

Milano B-71-62 ~~12~~

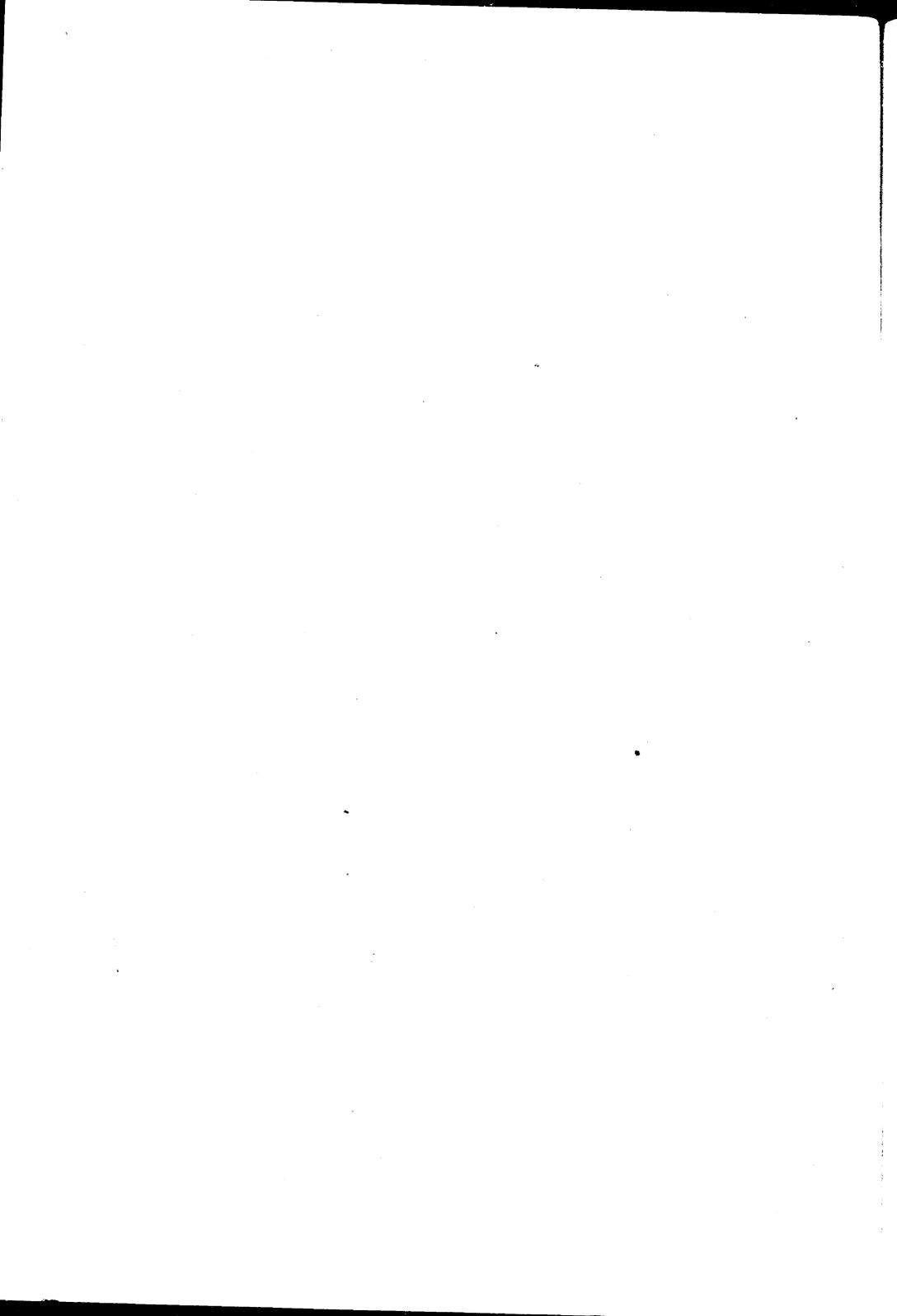
PROF. FILIPPO USUELLI

Applicazione del coefficiente di correlazione a problemi di fisiologia e di chimica biologica

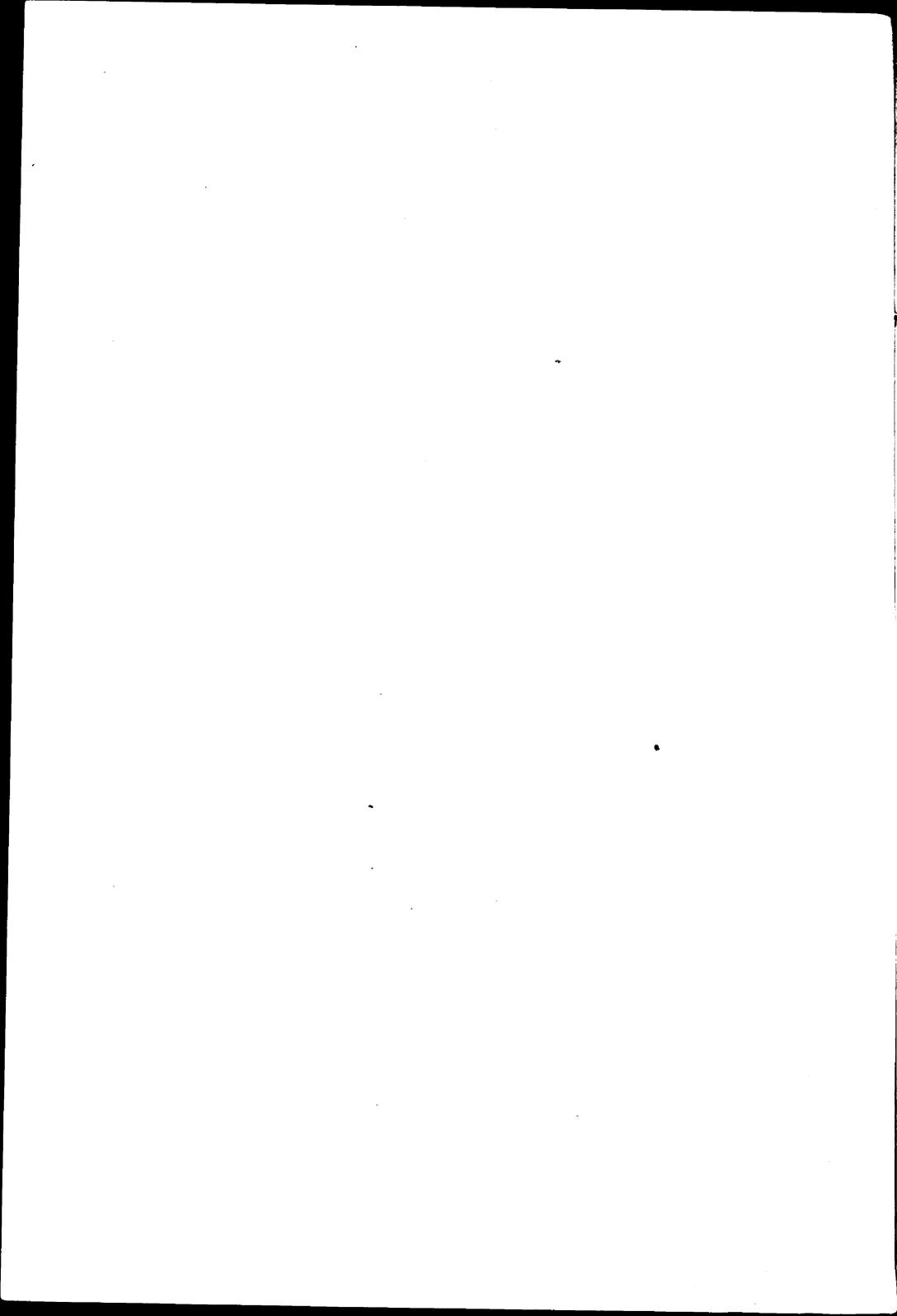


ESTRATTO DA "MEDICINA E BIOLOGIA.", - VOL. II, 1943-XXI

Esaminare ogni contenuto per
la conformità agli effetti di







PROF. FILIPPO USUELLI

Applicazione del coefficiente di correlazione a problemi di fisiologia e di chimica biologica

ESTRATTO DA "MEDICINA E BIOLOGIA", - VOL. II, 1943-XXI

FILIPPO USUELLI

APPLICAZIONE DEL COEFFICIENTE DI
CORRELAZIONE A PROBLEMI DI FISIO-
LOGIA E DI CHIMICA BIOLOGICA

LO studio delle correlazioni organiche merita tutta la nostra attenzione, sia per la sua importanza nei più diversi campi della biologia, sia perchè la parola *correlazione* è ancora troppo spesso adoperata in senso indefinito o impreciso, senza valore quantitativo, ciò che è inammissibile da quando si è dimostrata la possibilità di valutare una determinata correlazione assegnandole un valore numerico. Ci si può però chiedere se si può continuare a impiegare la parola *correlazione* o se è necessario sostituirla con quella di *covariazione*: il biologo è inevitabilmente portato ad assegnare alla *correlazione* un significato causale; ma, dal punto di vista statistico, due caratteri, simultaneamente presenti in determinati soggetti, sono in correlazione allorquando, scegliendo una serie di grandezze conosciute del primo carattere, si trova che esse sono in funzione della grandezza del secondo. È dunque evidente che il valore di un *indice di correlazione*, quale che sia la tecnica del calcolo, nulla ci può dire sul meccanismo che presiede al determinismo della correlazione: ciò ha indotto diversi AA. italiani e stranieri a proporre la sostituzione del nome di correlazione con quello di covariazione, nome che implica soltanto l'esistenza di una concomitanza tra le variazioni dei fenomeni considerati.

Indubbiamente la parola *covariazione* è chiara, netta, categorica: tuttavia non possiamo dimenticare che il nome di *correlazione* è

tradizionale (e la tradizione è gloriosa: è superfluo ricordare le grandi leggi delle variazioni correlative, che hanno immortalato i nomi di Cuvier, di G. Saint-Hilaire, di Darwin, nelle quali si concentra l'essenza delle attuali dottrine costituzionalistiche) ciò che spiega l'esitazione di molti biologi ad abbandonarlo od anche soltanto a restringerne il significato. Quel che è certo è che l'indice di correlazione, o di covariazione che dir si voglia, deve essere considerato una guida al ragionamento e non la conclusione al ragionamento stesso.

