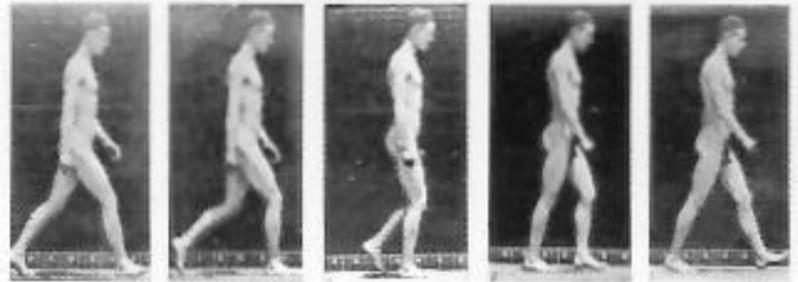


Ricerca in Riabilitazione

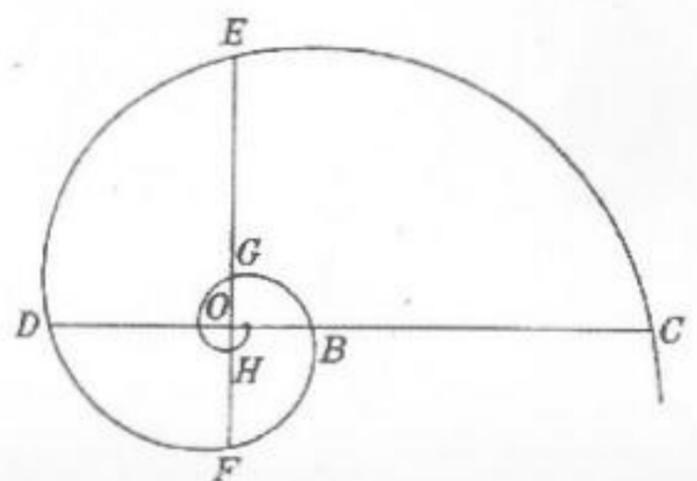
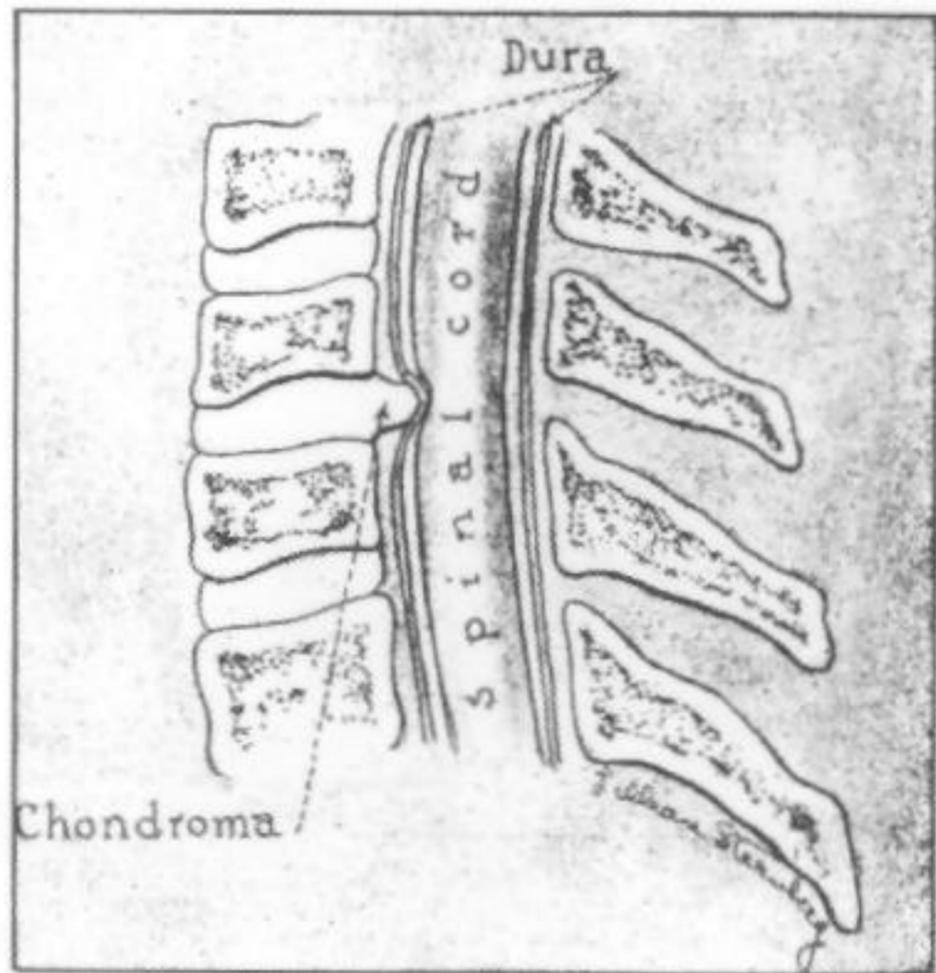
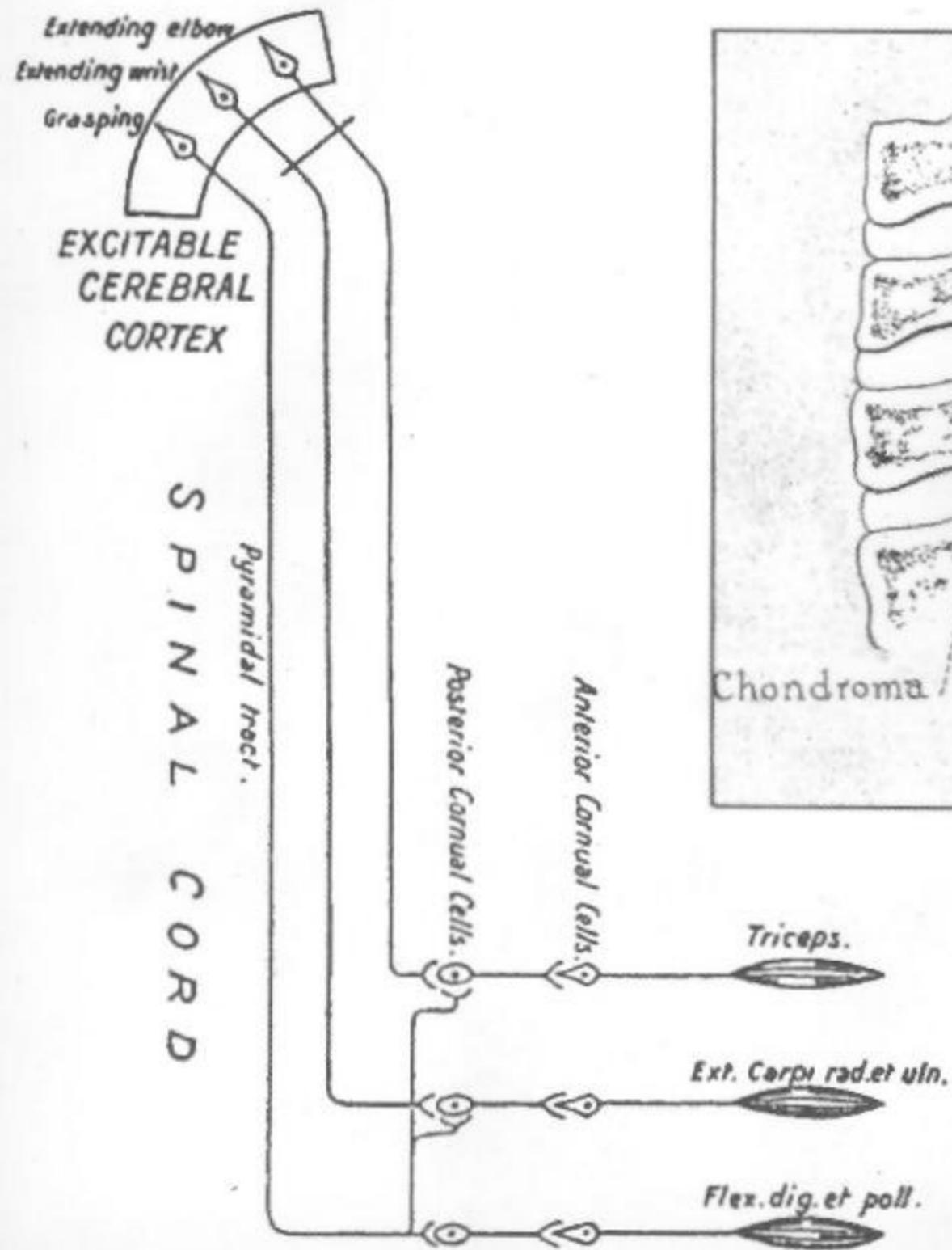


Periodico di aggiornamento scientifico
 N° 3 - 1996
 Spedizione in abbonamento postale
 comma 34 art. 2 L. 549/95 - Milano

Tendenze e prospettive nella clinica del movimento

C'ERA UNA VOLTA...

annotazioni sulle radici scientifiche della medicina fisica e riabilitativa



Ricerca
RR
in Riabilitazione

Via Plinio, 8 - 20129 Milano
tel/fax 02.29520244 - e-mail: sogecom@tin.it

Direttore responsabile:

dr. Luigi Tesio

*Unità di Ricerca, Valutazione Funzionale
e Verifica di Qualità in Riabilitazione,
Fondazione "S. Maugeri", IRCCS,
Milano*

Anno 5° - n° 3, Dicembre 1996

Aut. Trib. BG n° 18 del 9 Aprile 1992

Proprietà:

SO.GE.COM Editrice srl - Milano

Composizione grafica:

LimprontaGrafica, Milano

Stampa:

Tipolitografia Bellotti, Vimodrone (Milano)

Logo di copertina:

Eadweard Muybridge, 1874;
Walking, Dover Publication,
Inc New York, 1984; pag. 2

Altre figure:

Tratte dal testo; pagine 19, 31, 36

1ª Ristampa Aprile 2000
Edizione fuori commercio

© SO.GE.COM Editrice srl, Milano
Tutti i diritti riservati.
Ogni riproduzione, anche parziale,
deve essere autorizzata dall'Editore

INDICE

- Presentazione pag. 2
- Giovanni Alfonso Borelli, 1680:
meccanica, movimento, vita pag. 3
(Ricerca in Riabilitazione, 1994; 3: 15-19)
- Luigi Galvani, 1780:
alle radici della elettrofisiologia pag. 12
(Ricerca in Riabilitazione, aprile 1994; 1: 15-20)
- Charles E. Beevor, 1904: un neurologo,
i muscoli e i movimenti pag. 18
(Ricerca in Riabilitazione, aprile 1992; 1: 8-10)
- Marie e Foix, 1916. Le sincinesie
dell'emiplegico: alla ricerca di una
pato-logica del movimento volontario pag. 23
(Ricerca in Riabilitazione, febbraio 1993; 1: 10-14)
- D'Arcy Wentworth Thompson, 1917.
Quando la matematica animò la biologia pag. 29
(Ricerca in Riabilitazione, settembre 1994; 2: 16-21)
- Mixter e Barr, 1934: quando l'ernia
del disco adottò la lombosciatalgia pag. 35
(Ricerca in Riabilitazione, novembre 1992; 2: 11-12)
- Nicholas Bernstein, 1962. Fra Lenin e la
psicomeccanica: quarant'anni
di solitudine pag. 39
(Ricerca in Riabilitazione, ottobre 1993; 2: 16-19)

Presentazione

Ricerca in Riabilitazione compie cinque anni. Ho creduto di far cosa gradita ai lettori raccogliendo i sette articoli di argomento storico pubblicati fra il 1992 ed il 1994 nella rubrica "C'era una volta". La Medicina Fisica e Riabilitativa è una specializzazione medica emergente ancora alla ricerca di una compiuta identità. Questo volumetto riporta l'insieme di riflessioni sorte dalla lettura di singole opere in cui ho voluto scorgere — forse pretestuosamente — alcune radici di un modo scientifico e caratterizzante di intendere questa disciplina. Lungi da me il desiderio di legittimarne la scientificità assemblando uno scarno albero genealogico: sarà comunque il futuro, non il passato, a decidere la partita. Lungi da me anche la pretesa di essere stato esaustivo nel coprire i possibili argomenti e nel trattare i singoli Autori: impresa per la quale non avrei avuto né la competenza né le risorse. Mi basterebbe aver dimostrato che anche la Medicina Fisica e Riabilitativa potrebbe rivendicare un suo "pedegree" scientifico prestigioso, e quindi una più forte identità, purché le si concedesse di cercare anche a monte e al di fuori dell'area culturale biologico-chimico-internistica. A quest'area, così giustamente fiera dei successi raggiunti in questo secolo, la medicina riabilitativa deve apparire come un brutto anatroccolo già superato, nella misura in cui ha pretese di scientificità nel prendersi cura di comportamenti e bisogni della persona quando sembra ormai a portata di mano la terapia delle molecole. Forse scoprire origini scientifiche comuni potrebbe aiutare la medicina chimica e quella fisica a comprendersi meglio a vicenda e a crescere insieme.

Luigi Tesio

Giovanni Alfonso Borelli, 1680: meccanica, movimento, vita

Se potessimo scegliere soltanto un sinonimo tra i molti possibili per indicare il complesso fenomeno definito vita, forse tutti sceglieremmo la parola movimento. E così fece Giovanni Alfonso Borelli, eclettico scienziato del tardo '600, rivendicato fra i propri antesignani da ingegneria, fisica, fisiologia. Io dico che può rivendicarlo anche la Fisiatria.

"De Motu Animalium" è il titolo del suo ponderoso trattato. Di che cosa parla il suo autore? "Io affronto la difficile fisiologia dei movimenti negli animali". Attenti alle traduzioni, però: non so se un glottologo confermerebbe la mia ipotesi, ma dalla lettura dell'opera traspare che "animale" ha il vasto significato di "essere animato", "essere vivente" e non un ristretto significato zoologico.

E attenti anche alla parola "movimento". Il trattato non parla soltanto di biomeccanica e di fisiologia muscolare. Si affrontano temi come il metabolismo energetico e la diuresi, la fisiologia della riproduzione e del fegato, la febbre, il dolore, l'epilessia. E si discute di *anatomia animale comparata e di fisiologia delle piante*. Il titolo è improprio, dunque?

Non per l'Autore perché per lui, come vedremo, i fenomeni vitali sono tutti in qualche modo riconducibili a movi-

mento e quindi al dominio della meccanica.

