DIRETTA DEGLI AGENTI ESTERNI

L'azione diretta delle condizioni esterne sulle cellule germinali e sui genidi si esercita facilmente e con frequenza, ma di solito senz'altro effetto se non la morte di essi. Se muoiono certi tipi di cellule germinali e non certi altri, si ha indubbiamente un effetto sulla discendenza, ma è effetto dovuto a selezione, non ad alterazione di genidi. Tra l'alterazione diretta dei genidi e l'eliminazione selettiva è difficilissimo discriminare. Alle volte operano insieme; e spesso un risultato dovuto all'una viene invece attribuito all'altra. Di ciò vedremo molti

esempi nelle pagine che seguono.

Nell'azione diretta delle condizioni esterne sui genidi, la difficoltà sta nell'alterare i genidi senza ucciderli. Perché si abbia un effetto sui discendenti i genidi devono venire alterati così da produrre, man mano che crescono e si dividono, non la costituzione originale ma una costituzione alterata. Come abbiamo visto, ciò si può ottenere con le radiazioni che operano sui genidi individualmente. Simili mutazioni sono state prodotte nei moscerini, nel granoturco, nell'orzo, nella *Datura*, nel tabacco, dando origine a prole con nuovi caratteri ereditari. Le mutazioni così ottenute sono in generale dannose all'organismo. Se le radiazioni possano produrre anche mutazioni benefiche, è cosa tuttora incerta.

Come abbiamo detto in precedenza, vi sono indizi per supporre che le mutazioni in apparenza spontanee, che avvengono in laboratorio od in natura, siano dovute a radiazioni naturali emanate dalle sostanze radioattive della crosta terrestre o da altre sorgenti. Due osservazioni dovute a BABCOCK e COLLINS e a HANSON e HEYS, sono molto significative a questo riguardo. Questi studiosi hanno allevato un gran numero di moscerini, parte in una regione dove c'erano poche radiazioni naturali, parte in una località dove la quantità di esse era circa doppia. In entrambe le esperienze il numero delle mutazioni risultò molto maggiore nella seconda località.

Occorre che tali osservazioni siano ripetute ancora molte volte prima che le conclusioni che ne derivano possano essere accettate come sicure. Se risulteranno

definitivamente confermate sarà difficile esagerarne l'interesse e l'importanza. Esse sembrerebbero fornire una soluzione generale al problema dell'origine delle mutazioni ereditarie negli organismi, assegnando quest'origine all'azione ambientale. Questi studi aprono la via ad un nostro intervento nelle mutazioni ereditarie che potremmo prevenire e provocare a nostro piacere; importanti scoperte in questo campo sono da aspettarsi nel prossimo avvenire.

Se le radiazioni agiscono in modo da interessare un singolo genidio, molti altri agenti hanno effetti più generali, ma i loro effetti restano per ora assai meno chiaramente provati. H. J. MÜLLER ha trovato che elevando la temperatura, il numero delle mutazioni dei genidi nel moscerino cresce leggermente. J. W. HESLOP HARRISON nutrì certe farfalle con cibo contenente composti metallici, e dopo alcune generazioni ottenne un certo numero di individui di colorazione scura; i loro discendenti furono egualmente scuri, anche quelli che non furono nutriti con le sostanze che avevano dato origine alla prima mutazione. In queste nuove generazioni la colorazione scura si trasmette secondo la regola mendeliana; invece nelle covate nutrite con cibo non contenente sali metallici, non appaiono individui scuri. Il metallo ha quindi prodotto apparentemente una mutazione nei genidi. Nelle regioni industriali dell'Inghilterra del Nord, dove l'aria contiene sempre molto fumo impregnato di sali metallici, alcune farfalle che prima erano chiare sono diventate in prevalenza scure. HARRISON crede che ciò sia dovuto

ad un'alterazione dei genidi dovuta a sua volta al fatto che le larve delle farfalle si sono nutrite di foglie cosparse di fumo impregnato di sali metallici. STANDFUSS e FISCHER hanno affermato da tempo che anche sottoporre le larve di alcune farfalle ad una temperatura molto bassa o molto alta provoca una pigmentazione scura ereditaria.

In passato fu sostenuto da molti che le cattive condizioni di ambiente danneggiano le cellule germinali dando origine a prole degenerare, e che le imperfezioni così prodotte sono ereditarie. S'è voluto vedere in un'azione simile la causa di molti dei malanni dell'umanità, affermando che l'alcool ed altri veleni, la fatica eccessiva, i disagi, la scarsa nutrizione, recano danno alle cellule germinali e presumibilmente ai genidi, dando origine agli individui difettosi, così frequenti nel genere umano. Nell'esaminare questa opinione occorre ricordare che le cellule germinali oltre ai genidi contengono anche il citoplasma, il quale può essere danneggiato dai veleni esistenti nel corpo dei genitori, e può far sí che gli individui sviluppatisi da tali cellule germinali siano imperfetti, anche se i loro genidi non sono stati alterati direttamente. In questo caso i figli di genitori che vivono in condizioni sfavorevoli sarebbero difettosi, ma i figli dei figli tornerebbero ad essere nuovamente normali. E forse tali effetti diretti sul citoplasma potrebbero continuare per due o tre generazioni, sempre senza alterare i genidi. Ma se i genidi rimangono incolumi, il ceppo prima o poi ritorna allo stato normale.

Le esperienze ci dicono che molti genidi sono difettosi indipendentemente dalle condizioni di vita dei genitori. Perciò in condizioni sfavorevoli apparirà nei genidi un certo numero di difetti che sarebbero egualmente apparsi anche in condizioni favorevoli. Bisogna star molto attenti a non attribuire quei difetti all'ambiente sfavorevole, tanto più che l'interpretazione dei risultati da quest'ultimo non è punto facile, come vedremo. Ciò che a noi preme di sapere, è se i discendenti di genitori vissuti in condizioni sfavorevoli mostrano un maggior numero di difetti ereditari dei discendenti di genitori vissuti diversamente.

Negli organismi più semplici, i Protozoi, organismi formati da una cellula sola, le cattive condizioni di ambiente possono effettivamente portare a una degenerazione ereditaria. A. R. MIDDLETON mantenne il protozoo *Stylonychia* a temperature molto alte, per centinaia di generazioni. Nelle generazioni più tarde la vitalità di esso declinò e la sua capacità riproduttiva diminuì fino a giungere a meno di un quarto di quello che era in principio. Riportato il ceppo a temperatura normale e messolo nelle stesse condizioni di un altro gruppo che non aveva subito quella prova, apparve che la minor vitalità era ormai divenuta ereditaria e si trasmetteva di generazione in generazione. Le condizioni sfavorevoli avevano dunque procurato un danno ereditario. Effetti analoghi furono osservati da altri trattando molte generazioni di infusori col nitrato di calcio, e in altri esperimenti sui Protozoi. In questi casi, sfavorevoli condizioni di vita, pro-

tratte per molte generazioni, causarono dunque un graduale indebolimento e una degenerazione che, col passare delle generazioni diventano sempre maggiori e si trasmettono anche in ambienti normali. La restituzione alle condizioni normali riconduce lentamente e dopo molte generazioni alla vitalità primitiva, la quale a sua volta ritorna ereditaria.

Nei Protozoi la prole è creata dai genitori mediante la divisione di una sola cellula. Negli organismi superiori, invece, per produrre l'individuo occorrono moltissime suddivisioni cellulari. Questa differenza sembra mettere i secondi in condizioni molto diverse dai primi riguardo al problema che ci interessa. Tuttavia anche negli organismi superiori si citano alcuni difetti congeniti ed ereditari che sarebbero dovuti all'azione dell'ambiente sui genitori. Così si trovarono tra la discendenza di topi sottoposti ai raggi X alcuni difetti ereditari che non c'erano nella prole di topi non irradiati; ma il fenomeno si riscontrò soltanto in una percentuale piccolissima della prole, e ciò rende dubbia l'interpretazione. Può darsi che i genidi difettosi esistessero già come recessivi nel ceppo prescelto. Dato che i raggi X producono mutazioni nei genidi, è anche possibile che i difetti ereditari osservati provenissero da quella causa. Altri esperimenti del genere praticati sui conigli danno adito alle medesime incertezze.