*
* *

Il metodo classico del calcolo della correlazione è quello del coefficiente del Bravais (r). Perchè il coefficiente del Bravais abbia un significato è necessario che il suo errore probabile sia relativamente basso (almeno cinque volte più piccolo di r) ed inoltre che la regressione sia lineare; la trasgressione a queste norme ha creato numerosi abusi nel calcolo del coefficiente di correlazione e, come già in altre occasioni, raccomandiamo al lettore il profondo studio critico di Vinci nel suo *Manuale di Statistica*. Nelle relazioni tra caratteri biologici la regressione lineare si verifica frequentemente, tuttavia quando il coefficiente del Bravais non è applicabile vi sono altri criteri di misura della covariazione, che vanno dall'indice di concordanza semplice (i) o ponderate (I) a quello del rapporto di correlazione (η) al coefficiente di contingenza semplice (C) o quadratica (C_2). Nelle ricerche di cui facciamo menzione in questa nota abbiamo applicato il coefficiente del Bravais il cui calcolo, fondandosi su quello delle deviazioni *standard* dei caratteri considerati, trae origine dal principio dei minimi quadrati. Se indichiamo con n il numero degli individui, con σ la deviazione *standard* del primo carattere, con σ_1 la deviazione *standard* del secondo carattere, e con $\Sigma a_1 a_2$ la somma algebrica dei prodotti di tutte le coppie di scostamenti del primo carattere e del secondo carattere dalle rispettive medie aritmetiche, la costante che determina la funzione o coefficiente di correlazione (r) sarà espressa dalla formula generale:

$$r = \frac{\Sigma a_1 a_2}{n \cdot \sigma_1 \sigma_2}$$

Dato che gli scostamenti o scarti individuali dell'uno e dell'altro carattere influenzano tanto il numeratore che il denominatore, il coefficiente è un puro numero; sicchè, come chiaramente pone in rilievo il Boldrini, esso coefficiente di correlazione è indipendente dall'unità di misura dei due caratteri, epperò si può sempre paragonare il valore del coefficiente ottenuto da due serie con quello ottenuto da due serie diverse. Come tutti sanno il coefficiente di correlazione varia tra $+1$ e -1 ; $+1$ esprime la correlazione positiva perfetta e -1 la correlazione negativa assoluta; tutti i valori intermedi sono possibili e quanto più si avvicinano all'unità tanto più perfetta è la correlazione. Abbiamo già detto che il coefficiente di correlazione, di per sè stesso, nulla ci può dire sul meccanismo biologico che presiede allo stabilirsi della covariazione. Tuttavia se, attraverso altri dati ed al ragionamento, al suo determinismo si può giungere, è allora concesso parlare di correlazione diretta o di correlazione indiretta; così, per esempio, abbiamo chiamato diretta la correlazione che abbiamo dimostrato esistere tra costituzione dell'individuo (espressa dall'angolo costale) e intensità della secrezione lattea, mentre abbiamo chiamata indiretta la correlazione tra costituzione del pelo e secrezione lattea; e ciò perchè è la costituzione dell'individuo, quale risulta dagli attributi morfologici e specialmente dall'equilibrio dinamico umorale e dall'intensità dei processi ossidativi, che, contemporaneamente ma indipendentemente, influisce sulla costituzione del pelo e determina la maggiore o minore attitudine alla secrezione lattea.

In biologia è di capitale importanza il distinguere le correlazioni che hanno una base genetica (supposta o dimostrata) da quelle che sono sicuramente prive di significato genetico. Tra le prime, e sotto il nome di *correlazioni apparenti*, si può comprendere: a) le *simptomie*, covariazioni tra le parti dello stesso individuo posto in diverse condizioni di ambiente, di alimentazione, di lavoro ecc. (ad esempio, gli esercizi ginnastici, l'allenamento, determinano delle covariazioni non solo sui muscoli dello scheletro, ma anche su altri organi e tessuti dell'organismo); b) le *relazioni statistiche formali* (per esempio, la percentuale del residuo secco del latte covarierà positivamente con la percentuale dei lipidi, in quanto questi

ultimi costituiscono una parte importante della prima); c) le *compensazioni* (ad esempio, la percentuale delle sostanze organiche delle ossa covarierà in senso inverso alla percentuale delle ceneri ecc.). Non è qui il caso di soffermarci sul valore dello studio del coefficiente di correlazione nei problemi della selezione e dell'ereditarietà. Il lettore potrà, tra l'altro, trovarne ampi e sottili esami nei classici lavori del Boldrini; ci limiteremo a ricordare:

a) che già Pearson ha sostenuto che si può egregiamente ricercare gli effetti della selezione naturale attraverso lo studio delle correlazioni dei caratteri:

b) che attraverso il calcolo della correlazione (e della regressione) tra i caratteri quantitativi dei genitori e quelli dei figli, Galton è giunto alla sua famosa legge della regressione filiale;

c) che la bassa correlazione tra i caratteri dei padri e quelli dei figli depone a favore dell'omogeneità della razza (in quanto si ha ragione di credere che le variazioni dell'intensità dei caratteri siano dovute all'ambiente), mentre un'alta correlazione in una data popolazione depone per l'ereditarietà dei caratteri considerati;

d) che vi sono correlazioni genetiche in senso stretto, come quelle tra i caratteri dipendenti da genidi localizzati in uno stesso cromosoma (ed in tal caso la correlazione sarà teoricamente assoluta se il numero dei *cross-overs* è nullo, e diminuirà con l'aumento del numero dei *cross-overs*); ma che a noi sembra che anche lo studio di numerose correlazioni di natura fenotipica* possono, direttamente od indirettamente, interessare la genetica. Nessuno, ad esempio, vorrà negare valore genetico alla regola della dominanza, sebbene l'aspetto dell'eterozigote non sia verosimilmente un problema strettamente genetico, ma piuttosto un problema dello sviluppo.

* * *

Perchè gli studi quantitativi sulle correlazioni biologiche diano quei frutti copiosi che da essi è lecito attendersi, è necessario che le correlazioni stesse siano opportunamente classificate, in quanto se è vero che le classificazioni, da sè stesse, non creano la scienza

esse sono ciò non di meno pressochè indispensabili al suo organico progredire. Abbiamo or ora rilevato quanto sia importante determinare il valore genetico e il comportamento ereditario delle correlazioni statistiche: ma possiamo basare una classificazione delle correlazioni sul criterio della loro natura genotipica od unicamente paratipica?

Non lo crediamo. Una classificazione, soprattutto se stabilita a scopo metodologico, deve basarsi su dei criteri relativamente semplici e sicuri, mentre la natura genetica o non d'una correlazione costituisce un *problema* da risolvere volta per volta, e non può perciò essere posta a base della sistematica delle correlazioni. Si pensi, ad esempio, alle difficoltà, allo stato attuale delle nostre conoscenze molte volte insormontabili, di stabilire se due caratteri morfologici o fisiologici dell'uomo o degli animali superiori siano dipendenti da genidi omocromosomici od eterocromosomici!

Noi perciò pensiamo che una classificazione pratica delle correlazioni deve essere esclusivamente basata sulla natura fenotipica dei caratteri considerati. E siccome il filo direttivo di un'indagine integrale sulle correlazioni organiche presuppone, particolarmente nelle ricerche costituzionalistiche, l'esistenza di correlazioni tra caratteri esterni, caratteri interni e caratteri funzionali, la classificazione che già in altre occasioni abbiamo proposto è basata sui raggruppamenti binari che si possono ottenere con questi tre ordini di caratteri, vale a dire:

- | | | | |
|----|-------------------|---|-------------------|
| 1. | caratteri esterni | e | caratteri esterni |
| 2. | » esterni | » | » interni |
| 3. | » esterni | » | » funzionali |
| 4. | » interni | » | » interni |
| 5. | » interni | » | » funzionali |
| 6. | » funzionali | » | » funzionali |

Nelle sue applicazioni questa classificazione può presentare una sola difficoltà: in qualche raro caso si può restare incerti nel classificare un determinato carattere tra i caratteri morfologici esterni, o tra gl'interni, o tra i caratteri funzionali. A quale categoria assegneremo, per esempio, il peso corporeo? Considerando, nella maggior

parte dei casi, il peso corporeo come la risultante del metabolismo organico e dei fenomeni di crescita, lo classificheremo tra i caratteri funzionali. Alcune misurazioni potranno essere considerate come valutazioni quantitative di caratteri esterni o di caratteri interni (dello scheletro, ad esempio) a seconda che la ricerca sarà di ordine antropologico o di altra natura. Nei pochi casi dubbi ci regoleremo, dunque, secondo lo spirito della ricerca.

*
* *

Lo studio delle correlazioni organiche nell'uomo e nelle diverse Specie animali secondo la nostra classificazione può quindi essere così inquadrato:

1. *Correlazioni tra caratteri esterni e caratteri interni: correlazioni eso-eterne.*

Data la relativa facilità di misurazione dei caratteri dell'architettura esterna le correlazioni eso-eterne sono state sino ad oggi le più studiate.

La maggior parte delle correlazioni studiate dal Pearson si possono classificare in questo gruppo. Attraverso lo studio delle correlazioni tra statura e perimetro toracico di soldati sani od affetti da malattie polmonari, cardiovascolari, nervose, gastroenteriche ecc., il Boldrini poté, come è noto, dare nuove conferme al postulato fondamentale delle dottrine costituzionalistiche applicate alle scienze mediche, postulato, secondo il quale certe strutture corporee predispongono a determinate malattie. La Graffi-Benassi studiando numerose relazioni antropometriche è arrivata alla conclusione che si può accettare l'ipotesi, secondo la quale nella coppia l'attrazione per i caratteri fisici non sarebbe che una conseguenza dei legami che esistono tra caratteri morfologici e caratteri psichici.

Tra le ricerche nostre e di nostri allievi sulle correlazioni di questo gruppo ricordo quelle di Usuelli e Pelizza nei prodotti dell'incrocio di prima generazione in *Bos taurus* (femmine di razza Bruna delle Alpi e prime meticce Olandesi-Brune), quelle di Falaschini, di Usuelli, Falaschini e Bebi, di Ghinelli, di Camponi, su numerosi sog-

getti e diversi gruppi (femmine di diverse età, maschi castrati ecc.) della razza Romagnola gentile (*Bos taurus*), quelle di Pioli in *Sus scrofa*, ricerche che hanno tra l'altro messo in rilievo come le correlazioni somatiche diminuiscono con l'età, ciò che dimostra, anche attraverso altri risultati (inediti) ottenuti da Usuelli nei feti di *Bos taurus*, che le alte correlazioni dell'architettura del genotipo diminuiscono man mano che il fenotipo risente dell'influenza dell'ambiente.

2. *Correlazioni tra caratteri esterni e caratteri interni: correlazioni eso-interne.*

A proposito dell'importanza dello studio di queste correlazioni, meglio non potremmo che riportare le parole del Viola, riferite al metodo morfologico nella tecnica delle ricerche costituzionalistiche, là dove afferma essere la parte principale del metodo « rappresentata da un esatto studio della architettura esterna dell'organismo, onde considerarla in sè e per sè e interpretarla in tutto ciò che può servire ad illuminarci sulla interna architettura ».

Tutta una lunga serie di coscienziose ricerche e di felici intuizioni sta a riprova del valore dello studio delle correlazioni eso-interne negli studi costituzionalistici: i lavori del De Giovanni sulle relazioni tra lo sviluppo della rete venosa superficiale e quella profonda, del tronco della vena cava e del cuore destro, quelli di Messedaglia e di Castaldi e D. Vannucci sulle relazioni tra l'*habitus* costituzionale e lo sviluppo dei visceri, di Bray tra le dimensioni del tronco ed il peso dei visceri, di Boldrini tra l'indice toracico di Viola, il perimetro toracico o addominale e le misure dei principali organi interni, quelli di Usuelli ed L. Vannucci tra il peso del cuore, dei polmoni, del fegato, dei reni e della milza col perimetro toracico, la lunghezza del corpo ecc., in *Bos taurus*.