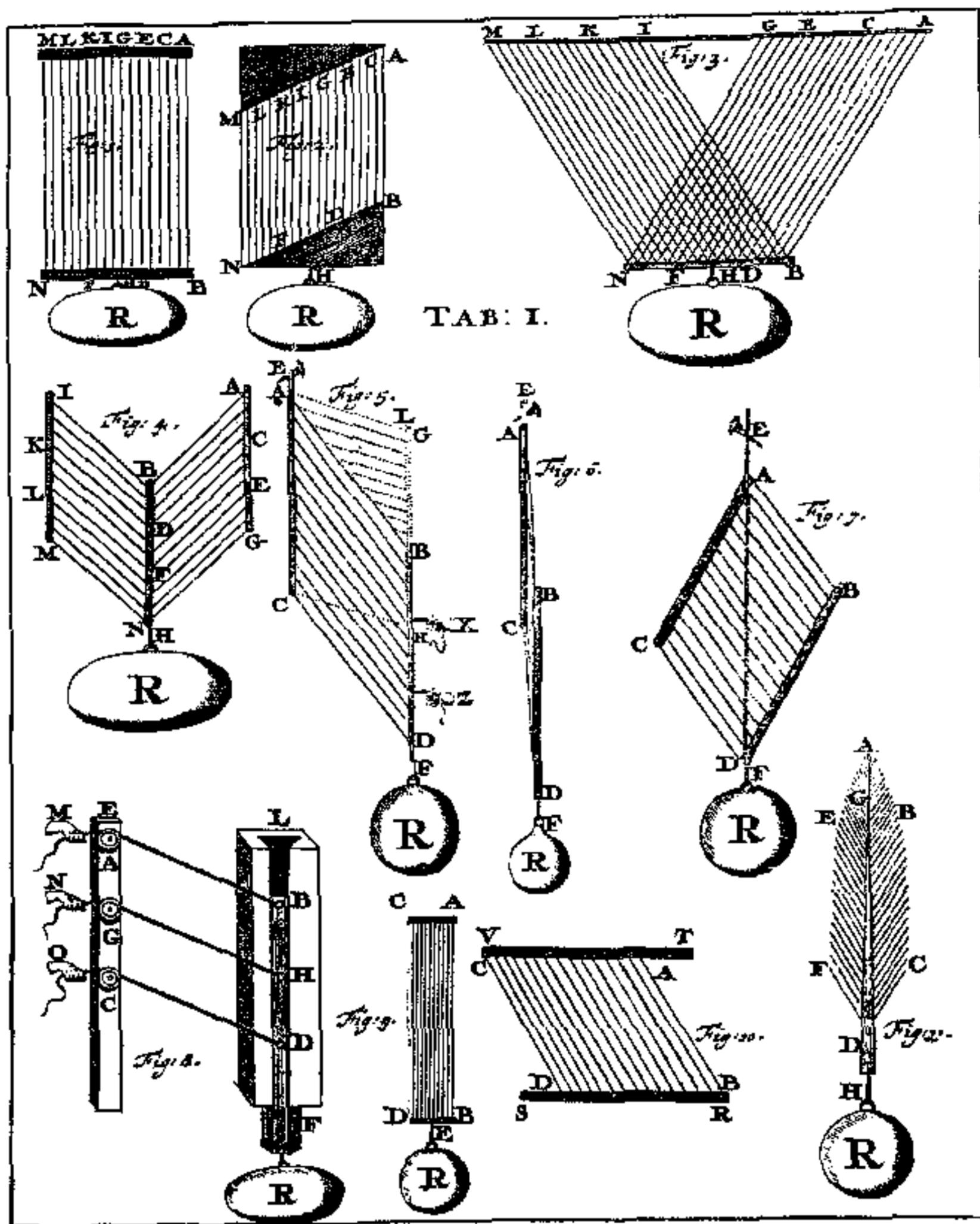
Borelli partecipa in realtà allo sforzo grandioso — proprio del suo secolo — di delimitare il campo dei fenomeni fisici, esplorabili quindi con l'osservazione e la sperimentazione, dal campo della filosofia, dell'etica, della religione, ed anche della pura speculazione matematica.

"...il principio e la causa efficiente del movimento degli animali è l'anima"... "Molti movimenti dell'animale derivano da scelta e naturale tendenza"... Però: "È anche evidente che idee e volontà di per sé sono incapaci di muovere le parti di un animale ma richiedono i necessari strumenti senza cui i movimenti non possono essere compiuti".

PENSIERO E MOVIMENTO

"L'organo attraverso cui la capacità motoria dell'anima muove le parti dell'animale, secondo Aristotele, sono gli spiriti che fluiscono dal cuore attraverso le arterie fino alle terminazioni nervose...". Ma Aristotele si sbaglia (ci voleva un bel fegato per dichiararlo a quei tempi!): ha ragione Galeno. "...i muscoli sono strumenti e macchine attraverso cui la capacità motrice dell'anima muove gli arti e le parti dell'animale".

"Immediatamente dopo la divisione o la legatura del nervo che termina in un muscolo, ogni movimento di questo muscolo si arresta..." Ma che cosa realmente viene trasmesso al muscolo dai nervi? È una proprietà immateriale o un gas o un qualche liquido?". "I nervi trasmettono l'ordine da parte della capacità motoria dell'anima". Ma non vi



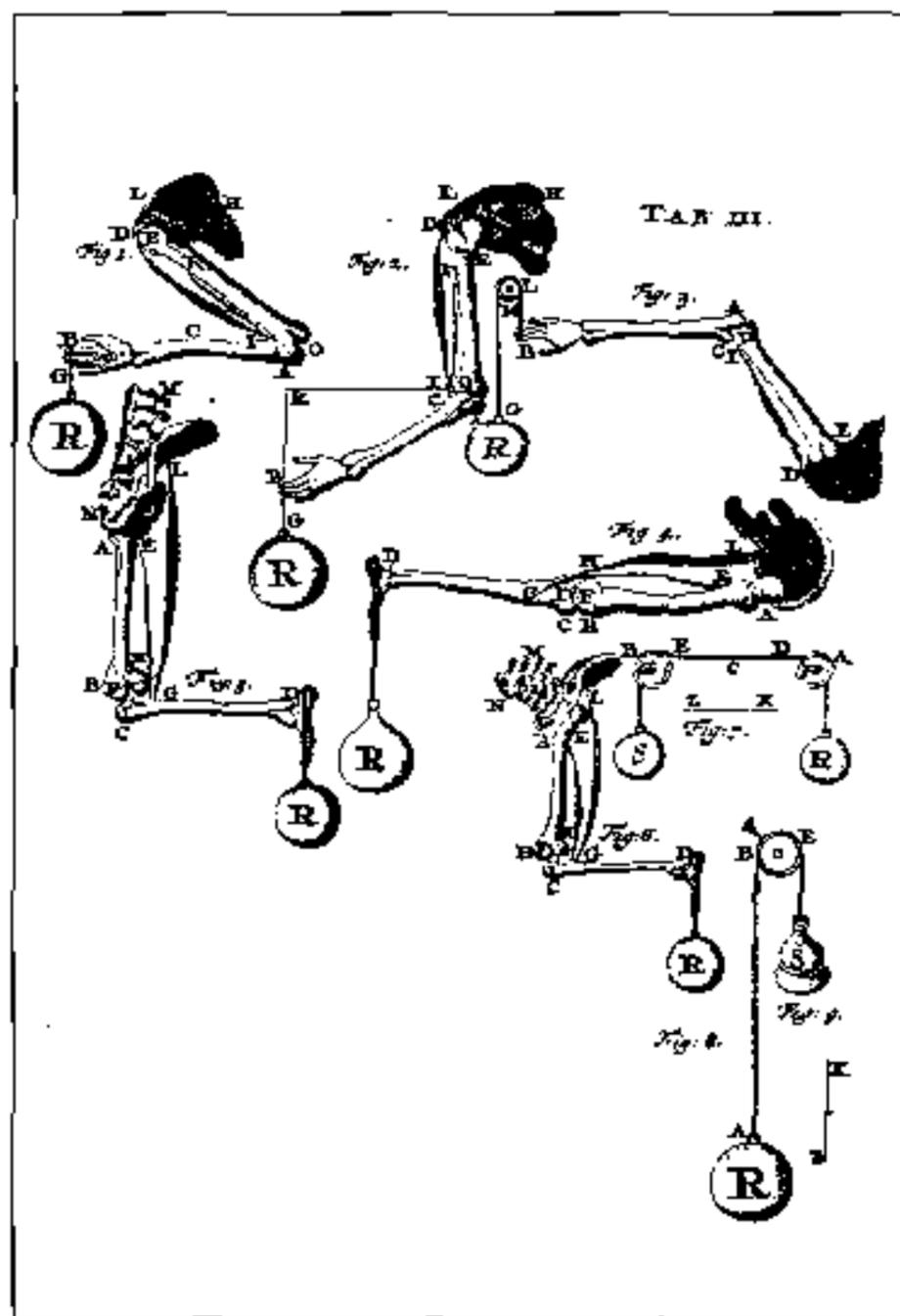
scorre qualche cosa di immateriale: si tratta di un qualche "umore fluido alcolico", "generato dal sangue nel cervello e diffuso dai nervi". È l'esperimento che decide, non la teoria. Se si trattasse di qualche cosa di immateriale "la stretta legatura del nervo non potrebbe impe-

dire il passaggio di capacità sensitiva o motoria..."

Dunque, il movimento è sì vita, e riflette dunque un'"anima" immateriale, ma non per questo deve essere sottratto allo studio osservativo e sperimentale. "Idee e volontà" forse non sono pa-

ne per i denti dello sperimentatore. Ma dal cervello in giù il movimento è esplorabile come è esplorabile il resto della natura. Galileo aveva osato studiare il movimento degli astri con l'osservazione scientifica. Borelli osa studiare il movimento "animale", che viene anch'esso rivendicato "en bloc" al dominio della scienza moderna. La quale, non va dimenticato, nasce proprio nel 1600: il secolo di Galileo, Newton, Malpighi, Boyle, Cartesio...

Borelli campava insegnando matematica ma si occupava di anatomia macro- e microscopica, geologia, ingegneria, medicina: a quel tempo "fisica" voleva ancora dire "scienze naturali", e la specializzazione che caratterizza il sapere contemporaneo era ancora di là da venire. Ma rispetto al sapere rinascimentale, ancora magico-alchemico, si andava delineando il metodo sperimentale e con esso l'osservazione e la sperimentazione sulla realtà come noi le conosciamo. Nasceva insomma lo studio della "realtà obiettiva" e con essa la divisione — come diremmo noi oggi — fra "soft" e "social" sciences da un lato (filosofia e psicologia, per esempio) e "hard" sciences dall'altro (chimica e fisica, per esempio). Se la divisione sia stata o no la scelta più felice è argomento per storici e filosofi. A me preme qui sottolineare come Borelli si dimostri anche più audace dei suoi pur audaci contemporanei. Il movimento dell'"animale", in fondo, potrebbe apparire come un fenomeno "soft": che cosa resta di un gesto dopo che è stato compiuto? Soltanto l'anatomia degli organi che si sono mossi. Borelli, invece, tira nel campo delle scienze "hard" anche il



movimento in quanto tale. Egli è affascinato dalla funzione motoria molto più che dagli organi motori e nello stesso tempo rifugge da tecniche di studio e interpretazioni spirituali-vitalistiche. Egli cerca di estrarre da anatomia e matematica le regole di funzionamento del sistema motore. Forse se nascesse oggi Borelli farebbe il fisiologo e non l'anatomico. Se fosse medico, farebbe forse il fisiatra e non l'ortopedico né il neurologo.

MECCANICA SENZA CHIMICA

A quel tempo, l'anatomia macro- e microscopica aveva raggiunto vertici notevoli. Lo stesso vale per la matematica. Pur dopo il grande Galileo la fisica classica moderna mancava ancora, per

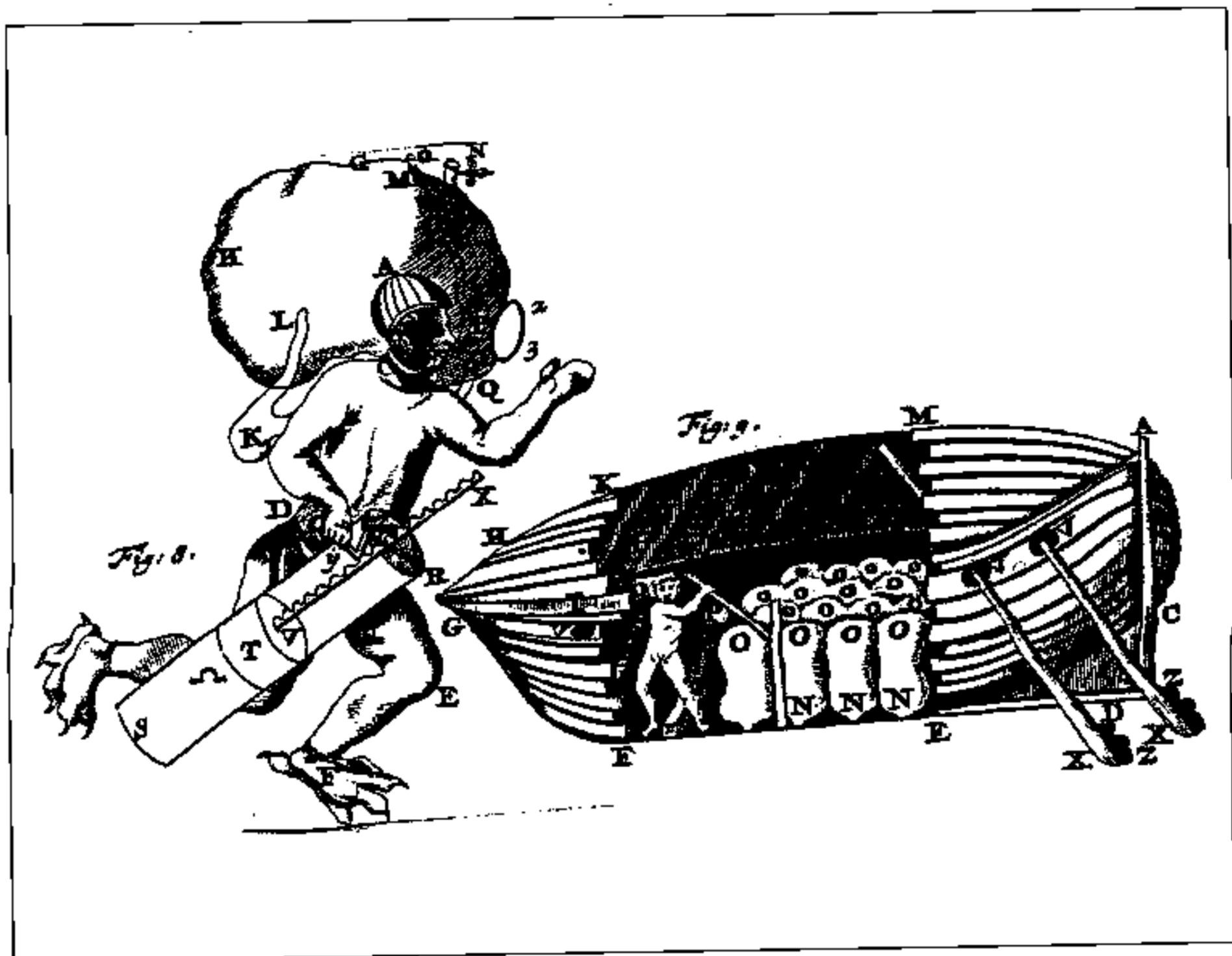
giungere a maturazione, del contributo decisivo di Newton, i cui principi sarebbero stati enunciati pochi anni dopo la morte di Borelli nel 1687. La chimica invece segnava il passo. Sarà il '700 il suo grande secolo, quello di Lavoisier. Dunque anatomia, matematica e una fisica adolescente sono gli strumenti principali con cui Borelli può studiare il movimento. Borelli ha intuizioni straordinariamente precoci. Intanto egli vede nello spostamento dell'animale "in toto" il fine principale delle attività motorie segmentarie: questo movimento va studiato di per sé. Borelli si pone il problema di come si muova — durante il cammino — il baricentro del sistema corporeo, che "descrive una serpentina fra due linee parallele". Intuisce che il movimento locomotorio è dominato da criteri di economia muscolare: "durante il cammino i muscoli si riposano ripetutamente". Egli si chiede (alla fine del '600!) perché "camminare in discesa sia più faticoso che camminare su un piano orizzontale". E trova la risposta: "...i muscoli estensori cedono gradualmente... camminare in piano non richiede questo sostegno perché esso è fornito dalla forza di colonne ossee...". Borelli ha scoperto lavoro positivo e lavoro negativo del muscolo.

