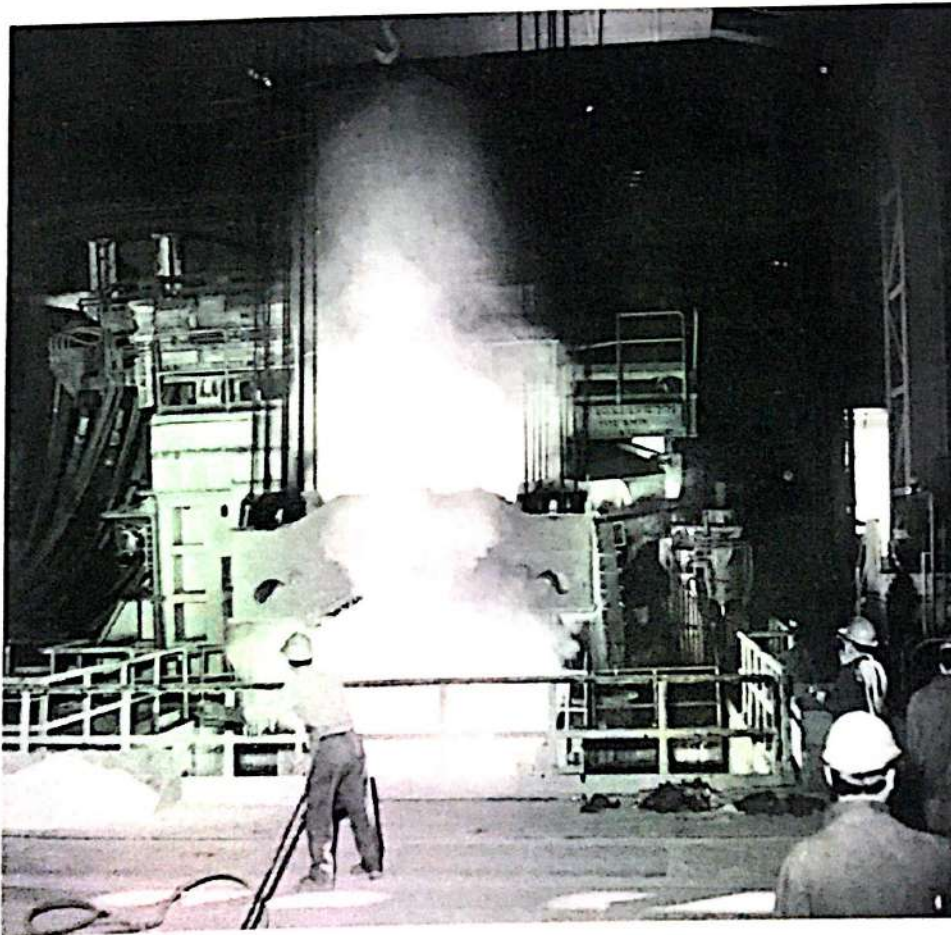


I LIMITI DELL'ADATTABILITA' UMANA

di Eugène Schreider

Si avanzano ipotesi sull'adattabilità umana a sopravvivere ed a insediarsi in luoghi in cui sembra impossibile la vita dell'uomo: esse riguardano una rigorosa selezione che porti alla comparsa di tipi umani più resistenti, particolari meccanismi biologici regolatori, la dimensione culturale dell'uomo.

Fig. 1 Operai metallurgici sorvegliano una colata di acciaio. L'allenamento non è sempre sufficiente per abituare l'uomo a lavori faticosi. Si tende sovente a dimenticare i limiti dell'adattabilità umana creando dei compiti manuali che sottopongono il corpo umano a sforzi debilitanti.



È un procedimento assai comune quello di paragonare l'uomo alle altre specie animali e di andare in visibilo di fronte alle sue straordinarie capacità di adattamento. In effetti, malgrado la sua vulnerabilità biologica, l'uomo a poco a poco ha colonizzato grandi superfici del nostro pianeta, riuscendo ad insediarsi anche là dove sembrava impossibile sopravvivere. Le popolazioni delle regioni poste a grandi altitudini, quelle delle zone polari o desertiche vivono, appunto, in ambienti completamente ostili con i quali, tuttavia, hanno stretti rapporti ecologici. Si può supporre che, in queste regioni, una selezione genetica rigorosa abbia provocato la comparsa di tipi umani più resistenti. Esistono, tuttavia, anche diversi altri meccanismi biologici che permettono in generale all'uomo di adattarsi per un periodo più o meno lungo a condizioni completamente diverse da quelle alle quali è abituato. Tali sono, per esempio, i meccanismi regolatori che permettono ad un abitante di pianura l'adattamento ad altitudini elevate o a quello dei paesi tropicali di resistere all'inverno della zona temperata. In effetti è molto difficile, anzi quasi impossibile, stabilire il contributo apportato da questi due tipi di adattamento, in quanto alle modalità particolari della sua eredità — numerosi caratteri che variano quantitativamente sono regolati da geni multipli — si aggiunge la dimensione culturale dell'uomo: dove non è più sufficiente l'adattamento biologico sono state messe a punto tecnologie di vario tipo che permettono all'essere umano di controllare in una certa misura le sue relazioni con l'ambiente circostante. Parlando di adattabilità umana, si pensa, in un primo momento, come è comprensibile, ad un problema di fisiologia. Si prendono in considerazione in sostanza i fenomeni che ci permettono di sopravvivere e anche di fornire il nostro pieno rendimento in luoghi diversi e in condizioni mutevoli oppure ostili. Alle volte si afferma che se esiste un essere vivente in grado di « sopportare tutto », questo è l'uomo. E che se ce n'è uno capace di sopportare ancora di più, è la donna. C'è del vero in questo concetto, anche nella battuta che riguarda la « migliore metà della specie umana », per usare l'espressione di un illustre e galante

specialista americano di metabolismo. L'adattabilità è certamente, in primo luogo, l'attitudine a mantenere normali le attività fisiologiche e, nel caso dell'uomo, anche quelle professionali, anche se l'ambiente cambia in modo notevole e i compiti diventano difficili. Questa attitudine, o meglio, per essere più precisi, questo insieme di capacità differenti fa parte del patrimonio ereditario della specie, ma non bisogna concludere che sotto questo aspetto tutti gli individui siano identici, cosa, questa, che si sa da molto tempo. Di solito si attribuiscono le differenze all'allenamento più o meno spinto, ma questo punto di vista, ammissibile in certi casi, non può esserlo in altri.