Più notevoli, benché sempre incerti agli effetti della questione che ci interessa, appaiono i risultati di molti esperimenti riguardanti gli effetti dell'alcool. Vari stu-

diosi hanno tenuto molte generazioni di Rotiferi (organismi inferiori), sotto l'influenza dell'alcool. Questo diminuì in essi la vitalità, la fertilità e la resistenza. Tolta dall'alcool la prima generazione, nata da genitori alcoolizzati, mostra ancora una vitalità indebolita; ma nelle generazioni successive gli effetti dannosi spariscono completamente. Questi esperimenti sono molto importanti, dato che negli organismi in questione si sono potuti adoperare gruppi uniformi (cosa impossibile negli animali superiori), i quali furono sottoposti all'alcool per un gran numero di generazioni. I genidi mostrano una grande resistenza all'alcool: questo li uccide o non li altera affatto; in entrambi i casi non reca danno ai discendenti.

C. R. STOCKARD trovò per contro che, in un numero considerevole di casi, le cavie soggette all'alcool danno, per una o due generazioni, prole debole o seriamente difettosa. Alla quarta generazione i difetti spariscono. Questo risultato può interpretarsi in due modi: o quegli effetti risultarono dall'azione diretta dell'alcool sul citoplasma delle cellule germinali dei genitori, e i genidi per se stessi non sono stati intaccati; oppure i genidi furono intaccati solo in parte e gli individui che li portavano risultarono estinti in capo a tre generazioni. Lo Stockard stesso propende a questa seconda interpretazione. Questi risultati sono della massima importanza pratica, anche se hanno messo in luce dei difetti che non si ereditano costantemente; è ovvio che l'alcoolismo va preso in seria considerazione, qualunque sia il modo con cui

opera ed anche se i genitori alcoolizzati danno prole difettosa solo per due o tre generazioni.

Tuttavia esperimenti fatti su altri vertebrati ebbero esito diverso. PEARL sperimentò l'effetto dell'alcool sui polli e trovò che la prole di genitori alcoolizzati non è difettosa. I genitori ebbero un minor numero di figli, che furono però più robusti e vissero più a lungo di quelli generati da genitori non alcoolizzati. Questo risultato è evidentemente il frutto dell'eliminazione selettiva dovuta all'alcool che distrugge i germi deboli e dà luogo ad una prole più esigua di numero ma più vigorosa. Dopo il lavoro del Pearl, Stockard esaminò i figli delle cavie alcoolizzate dallo stesso punto di vista. Benché nella seconda e nella terza generazione i figli fossero più deboli e imperfetti, nella quarta apparvero, come i polli del Pearl, più validi e robusti dei figli dei genitori normali. Altre conferme si ebbero da risultati analoghi condotti sui topi bianchi e sui ratti.

In tal modo ricercando gli effetti dell'ambiente sfavorevole sui genidi, si è trovato che le alterazioni mostrate dalla discendenza sono spesso dovute all'eliminazione selettiva delle cellule germinali. La maggior parte degli effetti ereditari apparentemente dovuti all'alcool sono invece il frutto della distruzione delle cellule più deboli e della resistenza degli individui più validi. Soltanto i danni osservati da Stockard nella seconda e nella terza generazione delle sue cavie sono esplicitamente dovuti ad agenti di altro genere; ma poiché essi non persistettero oltre le generazioni iniziali, non si sa ancora se in tali

casi vi sia mutazione dei genidi. Non si ottennero mai ceppi permanentemente degenerati.

L'eliminazione selettiva per mezzo dell'alcool non agisce nello stesso modo su tutti gli organismi. BILSKI trovò che nelle rane l'alcool invece di distruggere i germi deboli ne agevola lo sviluppo. Le rane alcoolizzate hanno piú figli del normale, ma in seguito la maggior parte di questa prole in sovrannumero, muore anzi tempo. BLUHM (nei topi bianchi) e CORRENS (in certe piante), trovarono che l'alcool tende ad eliminare le cellule germinali produttrici di femmine, cosicché viene accresciuta nella prole la proporzione dei maschi. Lo stesso effetto si ottiene nelle piante, in seguito a condizioni sfavorevoli d'altro genere. DANFORTH trovò nei pulcini che i germi i quali hanno un'anormalità ben definita (brachidattilia) sopportano l'alcool meglio di quelli normali. L'alcool in certi casi elimina dunque i genidi normali e conserva quelli anormali.

Questi esperimenti con l'alcool sono caratteristici: alle domande categoriche la natura rifiuta una risposta precisa. Ma in complesso appare che negli organismi superiori ai Protozoi, i genidi sono ben protetti da influenze ambientali nocive. Sebbene gli individui siano danneggiati da esse anche per diverse generazioni, i genidi che portano in sé di regola si mantengono intatti.

Tutt'insieme non appare probabile che i difetti ereditari trovati negli uomini o in altri animali siano causati in misura considerevole da un'azione diretta dall'ambiente sfavorevole sui genidi, che danneggi que-

sti ultimi.

PRO E CONTRO L'EREDITÀ DEI CARATTERI ACQUISITI

Un posto assai piú cospicuo della teoria di un possibile danno derivante ai genidi da cattive condizioni di ambiente, occupa nelle discussioni biologiche quella dell'eredità dei caratteri acquisiti.

Secondo questa concezione, lo sviluppo di nuovi caratteri da parte dei genitori, influisce in qualche modo sulle cellule germinali e sui genidi di esse di modo che i figli tendono a sviluppare quei caratteri acquisiti dai loro ascendenti, anche se le condizioni ambientali che li produssero in origine sono cessate. Nessun'altra dottrina biologica ha suscitato controversie così numerose e accanite. Mentre i sostenitori di essa la dichiarano evidente, i loro oppositori la deridono come assurda. Secondo questi ultimi, una condizione capace di produrre sui genitori un determinato effetto, dovrebbe agire in maniera completamente diversa, per modificare in senso analogo le loro cellule germinali; il che, dicono, non ha senso comune.

Tuttavia l'apparire degli stessi risultati nei genitori e nella prole può essere giustificato anche dal primo punto di vista. Le cellule germinali ed i loro genidi formano una parte del corpo dei genitori, sviluppantesi in deter-

minate condizioni d'ambiente. Si sa che le diverse parti del corpo durante lo sviluppo si influenzano e si armonizzano l'una con l'altra; e ciò vale particolarmente per le cellule che si perfezionano per ultime, come appunto quelle germinali. Poiché tutte le sue parti partecipano al processo dello sviluppo, il corpo, comprese le sue cellule germinali, sotto certi aspetti può venir considerato come un'unità. Nel comportamento, che è l'insieme delle attività dell'organismo più facilmente studiate, vale il principio che un'attività verificatasi ripetutamente sotto un determinato stimolo, più tardi si compie più facilmente, anche senza lo stimolo originale, e dà origine alle abitudini. Non sembra che vi sia una ragione *a priori* per cui non possa avvenire nello sviluppo quello che accade nel comportamento. Se il corpo si sviluppa come un'unità e ciascuna cellula prende parte allo sviluppo di esso, noi abbiamo le condizioni richieste per un'azione del genere. Dopo essersi formata una o più volte in un certo modo, sotto l'azione di un determinato stimolo, una parte del corpo, costituita nel nostro caso dalla cellula germinale, potrebbe seguitare a formarsi nello stesso modo e senza quello stimolo. Si possono immaginare benissimo delle abitudini nello sviluppo, analoghe a quelle del comportamento.