Quindi egli affronta il problema della meccanica articolare. Egli riconosce nitidamente che la forza muscolare si esercita attraverso bracci di leva ossei e attraverso angoli di inserzione variabili. Egli predice acutamente che la forza esercitata dai muscoli di regola è molto superiore alla forza "apparente" esercitata attraverso i capi ossei poiché i muscoli agiscono su leve di terzo tipo

che amplificano gli spostamenti ma deamplificano le forze. Gran parte della moderna cinesiologia è già contenuta nelle eleganti tavole di Borelli.

Scendiamo poi al livello del muscolo isolato: Borelli descrive la dipendenza della forza muscolare dalla lunghezza del muscolo e dalla sua velocità di accorciamento; distingue fra elementi contrattili ed elementi elastici passivi (oggi diremmo fra elementi in serie e in parallelo); descrive il ruolo della "forma" del muscolo: a lui è chiaro che la pennatura ha lo scopo di aumentare la sezione fisiologica del muscolo, consentendo al muscolo stesso più forza di quanto il suo spessore lascerebbe immaginare. E scendiamo ancora più in giù: Borelli non solo descrive le fibre muscolari ("più sottili di un capello femminile"), ma intuisce l'esistenza del sarcomero. "Ogni fibra muscolare è simile ad una catena fatta di molti rombi che si possono contrarre come fanno le molle..." "Ogni fibra muscolare è simile ad una catena di piccole macchine". La "...contrazione deve risultare non dalla immobilità degli elementi muscolari ma dal loro muoversi l'uno vicino all'altro". Per un soffio non dobbiamo proprio a Borelli la teoria dello scivolamento dei filamenti, enunciata tre secoli dopo: per Borelli "i muscoli non si contraggono condensando la lunghezza delle loro fibre... l'irrigidimento deriva da edema".

Proviamo per un attimo ad immaginare lo sgomento di un uomo del Seicento dinnanzi alla contrazione muscolare che a noi sembra un fenomeno così ovvio: la carne, quanto di più inerte e — se vogliamo — cadaverico si possa



immaginare, si muove da sola! A quel tempo dominavano due tipi di interpretazioni: quella "spiritualistica/vitalistica" aristotelica, sopra ricordata, e quella che definirei "materialistica", sostenuta da Borelli. La contrazione altro non sarebbe che un edema che gonfia, irrigidisce e infine fa accorciare il muscolo.

Si tratta di uno dei moltissimi errori che con il senno di poi è facile rinvenire nel trattato. Per esempio in più parti si fa confusione fra concetti di forza, lavoro, potenza, momento, "impetus" (il nostro "impulso"?). Borelli commette l'errore grossolano di ritenere che due forze applicate ai capi di una fune comportino una trazione — all'interno della fune — pari alla somma delle due for-

ze: il principio Newtoniano di uguaglianza fra azione e reazione era alle porte ma non ancora pubblicato.

GLI ERRORI:

LA MECCANICA NON È TUTTO

Gli errori maggiori, tuttavia, compaiono nella parte dell'opera dedicata ai movimenti "interni". Già il fatto che questa parte esista rivela una incredibile intuizione, che ritroveremo nella fisiologia contemporanea: quella di affrontare con metodi meccanico-matematici non soltanto i movimenti "esterni", ma anche quelli "interni". Circolazione e respirazione dipendono strettamente dall'attività muscolare e forniscono un sup-

porto indispensabile ai movimenti "esterni", vera manifestazione della vita dell'individuo. Ed ecco che Borelli analizza senza remore la meccanica di un organo cui si attribuivano ruoli fantasiosi e significati emotivi: il cuore. Egli sfa-
ta (con il più ingenuo e inattaccabile degli esperimenti) il mito secondo cui il cuore sarebbe una piccola caldaia che mantiene il calore del corpo (la ventilazione, per converso, non servirebbe ad altro che a impedirne il surriscaldamento). "Dopo avere inciso il cuore di un animale vivo e introdotto un dito... non abbiamo trovato un calore bruciante ma un tepore moderato come quello degli altri visceri dello stesso animale". Meccanica è anche la ventilazione: "aria e polmoni non sono le cause reali della respirazione.

Essi sono coinvolti soltanto passivamente nel processo". Borelli contrasta la credenza che "la principale funzione della respirazione sia muovere il sangue e quindi mantenere la vita" consentendo la circolazione dal ventricolo destro al sinistro. Egli intuisce che "l'introduzione di aria e il suo mescolarsi con il sangue attraverso la respirazione produce e mantiene la vita negli animali". Da qui l'ipotesi di consentire la sopravvivenza subacquea attraverso riserve d'aria, e addirittura un progetto di nave sottomarina!

L'INTEGRALISMO MECCANICO: UNA FISILOGIA SENZA CHIMICA

Pochi sono gli errori meccanici di Borelli, moltissimi quelli che definirei chimici. La contrazione cardiaca e la gittata pulsatoria dipenderebbero non

dallo scorrimento reciproco ma solo dall'edema delle fibre muscolari. Quando i polmoni sono inondati da acqua il soffocamento non avverrebbe solo per mancanza di ricambio d'aria, ma per compressione dei vasi bronchiali con conseguente arresto della circolazione. I reni "purificano" il sangue da un eccesso di "siero": eppure, "non contribuiscono direttamente alla vita dell'animale" "come fanno cuore e polmoni che producono e mantengono il movimento vitale del sangue". Borelli intuisce che i nervi comandano la contrazione muscolare iniettando nel muscolo una sorta di "succo nervoso" (come dargli torto, se solo aggiornassimo la sua terminologia?).

Ma egli invoca poi una "forza vibratoria" che produca questo passaggio. Egli intuisce che il lavoro muscolare deriva dalla trasformazione di energia chimica. Ma ritiene che "questa ebollizione e fermentazione non sia diversa dalla comune fermentazione". In sostanza Borelli vede l'accoppiamento eccitazione-contrazione come una sorta di ebollizione esplosiva del sangue contenuto nei muscoli. "Tutta la sostanza muscolare è rigonfiata dall'edema e dalla esplosione di innumerevoli scoppiettanti vescicole sparse per tutta la massa muscolare..."

A proposito del fegato: "la bile può essere separata dal sangue nel fegato meccanicamente, senza l'aiuto di alcun fermento". Oppure, a proposito dei testicoli: "la sostanza dei testicoli e la loro struttura organica sono in qualche modo simili a quelli del cervello". Borelli è tratto in inganno dalla struttura microscopica fascicolare-filamentosa dei tubuli seminiferi che appariva analoga a quella della

sostanza bianca emisferica.

Gli errori hanno tutti una stessa causa: il tentativo di spiegazione anatomico-meccanica di fenomeni che sono spiegabili su base biochimica o istochimica. Ma la chimica (inclusi i suoi contributi alla microscopia) doveva ancora uscire dall'alchimia.

Borelli è abilissimo nel crearsi modelli compatibili con le conoscenze del tempo. Ma un modello non esclude mai, di per sé, che ve ne possa essere uno più valido. E se si sbagliava lui perché non aveva la chimica, potremmo sbagliarci anche noi quando costruiamo modelli basati sul mondo della chimica senza nemmeno immaginare i mondi che verranno.

Talvolta ha più successo la modestia della pura speculazione che la presunzione di modelli sperimentali destinati a rivelarsi parziali. Borelli non si sbaglia dove si lascia guidare dalla logica pura. Egli deduce la necessità di localizzazione corticale delle funzioni cerebrali, l'esistenza di vie distinte per la conduzione nervosa motoria e sensitiva (anche se riterrà più probabile una conduzione "alterna" motoria e sensitiva rispetto all'esistenza di vie nervose distinte). Egli ipotizza anche l'esistenza di un "succo nutritivo" nervoso (fattori neurotrofici, diremmo noi?) distinto dal "succo" che innesca la contrazione muscolare. Ma fermiamoci qui: il testo contiene mille e mille altri spunti di riflessione profetica sui più vari aspetti della Medicina.

Se Borelli era dunque un fisiologo generale, più che un biomeccanico,

perché rivendicarlo all'albero genealogico della fisiatria?

MOVIMENTO, MEDICINA INTERNA, MEDICINA ESTERNA

Io risponderei: per l'approccio generale, olistico al tema del movimento, decisamente premonitore del modo di pensare del riabilitatore. Borelli è olistico per due motivi. Innanzitutto, il movimento muscolare è visto come debitore verso le funzioni metabolico-viscerali con le quali condivide aspetti metabolici (ad esempio la dipendenza da circolazione e respirazione). Nel contempo l'attività muscolare (cardiaca, respiratoria o somatica — come minimo per procurarsi il cibo) è vista come indispensabile alla salute viscerale. Il che è verissimo, anche se Borelli arriverà alla visione estremistica di considerare soltanto meccaniche anche funzioni — come quelle renali od epatiche — che sono principalmente chimiche. La medicina contemporanea è forse estremista in senso opposto. Essa è soprattutto medicina "interna", fortemente improntata ad un modello culturale "chimico": farmaci, genetica molecolare, immunologia... Esiste una medicina "esterna"? Una medicina del rapporto dell'organismo in toto con la "*physis*", la natura o ambiente che dir si voglia? Questa medicina "esterna" o "fisica" attualmente è in penombra. Ne troviamo le tracce nella medicina termale, sportiva e del lavoro, e soprattutto nella medicina riabilitativa.

Quest'ultima è forse quella che più cerca di riequilibrare una difficile parti-

ta, dedicando particolare attenzione alle funzioni motorie lese ed alla loro terapia con l'esercizio motorio. In questo la riabilitazione si guarda bene dal divenire una medicina "alternativa": anzi, approfitta a man bassa delle conquiste della medicina "chimica" ogni qual volta sia possibile.

Secondo aspetto olistico: da parte di Borelli il movimento non solo è visto nel contesto della fisiologia generale dell'organismo ma è anche affrontato in modo olistico di per sé. Borelli compie agili "zoomate" dal sarcomero al muscolo, al cammino, al nuoto, al volo; dai meccanismi neuro-coordinativi alla dinamica articolare. Egli inventa la cine-siologia, originale sintesi di meccanica, anatomia, e fisiologia muscolare. E infine egli inserisce il lavoro muscolare nel contesto più generale dei meccanismi energetici: i suoi concetti di ebollizione e fermentazione muscolari sono poi così lontani dai nostri modelli di metabolismo muscolare?

MENTE E CORPO, FUNZIONE E ORGANI, DIVISIONE E SINTESI

Borelli non prova nemmeno a risolvere ciò che noi chiameremmo il problema mente/corpo: anche se, per la verità, c'è da chiedersi se esso sia dav-

vero risolvibile per via scientifica. Nel porre un dualismo fra "idee e volontà" da un lato e mondo fisico dall'altro, Borelli apre una strada "laica" allo studio del movimento. Ma una volta avviato il processo analitico porterà alla visione "d'organo" delle funzioni motorie: neurologia e meccanica contrapposte. Nei secoli successivi (ma direi soprattutto nel nostro) Scienze Psicologiche, Neurologiche e Ortopediche si divideranno i rispettivi campi di influenza a scapito dello sviluppo unitario di una Clinica delle Funzioni Motorie.

Non si può dar colpa a un tronco per la dispersione dei suoi rami: che ormai, tutti insieme, sono molto più spessi del tronco originario. Borelli viveva in un'epoca in cui gran parte del sapere poteva ancora alloggiare in un uomo solo. La soluzione odierna non è certo lo scienziato universale, neanche soltanto del movimento.

Forse possiamo innestare sul tronco, molto a monte dei molti rami attuali, un nuovo ramo. Del sapere — ormai obsoleto — di Borelli possiamo forse riprendere l'eclettismo e tentare di far crescere una medicina motoria: in cui mondo chimico e mondo meccanico, medicina interna e medicina esterna possano convivere e convivendo dare frutti originali e utili.

Questo articolo è tratto dalla lettura del volume "On The Movement of Animals", edito da Springer Verlag, Berlino, 1989 (pp. XII + 469). Si tratta della traduzione inglese, a cura di Paul Maquet, di una edizione in Latino del 1743. Temiamo quindi che nelle traduzioni qualche cosa del significato originario dei termini sia andato perduto: d'altronde ci vorrebbe forse un trattato intero soltanto per comprendere che cosa potessero significare realmente "anima", "impeto", "spirito alcolico" per uno scienziato napoletano del 1600. Dalla prefazione del libro apprendiamo che Borelli nacque nel vice-reame spagnolo di Napoli nel 1608. Il padre era un soldato spagnolo, la madre era napoletana. Egli ebbe fra i suoi compagni di studio Torricelli; conobbe Galileo; lavorò con Malpighi che lo citerà poi con deferenza. Insegnò matematica a Messina e a Pisa. Fu promotore dell'Accademia del Cimento, forse la prima società scientifica nel senso contemporaneo, istituita dal principe Leopoldo di Toscana. Ormai anziano aderì all'Accademia Reale fondata a Roma dalla regina Cristina di Svezia. E a Roma morì, insegnante di matematica e povero, il 31 Dicembre 1679. Il suo "De Motu Animalium" doveva essere la tesi di ammissione all'Académie Royale des Sciences fondata in Francia da re Luigi XIV. Ma egli non si fidò mai di spedirne l'unico manoscritto che fu così pubblicato l'anno dopo la sua morte dalla regina Cristina. Lo stile dell'opera è straordinariamente moderno. Si tratta di 224 "proposizioni" che sono talora enunciazioni matematiche, talora brevi descrizioni sperimentali, talora brevi argomentazioni pro o contro qualche teoria dell'epoca. Oggi noi le definiremmo "abstracts" o al massimo "short communications": comunque resterà deluso chi vi cercherà lo stereotipo della prosa barocca ampollosa. Del tutto moderno è anche il puntuale riferimento nel testo alle magnifiche figure. Ne abbiamo riprodotte alcune grazie alla cortesia dell'Editore Springer.