In realtà le cause delle variazioni sono molteplici e spesso difficili da individuare. Talvolta si può pensare che le reazioni degli individui all'ambiente circostante siano differenti a causa dell'influsso di fattori genetici. Ci si domanda allora se non sia sempre per motivi ereditari che la « flessibilità di riadattamento » non è identica in tutti i gruppi umani.

Su questo punto sono stati espressi pareri discordanti e bisogna ammettere che talvolta anche i dati sperimentali non trovano una reciproca conferma.

Un adattamento millenario alla fame

Ancor oggi gran parte dell'umanità non ha un'alimentazione sufficiente. Senza dubbio è sempre stato così ed è probabile che l'*Homo sapiens* abbia acquisito molto presto le facoltà di adattamento alla fame.

Mitchell una volta ha espresso questo interessante concetto: « È difficile immaginare che l'uomo sia sopravvissuto per lunghi millenni, durante i quali la povertà e la fame dovevano essere frequenti, senza aver elaborato meccanismi d'adattamento capaci di attutire gli effetti di quelle crisi¹ ». Questa riflessione mi sembra corretta fatta salva un'unica riserva: verosimilmente l'adattamento alla fame è anteriore alla comparsa dell'uomo, che condivide questa condizione con altre specie la cui esistenza è precaria almeno per una parte dell'anno.

Nella maggior parte degli esseri organizzati l'alimentazione è irregolare o saltuaria. Inoltre in numerose zone climatiche esistono grandi variazioni dipendenti dalle stagioni: nelle zone temperate, per esempio, le riserve diminuiscono bruscamente durante il periodo invernale e questo fatto rende più difficile la ricerca del cibo e obbliga contemporaneamente l'organismo ad un maggiore dispendio di energia. Dopo il neolitico, in seguito all'introduzione dell'agricoltura e dell'allevamento del bestiame, si è supposto che l'uomo avesse a disposizione notevoli riserve che avrebbero permesso di vivere senza gravi privazioni. In realtà non si è assolutamente sicuri di questo fatto.

Anche nella nostra epoca l'alimentazione è spesso insufficiente, con periodi più o meno lunghi di carestia, proprio nelle economie agricole arretrate, quelle, cioè, che si avvicinano di più alle vecchie condizioni. A maggior ragione in un'epoca remota la produzione doveva subire degli alti e bassi. D'altra parte, in epoche più recenti, cronisti e storici hanno segnalato la presenza di carestie frequenti, anche nei paesi occidentali². Un certo adattamento alla mancanza di alimenti sarebbe, dunque, quasi una necessità biologica. In effetti diversi studi hanno messo in luce che l'uomo, allo stesso modo di altri vertebrati, possiede questa importante capacità: se le privazioni si riferiscono ad un apporto insufficiente di calorie si verifica, in primo luogo, una specie di adattamento passivo che non si può far risalire ad un meccanismo regolatore ma, molto semplicemente, all'usura dei tessuti: si tratta della diminuzione della massa corporea, che permette di ridurre in una certa misura il dispendio di energia. In media le donne consumano una quantità minore di energia perché sono generalmente più piccole: esse, cioè, consumano meno energia per muoversi. Talvolta può esserci una differenza più sottile poiché, anche a parità di peso, sembra che le donne consumino meno energia. Durante l'inanizione si verifica nell'uomo una diminuzione del metabolismo che supera quella che si sarebbe potuta prevedere in relazione alla riduzione della massa corporea e questo fenomeno può giu-

stamente sembrare un « adattamento »³.

È difficile dire se la diminuzione di diverse attività enzimatiche, diminuzione che si verifica durante l'inanizione costituisca anche una conseguenza « passiva » delle alterazioni dei tessuti, in particolare della distruzione graduale delle proteine, oppure se rappresenti, almeno in parte, un vero e proprio adattamento. Un illustre biochimico è favorevole a questa seconda ipotesi. Egli ha affermato che l'abbondanza dei corpi cetonici nell'organismo affamato compensa la mancanza di altri metaboliti in grado di fornire il « combustibile » necessario⁴. Tuttavia, la prova più semplice e più sicura di un intervento attivo dell'organismo, e quindi di un effettivo « adattamento » alla carenza di calorie, sembra derivare da un fatto osservabile sia nell'uomo, sia negli altri vertebrati: durante l'inanizione il peso dei diversi organi non diminuisce con il medesimo ritmo.

Inizialmente esiste una perdita certa di grasso. Quanto agli altri tessuti, essi non variano nella stessa misura. Nel topo si è riusciti a mettere in competizione due organi avidi di glucosio, ridotto artificialmente ad un tasso molto basso: il cervello ed il cuore. In questo caso cede il muscolo cardiaco, poiché le cellule cerebrali trattengono la maggior parte del glucosio ancora contenuto nel sangue. Altri dati dimostrano che soprattutto il sistema nervoso centrale resiste alle privazioni: anche dopo molto tempo il cervello e il midollo spinale accusano una diminuzione di peso molto modesta⁵.

Sembra che il cervello regoli il suo comportamento in modo da economizzare le riserve residue. Se privazioni alimentari gravi si prolungano l'uomo diviene apatico, sembra avere una diminuzione delle capacità mentali, fatto questo che non è confermato né dai test sensoriali, né dalle prove di intelligenza. Le vittime, naturalmente volontarie, di questi esperimenti rigorosi si lamentano pure di una estrema debolezza muscolare prima ancora che il dinamometro la riveli. In questo comportamento si può vedere un insieme di adattamenti che tendono ad evitare ogni tipo di attività, ogni dispendio di energia, a meno che non



Fig. 2 Una donna indiana in condizioni di estrema malnutrizione.

siano assolutamente necessarie. Tuttavia, se è possibile ammettere che in questo caso entrino in funzione degli autentici meccanismi regolatori, non bisogna dimenticare che normalmente essi permettono di sopportare un regime molto povero di calorie per un periodo più o meno lungo, piuttosto che un'assenza prolungata di ogni alimentazione. Inoltre, se questa forma particolare di adattamento aumenta le probabilità di sopravvivenza, sicuramente non fa « bene » a nessuno. Come vedremo tra poco essa potrebbe anche avere conseguenze spiacevoli in una società che avesse raggiunto un elevato livello di consumo alimentare.

L'uomo è fatto per la prosperità?

Lo sviluppo della civiltà ha portato l'abbondanza di certi alimenti e un aumento di consumo. Ma senza dubbio il nostro modo di nutrizione non è certamente il migliore.