3. *Correlazioni tra caratteri esterni e funzioni organiche: correlazioni eso-funzionali.*

Si può affermare che le correlazioni eso-funzionali furono le prime ad essere concepite e ad affermarsi nel periodo di splendore del pensiero ellenico, quando parallelamente alla dottrina umorale dei temperamenti nacque la fisionomistica; le correlazioni esofunzio-

nali sono implicitamente a base della fisionomistica, in quanto questa Scienza ed Arte (che tanti capolavori ha ispirato) si proponeva di trarre dalla fisionomia (caratteri esterni) dati validi ad una valutazione psichica dell'individuo (caratteri funzionali).

Tra i recenti contributi italiani allo studio delle correlazioni esofunzionali nell'uomo vanno ricordati quelli della Graffi-Benassi, che nelle donne emiliane ha dimostrato correlazioni positive, sebbene poco elevate, tra la larghezza delle anche, l'età della prima mestruazione, la durata del periodo riproduttivo ed invece correlazione nulla tra la statura e l'epoca della prima mestruazione.

Lo studio delle correlazioni esofunzionali ha notevole importanza dottrinale e pratica in biotipologia animale (correlazioni tra determinate misure corporee ed intensità di alcune funzioni animali sfruttate dall'uomo a scopo utilitario, quali la quantità di latte ed il suo tenore in grasso, il peso del vello ed i caratteri microscopici e fisici della lana, il numero ed il peso delle uova, ecc.) come ben dimostrano le ricerche del Gowen, del Leroy, del Borgioli, del Falaschini, e quelle del Chiodi e dei suoi allievi sui rapporti tra produzione lattea e caratteri istomicrometrici della cute; ricerche, queste ultime, di fondamentale importanza nello studio, a indirizzo costituzionalistico, delle correlazioni eso ed endofunzionali, anche se non sia stato possibile calcolare i coefficienti di correlazione per la laboriosità delle ricerche istometriche che necessariamente limitano il numero dei casi; a queste ricerche si riallacciano altresì, confermandole, le mie « Sui caratteri costituzionali della cute in rapporto all'attitudine alla secrezione lattea » che mi hanno dimostrato che lo spessore della cute (regione perineale), lo spessore totale dell'epidermide, lo spessore dello strato papillare e dello strato reticolare del derma, il diametro dei fasci dello strato papillare, il diametro dei fasci paralleli dello strato reticolare e il diametro dei fasci ortogonali, sono inversamente proporzionali all'attitudine alla secrezione lattea, mentre, al contrario, il numero dei fascetti dello strato papillare, il numero degli spazi della rete ortogonale ed il numero delle papille della pelle è maggiore nella cute delle vitelle selezionate ai fini della produzione lattea, che in quelle considerate di scarto per detta produzione; il fatto che tali notevolissime differenze dei caratteri costituzionali della cute siano state riscontrate in femmine

giovanissime (60-75 giorni di età) in analoghe condizioni di ambiente e di alimentazione (alimentazione latte) ci hanno fatto ritenere che esse siano di natura genotipica. Tra le ricerche sulle correlazioni eso-funzionali ricordo ancora le nostre ricerche sulle « Correlazioni tra indice costituzionale degli individui, costituzione del pelo e produzione latte che hanno, tra l'altro, dimostrato l'esistenza di alte correlazioni positive tra lo sviluppo della midollare del pelo e la secrezione latte, alte correlazioni che, a nostro avviso, troverebbero il loro determinismo nel fatto che, a parità di altre condizioni (ambiente, alimentazione, tipo della ghiandola mammaria), la secrezione latte e lo sviluppo relativo della midollare del pelo (e quindi relativa riduzione della corticale e, a parità di sviluppo corticale, maggior diametro del pelo, minore consistenza del pelo) sono in ragione diretta dell'intensità delle ossidazioni organiche e queste alla loro volta sono condizionate dall'*habitus* e dall'equilibrio endocrino dell'animale» (*).

4. *Correlazioni tra caratteri interni e caratteri interni: correlazioni endo-interne.*

Lo studio di queste correlazioni interessa innanzi tutto l'anatomico, l'istologo, l'embriologo, ma il loro risultato può in determinati casi essere prezioso anche per il fisiologo. Se teniamo presente il grande valore morfogenetico delle ghiandole endocrine non possiamo dubitare del notevole interesse che possono avere le corre-

(*) È da tener presente che mentre da qualche A. si ritiene ancora che la sostanza midollare del pelo sia, come la corticale di origine ectodermica, invece Nathusius, e più recentemente il Duerst, hanno dimostrato la presenza di tessuto collagene nella midolla; la conoscenza precisa della reale natura istogenetica e chimica della midolla è di notevole importanza per l'esatta interpretazione del differente comportamento della corteccia e della midolla del pelo di fronte alle varie condizioni esogene ed endogene. Nel tipo respiratorio estremo, iperossidativo, la midolla è ben sviluppata e la corteccia relativamente stretta; al contrario nel tipo digestivo, ipoossidativo lo sviluppo della midolla sembra essere sotto il predominio dell'equilibrio endocrino e principalmente della funzione tiroidea. Tengasi ancora presente che come vi è piena analogia istogenetica, istologica e biochimica tra strato corneo dell'epidermide e corteccia del pelo, così l'uno e l'altra si comportano analogamente di fronte agli stessi fattori fisiologici: il loro spessore è in rapporto inverso alla intensità delle ossidazioni organiche in generale e a quelle della cute in particolare.

lazioni matematicamente stabilite in determinate fasi dello sviluppo tra il peso dei vari organi e quello delle diverse ghiandole a secrezione interna, ed è da meravigliarsi che le ricerche sull'argomento siano così scarse. Ci si potrà anche addentrare nell'intima struttura dei tessuti e, mercè l'ausilio della tecnica istometrica, stabilire le correlazioni tra grandezza e numero delle cellule e peso dello stesso organo e di organi diversi.

Tra le nostre ricerche sulle correlazioni endo-interne ricordo quelle di Usulli e Vannucci stabilite tra il peso di diversi visceri in soggetti (*Bos taurus*, razza Marchigiana gentile) in fase di crescita, ma che già avevano completamente raggiunto la maturità sessuale (un anno e mezzo di età) e che hanno, tra l'altro, dimostrato che, in dette condizioni, il peso del polmone presenta, contrariamente ad altri visceri, correlazioni assai basse in rapporto degli altri organi interni, come del resto, anche in rapporto alle dimensioni corporee (reperto invero di non facile interpretazione: a titolo puramente ipotetico si può pensare che mentre per tutti gli altri organi considerati l'attività funzionale sia, dal più al meno, e, ben s'intende, in senso statistico, correlata al loro peso, ciò non accada, o meglio si verifichi in grado molto minore per il polmone; infatti è forse un po' semplicistico, ma non del tutto illogico, ammettere che, a parità di volume, un polmone più pesante abbia una superficie alveolare, e quindi un'attività funzionale, minore di uno più leggero).

5. *Correlazioni tra caratteri interni e caratteri fisiologici: correlazioni endo-funzionali.*

Lo studio di queste correlazioni presenta un vasto campo di ricerca che interessa la Morfologia, la Fisiologia, la Patologia e, dal più almeno, ogni disciplina biologica. Per esemplificare: quali coefficienti di correlazione intercorreranno, nelle varie specie e nelle varie età, tra il peso del fegato, la quantità di bile secreta, il potere glicogenetico, l'intensità della funzione antitossica? Qualcuno potrà trovare tutto ciò molto semplicistico od assai poco utile. Ma, col Viola, ricordiamo che la fisiologia fu pensata dagli anatomici interrogando gli organi ed i loro rapporti e meditando le forme della natura morta. Ricordiamo che il Bichat meravigliosamente intuì

le funzioni che oggi denominiamo antitossica e glicogenica del fegato, sulla base di considerazioni puramente morfologiche. Egli scrisse: « La quantità di bile è sproorzionata al volume del fegato. Questo viscere da solo eguaglia almeno in massa tutte le altre ghiandole riunite. Ora mettete da una parte la bile, dall'altra tutti i secreti, l'orina, la saliva, il succo pancreatico, i succhi mucosi, la semenza ecc. e voi vedrete che la differenza è enorme. E poichè la secrezione della bile non può essere l'unica funzione del fegato, *bisogna* che ve ne sia un'altra cui esso adempie per il vantaggio dell'economia. Noi ignoriamo completamente un tale uso, solamente egli è fuor di dubbio che questa funzione *deve* essere legata all'esistenza del sistema a sangue nero cui il fegato serve di foce ». Tale può essere, commenta il Viola, la fonte delle grandi scoperte che sorprendono lo spirito umano! Ed ancora oggi, aggiungiamo, quanti problemi sorgono alla mente, che potrebbero trovare un'avviamento alla loro soluzione quantitativa dallo studio delle correlazioni endo-funzionali! Si pensi, per citare un esempio tra i mille, al poco che sappiamo sui rapporti tra l'intensità della secrezione lattea, che implica un sì intenso lavoro metabolico, ed il peso e la funzione (correlazioni fisio-funzionali) dei diversi organi endocrini e delle ghiandole, primieramente il fegato, che dominano sulle varie fasi del ricambio intermedio.

Se, per le regioni alle quali abbiamo già accennato, classifichiamo il peso corporeo, risultante del metabolismo organico e dei fenomeni di crescita, tra i caratteri funzionali, possiamo ricordare come esempio di studio delle correlazioni endo-funzionali le bellissime ricerche del Castaldi sui coefficienti di correlazione a diverse epoche della vita tra il peso corporeo e quello di numerose ghiandole endocrine. Il Castaldi ne ha saputo trarre acute considerazioni di grande interesse fisiologico e fisiopatologico come ben ricorda ogni lettore che abbia letto *l'Accrescimento corporeo e costituzioni dell'uomo*.

Vanno pure menzionate le ricerche del nostro allievo Pioli sulle correlazioni tra il peso corporeo, il peso del testicolo, delle surrenali, delle tiroidi, in 120 giovani soggetti maschi della razza Marchigiana gentile (*Bos laurus*).

6. *Correlazioni tra caratteri fisiologici e caratteri fisiologici: correlazioni fisio-funzionali.*

Sarebbe superfluo insistere sull'importanza dello studio di queste correlazioni, perchè il concetto di correlazione permea, si può dire, tutta la Fisiologia. Ma noi fisiologi abbiamo forse il torto di adottare troppo spesso metodi puramente qualitativi o solo parzialmente ed imperfettamente quantitativi, in quanto ben raramente applichiamo alla ricerca fisiologica la metodologia statistica; fra le migliaia e migliaia di ricerche fisiologiche e biochimiche condotte ogni anno in tutto il mondo, pochissime sono elaborate con quelle modalità statistiche che sole permettono il calcolo del coefficiente di correlazione. Indubbiamente le difficoltà da superare sono notevolissime (soprattutto quelle che si riferiscono al lungo tempo ed ai grandi mezzi necessari); ma una volta esse difficoltà superate molte incertezze molte contraddizioni (che spesso in fondo altro non sono che l'espressione dell'insufficiente studio della variabilità statistica del fenomeno considerato) sono destinate a cadere. E non è detto che lo studio matematico della correlazione fisio-funzionale sia destinato solo alla revisione ed alla precisazione di fenomeni noti; non è affatto detto che esso non possa, di quando in quando, mettere in luce nuovi fatti ed aprire la mente a nuovi concetti.