Luigi Galvani, 1780: alle radici della elettrofisiologia

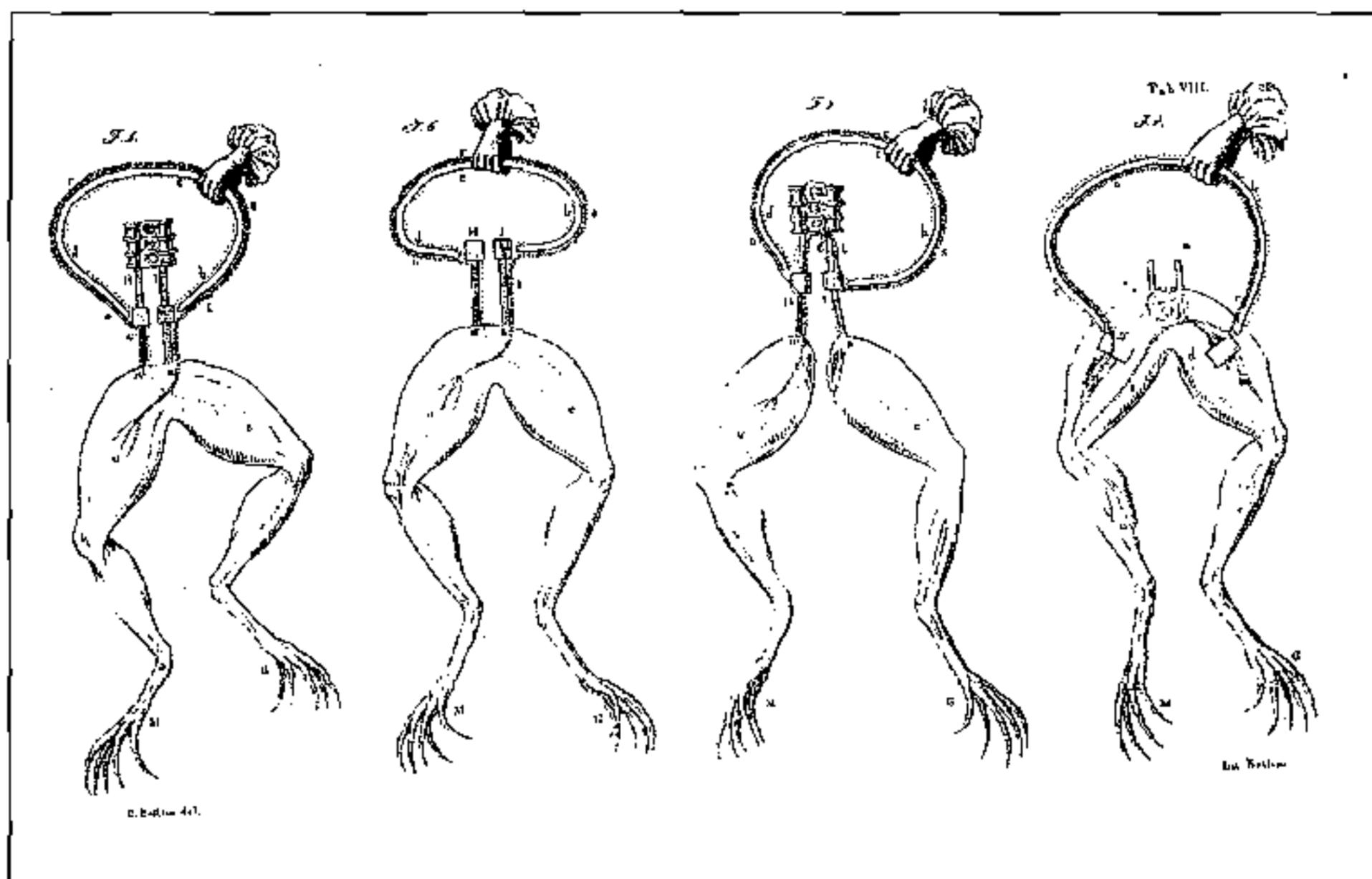
Correvva l'anno di grazia 1780 quando una mattina nella bella villa al Poggio "...dum scalpelli cuspidem unus ex iis, qui mihi operam dabant, cruralibus huius ranæ internis nervis, casu vel leviter admoveret, continuo omnes artuum musculi ita contrahi visi sunt in vehementiores incidisse tonicas convulsiones viderentur..."

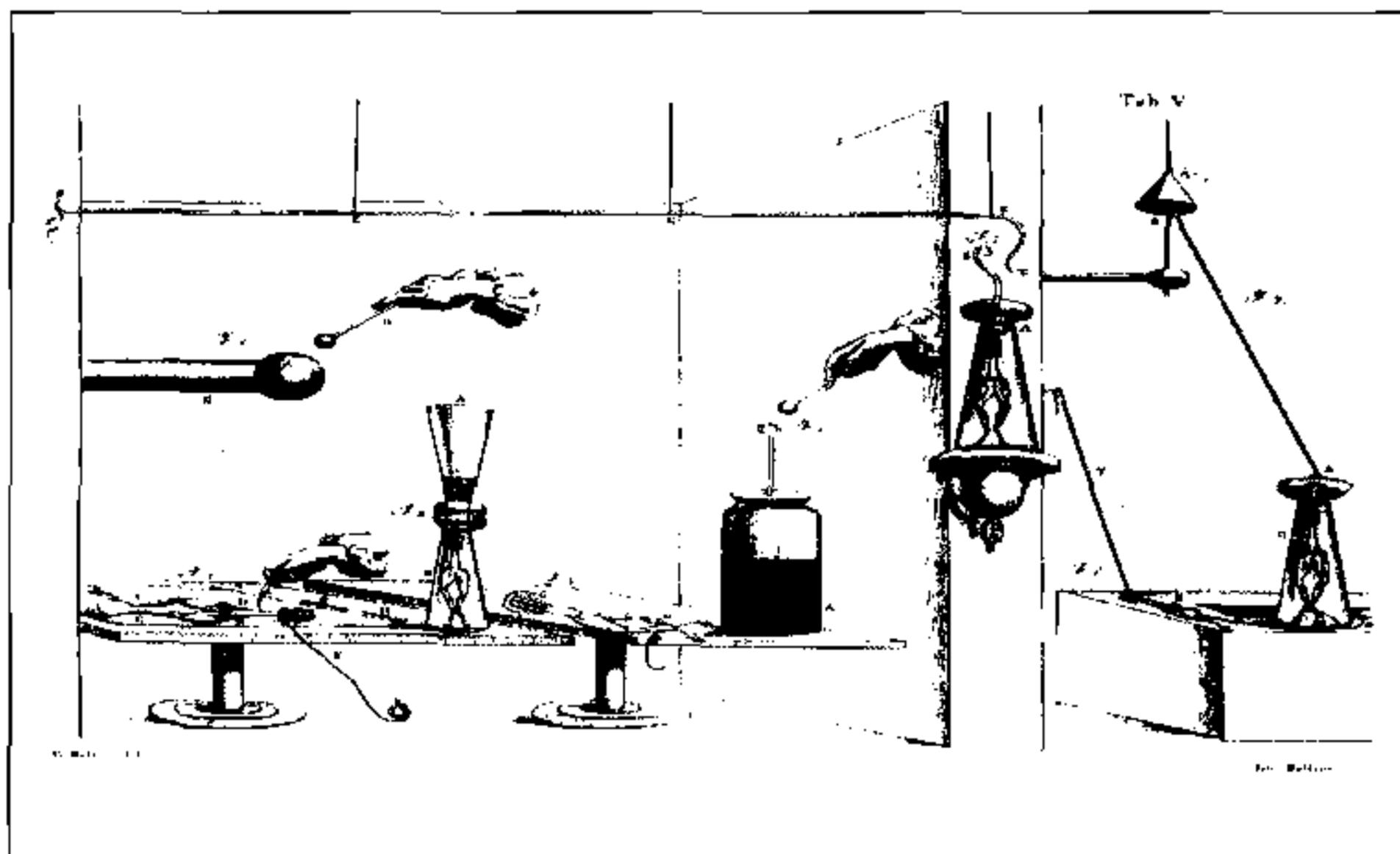
Così nel bel latino del suo *De Viribus electricitatis in motu musculari Commentarius* Luigi Galvani racconta l'episodio accidentale che attrasse la sua curiosità e che doveva dare origine a una serie infinita di geniali esperimenti e di ingegnose spiegazioni. E ad una fra le più memorabili *querelles* della storia della scienza, tanto da far dire

cinquanta anni dopo a Du Bois-Reymond, che di elettricità se ne intendeva, che "la tempesta originata dalla pubblicazione del Commentario nel mondo della fisica, della fisiologia e della medicina poteva essere paragonata soltanto a quella che si è presentata all'orizzonte durante lo stesso periodo alla fine del diciottesimo secolo": cioè negli anni che hanno visto la Rivoluzione Francese e la nascita dell'era moderna.

Ma anche un episodio che il fisiatra di oggi può considerare tranquillamente come una pietra miliare nella lunga catena di preziose conquiste che, tra dubbi e incertezze, illusioni e delusioni hanno costellato la faticosa costruzione delle fondamenta teoriche della sua disciplina.

A quel tempo l'esistenza di fenomeni biologici attribuibili all'elettricità ed al magnetismo erano noti da tempo e l'elettricità statica, compresa quella di origine animale, era utilizzata in medicina



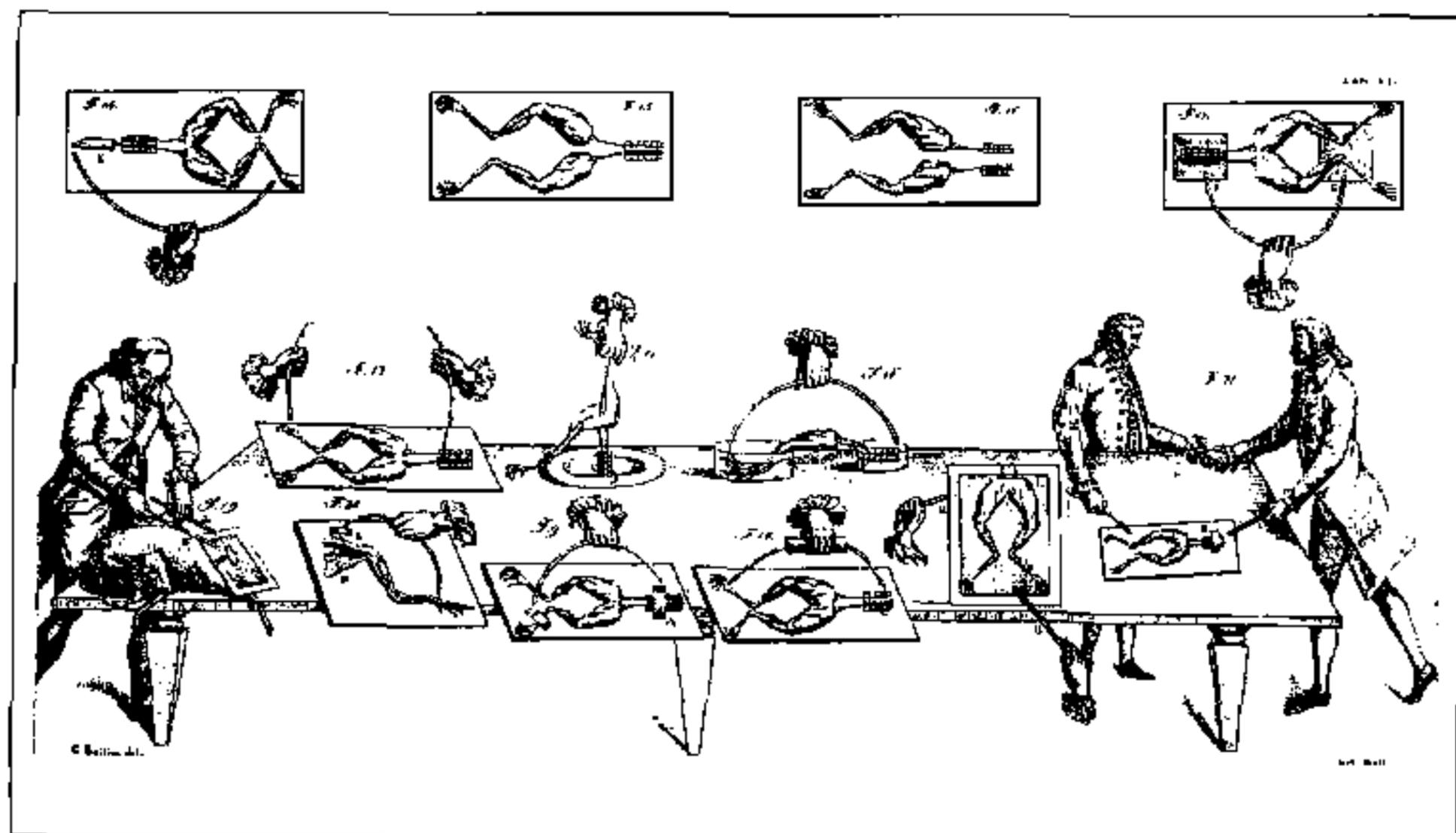


in una vasta gamma di affezioni. Tra i medici elettroterapeuti troviamo anche Jean Paul Marat che proprio in quegli anni, forse preparandosi agli orrori del Terrore, conduceva esperimenti di elettrocuzione su un piccione, una rana, un cane e un gatto e trattava con l'elettricità 'tumori indolenti, geloni, eruzioni della pelle, edemi degli arti, reumatismi, crampi, dolori vaghi, paralisi, perdita di movimenti e rigidità senza cause apparenti, malattie prolungate dei bambini con ritardo di crescita'.

Ma di fronte a quella rana che, preparata secondo le sue regole, posta su un tavolo a distanza da una 'macchina elettrica' e toccata da un suo assistente con la punta di uno scalpello entrava in uno stato di violente contrazioni toniche, l'insigne Anatomico e Ginecologo bolognese, ammirato della novità della cosa, fu spinto 'secum ipso cogitantem' a ripetere l'esperimento allo scopo di 'quid occultum in re esset in lucem proferendi'. È scattata ancora una volta la scintilla — mai come in questo caso la

metafora è appropriata — del grande scienziato che, da Archimede a Newton, da Jenner a Fleming, osserva più o meno casualmente qualcosa di insolito e si adopera per portare alla luce quello che vi è nascosto. E molte volte questo qualcosa si rivelerà importante per la storia dell'umanità.