È stato spesso sottolineato questo paradosso che distingue le moderne società industriali: mentre diminuisce il consumo di energie nella maggior parte delle attività umane, il consumo alimentare aumenta, il che causa conseguenze inaspettate: alcune statistiche americane fanno pensare che nella nostra epoca un peso *inferiore* alla media, cioè un valore con-

siderato come « normale » per eccellenza, costituisca un privilegio, poiché sembra che allunghi la durata della vita.

Questa osservazione, al pari di alcune altre, diventa comprensibile se si ammette che nel corso dei millenni il nostro organismo si è adattato alle incertezze dell'esistenza, contrassegnata da periodi più o meno frequenti di inazione. In particolare, disponendo di un eccesso di cibo l'organismo costituisce delle riserve che diventano eccessive se gli « eccessi » finiscono per caratterizzare il regime quotidiano. Perché questo si verifichi non è indispensabile che il consumo superi certe « norme » fissate dalla consuetudine più che dalla fisiologia. Probabilmente il misconoscere questo fatto spiega l'esistenza di opinioni discordanti sui meccanismi dell'obesità.

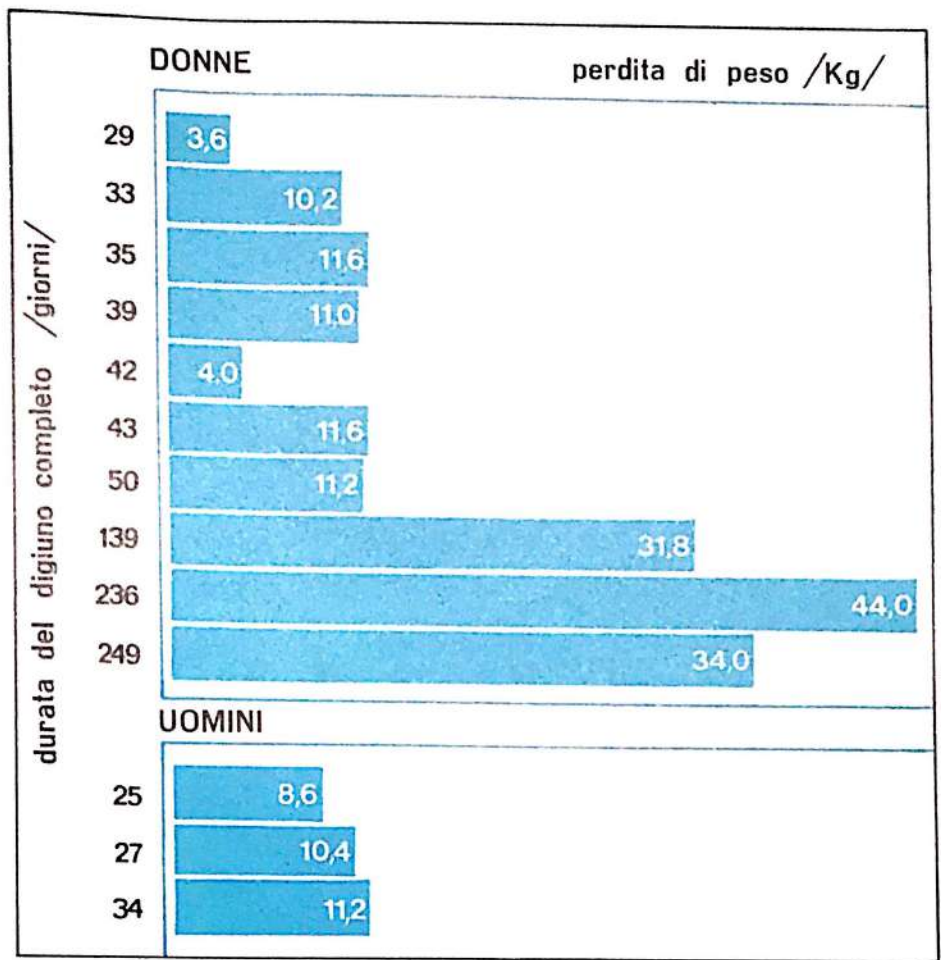
Si è affermato più volte che l'obesità è un'anomalia derivante dalla civilizzazione, ma, per la verità, non si è d'accordo sulle sue cause prime. Durante una conferenza si dedicarono due sedute alla funzione delle ghiandole endocrine, ma un medico intervenne per dire che solo le ghiandole salivari potevano essere prese in considerazione! Questo problema non ci interessa direttamente, ma le ricerche che essa ancora oggi ispira hanno fornito talvolta materiale sperimentale del quale possiamo tenere conto.

Prima osservazione: un essere umano che abbia accumulato notevoli riserve di grasso può essere *completamente* privato di nutrimento per più di otto mesi e sopravvivere dopo avere perduto più di trenta chili (tab. 1). Diversi esperimenti sembrano suggerire che il tessuto adiposo, da solo, possa fornire tutte le calorie indispensabili per mantenere in funzione le attività fisiologiche essenziali. Ora, un certo accumulo di grassi si può produrre in individui « ben » alimentati, individui che nessuno considera « obesi » — ma questo non implica né una nutrizione sovrabbondante, né una vita sedentaria; tuttavia, *rispetto al passato*, il consumo di energia può essere attenuato. Questa affermazione concorda con i risultati di varie ricerche, sebbene sia difficile trovare delle prove dirette. Fortunatamente, un secondo gruppo di ricerche porta qualche chiarimen-

to. La riserva dell'energia contenuta nei depositi di grasso e l'aumento di peso che ne deriva possono dipendere non dal numero delle calorie, ma dalla ripartizione dei pasti nel tempo. È questo un fatto notevole sperimentato sia sugli animali da laboratorio, sia sugli esseri umani⁵. Mantenendo uguale l'apporto energetico in calorie, gli individui che consumano due pasti principali ad ore fisse ingrassano, mentre quelli che consumano piccole quantità di alimenti, quando ne hanno voglia, mantengono il proprio peso. Da questo fenomeno si ricava una correlazione a prima vista paradossale: più numerosi sono i pasti, tanto meno aumenta la massa corporea.