Vi sono molti fatti, sia nella struttura che nello sviluppo degli organismi, che conforterebbero questa concezione. Abbiamo visto nei capitoli precedenti, come una stessa diversità di caratteri sia in alcuni casi dovuta a differenze d'ambiente, in altre a differenze genetiche.

Vediamo che strutture prodotte in determinate condizioni di ambiente sono strettamente parallele a strutture sviluppate sotto la influenza di certi genidi, fuori di tali condizioni. L'ipotesi di un qualche trapasso dalla produzione causata dall'ambiente a quella causata dalle mutazioni genetiche è senza dubbio seducente.

Il giudizio, al solito, va deferito all'osservazione dei fatti e alle prove sperimentali. Negli organismi inferiori, cioè in quelli formati da una sola cellula, l'esperienza ha dimostrato che l'eredità di certe reazioni ambientali è un fatto certo. Sotto l'azione di taluni agenti fisici e chimici gli organismi aumentano la loro capacità di resistenza alle influenze ambientali; tale forza accresciuta appare quindi nei loro discendenti, per centinaia di generazioni quantunque essi non vivano più nelle condizioni che hanno provocato quei mutamenti la prima volta. Qui alcuni caratteri mostrati dagli individui dipendono dunque dall'ambiente in cui sono vissuti i loro antenati, tante generazioni prima. Dopo altre centinaia di generazioni cui vengono a mancare le condizioni modificatrici, la resistenza acquisita scompare; e ciò può avvenire in seguito a mutazione nei nuclei degli organismi. La natura dei processi interni, da cui dipendono nei Protozoi l'acquisto di un carattere, la ereditarietà di esso e la sua scomparsa, resta finora sconosciuta.

Ma negli organismi superiori le numerose generazioni di cellule che stanno tra i genitori e la prole, cambiano molto la situazione. O i caratteri acquisiti in tutte quelle divisioni cellulari si perdono, oppure quello che succede

è così complesso che è difficilissimo ottenere degli esperimenti conclusivi. Gli esperimenti fatti in questo campo su organismi superiori hanno dato in genere risultati o addirittura negativi o di tal natura da non poterli interpretare con sicurezza. In mancanza di esperienze decisive e probanti i giudizi si basano troppo spesso su fondamenti assai meno sicuri. La questione dell'eredità dei caratteri acquisiti tocca in vari modi le basi della condotta, e gli ideali che governano l'esistenza. Per un fenomeno tutt'altro che raro, principi che traggono la loro giustificazione in campi assai lontani dalla biologia, intervengono ad infiammare la discussione. Se gli effetti della reazione individuale alle condizioni dell'ambiente vengono trasmessi ai figli, il miglioramento dell'ambiente o del modo di reagire verso di esso porta con sé anche il miglioramento della razza; i progressi della civiltà equivalgono a perfezionamenti della natura umana. E per converso, l'ignavia, i delitti, i vizi dei genitori sono scontati dai figli e gravano fatalmente sulle future generazioni. Secondo tale dottrina quindi, la natura ed il destino dei figli sono in gran parte nelle mani dei genitori.

Partecipando così in qualche modo del dogma religioso, questa dottrina ha suscitato un interesse appassionato e partigiano che accende lo zelo dei fanatici e diventa oggetto di una propaganda in cui il fine giustifica i mezzi: l'opposizione viene raffigurata come nemica della morale e del progresso. A loro volta gli oppositori considerano la difesa dell'eredità dei caratteri acquisiti da par-

te di uno scienziato, come sintomo del suo rimbecillimento.

Lo scetticismo del partito negatore non è certo senza ragione. Esso è anzitutto ispirato dalla constatazione che negli organismi superiori il novantanove per cento dei caratteri acquisiti dai genitori non viene ereditato, constatazione che ispira ai più un naturale sospetto verso il rimanente un per cento.

Un altro fatto pesa fortemente sul piatto negativo della bilancia. I genidi dei caratteri recessivi sussistono per molte generazioni in organismi i quali, grazie alla presenza simultanea di un genidio dominante, sviluppano caratteri dominanti. Il genidio dei capelli rossi si trova spesso in un corpo che sviluppa capelli neri, e viene trasmesso in una lunga serie di individui simili, senza che lo sviluppo dei portatori di esso lo alteri: tanto è vero che quando in una lontana generazione futura, quel genidio recessivo si separerà dai dominanti, esso produrrà il tipo a capelli rossi, in tutta la sua purezza originale. Tutta intera la pratica dell'allevamento sembra escludere che il modo con cui si sviluppa l'individuo, oppure la presenza nel corpo di esso di alcuni caratteri particolari, possa influire sui genidi. Il grandissimo numero dei fatti accertati che stanno dietro a questa considerazione, costituisce una testimonianza fortissima contro la tesi dell'eredità dei caratteri acquisiti.

È vero che negli allevamenti sperimentali un dato ceppo, sottoposto per molte generazioni ad un ambiente diverso, può mutare ereditariamente, nella struttura, nel-

le funzioni e nelle abitudini, fornendo un'arma in apparenza formidabile ai sostenitori di quella tesi. Senonché anche l'ordinaria riproduzione da due genitori può dare gli stessi risultati senza nessuna alterazione dei genidi. Questo tipo di riproduzione dà continuamente nuove combinazioni: un dato ceppo produce innumerevoli tipi di figli, diversi per struttura, per funzione e per abitudine. Alcuni di essi prosperano in date condizioni, altri in altre. Ed ecco riapparire l'eliminazione selettiva; quelli che non possono prosperare nelle condizioni esistenti, scompaiono, il ceppo resta composto soltanto degli individui che ad esse si adattano, e l'intero ceppo si conforma gradatamente a temperature alte o basse, ad un determinato cibo, o a una determinata abitazione. Bastano a ciò semplicemente la produzione di molte combinazioni diverse della materia germinale, e l'automatica eliminazione degli individui inadatti all'ambiente. I risultati generali sono precisamente quelli che si avrebbero dall'eredità dei caratteri acquisiti.

La maggior parte degli studiosi di genetica ha compiuto a un certo momento degli esperimenti sull'eredità dei caratteri acquisiti. Di solito l'esito è negativo. Alcuni risultati che di tratto in tratto furono annunciati come positivi, destando un'enorme sensazione e discussioni furibonde, o furono riconosciuti poi come erronei o furono ricondotti ad altre cause, o non furono tali da escludere che altre cause (e principalmente l'eliminazione selettiva), fossero intervenute. Nonostante questi precedenti poco incoraggianti, taluni studiosi perseverano

tuttora in queste ricerche. L'esperimento piú notevole che si sia fatto recentemente in questo senso è dovuto a McDougall. Egli ammaestrò dei topi i quali per fuggire da una vasca piena d'acqua erano costretti a nuotare secondo un percorso stabilito. Egli allevò a questo modo varie generazioni, notando il tempo che ciascuna metteva ad imparare la via d'uscita da quel labirinto. Col passare delle generazioni i topi impararono in un tempo sempre minore. McDougall sostiene che questo fatto è dovuto all'eredità dell'abitudine acquistata dalle generazioni anteriori.

Venuti dopo quella serie di precedenti sfortunati, gli studi di McDougall furono accolti con parecchio scetticismo. L'opinione oggi di gran lunga prevalente fra i biologi è che l'eredità dei caratteri acquisiti, in organismi superiori ai Protozoi, non sia per ora dimostrata. E cresce sempre piú la convinzione che la ragione di tale eredità negli organismi superiori non ha luogo. Si è potuta dimostrare bensí, come abbiamo visto, l'azione diretta di certi agenti ambientali, sui genidi, azione che dà origine a mutazioni generalmente dannose. Ma supporre che le cellule germinali abbiano tendenza a riprodurre abitudini ad altri caratteri acquisiti dai genitori in determinate condizioni, è una cosa ben differente.