Scopo principale di questa nota è di riassumere alcuni tentativi di studio di correlazioni fisio-funzionali, fatti da noi o dai nostri collaboratori e precisamente:

- a) le correlazioni tra peso corporeo, superficie corporea e ricambio respiratorio;
- b) le correlazioni tra la concentrazione idrogenionica del contenuto dei quattro stomaci dei ruminanti;
- c) le correlazioni tra il contenuto in glicogeno di diversi tessuti.

*
* *

a) *Correlazioni tra peso corporeo, superficie corporea e ricambio respiratorio.* Queste ricerche furono eseguite per mio consiglio nel 1935 dal Falaschini, allora mio assistente all'Università di Camerino. Dal suo lavoro traggio le premesse, i dati e le considerazioni essenziali.

« La relazione esistente tra superficie corporea e quantità di calore ceduto da un animale all'ambiente venne presa in considerazione sin da quando nel campo della Biologia l'Energetica divenne oggetto di studio. L'unico studio a nostra conoscenza in cui siano stati calcolati i coefficienti di correlazione è quello, riportato dal Boldrini, di Harris e Benedict i quali hanno calcolato la correlazione esistente tra età e produzione di calore assoluta e relativa per kg. di peso vivo e per unità di superficie in 136 uomini e 103 donne. I coefficienti di correlazione tra età, produzione di calore assoluta e relativa sono i seguenti:

COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE CON L'ETÀ (in anni)				
	Maschi		Femmine	
Produzione di calore assoluta .	- 0,5017	± 0,0526	- 0,1946	± 0,0659
" " per kg. .	- 0,5840	± 0,0493	- 0,4962	± 0,0501
" " per mq. .	- 0,4584	± 0,0457	- 0,5149	± 0,0489

Da questa tabella si nota: 1° che tutte le correlazioni sono negative; 2° che i coefficienti di correlazione fra produzione di calore calcolate per mq., per kg. ed età sono superiori nelle femmine; 3° che al contrario il coefficiente di correlazione fra produzione assoluta di calore ed età è superiore nel maschio. Però il Boldrini, giustamente osserva che la media dei valori sui quali sono state stabilite queste correlazioni oscillano molto, soprattutto a causa della esiguità dei gruppi nei quali sono state calcolate. Così il gruppo di età tra i 45 e i 49 anni comprende una sola donna ed essa basta « a fare oscillare la serie delle medie femminili in modo affatto eccezionale ».

In un primo tempo il nostro collaboratore, prof. Falaschini, ha calcolato il coefficiente di correlazione tra il peso corporeo e il valore del CO₂ prodotto per kg. di peso vivo e per ora in 40 ratti bianchi e trovò un coefficiente di - 0,57; in seguito estese le sue ricerche ad un numero molto maggiore di animali (171 ratti bianchi

dal peso variante tra 40 e 220 gr.) e calcolò molti altri coefficienti di correlazione tenendo conto altresì della superficie corporea. La superficie corporea è stata calcolata con la formula di Meeh:

$$S = K \cdot \sqrt[3]{P^2}$$

Dapprima Falaschini adottò per K un valore costante, quello consigliato da Benedict ($K = 9,1$); in seguito calcolammo la superficie corporea, secondo Gelineo, vale a dire con valori di K varianti col variare del peso dell'animale.

Per la determinazione del CO_2 servi un apparecchio per ricambio respiratorio costituito da una serie di tubi di assorbimento a cloruro di calcio e a calce sodata, da tubi di lavaggio ad acido solforico, da un recipiente di cristallo in cui viene messo l'animale, da bolle ad assorbimento di Mohr, da una pompa aspirante: l'animale a digiuno, dopo esser stato pesato, era collocato nella camera respiratoria; di ogni soggetto venne determinata due volte in ore successive la quantità di CO_2 emessa; le condizioni di temperatura (16°) furono le stesse per tutti gli animali, i quali ebbero anche lo stesso regime alimentare: pane, carne, verdura.

Nella seguente tabella sono riassunti i valori della media aritmetica, della deviazione *standard* e del coefficiente di variabilità ottenuti per le diverse varianti:

VARIANTE	Media aritmetica M	Deviazione <i>standard</i> σ	Coefficiente di variabilità C_v
Peso corporeo	115 gr.	$\pm 41,94$	$\pm 36,4$
Anidride carb. per kg. e ora.	5,5 gr.	$\pm 0,787$	$\pm 22,5$
» » assoluta . . .	589 mmgr.	± 120	$\pm 30,87$
Superficie a K costante . . .	212 cm^2	$\pm 52,2$	$\pm 24,8$
» a K variabile . . .	271 cm^2	$\pm 56,5$	± 24
Anidride carbonica per cm^2 di sup. a K cost.	189,60 dmgr.	± 78	$\pm 41,2$
Anidride carbonica per cm^2 di sup. a K variabile	145 dmgr.	± 66	$\pm 45,5$

In quest'altra tabella sono riassunti i risultati del calcolo dei coefficienti di correlazione:

APPLICAZIONE
DELLI COEFFICIENTI
CORRELAZIONE ECC.

Correlazioni tra :	Coefficiente di correlazione	Errore probabile del coefficiente
Peso corporeo e CO ₂ per kg. e per ora	- 0,54	± 0,045
» » » assoluta	+ 0,79	± 0,002
» » » per mc ² di sup. a K cost.	- 0,75	± 0,02
Superficie corporea a K cost. e CO ₂ per kg. e ora	- 0,51	± 0,02
» » » » assoluta	+ 0,78	± 0,02
» » » » per cm ² di sup.	- 0,71	± 0,02
» » » a K variab. e CO ₂ assoluta	+ 0,78	± 0,02
» » » » » per kg. e ora	- 0,62	± 0,05
CO ₂ per cm ² di sup. a K variab. e peso corporeo	- 0,75	± 0,02
» » » » e sup. a K cost.	- 0,85	± 0,01

Dall'esame di queste due tabelle si può constatare: che il grado di variabilità è assai elevato per tutte le varianti; che i coefficienti di correlazione sono positivi solo in quelle correlazioni in cui una variante è l'anidride carbonica assoluta; che nelle correlazioni in cui una delle varianti è rappresentata dalla superficie corporea i coefficienti conservano lo stesso segno, sia quando la superficie è calcolata a K costante, sia quando è calcolata a K variabile, mentre i valori assoluti dei coefficienti possono talvolta essere maggiori quando la superficie corporea è calcolata a K variabile.

Come già abbiamo accennato, il nostro collaboratore in una precedente ricerca condotta su 40 ratti aveva trovato un coefficiente di correlazione tra il peso corporeo e il CO₂ per kg. e per ora di - 0,57 (± 0,10); ripetendo la correlazione in 171 ratti il nuovo coefficiente è di - 0,54 (± 0,045); i due valori sono assai vicini tra loro, e se si considera che le due correlazioni furono stabilite

su un numero molto diverso di animali, non si può dubitare che i valori trovati abbiano un significato biologico. Quale? La negatività del coefficiente di correlazione è indubbiamente l'espressione di un fatto ben noto: che a parità di peso corporeo gli animali di maggior mole hanno un più basso metabolismo energetico. Ma, appunto basandoci su questo fatto, ci si poteva attendere un valore assoluto di r assai elevato, vicino all'unità, così come ci si poteva attendere un coefficiente vicino all'unità, e naturalmente positivo, per la correlazione stabilita tra peso corporeo ed anidride carbonica assoluta; invece i due coefficienti risultarono rispettivamente di $-0,54$ e di $+0,79$. Escluso che ciò dipenda da una cattiva impostazione del calcolo (il Falaschini attraverso nuovi calcoli si sincerò anche dell'eventuale influenza del modo di seriazione), l'ipotesi più plausibile è che questi risultati possano interpretarsi ammettendo l'influenza di fattori individuali (forse di natura endocrina) capaci di modificare il metabolismo energetico in modo sufficiente per essere rivelati dall'indagine statistica. Nella speranza, non certo di precisare tali fattori individuali, ma di orientarci sulla loro esistenza, consigliai di calcolare nuove correlazioni tenendo conto anche della superficie corporea. I risultati non corrisposero allo scopo principale che ci eravamo proposti, ma ci rivelarono un valore piuttosto alto dei negativi coefficienti di correlazione tra i valori dell'anidride carbonica calcolata per cq. di superficie corporea e quelli della superficie corporea totale, forse quest'ultima calcolata con K costante ($r = -0,71 \pm 0,02$) o con K variabile ($r = -0,85 \pm 0,01$), mentre se si ammette che il valore del metabolismo basale calcolato per unità di superficie sia nella stessa specie relativamente costante, detti coefficienti di correlazione dovevano presumersi nulli o bassissimi; del resto anche i coefficienti di correlazione stabiliti tra l'anidride carbonica per cq. di superficie e il peso corporeo che pure avrebbero dovuto *a priori* ritenersi assai bassi o nulli, risultarono negativi ed abbastanza elevati.

L'alto valore e la negatività di detti coefficienti calcolati tra l'anidride carbonica per cq. di superficie e la superficie assoluta (od il peso corporeo) non può essere che l'espressione statistica del fatto che nei 171 ratti in esperimento, gli animali di minor mole hanno non solo a parità di peso corporeo, ma anche a parità di superficie

corporea, un più intenso metabolismo energetico; ed evidentemente la condizione determinante non può essere che la diversa età degli animali in esperimento, sì che giustamente il Falaschini vide in questi ultimi suoi risultati la riprova che « gli animali più giovani, in relazione al fenomeno della crescita che richiede un notevolissimo dispendio energetico hanno, non solo a parità di peso corporeo, ma anche e specialmente a parità di superficie corporea, un più attivo ricambio respiratorio ».

b) *Correlazioni reciproche tra il pH del contenuto degli stomaci dei ruminanti.*

Queste ricerche furono eseguite nel 1939 dal prof. Totire-Ippolito, allora mio aiuto all'Università di Bologna.

Le ricerche furono compiute su 52 bovini abbattuti nel Macello di Bologna, determinando la reazione attuale del contenuto dei quattro stomaci con potenziometro di precisione Leeds e Northrup ad elettrodo a chinidrone.

Nella seguente tabella sono riassunti i valori delle medie aritmetiche, delle deviazioni *standard* e dei coefficienti di variabilità ottenuti per le diverse varianti:

VARIANTE	Media aritmetica M	Deviazione Standard σ	Coefficiente di variabilità Cv
pH <i>Ruminis</i>	7,8	0,52	6,66
pH <i>Reticuli</i>	7,8	0,55	4,48
pH <i>Omasi</i>	7,7	0,65	8,18
pH <i>Abomasi</i>	5,5	0,92	16,72

Nell'esame della soprariportata tabella merita particolare rilievo il fatto che la più alta variabilità del pH sia stata constatata nel contenuto del quarto stomaco (gli estremi assoluti risultarono di pH 3,8 e pH 7,1), in cui la reazione attuale è fortemente influenzata non

più da processi fermentativi, ma da una secrezione propria dell'animale, quella dell'acido cloridrico.