Con ogni probabilità, questo significa che la riserva di energia si produce soprattutto quando viene raggiunta una certa « soglia », e questa soglia viene probabilmente superata quando si consumano pasti normali. È stato possibile elaborare un meccanismo simile in un'epoca in cui i nostri lontani antenati, che probabilmente non erano ancora uomini, hanno dovuto adattarsi a periodi più o meno frequenti d'inanizione parziale o totale. D'altra parte sembra che l'organismo umano non si sia ancora adattato all'abbondanza alimentare: non si è assuefatto completamente né ai pasti abbondanti e regolari, soprattutto, se si accompagnano ad una riduzione dell'attività muscolare, né all'uso sempre più grande dei glucidi, diffusi per motivi commerciali dalla grande industria.

Alcuni studiosi affermano che i paesi industrializzati — e alcuni altri che seguono il loro esempio — risentono in modo negativo dell'abuso di alimenti zuccherati. Yudkin constata che da due secoli a questa parte il consumo di zucchero pro capite è aumentato di circa venti volte⁶. Senza seguire le sue ipotesi epidemiologiche, che non ci interessano in modo diretto, ammettiamo che egli abbia ragione quando afferma che l'enorme consumo di glucidi e, in particolare, di zucchero in forma concentrata, non ha equivalente nelle condizioni naturali. Ci sono buoni motivi per credere che i meccanismi molto antichi della regolazione glicemica siano sconvolti dall'eccesso di glucosio.



Tab. 1 *Digiuno completo e variazioni di peso nei due sessi. Dieci donne e tre uomini obesi sono stati completamente privati di nutrimento per un periodo dai 25 ai 249 giorni. Potevano bere acqua o bevande senza zucchero. Altri esperimenti di trattamento dell'obesità con la soppressione di tutto il nutrimento erano già stati intrapresi da Bloom, Duncan, Dermick e dai loro collaboratori, ma non avevano superato i 117 giorni.*

In effetti, in diverse popolazioni africane, il cui regime alimentare si basa in gran parte su glucidi diversi dallo zucchero di fabbricazione industriale, il tasso di glucosio presente nel sangue è relativamente basso, e nel test di iperglicemia indotta, questo tasso non sale tanto quanto negli individui nati nell'emisfero australe, quanto in quelli di origine europea⁷. Spesso si vede in questo fenomeno una « differenza razziale », ed è possibile che questo concetto sia valido. In ogni caso, quello che importa mettere in evidenza è che popolazioni « adattate » o « assuefatte » ad un regime ricco di glucidi, ma non allo zucchero sotto forma concentrata, hanno un piccolo tasso di

glucosio nel sangue e resistono meglio al disordine causato dalla prova di glicemia indotta.

Vivere ad alta quota

Alcune popolazioni vivono in ambienti molto ostili e talvolta sembra che non abbiano raggiunto un adattamento perfetto a questi ambienti. È il caso, per esempio, delle popolazioni degli altipiani delle Ande.

Le popolazioni che vivono sugli altipiani e sulle montagne ad altitudine elevata rappresentano una parte molto esigua della specie umana: si tratta soprattutto di alcuni gruppi asiatici e di varie tribù di amerindi. Non sappiamo molto sulla filosofia

dei primi, sebbene siano state condotte delle ricerche su alcuni rifugiati tibetani che hanno lasciato il loro paese per fuggire all'occupazione cinese. Abbiamo solamente qualche indicazione sulla grande resistenza dei montanari himalayani che, malgrado la bassa pressione atmosferica, consumerebbero una maggiore quantità di ossigeno degli uomini originari della pianura, stabiliti da un anno alla stessa altitudine⁸.

Per quanto riguarda le popolazioni delle Ande, esistono numerose informazioni, anche se incomplete. Ricordiamo per prime le vecchie testimonianze. La legislazione inca impediva di introdurre nelle zone di alta montagna gli schiavi originari della costa, poiché vi morivano facilmente, mentre gli abitanti degli altipiani sopportavano il duro lavoro nelle miniere. Un'altra difficoltà fu notata in epoca recente durante una esplorazione mineraria cilena, condotta a più di cinquemila metri di altitudine: gli operai indiani e meticci, che venivano da territori di minor altitudine dopo una breve esperienza, rifiutavano, gli alloggi costruiti per loro nelle vicinanze della miniera. Piuttosto di passarvi la notte decisero di scendere ogni sera e risalire ogni mattina⁹, fatto che doveva aumentare la loro fatica e aggravare, a prima vista, il loro stato fisico. Il fatto è che, al livello della miniera, non riuscivano a dormire.

Bert è considerato giustamente il fondatore dello studio scientifico della fisiologia delle grandi altitudini¹⁰. Fu il primo che si servì di una camera a pressione atmosferica regolabile per simulare le condizioni dell'alta montagna. Si ammette che ad elevate altitudini la difficoltà principale è dovuta alla riduzione della pressione parziale dell'ossigeno. I primi coloni che cercarono di stabilirsi sulle montagne peruviane non riuscirono ad acclimatarsi facilmente. Diminuì la loro capacità lavorativa e la natalità subì una notevole flessione. L'allevamento del bestiame non si sviluppò rapidamente in quanto la riproduzione degli animali non raggiungeva un ritmo sufficientemente alto. Monge, autore dello studio retrospettivo più documentato¹¹, segnala un fatto curioso: la natalità umana aumentava nei ma-



Fig. 3 Villaggio boliviano sotto la pioggia. Le popolazioni degli altipiani delle Ande presentano un adattamento all'altitudine che permette loro di resistere all'azione aggressiva di un grande numero di fattori geografici e climatici particolari: bassa pressione atmosferica, rarefazione dell'ossigeno, variazioni della temperatura, ecc.

trimoni misti nei quali un uomo di origine spagnola sposava una donna indiana originaria delle alte montagne. Questo fatto fa pensare che i montanari autoctoni avessero subito una lunga selezione genetica.