AZIONE INDIRETTA: L'ELIMINAZIONE SELETTIVA

Tra i fattori ambientali capaci di determinare i caratteri delle generazioni future, ci rimane da esaminare la eliminazione selettiva.

Come abbiamo veduto, si incontrano spesso gli effetti di questo fattore, mentre si studiano quelli dell'alterazione diretta dei genidi o si cerca l'eredità dei caratteri acquisiti; e ci è capitato così di anticipare la descrizione del modo col quale esso esercita la sua azione. Senza ripetere il già detto, confermeremo soltanto che l'eliminazione selettiva si può considerare la vera maga Alcina degli esperimenti biologici, sempre pronta a introdurre in essi ogni sorta di chimere e di inganni, nei quali il ricercatore che non stia più che attento corre sempre il pericolo di incappare.

Un aspetto delle conseguenze dell'eliminazione selettiva che ha giustamente suscitato grandissimo interesse, è illustrato dalla già menzionata azione dell'alcool. L'effetto diretto dell'alcool sugli individui dovrebbe produrre un danno, ma grazie all'eliminazione dei germi deboli, il danno si risolve in un miglioramento della razza, poiché i figli di genitori alcoolizzati sono, generalmente parlando, superiori a quelli dei genitori normali. Per converso nei laboratori di genetica le condizioni di vita dei soggetti sono molto più favorevoli che in natura. I moscerini ad esempio vi sono nutriti col cibo migliore,

sono tenuti in temperatura adatta, protetti da nemici e da pericoli di qualunque genere, col risultato che i ceppi ivi coltivati si riempiono di individui deboli, imperfetti, moribondi, anormali, mostruosi; abbondano le doppie zampe, l'addome anormale; vi sono famiglie senza ali o con ali degenerate, senz'occhi o con occhi imperfetti. È insomma una popolazione che allo stato di natura non potrebbe reggere nemmeno per una generazione. Qui migliorare le condizioni ambientali agli individui è dunque equivalso a deteriorare la razza.

Una tale correlazione si incontra sempre anche esaminando altri casi. Migliorando le condizioni di vita degli individui, si giunge a far sí che vivano e si propaghino esseri che in condizioni piú dure verrebbero eliminati; questi trasmettono ai discendenti i loro genidi difettosi; i difetti si moltiplicano ed il ceppo degenera.

È questo un risultato inevitabile del miglioramento ambientale? Applicando questa osservazione all'uomo, dovremo dunque concludere che il progresso della civiltà conduce alla degenerazione della specie umana?

A queste domande si risponde da molti: sicuro! È dimostrato che anche l'umanità si popola di soggetti deboli ed anormali, di persone dagli occhi, dagli orecchi, dai denti imperfetti, inferiori nel fisico e nel morale. Come nei moscerini, anche nell'uomo avvengono mutazioni dei genidi, le quali, nella maggior parte, producono difetti ed anormalità. Man mano che le condizioni della vita umana diventano piú favorevoli, gli individui minorati possono sopravvivere e propagarsi in numero sem-

pre maggiore. La razza degenera sempre piú.

Se questa conclusione fosse inevitabile, la civiltà finirebbe col distruggere la razza umana e sotto questo punto di vista, l'opera dell'eliminazione selettiva sarebbe opposta a quella che si attribuisce all'eredità dei caratteri acquisiti. Per quest'ultima il miglioramento dell'ambiente significa il miglioramento della razza, mentre per la prima accadrebbe precisamente il contrario.

La teoria che un miglioramento dell'ambiente sia un male per la razza si è diffusa parecchio in questi ultimi tempi; tutti gli sforzi per modificare in bene le condizioni della vita, si afferma, battono falsa strada. Gli igienisti, i sociologi, i civilizzatori corrompono la razza e la distruggono; proteggendoci dai nostri nemici, i batteri e dalle infezioni, rimuovendo le cause di malattie, insegnandoci a evitare le condizioni sfavorevoli ed a ricercare quelle che ci giovano, e mettendoci insomma in armonia coll'ambiente che ci circonda, costoro danno modo di vivere agli inetti che trasmettono ai discendenti le loro deficienze, con esito fatale per le generazioni avvenire. Tutto questo dovrebbe cessare. Soppressa l'igiene, lasciato libero il campo alle malattie, cessi ogni velleità di perfezionare le condizioni nelle quali vive l'umanità, altrimenti la razza è perduta!

Esaminata puramente nella cerchia dei fatti dell'eliminazione selettiva questa dottrina può anche apparire plausibile. Ma se la si accosta ad altri fatti della biologia essa diventa impossibile, paradossale ed assurda. Tutti gli organismi, con innumerevoli espedienti, si proteggo-

no dai nemici e si procurano condizioni favorevoli; la loro occupazione di ogni giorno e di ogni ora è quella di cercare l'ambiente migliore e di fuggire gli altri. L'igienista, il sociologo, il civilizzatore, non sono soli nell'opera nefasta di adattare l'organismo all'ambiente: ogni essere vivente la compie già per conto suo; noi stessi vi attendiamo ormai da cento milioni di anni: non sarebbe un'abitudine che potremmo levarci tanto facilmente.

E più si guarda, più crescono le difficoltà. Gli organismi trovano necessario di difendersi contro tutto ciò che li vorrebbe distruggere; il caldo, il freddo, il vento e la pioggia; l'inedia e la sazietà, gli alimenti nocivi, le percosse, le contusioni, le ossa rotte, le epidemie, le calamità naturali. Lotta per l'esistenza: la vita non è altro. Se un organismo non lottasse, non scegliesse il suo ambiente, non cercasse di proteggersi, la sua specie si estinguerrebbe in una generazione. Così accade per l'uomo, per l'uccello, per il pesce, per il verme, per il protozoo o per la pianta.

Non possiamo segnare nessun limite in questo campo, né arrestare in nessun punto questa incessante opera di adattare l'ambiente a noi e noi medesimi ad esso. Deve pure essere possibile un qualche accordo, qualche compromesso tra la necessità che ha la razza di progredire, pena il decadimento, e il bisogno che ha l'individuo di un ambiente favorevole, pena la morte.

Per abbracciar meglio la situazione che interessa l'umanità, consideriamo alcuni fatti tipici. Nell'uomo,

come negli altri organismi, compaiono alle volte individui i cui genidi sono difettosi, causa uno sviluppo imperfetto. Ad esempio, gli ormoni prodotti possono essere deficienti di qualità, di quantità, o dell'una e dell'altra insieme; ne derivano altre imperfezioni. Se fa difetto la secrezione della tiroide, o per mediocrità di genidi o per deficienza di nutrizione, l'individuo diventa un cretino. Se non si forma adeguatamente l'insulina, si ha un diabetico. Se gli ormoni determinanti il sesso non sono normali, si forma un individuo affetto da altre anormalità.

Ma la terapeutica chimica ha scoperto mezzi per rimediare ai disordini dovuti a genidi difettosi. Alla deficienza di secrezione della tiroide si può rimediare mescolando al cibo l'ormone della tiroide; e il cretino diventa un essere normale. Introducendo l'insulina dall'esterno si supplisce alla sua mancanza costituzionale. Le sostanze chimiche necessarie possono perfino essere prodotte artificialmente, per via sintetica, grazie a scoperte recentissime. Possibilità meravigliose si aprono ogni giorno in questo campo; esseri i quali oppressi da ogni sorta di malanni, sarebbero stati null'altro che un peso a sé ed agli altri, possono diventare individui normali, utili, felici.