Le tabelle di correlazione ed i risultati del calcolo dei sei coefficienti di correlazione e dei relativi errori probabili sono esposti nella tavola n. 1. Dall'esame dei valori dei coefficienti di correlazione si rileva: 1° che non vi sono correlazioni negative: su sei correlazioni, cinque sono assai basse e devono anzi considerarsi prive di significato, dato il loro relativamente elevato errore probabile; 2° che la sola correlazione positiva da prendersi in considerazione è quella tra il pH del primo stomaco e quella del secondo ($r = + 0,459 \pm \pm 0,073$), in merito alla quale Totire osserva che « il parallelismo del comportamento della reazione attuale nel Rumine e nel Reticolo è espressione di una correlazione funzionale positiva esistente fra questi due compartimenti gastrici e potrebbe, in certo qual modo, integrare l'ipotesi di alcuni autori che vorrebbero identificare il primo ed il secondo stomaco dei ruminanti come un unico compartimento ».

c) *Correlazioni tra il contenuto in glicogeno dei diversi tessuti.*

Queste ricerche furono da me condotte tra il 1935 e il 1939, in collaborazione con i miei assistenti volontari R. Fortuzzi e L. Vannucci. È noto che in quasi tutti i tessuti animali può depositarsi glicogeno: ma dal punto di vista dei tassi di concentrazione del polisaccaride, ed anche e soprattutto dell'estensione del tessuto che serve di deposito, i depositi più importanti sono quelli epatici, muscolari e dei tessuti adiposi. Come diverso è il significato dell'amido e degli altri polisaccaridi colloidali nei diversi tessuti vegetali, così diverso è il significato delle riserve glicogeniche nei vari tessuti animali e notevole interesse presenta perciò lo studio delle relazioni che intercorrono tra i depositi di glicogeno nei diversi tessuti. Già Vannucci studiando (1933) nel mio Laboratorio il glicogeno nel connettivo perirenale e sottocutaneo, nel fegato e nei muscoli striati di 10 esemplari di *Bos laurus* arrivò a risultati che facevano sospettare correlazioni dirette ed indirette tra il tasso glicogenico dei quattro tessuti studiati. Per precisarne lo studio con metodologia statistica era dunque necessario continuare le ricerche su un

numero di animali sufficiente per permettere il calcolo dei coefficienti di correlazione: è ciò che facemmo estendendo a 120 bovine, tutte di razza podolica (esemplari della sottorazza marchigiana e della romagnola) il dosaggio del glicogene nel fegato, nei muscoli striati (grande pettorale), nel tessuto adiposo sottocutaneo e nel tessuto adiposo perirenale. L'ultimo pasto era stato somministrato 20-24 ore prima dell'abbattimento. Per la determinazione del glicogene nel fegato e nei muscoli usammo il metodo di Pflüger lievemente modificato, mentre per la determinazione del glicogene nei tessuti adiposi procedemmo prima alla estrazione della maggior parte del grasso secondo un metodo che, fondamentalmente, è quello proposto dallo Scoz. Per facilitare i calcoli i valori della concentrazione del glicogene furono espressi in centigrammi di glicogene per 100 grammi di tessuto fresco.

Nella tavola n. 2 sono rappresentati i poligoni di frequenza e nella seguente tabella sono riassunti i valori delle medie aritmetiche, delle deviazioni *standard* e dei coefficienti di variabilità ottenuti per le diverse varianti:

VARIANTE	Media aritmetica M	Deviazione <i>standard</i> σ	Coefficiente di variabilità Cv
Glicogeno (cg) del tessuto <i>adiposo perirenale</i> (100 gr.)	41,75	22,42	53,70
Glicogeno (cg) del tessuto <i>adiposo sottocutaneo</i> (100 gr.)	41,08	20,26	50,15
Glicogeno (cg) del tessuto <i>muscolare striato</i> (100 gr.)	106,42	22,01	20,68
Glicogeno (cg.) del tessuto <i>epatico</i> (100 g.).	322,92	130,56	40,57

In quest'altra tabella (vedi anche tavole n. 5 e 4) sono riassunti i risultati del calcolo delle correlazioni:

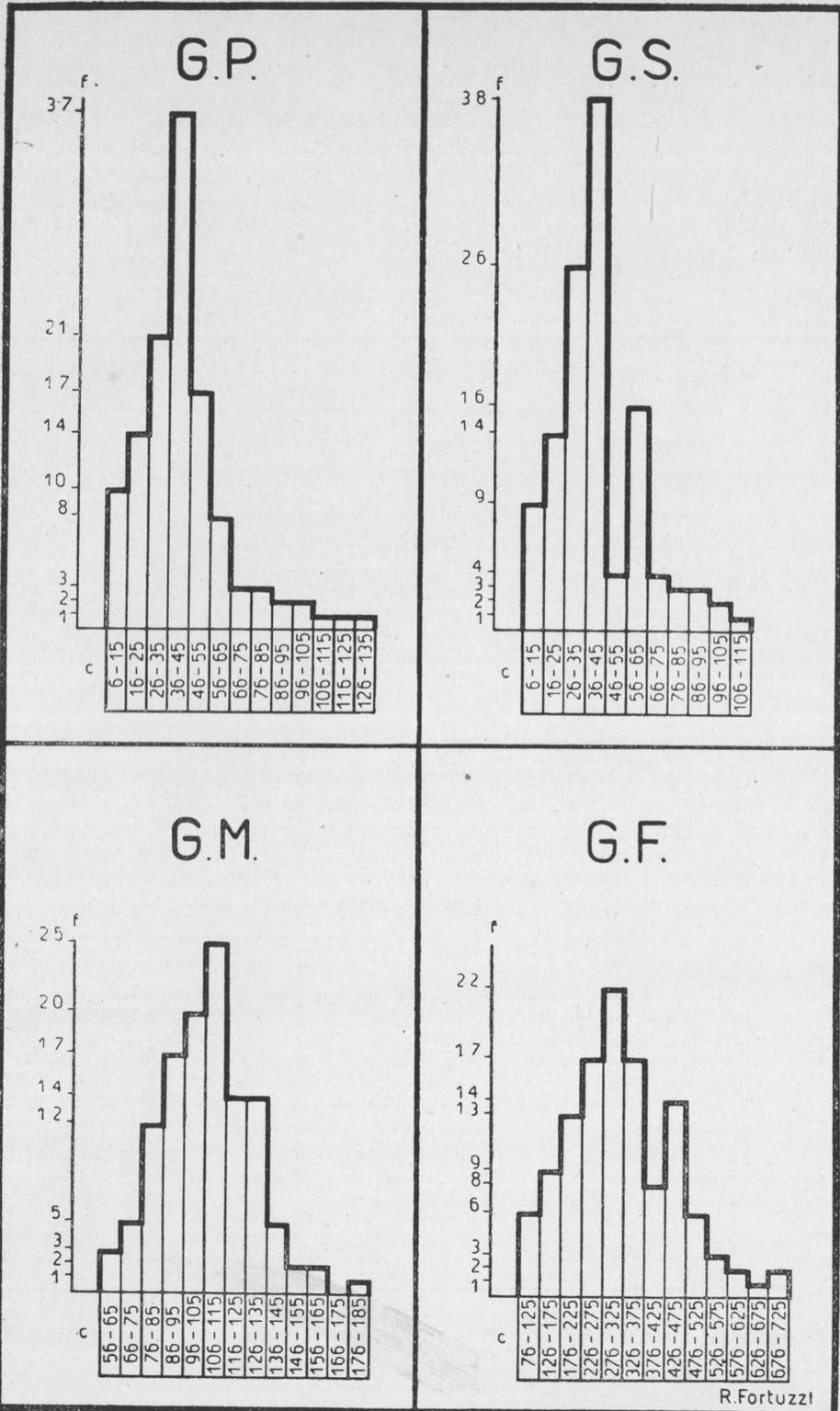
Correlazioni tra:	Coefficiente di correlazione	Errore probabile del coefficiente
Glicogeno del tessuto adip. perirenale e sottocutaneo.	+ 0,755	± 0,028
" " " " adip. perirenale e muscolare striato	- 0,218	± 0,058
" " " " adip. perirenale e epatico.	- 0,504	± 0,045
" " " " adip. sottocutaneo e muscolare striato	- 0,078	± 0,025
" " " " adip. sottocutaneo e epatico	0,460	± 0,048
" " " " muscolare striato e epatico	+ 0,149	± 0,060

La concentrazione del glicogeno nei diversi tessuti da noi esaminati è dunque in ordine decrescente: del 3,25 % nel fegato, dell'1,06 % nel tessuto muscolare striato, del 0,42 % nel tessuto adiposo perirenale e nel tessuto adiposo sottocutaneo. Non si può fare a meno di notare come la percentuale media del glicogeno nel tessuto adiposo perirenale sia pressochè uguale a quella nel sottocutaneo; tenendo presente l'alta correlazione positiva tra il contenuto in glicogeno dei due tessuti in parola ($r = + 0,755 \pm 0,028$) mi sembra lecito avanzare l'ipotesi che dal punto di vista metabolico i tessuti adiposi siano funzionalmente equivalenti qualunque sia la loro distribuzione topografica. A favore di questa ipotesi stanno anche i dati che successivamente ho ottenuto applicando agli stessi dati analitici la metodologia dei poligoni binomiali *standard* del Frassetto: i due poligoni binomiali teorici di distribuzione dei valori percentuali del glicogeno nel tessuto adiposo perirenale (tavola n. 5) e sottocutaneo (tavola n. 6) sono pressochè sovrapponibili (*) ed infatti