Altri fatti suggeriscono la stessa conclusione. Alcuni risultati sperimentali indicano che gli immigrati provenienti dai territori a bassa altitudine non si adattano completamente alla bassa pressione atmosferica. Anche quando sopportano l'altezza, sono incapaci di fornire lo stesso rendimento muscolare delle popolazioni stabilite da secoli sulle montagne. Talvolta si ammalano, e se ne è avuta una dimostrazione recente allorché soldati indiani, trasferiti improvvisamente in alta montagna lungo la frontiera cinese, furono colpiti in grande numero da edema polmonare. Quel-

lo che, al contrario, colpisce l'osservatore nelle popolazioni autoctone delle montagne peruviane, è l'attitudine al lavoro fisico e la pratica di occupazioni sportive nelle ore libere. Questi montanari, inoltre, sfruttano il più possibile l'ossigeno che hanno a disposizione. Se pure nell'aria che inspirano la pressione parziale di questo gas è evidentemente più bassa che non negli abitanti della costa, nelle ramificazioni ultime dell'apparato circolatorio la differenza quasi scompare. In definitiva, le cellule lontane dei capillari non soffrono in forma notevole d'ipossia¹². Si verifica una migliore utilizzazione delle risorse limitate, ma il meccanismo intimo di questo privilegio non è ancora conosciuto con certezza. Sembra certo che la superiorità delle popolazioni stabilitesi da lungo tem-

po in alta montagna abbia una base genetica. In altre parole, è essa il risultato di una selezione naturale. La pressione selettiva dell'ipossia — unita probabilmente ad altri fattori — si esercita anche sugli animali domestici. E ha dato origine a linee resistenti negli ovini e nei volatili, adattati all'alta montagna, mentre inizialmente c'era una natalità ridotta e una forte mortalità subito prima o subito dopo la nascita (perinatale).

D'altra parte non si è certi che a grande altitudine si raggiunga un adattamento « perfetto » da tutti i punti di vista, anche presso le popolazioni che risiedono in queste zone da molto tempo. Se gli osservatori sono spesso rimasti sorpresi di fronte alle prove fisiche date dai montanari, alcuni autori hanno manifestato la convinzione che determinate funzioni neuropsichiche siano state in qualche misura colpite. Tichauer, che si è occupato dei lavoratori quecha (una tribù delle Ande), affermava che il loro rendimento alle macchine utensili era ridotto di più di un terzo, mentre l'incidenza dei manufatti difettosi aumentava da sei a dodici volte rispetto al numero di tali manufatti prodotto al livello del mare, oppure anche in alta montagna, ma ad un'altitudine minore.

Se queste osservazioni sono corrette, bisogna concludere che l'adattamento all'altitudine, anche negli abitanti di alta montagna, selezionati da numerose generazioni, non si realizzerebbe sotto ogni punto di vista. Le capacità muscolari, l'attitudine allo sforzo e la resistenza non sarebbero indeboliti dalla mancanza di ossigeno, mentre le funzioni neuropsichiche, quali quelle che controllano i movimenti di precisione, non avrebbero raggiunto lo stesso livello di adattamento. Ma questo fenomeno deve essere ancora verificato.

L'adattamento alle condizioni termiche

La produzione di calore, o termogenesi, che dipende dal metabolismo, è un meccanismo di adattamento; spesso, tuttavia, è difficile dimostrare se questa variazione indica un adattamento genetico dell'uomo al clima in cui vive oppure se si tratta sempli-

cemente di un meccanismo di adattamento individuale.

Una volta si dava per scontato che le popolazioni tropicali sopportassero bene le temperature elevate e, all'occasione, la forte umidità relativa. Allo stesso modo sembrava evidente che l'uomo originario delle zone temperate soffrisse nei climi caldi, che il suo rendimento vi diminuise e che la sua salute fosse compromessa. Si citava come prova il fatto (in realtà incerto) che nelle colonie molto calde la discendenza britannica non si perpetuava al di là della terza generazione.

Ora le opinioni sono cambiate e molti studiosi cadono nell'eccesso opposto contestando le differenze fisiologiche esistenti tra gli innumerevoli gruppi umani. Alcuni sostengono, per esempio, che gli autoctoni africani neri non sopportano meglio dei bianchi di origine europea il caldo umido tropicale. Ora, da molto tempo a questa parte, alcuni fisiologi ritengono che la termogenesi — la produzione di calore — vari a seconda delle razze, ipotesi che ha dato origine a numerose ricerche sul metabolismo. Purtroppo molti lavori, anche recenti, inducono a serie critiche.

Le comparazioni sono spesso rese difficili dal fatto che i risultati invece di essere dati in calorie, sono espressi in percentuali, che rappresentano le « deviazioni » in più o in meno in rapporto a determinati campioni. Ora, in quasi tutti i paesi si utilizzano ancora standard americani che certamente non rappresentano « norme » universali. Inoltre gli standard americani si sono moltiplicati e ce ne sono di poco noti e, poiché differiscono gli uni dagli altri, determinate comparazioni diventano ancora più confuse. Per colmo di sfortuna alcuni fisiologi calcolano le loro medie su percentuali trovate seguendo questo metodo, e poiché le deviazioni in più o in meno spesso si equilibrano, si arriva al risultato allucinante che il metabolismo medio di una certa popolazione è esattamente zero!

Se, dopo una scelta laboriosa, si confrontano cifre meno enigmatiche, il quadro che ne risulta non è affatto chiaro. Numerosi dati suggeriscono che le deviazioni in meno, in rapporto ai campioni americani, sono fre-

quenti nei paesi caldi, come logico: laddove, almeno per un lungo periodo, il termometro sale, la produzione di calore da parte dell'organismo diminuisce. Il metabolismo elevato delle popolazioni esquimesi a sua volta è conforme al « buon senso ». Soltanto è sembrato che diminuise nei casi in cui la carne ed i grassi dell'alimentazione tradizionale sono stati sostituiti da derrate di fabbricazione industriale. Le alte medie delle tribù esquimesi sarebbero dovute unicamente al grande consumo di proteine animali? Alcuni autori tendono ad accettare questa conclusione, a mio avviso precipitosa.

In realtà, se si esamina il metabolismo degli autoctoni americani stabilitisi nelle regioni tropicali e che hanno adottato da molto tempo un regime, se non vegetariano, almeno misto, in cui riveste un posto importante per esempio il mais, si trovano ancora medie alte, constatazione questa che fa ritenere che gli autoctoni americani abbiano, in linea generale, un metabolismo elevato, anche se numerose ricerche hanno rilevato in seguito variazioni legate a differenze climatiche. Secondo ogni apparenza questa particolare caratteristica li oppone alle popolazioni dei paesi asiatici caldi, il cui metabolismo è spesso basso e alle quali vengono molto spesso equiparati nelle classificazioni razziali.