Così Galvani moltiplica senza requie gli esperimenti, variando la natura, le dimensioni e la lunghezza dell'arco conduttore, cambiando tipo di muscoli, inserendo isolanti diversi in punti diversi, utilizzando animali robusti o defedati, cambiando l'ambiente: esterni, interni e anche l'acqua. Celeberrima l'esperienza del 20 settembre 1786 che apre la terza parte del Commentario: i muscoli di una serie di rane attaccate ad una inferriata in ferro del giardino pensile di Galvani grazie ad un uncino entravano in convulsione quando le zampe toccavano l'inferriata, anche quando nel cielo non si verificavano fenomeni elettrici: 'non solo fulgurante cœlo, sed interdum etiam quiescente et



sereno'. Può confortare il ricercatore di oggi, che a volte è costretto a ritoccare i dati di una sua ricerca per meglio sostenere la sua tesi, il fatto che Galvani nel primo manoscritto definisca l'uncino 'dello stesso materiale di cui era fatta l'inferriata', mentre nel Commentario a stampa parla di 'unci aerei', cioè di bronzo, riconoscendo così che l'arco era costituito da due metalli.

Dopo un brevissimo periodo di esitazione sulla natura dei fenomeni, Galvani formula la teoria della "elettricità animale" che difenderà fino alla morte con gran copia di ulteriori esperimenti e centinaia di preziose pagine, scritte con grande lucidità. In sostanza afferma che nei tessuti animali è presente elettricità, in particolare nei nervi e nel muscolo, che si comporta come una piccola bottiglia di Leyda (come quella che era stata inventata quaranta anni prima da Verklin e van Muschenbroek) e contiene all'interno elettricità positiva, che trasmette al nervo, costituito da un interno conduttore e da un esterno oleoso. Quando un corpo conduttore (un ar-

co) mette in comunicazione il nervo con la parete esterna del muscolo, elettricamente negativa, si crea una corrente — Galvani all'inizio la chiama "una torrente" — che provoca uno sbilancio, a sua volta causa della contrazione. "I metalli avvalorano la forza dell'elettricità animale, naturalmente sbilanciata, non la sbilanciano essi". L'elettricità parte dal muscolo e torna al muscolo per la via più breve: il nervo, naturale conduttore dell'elettricità, e l'arco con le sue armature.

Degna di nota è l'ipotesi sulla genesi delle contrazioni volontarie. La mente (Galvani scrive "l'anima dal cervello dove risiede") con la sua "meravigliosa e incomprensibile forza" può inserire qualche impeto nel cervello o direttamente in un nervo. Il fluido neurolettico fluisce dal muscolo corrispondente a quella parte del nervo che ha ricevuto l'impulso, dove supera la resistenza della membrana e poi, come attraverso un arco, viene riportato al muscolo di cui provoca la contrazione: una spiegazione che certamente farà piacere ai riabi-

litori cognitivisti. Nei movimenti involontari o riflessi le cose sono più semplici; gli agenti stimolanti agiscono sui nervi o sul midollo o sul cervello e richiamano il fluido nervoso che attraverso i conduttori ritorna al muscolo.

In sostanza, tre sono le cagioni per la produzione delle contrazioni muscolari: una violenta sopraccarica della boccetta muscolare indotta dalle forze dell'anima, una sopraccarica forzata determinata da qualche agente estrinseco che spinge l'elettricità dal cervello al muscolo e una scarica parimenti violenta e forzata che si ha quando qualche agente esterno applicato al nervo o al muscolo fa sì che l'elettricità della superficie interna del muscolo ascenda nel nervo per poi riportarsi alla superficie dello stesso muscolo.

Ma la teoria dell'elettricità animale spiega anche le condizioni patologiche e in particolare l'eccesso di contrazioni nell'epilessia e la loro deficienza nella paralisi; in ogni caso si tratta di una contaminazione dell'elettricità animale che passa lungo i nervi sia dai muscoli che da altre parti del cervello in rapporto alla quantità e alla qualità degli "acidi e degli umori depravati" che ristagnano nel cervello malato. Negli anziani questi segni sono più intensi perché si accumula una maggiore quantità di elettricità contaminata per la durezza e la secchezza della sostanza oleosa dei nervi e per la ridotta sudorazione.

Tempi felici quelli in cui, pochi giorni dopo la diffusione delle prime osservazioni di Galvani, già si potevano leggere i commenti di uomini come Spallanzani, Baretti, Malacarne, Carminati. E anche le prime congratulazioni di Alessandro Volta, che però da quel grande sperimentatore che era volle rifare le esperienze di Galvani falsificandole e arrivando alla conclusione, drammatica

per l'Anatomico bolognese, che non vi è alcuna differenza tra elettricità animale e elettricità naturale, che in tutta la faccenda l'elettricità animale non c'entra granché e che tutto dipende dall'attività dell'arco conduttore. E neutralizza gli argomenti forti dell'antagonista (le contrazioni muscolari si possono avere anche con un arco monometallico o addirittura senza metalli) affermando il ruolo dell'eterogeneità delle sostanze presenti nei punti di contatto dell'arco con i muscoli nei quali veniva generata l'elettricità e ipotizzando per la prima volta l'esistenza di correnti elettriche nei conduttori di seconda classe — come oggi sappiamo — veicolate dagli spostamenti ionici. E infine prendendo lo spunto da queste certezze per la serie di esperienze che lo portò alla invenzione della pila. A Galvani e a Volta insieme dobbiamo quindi il punto di partenza dell'elettrodinamica e quindi in sostanza le basi dell'elettrologia moderna.

È davvero un bell'insegnamento vedere come Galvani, moltiplicando le esperienze e variando le interpretazioni, cerchi di difendere con infinita passione le sue idee. E con quanta dignità lo faccia: nelle lettere allo Spallanzani, suo interlocutore privilegiato e suo intermediario nei confronti del Volta, definisce questi *dottissimo Autore, cortese e sì illustre Professore, accurato Sperimentatore, solenne Maestro, eccellente Filosofo*. E solo quando è molto arrabbiato "il signor Volta" o addirittura — solo una volta, per quanto mi consta — "il Volta". O gran bontà...

È commovente l'auspicio che chiude la prima memoria allo Spallanzani. "Ora ch'io spero dalla gentilezza... e dall'onestà sua (del Volta) il pieno assenso alle conseguenze da me dedotte. Ciò ed a me sarà gloria e all'elettri-

cità animale di vantaggio e splendore, massimamente se, riconosciuta per vera, vorrà pure accordarle i suoi studi e le sue fatiche e arricchirle di quei bellissimi e ingegnosi esperimenti che sono propri di lui."

Come è difficile trovare un esempio di tanto fair play nelle discussioni scientifiche di oggi, si tratti di quella, colorata al "colore dei soldi" tra Gallo e Montagner a proposito dell'HIV o, per restare nel nostro piccolo orto, delle dispute tra i sostenitori delle differenti metodiche riabilitative.

Per cercare nuovi argomenti a favore delle sue tesi Galvani si sottopose ad un faticoso viaggio per mare studiare le torpedini a Rimini e a Sinigaglia (non tutti possono andare nelle isole Galapagos) riportandone delle vivaci vignette "che destarono ammirazione e profonda affezione". Ma è costretto ad ammettere più volte che è disponibile a scartare la propria opinione non appena altri uomini istruiti ne dissentissero e nuove scoperte o nuovi sperimentatori ne dimostrassero l'infondatezza, "non avendo io certamente altro scopo nelle mie ricerche che la pura e semplice verità, alla quale sola può andare congiunta quella utilità che bramo recar possano un giorno queste mie, quali che siansi, ricerche e congetture".

Bene osservava un secolo dopo il prof. Gherardi, commentatore principe del Galvani, che se questi fosse vissuto qualche anno di più (è morto nel 1798, pochi mesi dopo la pubblicazione delle fondamentali ricerche di Volta con il Condensatore) si sarebbe probabilmente appigliato al partito della supposizione, da lui stesso definita possibile, che dava ragione al suo antagonista. "Talmente che niuno ora ragionevolmente contraddirebbe chi sostenesse che il Volta non meno che il Galvani

ebbero torto di non attenersi alla riserva del partito medio", ossia alla conciliazione delle due opinioni.

Ancora meno potremmo "contraddire ragionevolmente" noi posteri, che di quel confronto davvero epico tra due grandi uomini possiamo godere le abbondanti e certamente allora imprevedibili ricadute.

Non ha senso, naturalmente, ricordare che cosa Volta abbia rappresentato per la scienza e per la tecnologia moderna. Ma non è difficile intravedere nelle osservazioni di Galvani l'origine di tante scoperte che hanno portato ad acquisizioni fondamentali anche in biologia e medicina. Ancor oggi il suo nome è legato a numerosi importanti fenomeni: la preparazione alla Galvani delle rane, tanto efficace da rappresentare il migliore elettrometro disponibile a quei tempi; il Galvanismo (la definizione è di un altro grande scienziato, von Humboldt); la corrente galvanica; la galvanoterapia. Ma le ricadute vanno molto più lontano. Dobbiamo ricordare che Galvani aveva in qualche modo stabilito la presenza di una polarizzazione delle membrane muscolari e nervose (anche se allora non era chiara la distinzione funzionale tra muscolo e fibra muscolare, tra nervo e fibra nervosa), la possibilità di stimolare un nervo attraverso il muscolo e la presenza delle correnti di demarcazione. Per cui tra le ricadute lontane non è illecito inserire tecniche di grande utilità in diagnostica medica, basate sulla detezione della "elettricità animale", l'ECG, l'EMG, l'ENG, l'EEG, e perché no la RMN, o sulla stimolazione elettrica di tessuti, dall'esame elettrodiagnostico classico alla stimolazione magnetica, ai potenziali evocati. Per non parlare dei vantaggi apportati alla ricerca di base dalla possibilità di rilevare direttamente dai

singoli neuroni l'attività elettrica "animale".

E infine, naturalmente, l'elettroterapia, alla quale gli studi di Galvani e le scoperte di Volta danno finalmente dignità scientifica. Figli e nipotini di Galvani sono le decine e decine di tipi di corrente elettrica con le quali sono venuto a contatto nei molti decenni del mio mestiere di fisiatra, quasi sempre con l'indicazione che si trattava dell'ultimo e insuperabile mezzo terapeutico messo a disposizione del medico dalla tecnologia più aggiornata. E a Galvani e a Volta è giusto risalire per comprendere le basi teoriche, reali o presunte, della Galvanoterapia, ovviamente, dell'elettrostimolazione del muscolo denervato, della ionoforesi terapeutica, della elettroanalgesia e — ultimo rigoglioso virgulto — della stimolazione elettrica funzionale.

Ma non possiamo certo attribuire a loro la colpa per il gran numero di promesse non mantenute e, perché no, di *utilizzazioni fraudolente* delle correnti terapeutiche consumate negli ultimi duecento anni. Come sarebbe desiderabile che i moderni produttori e utilizzatori degli apparecchi di elettroterapia avessero ereditato insieme all'entusiasmo lo scrupolo e il rigore che i due grandi mettevano nelle loro ricerche e nelle loro congetture!

Quando ho letto per la prima volta le pagine di Galvani, mi era sembrato di vedere nei due contendenti due tipici rappresentanti delle due terre di origine: passionale, estroso l'emiliano, che immaginavo robusto e sanguigno; freddo, concreto, rigoroso il lombardo, che naturalmente aveva ragione. Ho poi saputo che in realtà Galvani era uomo onesto, mite, modesto, caritatevole, pio e osservante. Considerava il suo lavoro come una vera missione spirituale in favore dei malati. Diede la miglior prova del suo carattere quando si rifiutò di prestare il giuramento ateo richiesto da Napoleone a tutti i pubblici ufficiali della Repubblica Cisalpina, perdendo così tutti i suoi uffici all'Università e all'Accademia e consumando in povertà i suoi ultimi giorni. La notizia della restituzione dei suoi incarichi, ottenuta per l'impegno dei suoi amici, è arrivata dopo la sua morte, avvenuta il 4 dicembre 1798. Riposi in pace, con la nostra ammirazione e la nostra gratitudine.

Le citazioni e le figure sono tratte dal volume: "Opere edite ed inedite del professore Luigi Galvani, raccolte e pubblicate per cura dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna" Bologna, Tipografia di Emidio Dell'Olmo - MDCCCXLI

Charles E. Beevor, 1904: un neurologo, i muscoli e i movimenti

In una monografia del 1904 le basi neurologiche per un esame muscolare che comprenda i meccanismi fissativi e posturali

L'esame muscolare non è l'esame della forza di singoli muscoli, ma della forza in singoli movimenti volontari. Come già Duchenne aveva sottolineato non vi è praticamente alcun movimento in cui intervenga un muscolo soltanto.

La misura della forza, l'identificazione dei muscoli coinvolti e della loro sequenza di intervento possono rivelare al clinico la natura dei processi nervosi che hanno prodotto il movimento in esame, o i suoi eventuali deficit.

Nel 1904 Charles Beevor, neurologo inglese, compone un'agile monografia sui "movimenti muscolari e la loro rappresentazione nel sistema nervoso centrale"².

Beevor vi descrive l'esame manuale della forza nei principali movimenti delle dita della mano, del polso, del gomito, della scapolo-omeroale e della scapolo-toracica, del rachide lombare e del capo, e descrive come con la semplice osservazione visiva e la palpazione di tendini e ventri muscolari si possano cogliere azione e contributo dei muscoli nel produrre un certo movimento, in condizioni normali e patologiche.

Ne è nata una classificazione, a mio

avviso straordinariamente moderna, dei possibili ruoli dei muscoli.

AGONISTI, ANTAGONISTI, SINERGISTI E FISSATORI: IL MUSCOLD ED I SUOI RUOLI

L'Autore distingue tra agonisti, antagonisti, sinergisti, fissatori "necessari" e fissatori "posturali". Raramente gli antagonisti anatomici si comportano da antagonisti funzionali: quasi sempre si comportano come sinergisti. Secondo Beevor il ruolo dei sinergisti è quello di stabilizzare una delle articolazioni su cui agisce l'agonista, o di neutralizzare uno dei diversi piani su cui si svolgerebbe il movimento. Il bicipite, ad esempio, è sia un supinatore che un flessore del gomito. Nella supinazione dell'avambraccio un suo antagonista, il tricipite, è anch'esso necessario per impedire che il bicipite stesso determini anche la flessione del gomito. Nella flessione, il pronatore rotondo è necessario per impedire la simultanea supinazione dell'avambraccio stesso. Se si vuole muovere un segmento rispetto a quello prossimale, bisogna che quest'ultimo sia a sua volta fissato rispetto a quello ulteriormente prossimale, e così via fino al tronco. Questo sarebbe il ruolo dei fissatori, muscoli "necessari" perché inevitabilmente accompagnano la contrazione dell'agonista.

Un movimento segmentario può produrre forze tali da comportare la perdita di equilibrio dell'intero sistema corporeo. Interverranno allora muscoli fissatori definiti "posturali", variabili a seconda del contesto posturale complessivo: saranno diversi, ad esempio, a seconda che il soggetto sia supino o in piedi.

Beevor nota come un agonista e i

suoi sinergisti e fissatori facciano parte tutti a pieno titolo dello stesso progetto motorio.