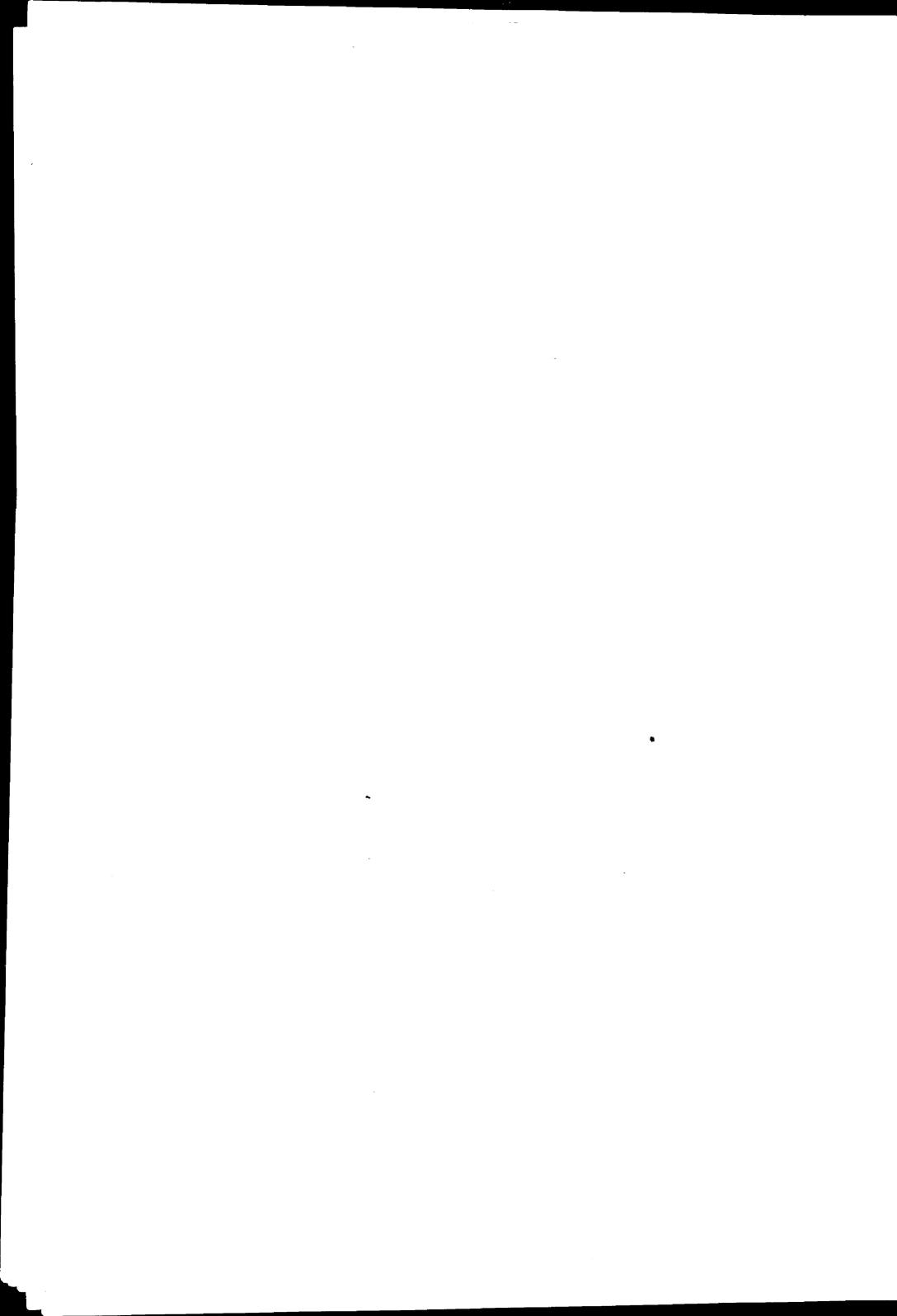
(*) L'osservazione di questi due poligoni binomiali teorici, come pure di quelli della distribuzione dei valori percentuali del glicogeno del tessuto muscolare striato (tavola n. 7) e del fegato (tavola n. 8) ci dimostra la prevalenza degli emipoligoni di destra rispetto



POLIGONI DI FREQUENZA



- G. P. = Glicogeno del tessuto adiposo perirenale.
 G. S. = Glicogeno del tessuto adiposo sottocutaneo.
 G. M. = Glicogeno del tessuto muscolare striato.
 G. F. = Glicogeno del fegato.



↓ GP	GP				GP									$\Sigma f_{a,a_2}$	
	31.75	21.75	11.75	1.75	8.25	18.25	28.25	38.25	48.25	58.25	68.25	78.25	88.25		
-31.08	10	4	2	1	2										+ 5773.11
-21.08	20	3	4	5	1										+ 4943.26
-11.08	30	1	6	10	7	2									+ 3052.54
-1.08	40	2	2	4	23	6		1							+ 1150.2
+ 892	50				2	1	1								+ 561.96
+1892	60			1	4	5	3		1		1		1		+ 4767.84
+2892	70						1	1		1	1				+ 4424.76
+3892	80					1	1					1			+ 3687.67
+4892	90						2								+ 6102.77
+5892	100							1	1						+ 3918.18
+6892	110									1					+ 3325.39
1															+40672.50

$$r = +0,733 (\pm 0,028).$$

↓ GM	GP				GP									$\Sigma f_{a,a_2}$	
	31.75	21.75	11.75	1.75	8.25	18.25	28.25	38.25	48.25	58.25	68.25	78.25	88.25		
- 46.42	60			2			1								-1138.89
- 36.42	70			3	1				1						-1866.52
- 26.42	80	1		3	3	2	1			1			1		-2879.78
- 16.42	90	1	5	5	1	2	1		1			1			+ 816.89
- 6.42	100	1	3	4	9	1	1	1							+ 674.10
+ 358	110	1	1	3	11	5	2		2						+ 165.57
+ 1358	120	1				6	3	1		1	1	1			+3741.29
+ 2358	130	3	2	2	7										-4114.71
+ 3358	140	1		3	1										-2308.62
+ 4358	150		2												-1895.73
+ 5358	160		1	1											-1794.93
+ 6358	170														
+ 7358	180	1													- 2336.16
2															-12937.49

$$r = -0,218 (\pm 0,058).$$

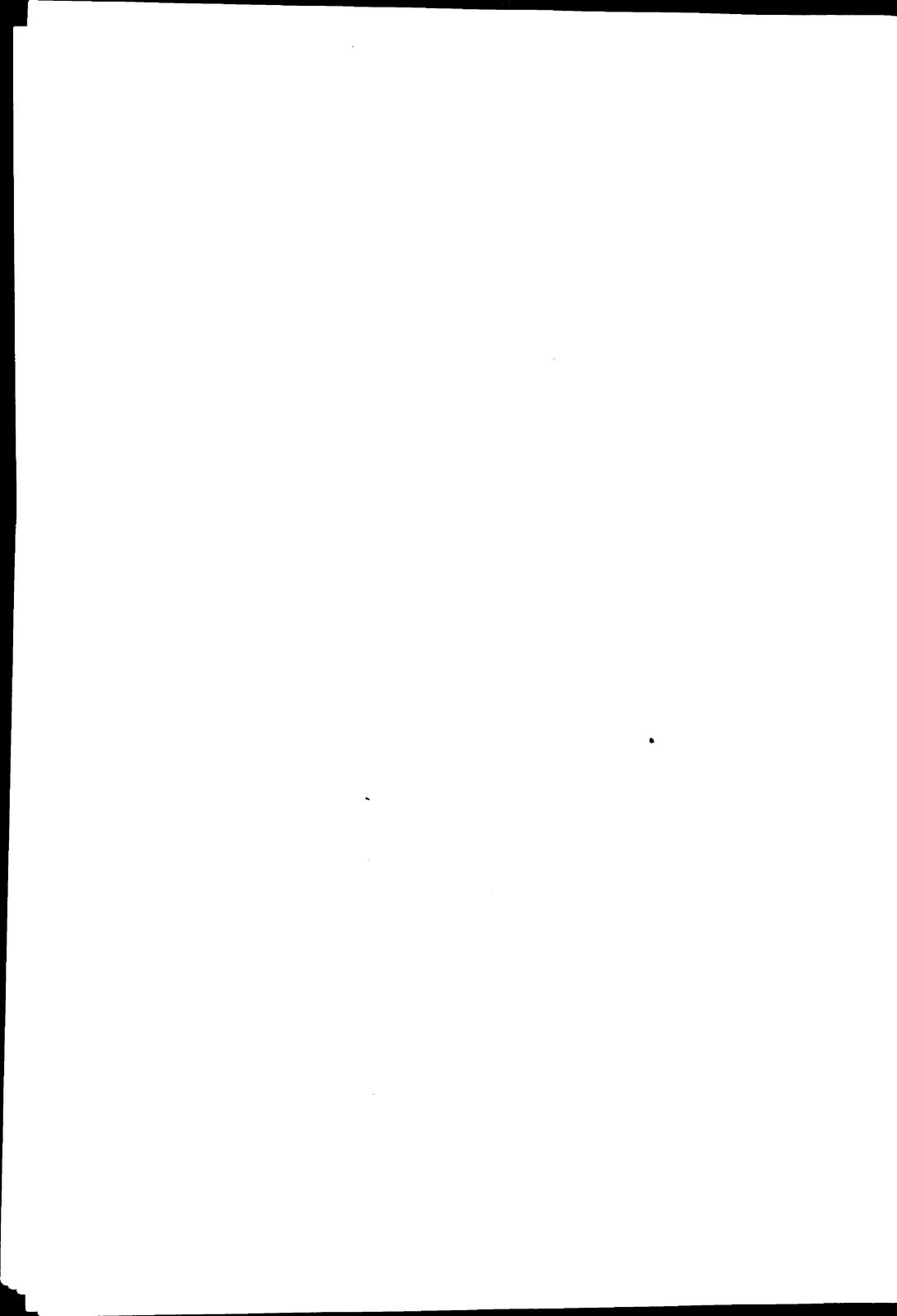
↓ GF	GP				GP									$\Sigma f_{a,a_2}$	
	31.75	21.75	11.75	1.75	8.25	18.25	28.25	38.25	48.25	58.25	68.25	78.25	88.25		
-222.92	100				1	3			1				1		44472.54
-172.92	150	1			3	2		1	1			1			-19756.11
-122.92	200			2	5	3	2			1					-10724.77
- 72.92	250		1	1	8	5	1	1							- 2935.03
- 22.92	300	1			9	5	2	1	2	1	1				- 5535.18
+ 2708	350	2	3	5	5	1						1			- 2972.03
+ 7708	400	2	2	4											-11870.32
+12708	450	2	4	3	5										-24717.06
+17708	500	1	2	2	1										-17796.54
+22708	550	1		1	1										-10275.37
+27708	600		1	1											- 9282.18
+32708	650			1											- 3843.19
+37708	700		1	1											-12632.18
3															176812.50

$$r = -0,504 (\pm 0,045).$$

R.Fortuzzi.