Tuttavia si possono individuare alcune tendenze, senza innalzarle al livello di leggi generali. Una delle tendenze consiste nella caduta graduale del metabolismo « di base » quando in gran parte del mondo « antico », si passa dalla zona temperata alla cintura tropicale. Questo fatto è vero se si confrontano le « norme » europee con le cifre di alcuni paesi asiatici. D'altra parte, negli uomini e nelle donne originari di paesi relativamente freddi trapiantati in climi tropicali si osserva una caduta del metabolismo, ma non lo si constata in *tutti* i casi. Si è creduto di individuare in questa una contraddizione. In effetti ci sono *importanti differenze individuali* e quando ci sono poche osservazioni, i risultati possono apparire discordanti. Il problema è stato colto in modo corretto da uno studioso che se n'è occupato con maggiore impegno di tut-



Fig. 4 Alcuni beduini nel deserto giordano: anche gli abitanti del deserto sono un interessante esempio di adattamento.

ti gli altri fisiologi, grazie all'osservazione di un numero notevole d'individui seguiti per periodi abbastanza lunghi in differenti climi¹³. Veniamo a sapere, allora, che ci sono individui che « reagiscono » al calore riducendo il metabolismo e altri che non lo riducono affatto e che, da questo punto di vista, non si adattano. Alcune persone, provenienti da paesi molto freddi, possono anche far scendere il metabolismo al di sotto delle medie tropicali. Tuttavia la media globale di chi giunge in questi paesi, pur avvicinandosi più o meno alla cifra che si riferisce agli autoctoni, rimane superiore ad essa¹⁴. Lo studio di campioni più numerosi e l'analisi delle differenze individuali sconcertano quelli che credono di scoprire ogni volta leggi rigorose, che non ammettono alcuna eccezione. Queste dimostrano evidentemente che il problema è meno semplice di quanto non si creda, ma nello stesso tempo rendono comprensibili diversi fatti.

Geografia e struttura del corpo

Il meccanismo complementare della termogenesi, la termolisi o eliminazione del calore, è influenzata dal rapporto della massa corporea con la superficie del corpo. Sono significative

le variazioni geografiche di tale rapporto.

Il quadro diventa più chiaro se, invece di limitarci a parlare del metabolismo, della produzione di calore, prendiamo in considerazione l'eliminazione di quest'ultimo, in altre parole se ci occupiamo della *termolisi*. Credo di aver dimostrato, da parte mia, che il rapporto tra la massa corporea (generatrice di calorie) e la superficie del corpo (attraverso la quale si disperde il calore superfluo) presenta una distribuzione geografica che non è casuale¹⁵. Prendendo in considerazione un numero considerevole di popolazioni — non due o tre, che non avrebbe nessun senso, ma *diverse dozzine di gruppi ben distanziati nello spazio* — si constata che, nell'insieme, le medie — che rappresentano i chilogrammi per metro quadrato di superficie — diminuiscono nei climi caldi e aumentano nei paesi relativamente freddi. Infatti il rapporto supera 39 nei Mapuche delle Ande, negli esquimesi del Canada, mentre presso diverse popolazioni dell'India, malgrado la statura generalmente più alta, è compreso tra 34 e 35, ed è appena superiore a 32 presso gli abitanti delle isole Andamane.

Ho anche messo in evidenza un'« eccezione » alla regola, costituita da un gruppo di popolazioni nere africane

nelle quali il rapporto peso/superficie dà medie troppo alte, se così si può dire, rispetto alla latitudine. Ho affacciato diverse possibili spiegazioni tra le quali, in mancanza d'informazioni, è impossibile scegliere. Huizinga ha trovato la spiegazione più semplice, e anche la più verosimile, e gliene sono riconoscente¹⁶. Le mie medie, relative a numerose popolazioni nere occidentali, sono state calcolate sulla base di campioni militari, usciti da una selezione che teneva conto in particolare delle dimensioni corporee. Secondo ogni apparenza, questi soldati erano più alti e pesavano di più dell'insieme della popolazione. Huizinga andò sul posto e studiò dei « civili » appartenenti a diversi gruppi tribali e giunse alla conclusione che le medie ottenute in questo modo non erano in contraddizione con il « gradiente », al contrario, lo confermavano. Questo, naturalmente non vuol dire che *tutte* le eccezioni alla regola debbano essere attribuite ad uno increscioso caso nella scelta dei campioni. Vorrei approfittare dell'occasione per sottolineare qualche altro aspetto del problema. Il rapporto peso/superficie è legato alle variazioni climatiche e la sua ripartizione nel mondo delinea un « gradiente » regolare, ma questo non significa che le medie cambino esattamente con la latitudine. Alcuni studiosi hanno pensato che queste irregolarità geografiche compromettano, per così dire, l'esistenza di un gradiente. Diversi malintesi possono essere all'origine di questo ragionamento. In primo luogo un atteggiamento che afferma che tutti i rami di una specie si evolvono nello stesso modo in condizioni ambientali analoghe. Certamente si possono osservare delle tendenze comuni; è quello che attestano, tra l'altro, i vari « gradienti » conosciuti. Ma le eccezioni sono quasi inevitabili poiché *all'inizio, tutte le linee non dispongono del medesimo assortimento di mutazioni*. Inoltre le popolazioni, sia umane sia animali, si spostano e possono conservare, nel nuovo ambiente, nel corso delle generazioni, delle caratteristiche acquisite nel loro vecchio habitat. Secondo un'altra concezione errata, il risultato biologico espresso da un « gradiente » è assicurato dappertutto nello stesso modo. Da qui deriva l'im-

immagine semplicistica del brevilineo tozzo delle regioni artiche, con un elevato rapporto massa/superficie, e del longilineo prodigiosamente allungato, tutto membra, sotto il bruciante sole tropicale. L'immagine è caricaturale, ovvero esagera e deforma una verità. Si può ottenere la riduzione del rapporto massa/superficie per vie anatomicamente differenti: con la riduzione del tronco, e l'allungamento parallelo delle membra, come nel caso della famiglia dei neri nilotici, e con il rimpicciolimento di tutto il corpo, il cui esempio estremo è costituito da diverse popolazioni pigmoidi. Il fatto che gruppi umani molto dissimili, ma posti in condizioni climatiche analoghe, diano cifre vicine, quasi identiche, per quanto riguarda il rapporto peso/superficie, non può avere che un'unica spiegazione. Si tratta di fenomeni di convergenza di un carattere niente affatto trascurabile dal punto di vista biologico, e la similitudine è stata raggiunta per strade più o meno distinte, a seconda delle risorse genetiche iniziali delle diverse popolazioni.