Il legame tra agonista e sinergisti è così stretto che questi ultimi si contraggono anche quando il primo è paralizzato, o quando l'azione dei sinergisti è superflua dal punto di vista meccanico. A titolo di esempio l'Autore cita il movimento di estensione del pollice, in cui l'estensore ed il flessore ulnare del carpo agiscono neutralizzando la componente abduztrice degli agonisti. Questi sinergisti si contraggono anche quando gli estensori del pollice sono paralizzati, o quando l'estensione del pollice viene eseguita con il polso già a fondo corsa abduztrice. I fissatori, invece, interverrebbero soltanto quando le forze in gioco lo richiedono: nel qual caso divengono una scelta obbligata, e obbligata è la loro sequenza. Beevor sintetizza le sue osservazioni affermando che "per ogni singolo movimento vi è un determinato numero di muscoli, di solito due o più, che entrano in azione secondo un ordine definito, che non può essere alterato. Inoltre, i singoli componenti di questo gruppo non si possono omettere né, quando siano paralizzati, vicariare, se non attraverso un lungo allenamento ed esercizio, od un intervento chirurgico (*di trasposizione tendinea, ndr.*)"

L'Autore analizza quanto avviene in caso di deficit stenico per lesioni nervose sia periferiche sia centrali. Nelle prime il muscolo denervato si rivela paralizzato o ipostenico sia come agonista, sia come sinergista o fissatore. Nelle lesioni centrali, invece, quali l'ictus cui consegue emiplegia, si potrà osservare che lo stesso muscolo appare paralizzato in movimenti in cui agisce come ago-

nista, mentre può essere ancora reclutato in movimenti in cui agisce come fissatore. Il tricipite, per esempio, può essere paralizzato se al paziente viene chiesta l'estensione del gomito, mentre interviene come fissatore durante un movimento di prensione forzata. D'altronde anche nel soggetto sano muscoli inaccessibili al comando volontario come agonisti sono accessibili nel ruolo di fissatori. È ben raro che un soggetto riesca a contrarre i retti addominali di un solo lato: Beevor evidenzia come questo avvenga invece normalmente nel movimento di adduzione del braccio.

NEL SOLCO DI UNA TRADIZIONE, PRIMA DI UNA LUNGA PAUSA

Vi è dunque pieno accordo con Jackson, secondo il quale il cervello non saprebbe nulla di muscoli ma conoscerebbe soltanto i movimenti³. La **fig. 1** riporta l'esempio della prensione: la corteccia cerebrale concepirebbe il movimento, mentre altrove (in questo schema a livello spinale) verrebbe selezionata la combinazione appropriata di muscoli. Ogni muscolo, naturalmente, potrebbe essere reclutato in vari movimenti insieme con altri muscoli e con il ruolo di fissatore, sinergista, agonista. Si noti come la **fig. 1** preveda la terminazione delle fibre corticospinali su interneuroni, cosa che si rivelerà corrispondente al vero per la maggior parte delle fibre del fascio piramidale, anche nell'Uomo⁴.

La monografia di Beevor si conclude praticamente qui: un poco sbrigativamente egli aggiunge che l'apprendimento di movimenti complessi consisterebbe nell'assemblaggio e nella au-

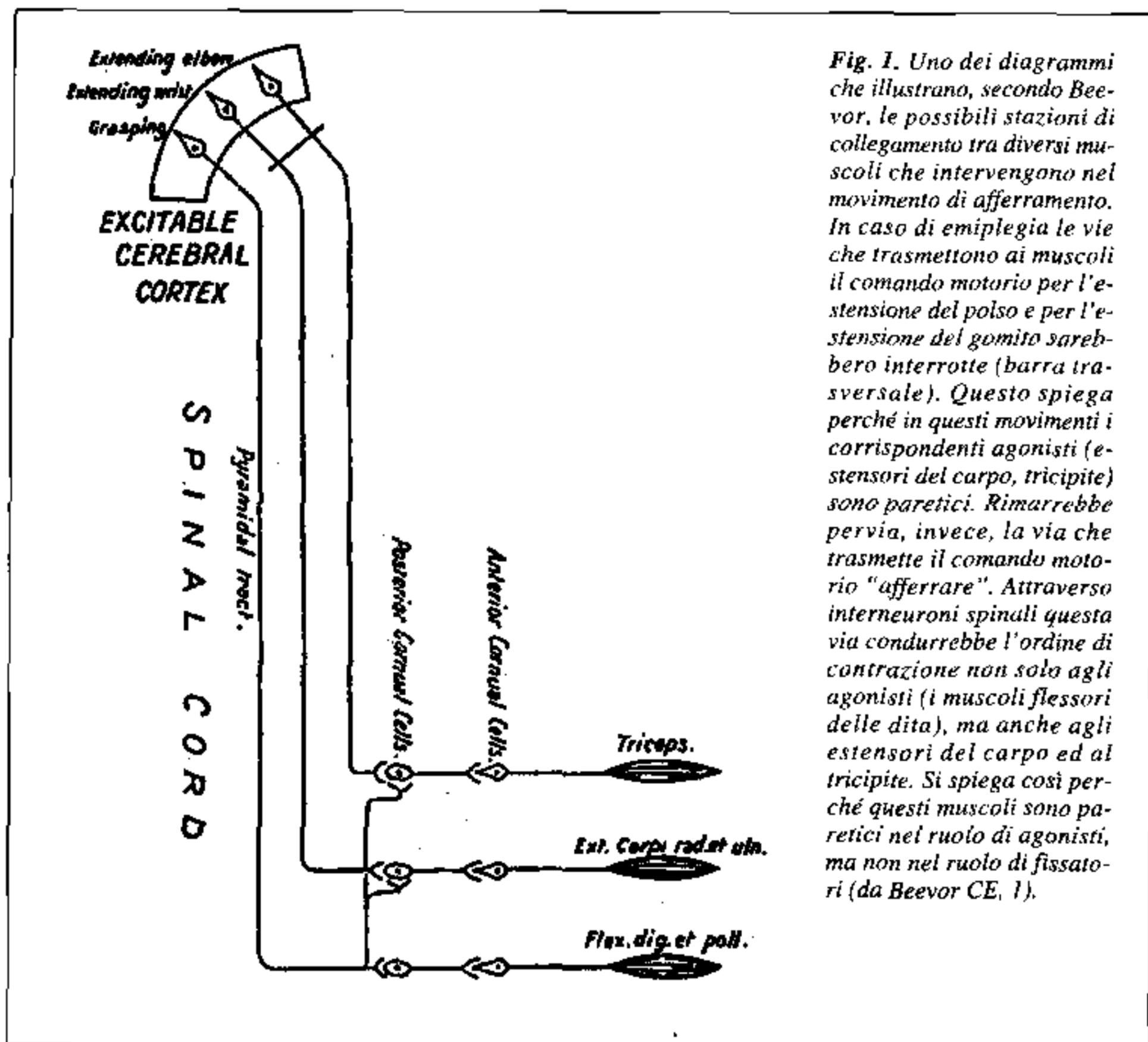


Fig. 1. Uno dei diagrammi che illustrano, secondo Beevor, le possibili stazioni di collegamento tra diversi muscoli che intervengono nel movimento di afferramento. In caso di emiplegia le vie che trasmettono ai muscoli il comando motorio per l'estensione del polso e per l'estensione del gomito sarebbero interrotte (barra trasversale). Questo spiega perché in questi movimenti i corrispondenti agonisti (estensori del carpo, tricipite) sono paretici. Rimarrebbe pervia, invece, la via che trasmette il comando motorio "afferrare". Attraverso interneuroni spinali questa via condurrebbe l'ordine di contrazione non solo agli agonisti (i muscoli flessori delle dita), ma anche agli estensori del carpo ed al tricipite. Si spiega così perché questi muscoli sono paretici nel ruolo di agonisti, ma non nel ruolo di fissatori (da Beevor CE, 1).

tomatizzazione di movimenti "semplici". Beevor mi appare estremamente originale e moderno nel suo tentativo di utilizzare gli aspetti meccanici del movimento per cercare di risalire ai procedimenti nervosi che li hanno determinati. Il suo pensiero sembra nascere da una sintesi della linea di Duchenne, uno dei fondatori della patologia muscolare e della cinesiologia, e della linea di Jackson, uno dei fondatori della epilettologia e della neurologia motoria. Entrambi scrissero i loro lavori fondamentali pochi decenni prima di Beevor. Pochi decenni dopo su questa linea unificata

"neuro-meccanica", se mi è consentito il termine, si inserirà Bernstein, che indagherà anch'egli i processi di coordinazione intermuscolare nel movimento volontario (la sua opera, scritta prevalentemente in russo, diverrà accessibile in inglese soltanto nel 1967)⁵.

Tra tali giganti Beevor può sembrare un Autore minore. Nella loro classica monografia sui neuroni corticospinali⁴ Phillips e Porter lo citeranno con discreta ampiezza in un paragrafo sulla "combinazione di muscoli nei movimenti", ma quasi nel ruolo di figura di transizione. Circa i suoi contemporanei, poi,

Beevor ha la "sfortuna" di operare nell'epoca di un neurofisiologo come Sherrington (nel 1906 appare "The integrative action of the nervous system"⁶ e di altri grandi della neurologia. Pensiamo soltanto a Marie e Foix e al loro contributo alla comprensione delle alterazioni motorie nell'emiparesi (nel 1916 compariranno i loro due classici articoli sulle "syncinésies de l'hémiplégique"^{7,8}). Ci sembra che la grandezza di Beevor non stia prevalentemente nelle sue riflessioni sulla rappresentazione corticale dei movimenti o nei suoi studi neurofisiologici, che devono molto all'opera di Jackson, e che saranno oscurati dall'evoluzione della neurofisiologia strumentale. Tra l'altro, questi aspetti occupano nell'insieme una parte minore della sua monografia. La grandezza di Beevor sta nelle sue doti cinesiologiche, nella capacità di trasformare l'analisi visiva e manuale degli aspetti meccanici del movimento in uno strumento sofisticato e potente di diagnosi neurologica. Beevor guarda le contrazioni muscolari, palpa le inserzioni tendinee, osserva che cosa succede se si chiede la stessa azione muscolare ordinando movimenti diversi (gli estensori del polso possono essere reclutati chiedendo "apri le dita" o "estendi il polso").

Egli scopre vere e proprie vie di accesso nervose a muscoli non reclutabili volontariamente, costituite dal loro inserimento in attività di sinergismo/fissazione. Da tutto questo egli riesce a dedurre il tipo di lesione (centrale o periferica) e la sua probabile sede, stabilisce che il progetto di muovere anche un solo segmento corporeo prevede già alla sua nascita la contrazione di molti altri muscoli prossimi e remoti.

I decenni successivi vedranno affer-

marsi una divisione tra analisi meccanica e neurofisiologica del movimento e si svilupperà ben poco la tecnica di analisi manuale introdotta da Beevor.

L'esame degli schemi di reclutamento muscolare non è mai entrato a pieno titolo, a nostro avviso, nell'ambito dell'esame neurologico clinico.

L'esame muscolare così come viene descritto in testi classici⁹ consiste nella valutazione della forza degli agonisti, ma non nella ricerca di eventuali deficit nei meccanismi di sinergismo né di fissazione "necessaria" attraverso la rilevazione dell'attività di muscoli remoti dall'articolazione in esame. Meno ancora si valuta la presenza di eventuali deficit nella fissazione "posturale", variabili a seconda dei rapporti tra sistema corporeo e ambiente.

IMPLICAZIONI NEURORIABILITATIVE: RIPRENDIAMO IL DISCORSO

L'esame muscolare come lo intendeva Beevor forse è ancora da costruire. Non saremmo così sicuri, come sembrano essere Phillips e Porter, nell'affermare che "parecchie associazioni relativamente stereotipate (*di muscoli agonisti, fissatori e sinergisti, ndr*) sono note ai neurologi fin dalla prima loro descrizione ad opera di Duchenne e Beevor"⁴.

La proposta di Beevor non soltanto presenta evidenti implicazioni diagnostiche, ma offre anche due importanti applicazioni riabilitative. In primo luogo, se il progetto motorio comprende l'intervento degli agonisti e di vari e remoti sinergisti fissatori non ha senso, in clinica, una divisione concettuale tra deficit di forza e deficit di coordinazione: si può essere deboli per scarsa coordina-

zione tra muscoli individualmente forti; la ipostenia di un fissatore potrà indebolire un movimento in cui l'agonista è forte.

Vale dunque la pena di sviluppare tecniche specifiche per il corretto reclutamento di agonisti e fissatori, laddove questo sia alterato; vale anche la pena di sviluppare tecniche di individuazione dell'anello debole di catene fissative, per poter intervenire con il rinforzo muscolare là dove ce n'è più bisogno.

Seconda considerazione: in alcune paralisi successive a lesione del sistema nervoso centrale (si pensi all'emiplegia in fase ipotonica) vi sono muscoli che restano paralizzati come agonisti mentre sono ancora reclutabili come fissatori. In questi casi ha forse un significato provare a sviluppare tecniche per attivare almeno in questo ruolo i gruppi muscolari plegici, in modo da tenere in attività anche una quota dei circuiti nervosi che li controllano.

Si potrebbe già contare sulle basi sperimentali fornite dall'importante settore della neurofisiologia che si occupa dei meccanismi posturali. Molto è stato fatto anche dalla neurologia sperimentale, che ha analizzato i meccanismi posturali soprattutto nel contesto dello studio della patologia extrapiramidale.

Spetta ora alla Riabilitazione investire nella ricerca di tecniche terapeutiche il capitale lasciato dal dr. Beevor.

BIBLIOGRAFIA

- 1) DUCHENNE DE BOULOGNE G.B. *Physiologie des mouvements*. Baillière, Paris 1867
- 2) BEEVOR C. *The Croonian Lectures on muscular movements and their representation in the central nervous system*. Adlard and Son, London 1904
- 3) TAYLOR J., HOLMES G., WALSHE F.M.R. (eds.). *Selected writings of John Hughlings Jackson*. Hodder and Stoughton Ltd, London 1932
- 4) PHILLIPS C.G., PORTER R. *Corticospinal neurones. Their role in movement*. Academic Press, London 1977
- 5) BERNSTEIN N. *The coordination and regulation of movements*. Pergamon Press, Oxford 1967
- 6) SHERRINGTON C.S. *The integrative action of the nervous system*. Scribners, New York 1906. 2nd Edition, Cambridge University Press 1947
- 7) MARIE P., FOIX C. *Les syncinésies des hémiplégiques: étude sémiologique et classification*. Rev Neurol 1916; 29: 3-27
- 8) MARIE P., FOIX C. *Les syncinésies des hémiplégiques: leur physiologie, leur pathogénie, leur intérêt théorique et pratique*. Rev Neurol 1916; 30: 46-162
- 9) KENDALL F.P., KENDALL MC CREARY E. *Muscles testing and function*. 3rd Edition, Williams and Wilkins, Baltimore 1983

Marie e Foix, 1916. Le sincinesie dell'emiplegico: alla ricerca di una pato-logica del movimento volontario

“S econdo Vulpian, che creò il termine, si chiamano *sincinesie* i movimenti involontari e spesso non consci che si producono in occasione di altri movimenti, generalmente volontari e consci”. Così esordivano Pierre Marie e Charles Foix, grandi neurologi francesi, in una loro celebre “memoria”.