Consideriamo ora gli ulteriori risultati di questi probabili progressi della chimica sintetica applicata alla medicina. Ai difetti nei genidi si può rimediare non meno facilmente che ai difetti della nutrizione. Il prodotto di una tiroide difettosa si può integrare artificialmente con la tiroxina e l'individuo ritorna normale; ma

poiché i genidi non mutano, rimangono difettosi, e come tali vengono trasmessi alla prole. La prole quindi deve essere trattata a sua volta con la tiroxina. I genidi di un altro individuo producono un difetto nella secrezione dell'ipofisi; quelli di un altro nella secrezione delle surrenali; quelli di un terzo negli ormoni della riproduzione; di un quarto nel pancreas. La chemioterapia rimette magnificamente a posto tutti costoro. Ma i loro discendenti, minorati per colpa dei genidi sempre difettosi, devono venir sottoposti a integrazioni chimiche anch'essi. A lungo andare si accumula in tal modo nella razza un gran numero di genidi difettosi. Ogni individuo che li riceve deve sottoporsi all'azione di uno o più surrogati dei prodotti normali dei genidi, deve portare con sé un arsenale di siringhe ipodermiche, di fiale, di capsule, di pastiglie, deve rimanere entro la sfera di azione del laboratorio chimico da cui dipende la sua esistenza.

Non è davvero una prospettiva invidiabile. È certo più attraente la condizione di una razza nella quale per ignoranza del rimedio chimico, i genidi imperfetti sono eliminati man mano che fanno la loro comparsa, in modo che ogni individuo porta in sé, cioè nella sua scorta di genidi, un laboratorio naturale che gli fornisce automaticamente le sostanze chimiche necessarie al suo benessere.

Come far fronte a questa situazione? I selezionisti consigliano all'umanità di far macchina indietro.

Ma fino a dove? Dovremmo sospendere ogni misura igienica e lasciar rifiorire il vaiolo, la peste, e le altre

epidemie distruggitrici di metà del genere umano? Dovremmo rinunciare alle vesti, alle case, agli utensili, al fuoco? Nessuna invenzione ha conservato l'esistenza a più esseri deboli di questa del fuoco. Rinuncieremo alle nostre conoscenze scientifiche, che oggi sono lo strumento più efficace per mantenere in vita individui che un tempo sarebbero morii? Torneremo ad essere gli abitanti delle caverne, poco diversi dai bruti?

La semplice enumerazione di questi rimedi mostra che essi sarebbero peggiori del male. L'uomo è una creatura che cerca di migliorare le condizioni in cui vive, come fanno gli scoiattoli, le formiche, i gamberi e tutti gli altri viventi. Se ciò in definitiva porterà alla distruzione della razza, ebbene, vorrà dire che questa distruzione è inevitabile.

Gli eugenisti tuttavia propugnano un'altra soluzione al problema. Si continui pure, dicono essi, a migliorare le condizioni ambientali, e a favorire sempre più l'esistenza umana; si provveda pure a correggere e a perfezionare gli individui minorati, in modo che la loro vita diventi quanto più completa e soddisfacente potrà renderla una civiltà progredita, ma si impedisca che tali individui si moltiplichino. Non è già la loro esistenza che è minacciosa per le sorti della razza, bensì la loro propagazione. Noi abbiamo già esposto il nostro punto di vista al riguardo, in fine al capitolo dedicato all'Eugenetica: ad esso rimandiamo il lettore che avesse dimenticato le nostre conclusioni.

CAPITOLO XVI

LA CONCEZIONE MODERNA DELL'EVOLUZIONE

LE DUE DOTTRINE PREVALENTI

La costituzione ereditaria degli organismi non è dunque né statica né costante. Gli organismi si alterano nei loro caratteri e appaiono razze con nuovi caratteri ereditari; abbiamo visto alcuni dei processi interni nei genidi e nei cromosomi soggiacere a tali mutazioni, e che gli agenti produttori di tali mutazioni consistono almeno in molti casi di radiazioni invisibili, cosicché è stata avanzata l'ipotesi che tali radiazioni siano la causa dell'evoluzione organica.

Ma è chiaro che le radiazioni non determinano la direzione e la natura delle mutazioni evolutive. Un genidio colpito da un raggio produce una mutazione nel colore dell'occhio; un altro una mutazione nella statura, o

nella forma delle membra, o nell'attività del cervello. Diverse mutazioni evolutive producono organismi di specie diverse. Cos'è che porta una linea di evoluzione a produrre gli insetti e un'altra a produrre l'uomo? Quale, infine, è la natura delle variazioni che danno tali risultati? Come variano i processi evolutivi?

Non ci fermeremo sui gradi particolari per cui si giunge alla produzione delle diverse specie di organismi. Sperimentalmente poco se ne sa; ed il trattarne da altri punti di vista richiederebbe volumi interi. Ma in questo capitolo non sarà inopportuno esaminare alcuni problemi posti dalla natura delle mutazioni evolutive, poiché essi sono legati direttamente con la teoria e con la pratica della scienza e della vita.

Riguardo alla natura di tali mutazioni esistono oggi due teorie principali. L'una considera l'evoluzione come l'attività commensurabile di una vasta macchina operante secondo leggi determinate e costanti, la quale nulla produce che non sia prevedibile quando si sappia ciò che essa produsse in passato. L'altra sostiene che l'evoluzione è creativa; che dal suo operato emergono essenzialmente cose nuove e nuovi metodi non calcolabili né prevedibili. La prima è la dottrina dell'evoluzione meccanica, la seconda quella dell'evoluzione emergente.

Il conflitto fra queste due dottrine è in relazione con quello ben noto tra i principi che regolano i rapporti degli uomini fra loro, e i principi del metodo scientifico. L'una rappresenta il punto di vista puramente fisico-chimico, che suole essere avanzato come l'unico veramente

scientifico; l'altra si accosta a quello che si potrebbe chiamare il punto di vista «umanistico». Nel nostro esame tenderemo di assodare quale delle due dottrine sia la guida migliore nella scienza e nella vita.

Entrambe sono sorte partendo inizialmente da un tipo particolare tra i mutamenti che sono osservabili in natura, per affermare che esso rappresenta il tipo al quale tutti gli altri mutamenti sono conformi.

L'EVOLUZIONE MECCANICA

I mutamenti piú evidenti all'osservazione sono quelli che provengono dal moto delle parti del mondo relativamente una all'altra, e dal conseguente variare della loro disposizione. Gli oggetti e gli organismi si muovono da un posto all'altro; mari e continenti cambiano di posto, le montagne si abbassano, si elevano le pianure. Gli esseri viventi crescono, mutano di forma e di struttura. Le parti degli oggetti e degli organismi si muovono in relazione l'una con l'altra. Quanto piú minutamente si considerano le cose, di tanto piú generale appare questo moto relativo delle parti e piú importante la sua funzione. Esso prevale tra le particelle piú piccole che formano le cose; tra i cromosomi e i genidi, tra le molecole, gli ioni, gli atomi, gli elettroni, i «quantum». L'universalità dei mutamenti di questo tipo e delle conseguenze che ne derivano, talora inaspettate, ha fatto ritenere a una grande

schiera di studiosi della natura che questa sia la sola specie di mutamenti possibili. L'universo è formato da parti e queste parti si muovono relativamente l'una all'altra, prendendo posizioni differenti: tutto è lì! Tutti i particolari non sono altro che variazioni dei moti e della reciproca disposizione. Ogni mutamento evolutivo è di questa natura. La scienza ha per compito di determinare le leggi di quei moti e delle varie disposizioni cui danno luogo. Questa è in ristretto la dottrina del meccanicismo, dell'evoluzione meccanica: essa porta a conclusioni che determinano tutta la prospettiva della vita e del mondo. Esaminate le parti ed i loro moti, si trova infatti che questi seguono regole ben definite. Se ne deducono leggi generali del moto, le quali mostrano la dipendenza dei moti particolari delle parti da certe proprietà di queste, particolarmente dalla loro massa, dalla posizione e dalla distanza relativa, e dai moti che sono già in corso. Si è trovato che queste leggi persistono anche in condizioni molto diverse, e si è concluso che devono persistere in qualsiasi condizione; conclusione che ha conseguenze enormi. Le proprietà, i moti, la distanza e la direzione si possono esprimere quantitativamente e possono venire sottoposti a computo matematico, in modo che le leggi si riducano a formule matematiche, in base alle quali è possibile calcolare i moti e le disposizioni future.