Certamente la funzione della morfologia varierà seguendo l'importanza relativa dei meccanismi fisiologici che, a loro volta, intervengono nella termoregolazione. Tra le variazioni di questi meccanismi, alcune sono molto ben conosciute, mentre altre si possono appena intravedere. Per esempio, tra alcune popolazioni nere e bianche esistono delle differenze nelle modalità della traspirazione, senza che si possa far riferimento all'ineguale distribuzione delle ghiandole sudoripare, come si è talvolta sostenuto. La densità delle ghiandole per unità di superficie è pressoché la stessa, ma il loro funzionamento non è lo stesso. Laddell e altri hanno dimostrato che la « fatica » delle ghiandole sudoripare si manifesta più rapidamente nelle razze nere. In altre parole, presso queste ultime la traspirazione è più intermittente e la quantità di sudore prodotta è, in definitiva, più bassa¹⁷. In questo fatto si è visto anche un adattamento meno perfetto al calore. Questo ragionamento non mi è sembrato del tutto plausibile. Siccome la temperatura interna del corpo non sale più di quanto non avvenga nelle razze bianche, la traspirazione intermittente delle popolazioni africane nere sembra insieme più effi-

cace e più economica¹⁸. In realtà l'evaporazione del sudore costituisce l'ultima difesa contro il riscaldamento dell'organismo, ed è una difesa molto dispendiosa.

Condizioni sperimentali troppo lontane dalla norma

Sembra che esperimenti sull'adattamento dell'uomo in condizioni troppo lontane dalla norma portino a risultati contraddittori, addirittura perfino aberranti.

Un altro motivo di confusione deriva dal fatto che si effettuano esperimenti in condizioni estreme, che non sono normali per nessun gruppo umano. Al limite, si impone agli uomini un duro sforzo ad una temperatura eccessiva oppure li si sottopone nudi a basse temperature. È evidente che in condizioni sperimentali così artificiali anche degli individui « adattati » possono cedere. Tuttavia bisogna dire che talvolta l'errore deriva da un'insufficiente familiarità con l'esame dei risultati numerici. Sarà sufficiente un esempio per illustrare gli errori che possono essere commessi da questo punto di vista dai fisiologi i cui lavori, tuttavia, sono meritori da diversi punti di vista. Wyndham sostiene che dopo un periodo di acclimatazione in condizioni definite « severe », i neri non beneficiano di nessun vantaggio poiché in un ambiente surriscaldato la loro temperatura profonda è uguale a quella dei bianchi. Vi è tuttavia un grave malinteso: all'inizio l'autore lavora su venti uomini neri e ventidue bianchi. L'acclimatazione severa che comportava un esercizio fisico in un forte calore provocò però una *selezione*: dopo l'acclimatazione l'autore non disponeva, per l'esperimento propriamente detto, che di dieci bianchi e di ventidue neri. Che cosa è successo ai dieci bianchi che non compaiono per nulla nei risultati finali? Incapaci di resistere all'acclimatazione ebbero degli accessi di febbre e delle sincope. In altre parole, la metà dei bianchi cedette nel corso della prova preliminare, mentre la totalità dei neri superò con successo tutti gli esperimenti¹⁹. È per lo meno strano affermare, in queste condizioni, che non esistono differenze tra i due gruppi. Si può citare lo stesso autore per illustrare i rischi che implica un esame

inadeguato dei dati quantitativi. Con ammirabile perseveranza egli determina, da un lato, il peso e la superficie del corpo in un gran numero di gruppi umani dislocati in varie zone della terra e, dall'altro lato, egli annota di ora in ora la loro temperatura interna in una camera calda.

Egli conclude affermando che tra il rapporto superficie corporea/massa produttrice di calorie, da un lato, e, dall'altro, la temperatura interna, non esiste alcuna interdipendenza. Sfortunatamente egli non ha reso nota alcuna correlazione; ma io ne ho calcolata qualcuna sulla base delle sue cifre. È risultato che esiste certamente rapporto tra la morfologia e la temperatura, ma che esso si attenua quando l'esperimento si prolunga in condizioni termiche « severe »... Al contrario, esiste una correlazione molto chiara tra il rapporto superficie/peso e la temperatura rettale misurata *prima dell'esperimento*, cioè tra le condizioni termiche normali per ogni popolazione. Quali danni possono provocare certe tecniche applicate con uno zelo ed un coraggio che meritano il nostro rispetto!

Per quanto le nostre conoscenze siano insufficienti sotto molti punti di vista, esse ci premuniscono almeno da certi errori teorici e pratici. Per quanto riguarda i primi, è pericoloso affermare o negare globalmente le differenze razziali o etniche e attribuire una funzione preponderante all'ereditarietà, oppure, al contrario, alla consuetudine e all'esercizio. Risulta chiaramente che dei meccanismi identici esistono in rami ben distinti della specie umana, ma che talvolta non funzionano allo stesso livello. Questo fatto può dipendere in una certa misura dall'acclimatazione, come provano numerose osservazioni. Ma in altri casi, l'adattamento individuale di uomini trasferiti da poco non giunge ai livelli presenti negli indigeni selezionati probabilmente nel corso dei secoli. In ogni caso l'evoluzione è un fenomeno statistico e il suo risultato non può essere che statistico. All'interno di una popolazione qualsiasi la variabilità è grande e analogamente le caratteristiche dell'ambiente sono fluttuanti. L'adattamento non può dunque avvenire che « in media », più spesso in rapporto all'« ambiente circostante medio », anche se talvolta con-

dizioni estreme possono avere una grande importanza selettiva.

Lavoro e adattamento

Lo studio delle modalità dell'adattamento mostra che l'allenamento non è sempre sufficiente per abituare l'uomo a lavori pesanti e che i fattori genetici possono avere una certa importanza.

Tutto quello che abbiamo affermato finora implica conclusioni importanti anche dal punto di vista pratico. L'idea, cioè, che l'uomo possa adattarsi a qualsiasi ambiente, che sia l'unico vertebrato capace di sopravvivere in qualsiasi clima, è un'idea falsa come il credere che l'uomo possa installarsi in qualsiasi luogo poiché trasforma come vuole l'ambiente. In realtà gli uomini che abitano i paesi tropicali e le regioni boreali, quelli che abitano le pianure e le montagne alte, non sono gli stessi. Esistono delle differenze che con ogni verosimiglianza sono contenute nel codice genetico delle diverse stirpi ed esistono delle capacità di adattamento individuale, più o meno estese, che, in ogni caso non sono identiche in tutti gli individui. Bisogna anche tener conto che gli esseri viventi sopportano condizioni avverse, ma che le loro capacità rischiano di essere ridotte ed essi possono deperire lentamente. Come si è visto possono sopportare privazioni alimentari, in parte sopravvivere e perpetuare la specie, ma a prezzo di dure sofferenze e di eliminazioni implacabili.