TAVOLE DI CORRELAZIONE

- 1) tra il glicogeno del tessuto adiposo perirenale e il glicogeno del tessuto adiposo sottocutaneo;
- 2) tra il glicogeno del tessuto adiposo perirenale e il glicogeno del tessuto muscolare striato;
- 3) tra il glicogeno del tessuto adiposo perirenale e il glicogeno del fegato;



↓ G. M	G S	31,08	21,08	11,08	1,08	8,92	18,92	28,92	38,92	48,92	58,92	68,92	Σ f a ₁ a ₂
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
- 46,42	60			1	1						1		- 2170,60
- 36,42	70			2	2			1					- 167,53
- 26,42	80	3	1	2	2		1	1		2			- 186,00
- 16,42	90	2	2	4	5		3				1		+ 629,87
= 6,42	100		3	8	6	2		1					+ 716,47
+ 3,58	110		4	4	9	1	5		1	1			+ 189,74
+ 13,58	120		1	1	2	1	5	1	2			1	+ 3189,67
+ 23,58	130	3	2	1	6		2						- 2714,53
+ 33,58	140	1		1	3								- 1524,53
+ 43,58	150		1		1								- 965,73
+ 53,58	160			2									- 1187,33
	170												
+ 73,58	180				1								- 79,47
4													- 4269,97

$$r = -0,078 (\pm 0,023).$$

↓ G. F	G S	31,08	21,08	11,08	1,08	8,92	18,92	28,92	38,92	48,92	58,92	68,92	Σ f a ₁ a ₂
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
- 222,92	100					1	2			2		1	- 47587,88
- 172,92	150	1	1		1	1	3		3				- 22341,28
- 122,92	200	1		2	4	1	4						- 3323,76
- 72,92	250	1	1	3	7	1	2	2					- 848,80
- 22,92	300	1		2	11		3	2		1	2		- 4956,22
+ 27,08	350	1	3	7	5		1						- 4288,39
+ 77,08	400	1	3	2	2								- 9144,77
+ 127,08	450	2	3	6	3								- 24795,85
+ 177,08	500	1		2	3		1						- 6651,13
+ 227,08	550		2										- 9573,69
+ 277,08	600			2									- 6140,09
+ 327,08	650				1								- 353,25
+ 377,08	700		1		1								- 8356,10
5													- 148361,21

$$r = -0,460 (\pm 0,048)$$

↓ G. F	G. M	46,42	36,42	26,42	16,42	6,42	3,58	13,58	23,58	33,58	43,58	53,58	63,58	73,58	Σ f a ₁ a ₂
		60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
-222,92	100			2				4							- 329,92
-172,92	150			2		1	2	2	2						- 3842,28
-122,92	200	1		2	2	1	3	3	1						+ 7800,50
- 72,92	250			1	2	3	7	2	2						- 1521,11
- 22,92	300	1	3	2	4	2	7	1	2						+ 4612,38
+ 27,08	350	1	1		3	5	1	2	2	1		1			+ 294,09
+ 77,08	400			2	1	1	1		1			1		1	+ 6061,57
+ 127,08	450				3	4	2		1	2	2				+ 15264,85
+ 177,08	500		1		2	1			2						- 5050,32
+ 227,08	550					1	2								+ 1680,4
+ 277,08	600			1		1									- 9099,31
+ 327,08	650									1					+ 10983,35
+ 377,08	700								1	1					+ 21553,89
6															46895,73

$$r = +0,149 (\pm 0,060).$$

R. Fortuzzi.

TAVOLE DI CORRELAZIONE

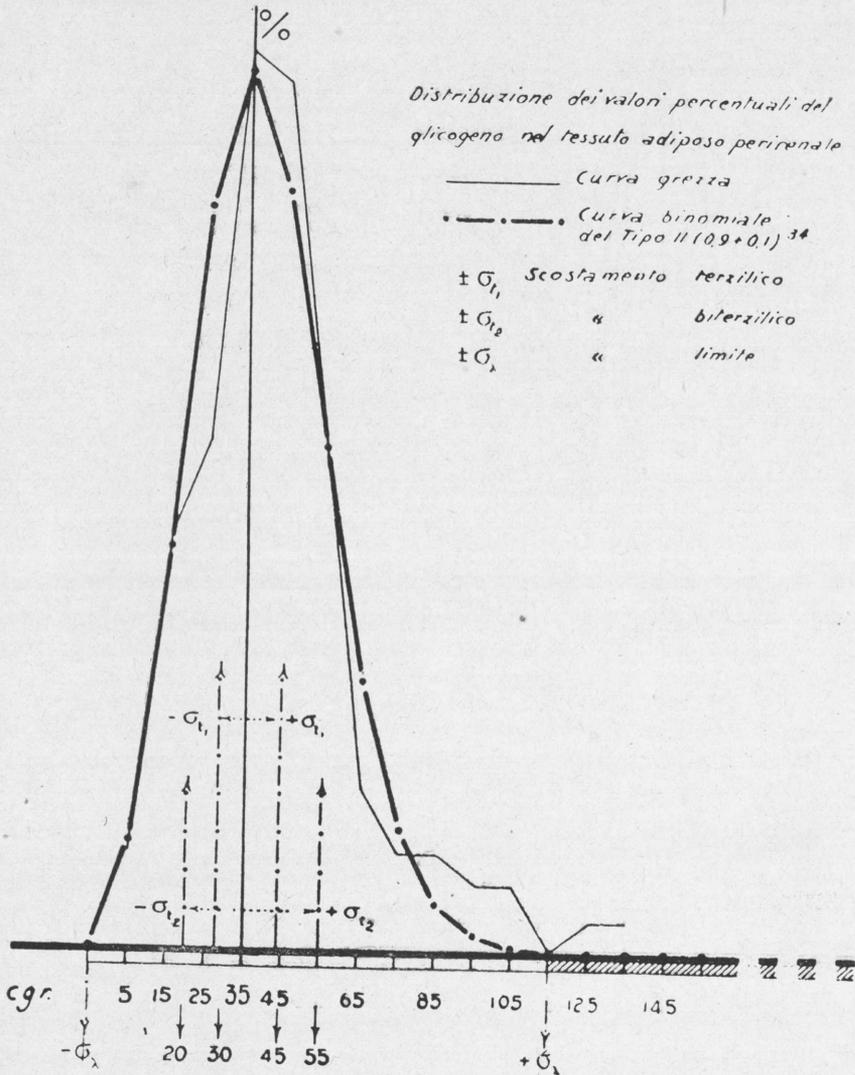
- 4) tra il glicogeno del tessuto adiposo sottocutaneo e il glicogeno del tessuto muscolare striato;
- 5) tra il glicogeno del tessuto adiposo sottocutaneo e il glicogeno del fegato
- 6) tra il glicogeno del tessuto muscolare striato e il glicogeno del fegato.



(ad eccezione del campo di variazione che è compreso tra 5 e 145 per quanto riguarda il glicogeno del tessuto adiposo perirenale e

APPLICAZIONE
DELLA COEFFICIENTE ECC.

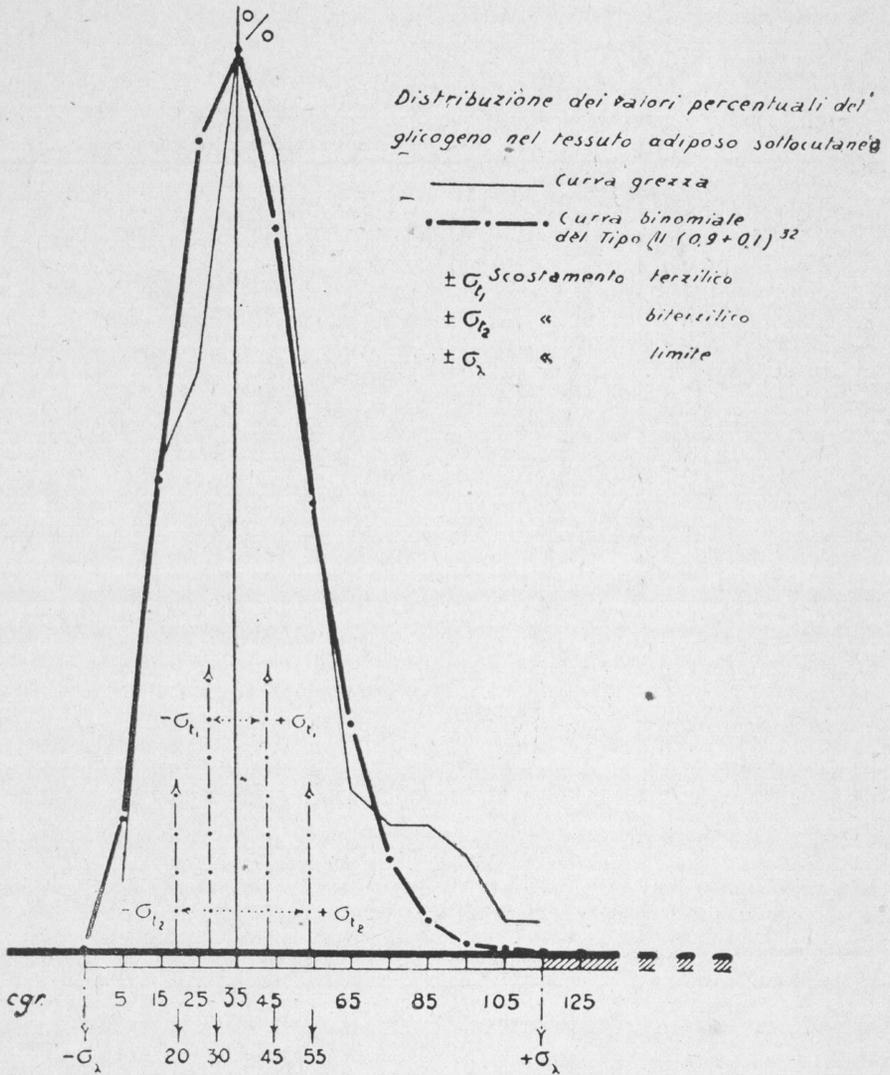
TAV. V.



agli emipoligoni di sinistra; conseguentemente, nella classificazione senaria, i campi dei valori normali, distonormali e paranormali inferiori sono più ristretti dei corrispondenti campi dei valori normali distonormali e paranormali superiori. Come già abbiamo

tra 5 e 125 per quanto riguarda il sottocutaneo) tutti i dati risultanti dall'elaborazione dei rispettivi poligoni binomiali sono uguali

TAVOLA VI.

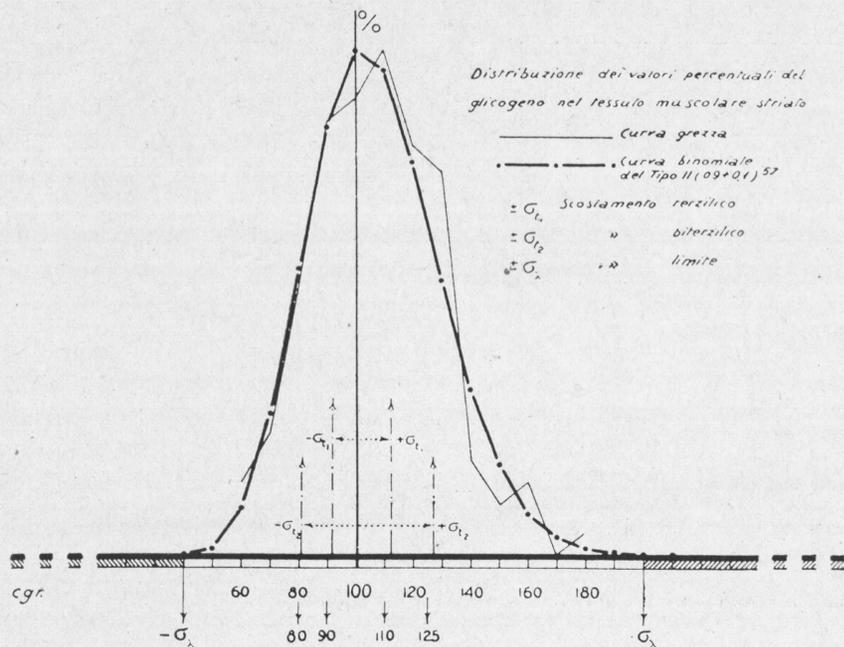


osservato nel lavoro originale (Arc. Ist. Bioc. Ital., 1940) il significato biologico di questo fatto è evidente: anche per la concentrazione di composti che, come il glicogene, hanno il significato di riserva e non rispondono perciò al concetto di costanti biochimiche

per due tessuti: uguale la moda (35), uguali gli scostamenti terzili, biterzili e limiti di sinistra (cm. 0,7; 1,5; 4) e di destra (cm. 0,9; 2; 8), uguali nella classificazione senaria prolungata i valori parnormali inferiori (20-30), normali inferiori (30-35), normali superiori (35-45), paranormali superiori e (45-55), distonormali superiori (55-115), uguali, di conseguenza, i dati della classificazione tritaria. L'esame dei coefficienti di variabilità dimostra che le riserve glicogeniche meno variabili sono quelle muscolari ($C_v = 20,68\%$), mentre quasi doppia è la variabilità delle riserve epatiche ($C_v =$

in senso quantitativo, gli spostamenti al di sopra della norma sono generalmente più ampi e frequenti che non quelli al di sotto, in quanto di solito l'organismo meglio si adatta a sopportare i sovraccarichi che non le violazioni dei minimi fisiologici. Come è naturale

TAVOLA VII.