Tale calcolo si dimostra di grandissima utilità. Grazie ad esso diventano chiari e prevedibili i movimenti dei pianeti e delle stelle, degli atomi e degli elettroni, e con questo ausilio l'uomo è riuscito a stabilire il suo dominio

su gran parte della natura. Le scienze fisiche e chimiche trovano dunque tutto il loro compito nell'esame quantitativo dell'universo e nella formulazione matematica delle sue leggi.

A questo metodo di calcolo e di predizione sfuggono tuttavia alcune parti e alcuni moti dell'universo, nel mondo organico specialmente. Si dice che ciò sia dovuto unicamente all'incompletezza delle nostre cognizioni presenti; e che si tratta soltanto di integrarle. Poiché l'universo è composto soltanto di parti, di moti, di disposizioni che si possono esprimere quantitativamente e poiché i movimenti avvengono sempre secondo le stesse leggi, non è dubbio che in corso di tempo si riesca ad applicare anche al mondo organico lo stesso metodo. Allora a un calcolatore pratico non dovrebbe essere impossibile di predire esattamente l'intero corso dell'evoluzione.

Secondo questa concezione, l'universo è dunque un meccanismo fisico-chimico agente secondo leggi invariabili e il cui operato è perfettamente calcolabile in precedenza. Le operazioni e gli esseri futuri vengono determinati con la stessa esattezza di quelli presenti e passati.

Da queste conclusioni positive sul modo col quale il mondo si determina, decorrono naturalmente anche delle conclusioni negative. Poiché tutto quello che accade è determinato dalle masse, dai moti, dalle disposizioni preesistenti, ne consegue che le idee, i progetti, le opinioni, gli ideali e tutto quanto si può ricondurre a ciò che diciamo la «mente» non ha nessuna influenza sul

corso degli eventi, poiché tutte queste cose non hanno né massa né moto ed esulano da computazioni matematiche.

Del resto, poiché ogni azione, secondo il punto di vista meccanicistico, è determinata dalla precedente situazione fisico-chimica, ne segue che ci sarebbe ad ogni modo impossibile mutare il corso di quello che deve accadere. Noi non siamo motori, ma semplici ruote nell'ingranaggio della macchina universale.

Inoltre, dal momento che le leggi della natura sono immutabili, il mondo dovrà continuare ad agire in futuro come ha sempre fatto per il passato: nulla di sostanzialmente *nuovo* potrà accadervi. Quello che fu è quello che sarà, ciò che fu fatto in passato si farà in sempiterno, e mai si vedrà cosa nuova sotto il sole.

L'EVOLUZIONE EMERGENTE

Una seconda schiera di osservatori è stata profondamente colpita da un altro tipo di mutamenti; quelli propri degli organismi. Noi che siamo organismi, troviamo che in noi stessi avvengono mutamenti non esprimibili per mezzo di formule abbraccianti solo le masse e i loro moti. Scopriamo per esempio in noi stessi una sensazione di dolore, che può mutarsi in una sensazione di piacere. Ora abbiamo una sensazione di azzurro, ora di rosso. Abbiamo oggi un'opinione che domani si trasforma

in un'altra; e così via.

Un calcolo che comincia con delle masse e dei moti, produce soltanto altre masse ed altri moti; non può condurre al piacere, al dolore, al rosso, all'azzurro, ad opinioni o idee. In questo campo i mutamenti ed i moti si scoprono soltanto con l'osservazione e con l'esperienza, non con il computo.

Queste esperienze e questi mutamenti interni negli organismi inferiori devono essere ben diversi, da quelli che possiamo riscontrare in noi stessi. Certamente l'ostrica non ha un mondo interiore ricco come quello di Dante o di Shakespeare. Tali esperienze mentali devono dunque essersi sviluppate nel corso dell'evoluzione; e questo loro sviluppo è parte del processo evolutivo non meno dei moti e delle alterazioni delle particelle fisico-chimiche. Studiando più a fondo la storia del mondo si vede che ci fu un tempo in cui le sensazioni, le idee ecc., non c'erano, perché non esistevano le condizioni richieste per esse; è dunque possibile, se non probabile, che tali cose si siano sviluppate da una situazione preesistente in cui non c'erano.

Ecco dunque sorgere numerosi elementi che non si sarebbero potuti prevedere per mezzo di un calcolo basato su quello che esisteva prima. Sono i mutamenti di questo genere sui quali si fonda la concezione dell'evoluzione emergente. I seguaci di questa teoria sostengono che tutto ciò non si può trascurare. I mutamenti, le «emergenze» di questo genere sono della più grande importanza per lo studio degli organismi viventi; specie

nell'uomo hanno una funzione capitale. Una teoria dell'evoluzione e dell'universo che le trascuri per limitarsi allo studio dei fenomeni fisico-chimici, è insufficiente.

I mutamenti della materia e dei moti possono influire sui mutamenti mentali, e reciprocamente?

L'osservazione critica e sperimentale deve essere ancora una volta il nostro oracolo. Esso ci dice che un ordine di mutamenti è legato all'altro. Noi sperimentiamo con il caldo e con il freddo: essi producono sensazioni differenti. Un grosso peso che ci cade su un piede produce una sensazione alquanto diversa da quella provata prima di questo mutamento fisico. Le relazioni tra i mutamenti fisici e i mutamenti psichici sono infinite; la vita ne è piena. Malgrado la sperimentazione piú raffinata, il fatto che i mutamenti fisici danno origine a quelli mentali rimane certo. Questa conclusione è sovvertitrice rispetto al calcolo matematico dell'universo, poiché accanto agli elementi che si possono computare essa introduce sensazioni, emozioni, pensieri incalcolabili, in varietà infinita.

Ancora piú sovvertitrice nella sua portata, particolarmente rispetto alla natura del mutamento evolutivo, sarebbe la conclusione che le sensazioni incomputabili, le idee e gli altri mutamenti mentali alterano i processi fisici e influiscono sui moti e sulle disposizioni delle particelle. Il senso comune non ha dubbi in proposito. Se una cosa mi fa male, io mi allontano da essa, se mi fa piacere no. Se ho un'idea mi comporto in un dato modo,

se la mia idea cambia agisco diversamente: io giudico dunque che le sensazioni, le idee, i propositi ed i pensieri, abbiano molta influenza su quello che faccio.

Il sostenitore dell'evoluzione meccanica si allarma a simili conclusioni.

Egli rinuncia mal volentieri a calcolare ed a predire tutto quello che succederà, poiché gli sembra che ciò costituisca proprio la caratteristica della scienza, e che chi rinuncia a ciò, rinunci anche ad essa. Perciò obietta che, quando nasce una sensazione si ha contemporaneamente una alterazione fisica: la situazione materiale muta, o internamente o esternamente all'individuo, o in entrambi i modi. È a questo mutamento fisico che il sostenitore dell'evoluzione meccanica attribuisce il moto che l'uomo comune per istinto attribuisce alla sensazione. Egli fa notare come il progredire delle ricerche tenda a stabilire che tutti i processi psichici o mentali sono accompagnati da processi fisici, e che ogni differenza nel primo di questi campi è congiunta a differenze caratteristiche nel secondo. Quanto più si allargano le nostre conoscenze, più completa diventa la dimostrazione che le differenze nei processi mentali e fisici procedono di conserva. Il meccanicista basandosi su questo, viene ad attribuire tutti i supposti effetti dei diversi processi mentali ai processi fisici che li accompagnano. Tutto quello che succede, ritorna così ad essere calcolabile anche se il fatto mentale è sfuggito al computo fisico-chimico. Perciò le sensazioni, le idee, le opinioni, i propositi non hanno influenza alcuna sui risultati; e non hanno nessu-

na parte in quel che accade nel mondo, né sui movimenti delle cose, né sulla condotta degli uomini; le stesse condizioni fisico-chimiche senza gli stati mentali corrispondenti produrrebbero gli stessi risultati.