Mentre le popolazioni si spostano facilmente e i modi di vita si trasformano a ritmi forzati, non bisogna partire dalla presunzione tipica di alcuni ideologi e condivisa per amore o per forza, da qualche biologo, secondo la quale l'allenamento può risolvere tutti i problemi. Non bisogna, d'altra parte, lasciarsi tentare dalla facile soluzione secondo la quale gli uomini che provengono da paesi privi di sbocchi economici sopportano, per esempio, qualsiasi sovraccarico termico. Questa idea pericolosa può servire per giustificare quella forma « attenuata » di schiavismo che consiste nell'affidare ai lavoratori immigrati i lavori più pesanti, mal retribuiti e che nessuno accetta.

Fatta questa riserva, si potrebbe tutta-

via ammettere che determinati lavori che si svolgono in un ambiente caldo o a temperatura molto bassa, per non fare che due esempi estremi, potrebbero essere compiuti senza inconvenienti da uomini originari di qualsiasi parte del mondo. Non bisogna, tuttavia, postularlo, ma provarlo. D'altra parte, non bisogna dimenticare che esistono condizioni insopportabili per qualsiasi essere umano, qualunque sia il suo clima d'origine. Piuttosto che attribuire alla « razza » dei limiti incerti, ma economicamente redditizi, di resistenza, dobbiamo moltiplicare le verifiche e le precauzioni, tenendo conto della grande variabilità dell'uomo. Variabilità che ha raggiunto, attraverso una lunga e dispendiosa selezione naturale, degli adattamenti più o meno perfetti dal punto di vista umano, senza che noi siamo in grado di sapere a che cosa potrà portare in seguito questa selezione. Variabilità fisiologica degli individui che si modificano, ma non tutti nella stessa misura, per far fronte a condizioni mutevoli²⁰. In molti paesi del terzo mondo, in cui sembra che si stia trasformando il modo di vita, sarebbe opportuno iniziare lo studio dei lavori tradizionali, il dispendio di energia che essi comportano, il riposo che consentono, piuttosto di collezionare le frequenze dei gruppi sanguigni, senza che siano noti i rapporti con la fisiologia della vita quotidiana. Ma non bisogna dimenticare che non è nel terzo mondo, ma nei paesi industrialmente sviluppati, che si operano i cambiamenti più notevoli, che pongono problemi di riadattamento difficili da risolvere.

Da questo punto di vista, bisogna ridare una funzione importante alla ricerca fondamentale: è il solo modo per comprendere i fenomeni con una certa ampiezza e per premunirsi contro sorprese inaspettate, anche se prevedibili. L'attuale inquietudine provocata dalle alterazioni dell'ambiente è ben comprensibile, ma bisogna ricordare che da più di vent'anni degli scienziati hanno dato l'allarme. D'altra parte le misure prese contro queste forme di contaminazione potrebbero provocare altri cambiamenti negativi, a meno che non sia studiato in maniera approfondita tutto un insieme di problemi. Siccome i

mezzi a disposizione sono sempre più potenti, si può temere che, se isolata dal suo contesto logico, cioè dalla ricerca fondamentale, la scienza applicata divenga una delle più gravi minacce per l'avvenire, una minaccia alla quale la variabilità dell'uomo, per quanto possa essere versatile, non potrà far fronte indefinitamente.

NOTE

¹ Mitchell H.H. *J. Am. Diet. Assoc.*, 20, 511, 1944.

² Vedi la lunga cronologia delle principali carestie note in: Keys A., Brozek J., Henschel A., Mickelson O. e Taylor H.L., *The Biology of Human Starvation*, Minneapolis, 2° vol. 1950.

³ McDonald I., *Nutr. Abstr.*, 31, 739, 1961.

⁴ Krebs H.A., *Biochemical J.*, 80, 225, 1961. L'analisi fattoriale rileva negli animali non affamati una comune regolazione del tasso dei corpi cetonici in differenti organi, regolazione indipendente dal tasso cetonico nel sangue (Schreider E., *Experientia*, 12, 315, 1956).

⁵ Fabry P., Fodor J., Hejl Z., Braun T., e Zvolankova K., *Lancet*, 2, 614, 1964.

⁶ Yudkin J., *Lancet* 1, 1335, 1963.

⁷ Pollitzer M.M., citato da Trowell H.C., *Non infective Diseases in Africa*, Londra, 1960.

⁸ Malhotra M.S. in Baker P.T. e Weiner J.S. (a cura di) *The Biology of Human Adaptability*, Oxford, 1966.

⁹ Matthews B., *Proc. Roy. Soc.*, 143, 1, 1954.

¹⁰ Bert P., *La pression barometrique*, Parigi, 1878.

¹¹ Monge C., *Aclimatacion en los Andes*, Lima, 1960.

¹² Hurtado A., in *Handbook of Physiology*, parte 4, *Adaptation to the Environment*, Amer. Physiol. Soc., Washington, 1964.

¹³ Mason E.D., *J. Nutr.*, 8, 695, 1934; vedere anche numerosi articoli posteriori dello stesso autore, in particolare *Human Biol.*, 36, 374, 1964.

¹⁴ Vedere gli studi ricordati nella nota precedente e Munro A.F., *J. Physiol.*, 110, 356, 1949.

¹⁵ Schreider E., *Nature*, 165, 286, 1950 (primo abbozzo del « gradiente »); Schreider E., in *Comptes rendus de recherches* (Conferenza di Lucknow), Unesco, Parigi, 39, 1963; Schreider E., *Evolution*, 18, 1, 1964.

¹⁶ Huizinga J., *Koninkl. Nederl. Akad. van Wetenschappen, Proceedings, C*, 71, 356, Amsterdam 1968.

¹⁷ Ladell W.S.S. in C.R. 18° Congrès Int. de Physiologie, Copenhagen, 1950; Ladell W.S.S., *J. Physiol.*, 112, 15, 1950; Weiner J.S., *Brit. J. Industr. Med.*, 7.

¹⁸ Schreider E., *Sem. Hôpit. Paris*, 28, 699, 1952; Thompson M.L., *J. Physiol.*, 123, 225, 1954.

¹⁹ Wyndham C.H. in Baker P.T. e Weiner J.S. (a cura di) *The Biology of Human Adaptability*, Oxford, 1966.

²⁰ Sui molteplici aspetti dell'adattabilità biologica e le diverse accezioni di questi termini, vedere Lasker G.W., *Science*, 166, 1480, 1969.