Correva l'anno 1916. La Grande Guerra produceva abbondante casistica neurologica. La Medicina Militare aveva grande bisogno di una semeiotica motoria capace di discriminare, sulla base dell'esame obiettivo o poco più, fra deficit organici e funzionali: da simulazione, visto che tornare al fronte non piaceva a nessuno, ma anche da isteria, già riconosciuta come entità clinica.

I movimenti “involontari” degli arti paretici degli emiplegici avevano già destato l'interesse di insigni neurologi. Tuttavia vi era poca chiarezza sulla loro classificazione e sul loro significato clinico. Marie e Foix si cimentarono nel tentativo di dare organicità all'argomento poiché le sincinesie “dal punto di vista pratico costituiscono un mezzo prezioso di diagnosi di certe emiplegie leggere o associate (ad altre patologie, ndr). Dal punto di vista teorico esse forniscono nozioni di grande portata...”.

Il punto cruciale del problema, come

vedremo più oltre, era la distinzione fra sincinesie e riflessi: non dimentichiamo che era l'epoca di “riflessologi” di nome Babinski e Sherrington.

Marie e Foix sono molto espliciti: riflessi come quello di allungamento crociato (la flessione di un arto si associa, per esempio, all'estensione controlaterale) o come il cutaneo plantare controlaterale (evocato per stimolazione della pianta dell'altro piede) non rientrano nella definizione di sincinesie. Le sincinesie “appaiono sempre come conseguenza del movimento (*volontario, ndr*), mentre il riflesso controlaterale dipende dall'eccitazione che lo provoca allo stesso titolo del riflesso omolaterale cui esso si associa”. Come dire: rispetto al movimento riflesso “primario” gli altri movimenti riflessi sono parte di una reazione unica; rispetto al movimento volontario i movimenti associati sono “altri” movimenti.

Marie e Foix classificano poi le sincinesie in tre grandi classi: “globali o spasmodiche”, “d'imitazione” e “di coordinazione”. È più o meno la stessa classificazione che si insegna ai riabilitatori contemporanei.

Le sincinesie globali hanno due fondamentali caratteristiche: sono stereotipe e rispondono a uno stimolo aspecifico. Infatti, esse compaiono quando si supera un certo livello di sforzo volontario prodotto dal paziente nel compiere qualsiasi movimento, dal lato sia sano che malato, e persino movimenti come la tosse e lo starnuto. Ricordiamo le componenti più frequenti di queste sincinesie (**fig. 1A**): per l'arto superiore, chiusura delle dita, flessione/pronazione del gomito, adduzione/elevazione della spalla; per l'arto inferiore, estensione di anca e ginocchio, flessione plantare/supinazione del piede. Fiumi di inchiostro sono stati versati sulle

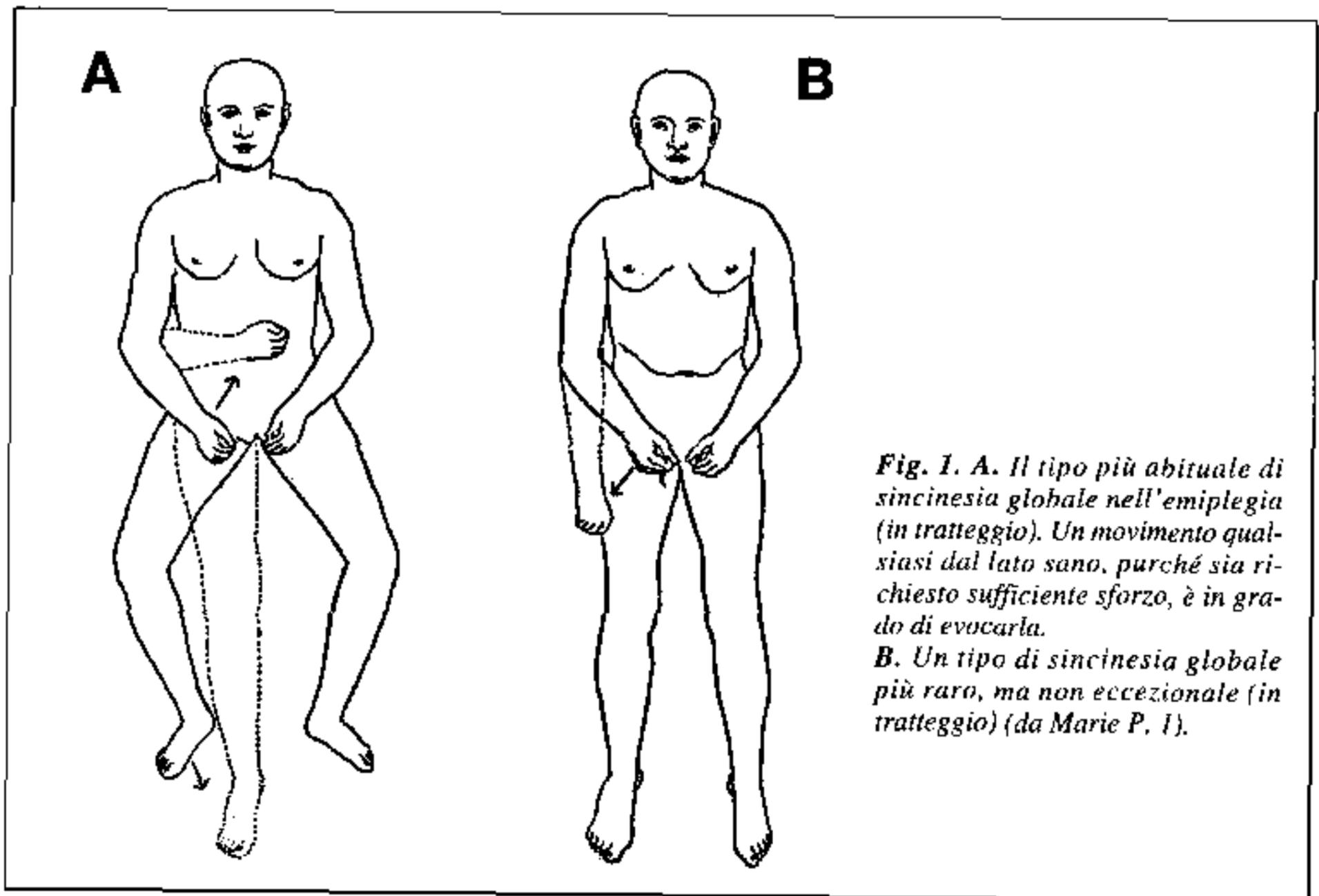


Fig. 1. A. Il tipo più abituale di sincinesia globale nell'emiplegia (in tratteggio). Un movimento qualsiasi dal lato sano, purché sia richiesto sufficiente sforzo, è in grado di evocarla.

B. Un tipo di sincinesia globale più raro, ma non eccezionale (in tratteggio) (da Marie P. 1).

molte possibili varianti, accennate già da Marie e Foix, e di cui la **fig. 1B** riporta una delle più frequenti. Sottolineiamo l'osservazione che il soggetto, quale che sia la sua variante "preferita", tende a riprodurla in modo stereotipo. Per i nostri Autori si tratta di una contrazione indiscriminata di tutti i muscoli degli arti paretici: l'atteggiamento raggiunto dal malato dipenderebbe dall'equilibrio meccanico fra le forze dei diversi gruppi muscolari. Per esempio la sincinesia può essere evocata con il gomito che parte flesso oppure esteso ma alla fine si otterrà sempre la stessa posizione intermedia.

Le sincinesie d'imitazione sono tutt'altro che aspecifiche: sono i movimenti "a specchio" facilmente evocabili, nei casi di paresi lieve, dal lato sano. Per esempio la flessione-estensione del piede paretico evoca movimenti sincroni del piede controlaterale. Non interessano molto, a Marie e Foix, queste sincine-

sie. Esse compaiono soltanto nelle emiparesi lievi (vi deve pur essere un movimento dal lato paretico per evocarne uno "a specchio") e compaiono in molte altre patologie, soprattutto ove si abbia una sofferenza encefalica diffusa: tipicamente nelle cerebropatie infantili. Marie e Foix, protesi all'analisi dei problemi specifici del "grande emiplegico", liquidano in due parole l'ipotesi di Noica² secondo la quale i movimenti a specchio sarebbero normali se non fosse fisiologicamente presente un meccanismo inibitorio. A sostegno della sua ipotesi Noica sottolineava come i movimenti a specchio potessero essere inibiti con uno sforzo di attenzione e fossero guarda caso facilitati — a meno che il soggetto non esercitasse un controllo visivo — da un deficit sensitivo del segmento sincinetico. Che l'ipotesi fosse tutt'altro che campata per aria lo avrebbe dimostrato la letteratura successiva.

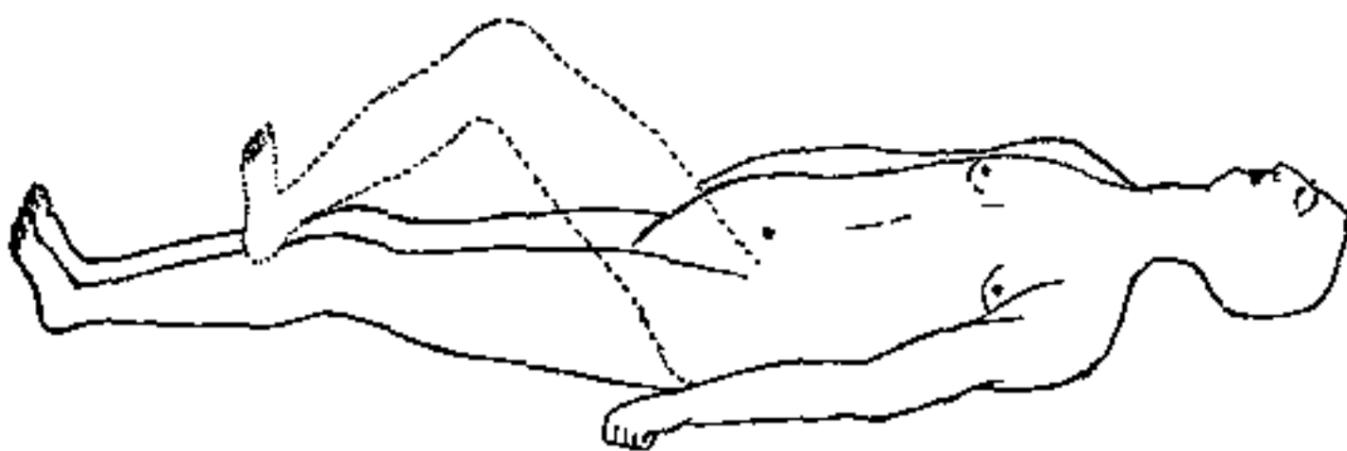


Fig. 2. *Tipica sincinesia di coordinazione nell'emiplegico: la sincinesia di accorciamento dell'arto inferiore (in tratteggio. Si associano flessione di caviglia, ginocchio e anca. Si produce quando si richiede l'esecuzione isolata di una delle sue componenti) (da Marie P, 1).*

Ma veniamo alle sincinesie di coordinazione. Dal lato paretico un certo *movimento segmentario*, per esempio la flessione dorsale del piede, può essere impossibile. Se ora chiedo al soggetto di flettere il ginocchio ecco che il movimento verrà eseguito insieme con una flessione dorsale del piede (**fig. 2**). La flessione dorsale del piede è impossibile come movimento volontario, ma è possibile come movimento sincinetico. Queste sincinesie possono ricalcare in parte le grandi sinergie "globali". Ma hanno molte caratteristiche specifiche: sono evocate da movimenti volontari dello stesso lato paretico, sono localizzate soltanto ad alcuni gruppi muscolari e sono specifiche per il movimento tentato dal paziente. Nulla vieta, poi, una "fusione delle sincinesie" di diverso tipo. "Ordiniamo per esempio ad un malato di eseguire la flessione dorsale del piede (*dal lato paretico, ndr*); si produrrà immediatamente una tendenza alla flessione della coscia per sincinesia di coordinazione. Ma se opponendoci al movimento obblighiamo il malato ad uno sforzo considerevole, vedremo la sincinesia globale manifestarsi a sua volta, fino a determinare la contrazione del quadricipite e condurre infine l'arto ad una posizione intermedia fra flessione ed estensione".

Marie e Foix ritengono che le sincinesie di coordinazione coinvolgano selettivamente muscoli "funzionalmente sinergici" (il termine correntemente in uso ai giorni nostri per definire le sincinesie è proprio "sinergie"). Una sincinesia di coordinazione può reclutare muscoli anche assai remoti e addirittura controlaterali tanto da simulare i movimenti a specchio. È il caso del fenomeno di Raimiste (**fig. 3**): l'abduzione o l'adduzione contro resistenza dell'anca del lato sano provocano rispettivamente l'abduzione e l'adduzione dell'anca paretica. Non si tratta di sincinesie d'imitazione, nelle quali è il lato sano ad imitare il paretico e non viceversa. Piuttosto sembra che vi sia il tentativo di stabilizzare il bacino con l'arto paretico. Marie e Foix sfiorano, ma non trattano esplicitamente, un tema fondamentale: vi sono movimenti associati in cui non si riconosce una necessità meccanica (*le sincinesie globali e d'imitazione*) e movimenti associati in cui è riconoscibile una "logica" meccanica che oggi chiameremmo fissazione. Noica l'aveva intuito e Beevor, ancor prima di lui, ne aveva già tratto una tecnica di esame muscolare³: le "sinergie" sono la regola nel movimento normale. Muscoli "non agonisti", anche molto remoti, sono necessari per stabilizzare fra loro i seg-

menti corporei, e per mantenere complessivamente in equilibrio il sistema corporeo. Le "sincinesie di coordinazione" dell'emiplegico non sono costituite da combinazioni muscolari anomale e casuali: anzi, esse attivano muscoli "funzionalmente correlati".