Come scoprire se ha ragione l'istinto naturale o la scienza? Ricorrendo sempre all'unico arbitro vero di ogni controversia scientifica, l'esperimento, per scoprire se un dato risultato è prodotto da una determinata situazione fisica o mentale, bisogna isolarlo; sottrarre una causa lasciando l'altra immutata. Bisogna cercare di ottenere la condizione mentale senza la caratteristica situazione fisica corrispondente, e reciprocamente la stessa situazione fisica senza lo stato mentale.

Ma se proviamo, ci accorgiamo ben presto che è una cosa impossibile. Nessun esperimento del genere può esser fatto. Il fatto sul quale il meccanicista fonda la sua asserzione è la differenza delle condizioni fisiche tra quando la sensazione c'è e quando non c'è, e che a ogni mutamento nello stato mentale corrisponde una mutata situazione fisica. Perciò non è possibile far cessare o alterare la sensazione se non facendo cessare o alterando la condizione fisica; e neppure si può alterare la condizione fisica senza che la sensazione o l'altro stato mentale in relazione con essa venga di conseguenza a mutare.

Non c'è dunque, e non ci potrà mai essere, nessun esperimento il quale provi che una condizione fisica può, senza il concorso del corrispondente stato mentale, dare lo stesso risultato. Una simile affermazione potrà

farsi in sede metafisica, ma non in sede di scienza positiva. Lo stesso varrebbe sostenere che quel tale risultato può aversi da uno stato mentale senza mutamento fisico, il che non ha nessun fondamento. Scientificamente non si possono scindere i prodotti dei due fattori fisico e mentale per attribuirlo poi all'uno piuttosto che all'altro. Essi sono inseparabili e, sia sperimentalmente che praticamente vanno considerati una cosa sola.

Ne consegue che ai nostri effetti, la specificazione dell'uno implica quella dell'altro: son due nomi per una unica situazione: ed entrambi si possono usare indifferentemente per descrivere i risultati degli esperimenti. Un osservatore *ab externo* che faccia degli esperimenti fisici e chimici, sull'individuo umano, può senza errore ricondurne i risultati alla fisica o alla chimica, purché si astenga dall'affermare che lo stato mentale non vi ha parte. E può farlo perché tutte le variazioni mentali sono accompagnate da variazioni fisiche sempre diverse e caratteristiche, sicché a ogni risultato, qualunque sia, corrisponde una condizione fisico-chimica tipica. Si trova sempre una causa obbiettiva sperimentale, per ogni cambiamento che si verifica nel piano della mente o della psiche.

Lo stesso vale per «l'umanista» il quale invece si interessa del modo in cui le opinioni, le emozioni, i pregiudizi influenzano la condotta degli uomini. Egli può attribuire con sicurezza tutto ciò che accade a queste condizioni fisiche che le accompagnano. Non è possibile negare sperimentalmente e scientificamente il potere delle

sensazioni, delle emozioni, delle idee, delle opinioni, dei pensieri, una volta che si sia ammesso, come lo ammette il meccanicista, che ad esse corrispondano altrettante caratteristiche condizioni fisico-chimiche. Se la sensazione, l'emozione, l'idea è rimossa o si muta, cambia l'azione che ne doveva seguire. Ecco determinata sperimentalmente e con sicurezza l'azione degli stati mentali! L'unico modo per evitare tale conclusione starebbe nella dimostrazione che nelle situazioni che seguono determinati stati mentali, tutte le parti si muovono precisamente secondo quelle leggi che regolano il loro movimento in altre condizioni in cui non hanno luogo i suddetti fenomeni mentali. Non si è avuto finora neanche il piú modesto principio di una dimostrazione del genere, e neppure il minimo indizio che essa possa mai essere fornita.

I fautori della evoluzione emergente sostengono che nel corso dell'evoluzione si sono viste tante cose nuove, diverse assolutamente da quelle che v'erano prima; che una conoscenza anche completa delle masse e dei loro moti passati e presenti non può bastare al calcolo certo dei loro comportamenti futuri. Nuove leggi del moto, nuovi comportamenti sorgono con ogni nuova disposizione delle particelle, e con la comparsa di ogni nuovo stato mentale. E ciò vale per ogni momento dell'evoluzione, oggi come ieri.

La verità di questa opinione è manifesta per gli organismi viventi, per lo sviluppo di essi, sia fisico che mentale e per lo svolgersi del loro comportamento, non

meno che per l'evoluzione delle specie nelle età passate.

Ma gli evoluzionisti emergenti possono arrischiare anche un passo piú avanti. Le proprietà chimiche, nella maggioranza dei casi, non sono state calcolate o predette dai moti o dalla disposizione degli elettroni, cioè dalle proprietà delle particelle prese separatamente. Come i caratteri degli organismi, sono state anch'esse accertate per mezzo di esperimenti. Ai seguaci di questa scuola ciò appare assai significativo per la vera natura delle cose. Essi affermano che probabilmente anche nella chimica inorganica si danno nuove proprietà e nuovi comportamenti col mutare della disposizione delle parti. Tale affermazione ha carattere assai meno positivo; ciononostante si sostiene fino a prova contraria.

Cosí la dottrina tipica dell'evoluzione emergente afferma che si hanno nuove proprietà, nuovi comportamenti quando si procede dagli atomi alle molecole, dalle molecole semplici a quelle piú complesse, dalla chimica inorganica all'organica. Secondo tale concezione, le proprietà degli atomi dipendono bensí da quelle degli elettroni, ma *quando questi sono nell'atomo*, e le proprietà delle molecole da quelle possedute dagli atomi, ma dagli atomi *che si trovano nelle molecole*. Infine le proprietà delle cose viventi dipendono dalle proprietà delle particelle fisico-chimiche che le costituiscono quando queste ultime *esistono nelle cose viventi*; le attività degli esseri che pensano dovrebbero dipendere dall'azione dei loro costituenti fisiologici, quando questi ultimi sono parte di essi; le attività sociali dovrebbero dipendere da

quelle degli individui, *quando siano individui in società*. E tale scuola dichiara ancora che non appena divengono parte di un emergente complesso maggiore, i costituenti di ogni grado acquistano nuove proprietà e nuovi modi di agire; che la fisica degli atomi e delle molecole non si conoscerà interamente se non dopo averla studiata negli esseri viventi oltreché negli esseri morti; che la fisiologia dei componenti del corpo, separati dall'organismo vivente, è essenzialmente diversa dalla fisiologia propria dell'organismo vivente. I costituenti di ciò che emerge partecipano sempre delle proprietà che avevano prima, ma aumentate e modificate. Le proprietà dell'intero emergente dipendono sí dalle proprietà dei suoi costituenti, ma con aggiunte e alterazioni. Le parti dipendono dal tutto come il tutto dalle parti.

CONSEGUENZE PER LA SCIENZA E PER LA VITA

A seconda che noi accettiamo la dottrina dell'evoluzione emergente piuttosto che quella dell'evoluzione meccanica, si hanno evidentemente grandi differenze, nella teoria e nella pratica della scienza, nel temperamento e nella condotta dello scienziato, nella concezione generale della vita e dell'universo.