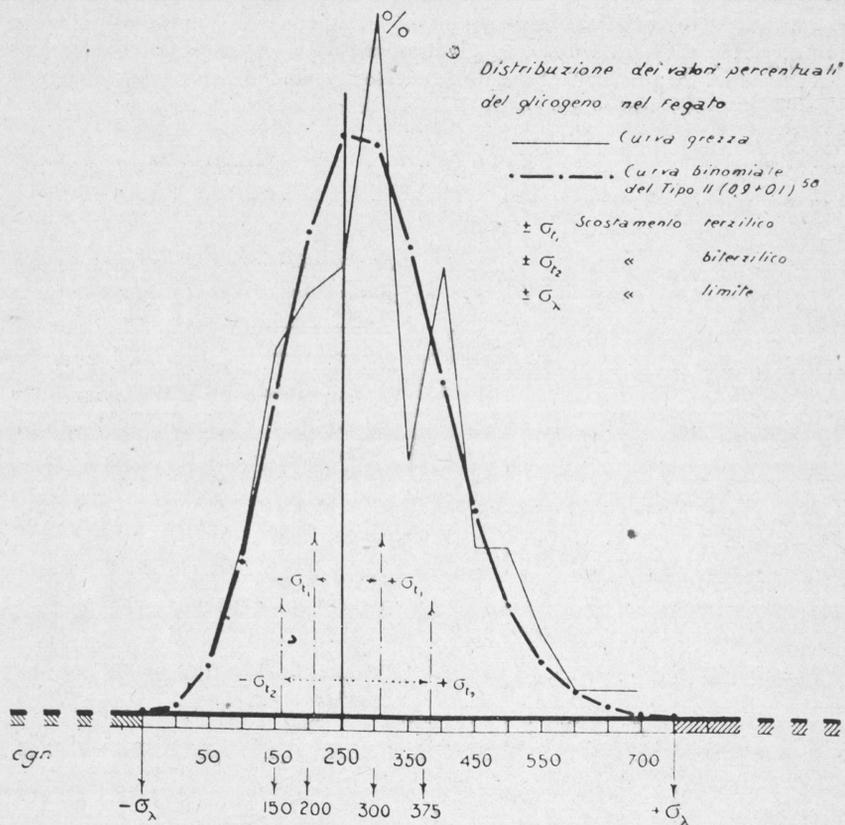


per le costanti biochimiche il fenomeno è più accentuato; così, per restare nel campo dei glucidi, tutti sanno che mentre tassi glicemici sei, sette volte superiori alla norma sono ancora compatibili con la vita, le glicemie, i cui valori scendono alla metà un terzo del normale, sono accompagnate da gravi fenomeni che culminano con la morte.

= 40,37 %) ed ancora maggiore quella del glicogene dei tessuti adiposi; abbiamo perciò avanzato, sia pure con riserva l'ipotesi che la *variabilità delle riserve glicogeniche sia in ragione inversa del metabolismo delle riserve stesse*, cioè in ragione diretta della loro fissità.

Si noti ancora che per quanto riguarda le concentrazioni del glicogene le nostre ricerche dimostrano che il campo di variazione del glicogene muscolare è assai più limitato di

TAVOLA VIII.



quello degli depositi glicogenici, ciò che va messo anche in relazione alle mancate correlazioni della concentrazione del glicogene muscolare con le concentrazioni del glicogene nel tessuto adiposo e nel fegato, mancate correlazioni il cui significato discutiamo nel testo.

È altresì da rilevare che tutte le correlazioni nelle quali è in giuoco come variabile la concentrazione del glicogeno del tessuto muscolare striato (concentrazione che abbiamo dimostrato essere la meno variabile) sono basse o nulle: *prova evidente della relativa indipendenza delle riserve glicogeniche dei muscoli*, indipendenza che, dal punto di vista teleologico, si può mettere in relazione al fatto che il glicogene muscolare più che costituire una riserva generale di glucosio per l'organismo deve soddisfare ai fabbisogni immediati del lavoro muscolare.

Ma il reperto indubbiamente più significativo di queste ricerche è la marcata negatività di correlazione tra la concentrazione del glicogeno nel fegato e del tessuto adiposo perirenale ($r = - 504 \pm 0,045$) e sottocutaneo ($r = 0,460 \pm 0,048$). In generale gli AA. che si sono occupati delle variazioni del tenore in glucidi del tessuto adiposo (Hoffman e Wertheimer, Schur e Low, Scoz) propendono ad ammettere la trasformazione degli idrati di carbonio in grasso, in seno alla stessa cellula adiposa (e lo Scoz ha fatto l'importante constatazione che mentre nel digiuno il glicogeno presente in tutte le altre cellule dell'organismo diminuisce, aumenta invece nella cellula adiposa). Il glicogeno potrebbe benissimo costituire una tappa intermedia diretta od indiretta, obbligata o meno, tra il metabolismo dei glucidi e quello dei lipidi. Verrebbe perciò ad aumentare il glicogeno in seno alla cellula adiposa quando, essendo notevolmente diminuite le riserve glicogeniche del fegato, si rende necessaria una larga trasformazione dei grassi in idrati di carbonio. Una siffatta spiegazione delle nostre correlazioni inverse fra il contenuto in glicogeno del fegato e quello dei tessuti adiposi naturalmente non può essere che ipotetica e provvisoria, in quanto troppe sono le incognite del problema; ad ogni modo, quale ne sia l'interpretazione, noi pensiamo che coefficienti di correlazione negativi vicini a 0,50 (e con bassi errori probabili) quali sono quelli che noi abbiamo trovato fra il glicogeno epatico e quello dei tessuti adiposi perirenale e sottocutaneo, non possono essere privi di un preciso, per quanto complesso, significato biologico.

Attraverso l'esposizione riassuntiva delle nostre ricerche e di quelle dei nostri collaboratori abbiamo cercato di esemplificare alcune tra le innumeri applicazioni del coefficiente di correlazione a problemi di fisiologia e di chimica biologica; troppo modesti gli esempi per poter assurgere a conclusioni di ordine generale. Ma non ci stancheremo di ripetere:

1° che il calcolo delle correlazioni, oltre al valore intrinseco dei risultati raggiunti, ha altresì un valore metodologico, importante soprattutto per quelle scienze che, come la fisiologia e la chimica biologica, poco sino ad oggi hanno richiesto alla ricerca statistica; 2° che il coefficiente di correlazione, o di covariazione che dir si voglia, deve essere considerato *un mezzo* e non *il fine* della ricerca, una guida al ragionamento e non la conclusione del ragionamento stesso.

BIBLIOGRAFIA

LAVORI DELL'AUTORE E DI SUOI COLLABORATORI SULLE APPLICAZIONI DEL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE IN BIOLOGIA

- USUELLI F., *Correlazioni tra indice costituzionale degli individui, costituzione del pelo e produzione lattea*. « La Clin. Vet. », 1951; *Il coefficiente di correlazione nella metodologia degli studi zoognostici*. 1°. *Delle variazioni correlative tra architettura esterna, architettura interna e funzione*. « Il nuovo Ercolani », 1954; *Recherches sur les variations corrélatives*. « Neu Forsch. in Tierzucht und Abstammungslehre ». Vol. dédié à U. Duerst, Rec. Magn. de l'Univ. de Berne, Berne, 1957; *Proposition d'une classification des corrélations organiques basées sur la nature des caractères corrélés*. « S. A. S. », 1957.
- USUELLI F., e VANNUCCI L., *Il coefficiente di correlazione nella metodologia degli studi zoognostici*. 2°. *Correlazioni eso-interne e correlazioni endo-interne nei bovini di razza Marchigiana gentile*. « Il nuovo Ercolani », 1954; *Correlazioni tra il peso dei visceri a parità di peso corporeo*. « La Clin. Vet. », 1957.
- USUELLI e PELIZZA P., *Sviluppo somatico, variabilità e correlazioni nell'architettura esterna dei prodotti dell'incrocio di prima generazione*. « Riv. di Biol. », 1956.
- USUELLI F., FALASCHINI A e BEBI F., *Studio biometrico sui maschi castrati della razza bovina Romagnola*. « Boll. della Soc. Eustac. », 1957.
- USUELLI F., FORTUZZI R. e VANNUCCI L., *Correlazioni tra il contenuto in glicogeno dei diversi tessuti*. « Riv. di Biol. », vol. giub. del prof. O. Polimanti, 1940.
- PIOLI O., *Primi studi sulle correlazioni nei suini*. « Boll. della Soc. Eustac. », XXXI, 1954; *Correlazione tra peso corporeo e peso dei testicoli*. « Il nuovo Ercolani », 1955; *Cor-*

relazioni tra peso corporeo e peso delle tiroidi. Ibid.; Correlazione tra peso corporeo e peso delle capsule surrenali. Ibid.

FALASCHINI A., *Sulle correlazioni tra peso corporeo e ricambio respiratorio nei ratti.* « Boll. della Soc. Eustac. », 1954; *Studio sulle correlazioni eso-esterne nei bovini di razza Romagnola gentile.* Ibid., 1955; *Sulle correlazioni tra peso corporeo, superficie corporea e ricambio respiratorio.* « Bioc. e Ter. Sperim. », 1955.

VANNUCCI L., *Dell'influenza del sesso su alcune caratteristiche biometriche ed in particolare sulla variabilità e sulle variazioni correlative.* « Boll. della Soc. Eustac. », 1956.

GHINELLI, I., *Correlazioni dell'architettura esterna nei bovini di razza Marchigiana gentile.* « Boll. della Soc. Eustac. », 1956.

CAMPONI G., *Correlazioni tra alcuni caratteri esterni e parità di lunghezza del corpo.* « Boll. della Soc. Eustac. », 1957.

TOTIRE-IPPOLITI P., *Variabilità del pH del contenuto degli stomaci dei ruminanti e reciproche correlazioni.* « Riv. di Biol. », vol. giub. del prof. O. Polimanti, 1940.

APPLICAZIONE
DE L COEFFI-
CIENTE ECC.

RIASSUNTO

L'A. discute dal punto di vista dottrinale e pratico lo studio statistico delle correlazioni in biologia ed esemplifica con le ricerche proprie e dei suoi collaboratori le applicazioni del coefficiente di correlazione a problemi di fisiologia e di chimica biologica.

98010

848165

Libreria Editrice Scientifica
Via S. Maria 10 - Roma
Sull'effetto di

AI
D
CI