Per l'evoluzione meccanica il metodo scientifico ideale è soprattutto razionalistico, con un grado minimo di

empirismo. Dall'esame di ogni piccola parte dell'universo in qualunque momento è possibile scoprire le leggi che regolano l'azione e il raggruppamento per tutte le parti di esso e per ogni tempo. Dovrebbero bastare poche osservazioni preliminari; il resto è ottenibile con il calcolo e con il ragionamento. La scienza potrebbe ben presto abbandonare il terreno greve dell'osservazione per salire di slancio nel cielo dei calcoli matematici e dei ragionamenti filosofici. Da un semplice campione dell'universo dovremmo poterlo, col ragionamento, ricostruire intero. Il continuo ricorrere all'esperimento non è che l'espedito delle menti corte, uno sforzo per conoscere con un mezzo grossolano quello che potremmo sapere con il calcolo e la logica.

Per la dottrina dell'evoluzione emergente invece l'unico metodo scientifico è dato dall'osservazione e dall'esperimento. Il pensiero è uno strumento, uno strumento molto incerto, che ci aiuta a stabilire quello che dobbiamo tentare; ma l'ultima parola deve essere il motto del Cimento: *Provando e riprovando*. La scienza è l'organizzazione dell'esperimento.

Questa teoria postula che vi è sempre una causa sperimentale per ogni mutamento che avviene, e mentre non pone limiti a quello che la scienza può scoprire, riconosce che essa non finisce mai, e che deve continuare a svilupparsi fino che continuerà l'evoluzione. Essa non ammette che il miglior interprete della vita è colui che si chiude nello studio delle cose morte; nozione che è riuscita pernicioso alla biologia, conducendola troppo spes-

so a muoversi in pretenziose superficialità. Essa esige bensì uno studio dell'inorganico come dell'organico, ma non riconosce nessuna prevalenza al primo sul secondo. La sperimentazione è indispensabile tanto nel vivente che nel non vivente, e altrettanto valida.

La biologia diventa così una scienza autonoma anch'essa: la dottrina dell'evoluzione emergente è la sua dichiarazione di indipendenza.

Nell'ambito della biologia stessa tale dottrina conduce a un risultato parallelo. Organismi differenti e differenti società di organismi costituiscono emergenti diversi che mostrano diversi sistemi di relazione i quali, di conseguenza, si comportano diversamente. Non si può più sostenere che quello che è vero per un organismo sia necessariamente vero per un altro. Né lo studioso potrà più sperare di risolvere un problema generale del mondo organico, basandosi su di un solo esperimento decisivo. La conoscenza della biologia dell'ostrica non è una solida base per giudicare di quella delle formiche; allorché questa verità sarà eretta a principio, il vezzo delle pronte generalizzazioni che dissemina di tanti errori le discipline biologiche perderà il suo fascino. La generalizzazione sarà considerata non il più semplice e il più agevole, ma il più arduo compito della biologia. Scoprire quello che gli organismi hanno in comune diventa così oggetto di un'amplissima investigazione comparativa, non già campo di ipotesi. I risultati divergenti di ricerche su organismi diversi non si devono rifiutare *a priori*, poiché come le uguaglianze, anche le divergenze hanno un si-

gnificato, e non minore.

Tutto ciò vale per l'uomo come per gli altri organismi; per la sua condotta, per la sua organizzazione sociale, per le sue possibilità. L'uomo, come gli altri organismi, è un emergente. Le sue azioni possono obbedire agli stessi principi di quelle degli altri organismi, o egli può agire secondo principi differenti. Questa non è materia di presunzione; è una questione di fatto che va messa in luce unicamente con le prove e con l'esperienza. I dati ottenuti dallo studio dell'uomo, purché ottenuti con giusto metodo, hanno, in ultima analisi, lo stesso valore di quelli forniti dall'ameba, dalla rana o dal topo, tanto se sono conformi a quello che si è trovato negli altri organismi, quanto se ne sono disformi. Se un antropologo afferma che l'uomo mostra determinati caratteri, non basta a negare il suo asserto il fatto che tali caratteri non sono stati trovati in un altro essere vivente. Non si può irridere *a priori* all'idea che l'uomo sotto certi aspetti agisca in virtù di principi suoi propri, diversi da quelli che reggono la vita degli altri animali. Se l'evoluzione emergente è una dottrina scientifica vera e propria, deve affrontare anche tale questione senza preconcetti teorici e puramente come materia di investigazione. Procedendo con questo metodo, potremo anche arrivare ad ammettere con Ritter che ogni particolare individuo umano può essere un emergente; una cosa diversa dalle altre e sotto certi aspetti unica; una creatura la cui esistenza è governata da leggi tutte sue e che non può essere costretta in una formula biologica generale. Tutto ciò non potrà a

meno di portare un profondo rivolgimento nel modo di considerare alcuni grandi problemi umani.

Ricapitoliamo. È sembrato spesso che tra i principi cui si ispira la scienza e quelli che governano la condotta umana, vi fosse un contrasto insanabile. La concezione meccanicista, affermando che ogni atto viene determinato dalle condizioni fisiche e chimiche che lo precedono e che, conoscendo tali condizioni, esso è prevedibile, conduce al fatalismo, estingue ogni ragione di sforzo, ogni tentativo dell'uomo a guidare il corso degli eventi. Ragione, ideali, propositi, fede, tutto quello che ha attinenza con la mente è rigidamente eliminato dal piano e dalla esistenza dell'universo.

Poiché le leggi della natura sono immutabili, il passato regna assolutamente sull'avvenire. L'aspirazione di giovare all'umanità, di sostituire a ciò che fa male ciò che sarà meglio, è una fantasia romantica e null'altro. Nell'universo visto integralmente e secondo l'evoluzionismo meccanico, l'etica non esiste; e noi dobbiamo imparare a leggere nella realtà il contrario di tutto quello che ci sta davanti come meta ideale della nostra vita individuale e collettiva. Tali aspirazioni non sono che un vano desiderio di contrastare al corso della natura, e non possono mai sortire effetto alcuno.

La dottrina dell'evoluzione emergente capovolge interamente la situazione. Le aspirazioni influenzano il corso degli eventi; i pensieri, gli ideali, i propositi fanno parte dei fattori che determinano gli eventi naturali. Se

l'uomo non è una parte della natura, non può essere rigorosamente vero che «l'approvazione o la disapprovazione umana non alterano il corso della natura». I desideri e le aspirazioni dell'umanità sono cause determinanti dell'operazione dell'universo, nella stessa guisa dei determinanti fisici. Le leggi della natura non sono immutabili, nel senso che non se ne scopriranno di nuove in corrispondenza di nuove condizioni. Perché le cose in passato sono avvenute in un certo modo non si può dire che avverranno così in futuro. Questa non è stata la storia dell'evoluzione in passato, né vi è ragione di aspettarselo in avvenire. Il metodo scientifico si riconcilia con l'umanità, poiché nella scienza non vi è nulla che debba scoraggiare l'uomo dallo sforzarsi verso i propri ideali.

FINE

NOTA

Chi volesse ulteriormente approfondirsi negli argomenti qui trattati, potrà trovare, sviluppata in modo particolare, la teoria cromosomica dell'eredità nel libro di P. ENRIQUES: Le leggi di Mendel e i cromosomi (Zanichelli, 1932); per la parte che riguarda invece l'eredità nell'uomo dei caratteri normali e patologici, nell'Eredità nell'Uomo pure dell'ENRIQUES (Vallardi, 1924); per le numerose ricerche citate sulla Drosophila l'opera "The genetics of Drosophila" di T. H. MORGAN, C. B. BRIDGES e A. H. STURTEVANT. Bibliographia genetica, Vol. II, 1905.