Anche nel soggetto sano, per esempio, "è difficile estendere il piede senza contrarre simultaneamente il quadricipite"⁴. La patologia consiste, per l'emiplegico, nel fatto che le sincinesie sono l'unico tipo di movimento evocabile, essendo scomparsa la possibilità di contrarre gli agonisti senza i muscoli sinergisti anche quando questi non servono. Stiamo già citando una seconda Memoria, pubblicata sempre nel 1916⁴, in cui Marie e Foix tentano un'interpretazione fisiopatologica delle sincinesie, ma soprattutto di quelle di coordinazione. Intanto essi ne sottolineano un inte-

ressante risvolto pratico: "le sincinesie di coordinazione sono un sintomo di emiplegia organica e di emiplegia organica banale" (crediamo che per "banale" si possa intendere "pura", cioè emiplegia non associata a encefalopatie globali). Ancor più interessante appariva loro il fatto che il fenomeno fosse particolarmente evidenziabile nelle emiparesi in cui era colpito prevalentemente il piede. Oggi vediamo questo fenomeno abbastanza raramente, soprattutto nei casi di meningioma parasagittale. Marie e Foix avevano una casistica ben più ampia: "la guerra attuale ci ha mostrato un certo numero di soggetti colpiti da queste emiplegie superficiali... il movimento del piede (*plegico, ndr*) nella sincinesia di accorciamento veniva eseguito con grande forza". Immaginiamo che la dissociazione fra paralisi nel movimento volontario, da un lato, e for-

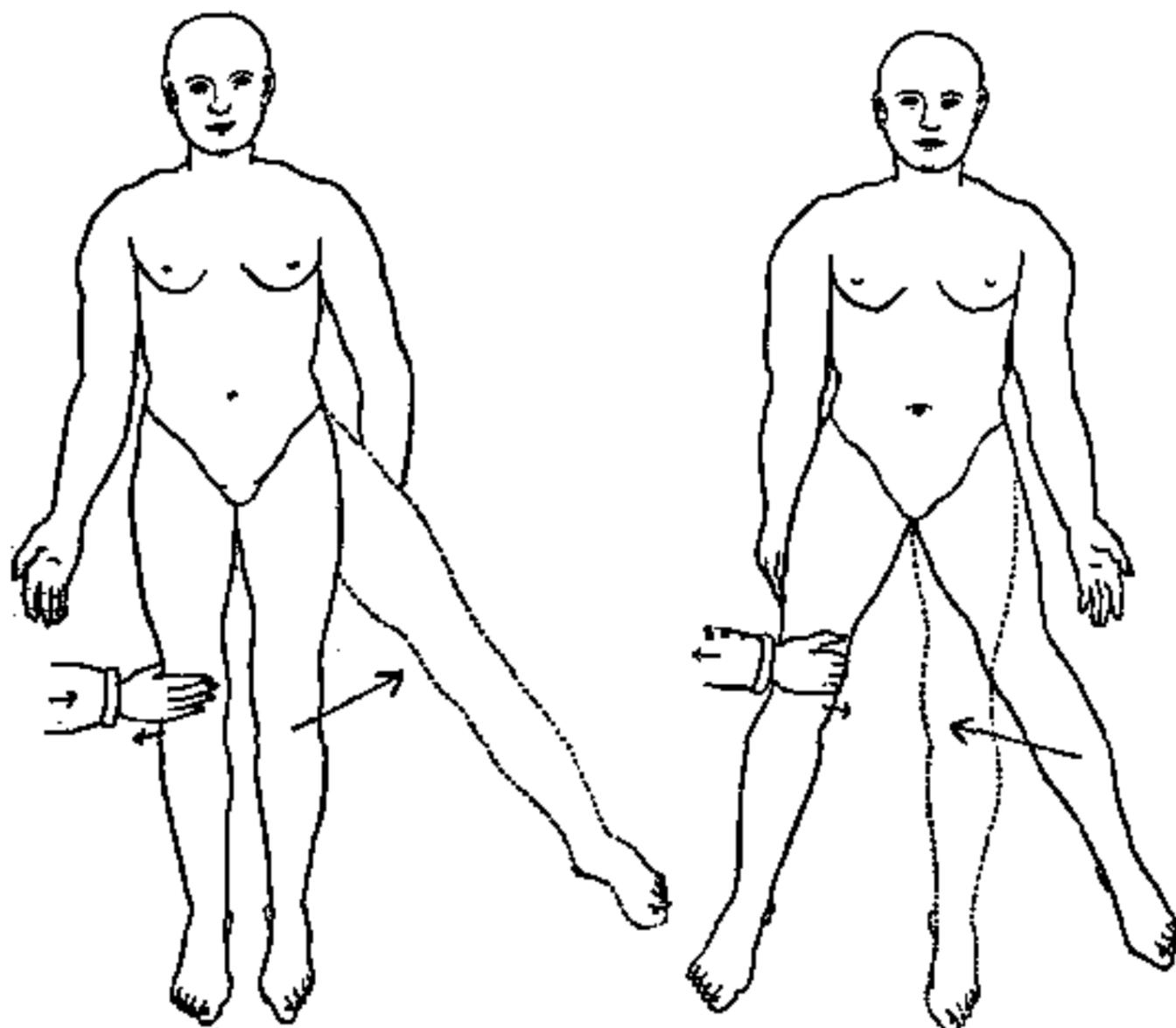


Fig. 3. Fenomeno di Raimiste. Si chiede al paziente emiplegico di abduire l'arto inferiore sano contro resistenza: si produce un'abduzione dell'arto inferiore paretico (in tratteggio). Analogamente l'adduzione del lato sano comporta l'adduzione di quello paretico (non illustrato) (da Marie P, 1).

za nella sincinesia, dall'altro lato, dovesse apparire un segno molto attraente per chi doveva decidere se un soldato con una paresi stesse fingendo o no.

Gli Autori terminano con il loro vero obiettivo, una sofisticata rassegna di manovre semeiotiche raccolte in un capitolo intitolato significativamente "Gymnastique syncinétique".

Riconosciamo in questi lavori (tra l'altro, scritti con uno stile meravigliosamente semplice e didattico) tre grandi temi ancora attuali e ancora da sviluppare. Primo: *l'esame neurologico è anche un esame biomeccanico*. La modalità e l'intensità della produzione di forza può rivelare sede di lesione, autenticità del danno motorio, tipo di problema neurofisiologico sottostante la paresi (assenza di movimento volontario? Prevalenza di sincinesie sul movimento segmentario? Combinazione di sincinesie?). *Nessun esame di forza può prescindere da un esame muscolo-articolare*. Si pensi alla necessità di escludere una retrazione dell'antagonista in caso di apparente ipostenia di un agonista. Se le combinazioni muscolari rispondono ad una logica meccanica (ad esempio, mantenimento dell'equilibrio) lo studio della prestazione meccanica è necessario per interpretare il senso delle "sincinesie" prodotte dal paziente. Secondo tema: *il movimento è sempre, anche nel soggetto normale, multi-muscolare. La patologia può riguardare la capacità di associare correttamente muscoli "non protagonisti" anche quando i protagonisti siano reclutati correttamente*. Rientrano perfettamente in questo tema non solo l'accenno ma anche le carenze di sincinesie, rilevate magistralmente negli stessi anni da Babinski in pazienti con patologia cerebellare⁵. Un esempio? Al paziente, in piedi, si chiede di estendere il tronco. Il pazien-

te cadrà all'indietro perché non flette le ginocchia portando le gambe in avanti, come farebbe un soggetto normale in avanti. L'"asynergie cérébelleuse" fa perfettamente "pendant" (il Francese è d'obbligo) con le sinergie di Marie e Foix.

Regole e alterazioni delle combinazioni muscolari sono un campo ancora in gran parte inesplorato della neurofisiologia contemporanea. Terzo tema: le sincinesie — fisiologiche o patologiche che siano — nascono insieme con il movimento o derivano da riflessi segmentari da questo originati? Oggi diremmo: *le sincinesie "involontarie e incoscienti" nascono in parallelo o in serie rispetto al movimento "volontario e cosciente"?*

Nel 1923 un grande neurologo inglese, Walshe, tenterà su questo punto un'interpretazione riduttiva dei lavori di Marie e Foix⁶. In sostanza egli negherà alle sincinesie il ruolo di "movimento", per declassarle tutte a "reazioni posturali" causate da riflessi spinali. Egli sosterrà che la sincinesia globale non è una reazione stereotipa, perché essa può essere molto influenzata dai riflessi tonici del collo descritti in quegli anni da Magnus e de Kleijn: la rotazione del capo verso un lato facilita l'estensione degli arti omolaterali e la flessione degli arti controlaterali. È del tutto evidente l'influenza su Walshe della neurofisiologia di Sherrington. Inoltre la sincinesia può iniziare e terminare anche alcuni secondi dopo l'inizio dello sforzo che la genera. E le sincinesie di coordinazione? Grossolano errore interpretativo. Marie e Foix avrebbero "una concezione della natura dell'emiplegia abbandonata in questa nazione (*l'Inghilterra, ndr*) da quando Hughlings Jackson ci diede una visione più profonda della materia... Sappiamo che i movimenti

isolati, specialmente dei segmenti distali degli arti, sono i primi a soffrire... mentre i movimenti massivi degli arti... che hanno una completa rappresentazione ai livelli riflessi del sistema nervoso, sono molto più resistenti". Walshe prende ad esempio la flessione dorsale del piede paretico che compaia nel corso di una sincinesia. "Parlare di 'movimento associato' nel caso di una dorsiflessione del piede che avvenga come parte integrante di un altro movimento significa stracchiare il concetto di movimenti associati fino al punto in cui esso cessa di avere alcun preciso significato". "...la classificazione di Marie e Foix non si può ritenere basata su un'analisi veramente scientifica...". Siamo alle soglie dell'insulto.

Walshe contro Marie e Foix? Sherrington e Jackson contro Babinski e Duchenne? La fisiologia contro la clinica? Forse. Un conflitto resta attuale, trascorsi i decenni, ed è quello fra una visione dei movimenti associati come "postura" (roba riflessa, gerarchicamente subalterna) ed una loro visione come "vero movimento" volontario.

Oggi cominciamo a capire che è tutto "vero movimento", quello conscio e quello inconscio. L'aveva già capito Beevor³. Il movimento volontario nasce come gesto intenzionale e contesto riflesso-posturale che lo rende meccanicamente possibile. Movimento involontario non significa necessariamente movimento riflesso. La dorsiflessione del piede nella sincinesia di Marie e Foix è in qualche modo "voluta" insieme con la flessione del ginocchio, anche se non coscientemente.

Uno dei filoni recentemente "scoperti" dalla neurofisiologia contemporanea è la plasticità dei riflessi e delle reazioni posturali: le quali sono scelte e modula-

te "molto in alto" anche se poi sfruttano circuiti sottocorticali. Lo dimostra il fatto che le reazioni posturali possono precedere e preparare il movimento volontario⁷, e non solo seguirlo come ci si aspetta, per esempio, da un riflesso da stiramento.

Se nel gesto volontario movimento conscio e "reazioni posturali" non sono scindibili occorre valutarli, e, quando alterati, rieducarli insieme. Un riflesso rotuleo ci dirà molto poco di come si comporterà il ginocchio durante un'estensione volontaria o nel cammino. Con tutto ciò, al paziente il riabilitatore chiederà di esercitare il "vero movimento" — l'estensione di una gamba, oppure il cammino — mentre chiederà a un farmaco — ad esempio un miorilassante — di lavorare sulla "postura" inaccessibile alla coscienza. Il tempo delle dicotomie è ormai trascorso.

BIBLIOGRAFIA

- 1) MARIE P., FOIX C. *Les syncinésie des hémiplegiques. Etude sémiologique et classification.* Rev Neurol 1916; 29: 3-27
- 2) NOICA. *Étude sur les mouvements associés.* L'Encéphale 1912, 7, 3: 201-220
- 3) REDAZIONALE. *Charles E. Beevor: un neurologo, i muscoli e i movimenti.* Ric Riabil 1992; 1: 8-10
- 4) MARIE P., FOIX C. *Les syncinésie des hémiplegiques. Leur physiologie, leur pathogénie, leur intérêt théorique et pratique.* Rev Neurol 1916; 30: 46-162
- 5) BABINSKI J. *De l'asynergie cérébelleuse.* Rev Neurol 1899; 7: 806-816
- 6) WALSHE F.M.R. *On certain tonic or postural reflexes in hemiplegia, with special reference to the so-called "associated movements".* Brain 1923; 46, 1: 1-37
- 7) REDAZIONALE. *Componenti esecutive e componenti posturali del movimento volontario: verso una visione unitaria.* Ric Riabil 1992; 2: 2-7

D'Arcy Wentworth Thompson, 1917. Quando la matematica animò la biologia

Oggi troviamo normale affrontare temi biogici con il supporto — e soprattutto con il metodo — delle scienze “di base”: chimica e fisica in primo luogo. Ed alla base delle discipline di base c'è il ragionamento matematico. Proprio in quanto biologico-matematica anche la Medicina ha ottenuto un posto fra le discipline scientifiche e non fra quelle “umanistiche”, cui continua a strizzare l'occhio. Ma può la natura, e in particolare ciò che noi chiamiamo vita, essere davvero compresa facendola ricadere sotto regole matematiche: magari nascoste e complicate, ma pur sempre rigide regole? Queste regole sono una nostra *invenzione*, che ci torna utile per semplificare un lavoro di ricerca che rimane sostanzialmente empirico? Oppure noi *scopriamo* regole insite nella natura, dominata da un ordine che tradisce uno scopo?

Non stiamo parlando di Leonardo da Vinci, ma di D'Arcy Thompson. Inglese, figlio di un grande naturalista/matematico/grecista, fu naturalista egli stesso. Agli inizi del secolo questo significava essere tassonomista e filogenetista: cultore dell'arte di classificare, inquadrare, correlare le più varie specie estinte e viventi. D'Arcy (così pare lo chiamassero tutti) fu un grande osservatore ma non sperimentò mai nulla. Nel 1917 pubblicò la prima versione di

“*On growth and form*” (“Crescita e forma”). Nel 1942 egli portò la sua opera da 700 a oltre 1.100 pagine. Per nostra fortuna nel 1961 John T. Bonner ne curò una versione abbreviata fino a 320 pagine. L'aggettivo non inganni: l'opera fu ripulita di parti ridonandanti e arricchita di introduzione e note eccellenti. Il successo editoriale fu immenso: si contano 10 edizioni fino alla nostra del 1988', ed anche una edizione italiana (Crescita e forma, Edizioni Boringhieri) che mi risulta sia ormai introvabile.

Il filo conduttore del volume è la ricerca di regole matematiche nelle forme degli esseri viventi: regole che obbediscono a quella più generale di un adattamento alle forze presenti nell'ambiente fisico. Per l'autore “the form of an object is a diagram of forces”.

In quegli anni era ormai all'apice il credito riconosciuto alla teoria Darwiniana. Lo stesso vale per la microbiologia. Si preparava il decollo della moderna genetica. Era ormai accettato che le forme derivassero da mutazione genetica (casuale, ma comunque intrinseca ai meccanismi della vita): l'ambiente interviene solo in seconda battuta facendo scomparire i risultati peggiori. Ecco quanto basta per fare di D'Arcy Thompson un pensatore eterodosso, un intellettuale eccentrico che, come vedremo, si sarebbe forse trovato in grande sintonia quella che 40 anni dopo sarebbe divenuta la Medicina Fisica.

Per il Nostro non si può imprigionare nelle teorie Darwiniane il fatto che “non esistono forme organiche che non siano conformi a leggi fisiche e matematiche”. Tanto più che “...non abbiamo chiare regole o criteri che ci dicano che cosa è ‘vitale’ e che cosa non lo è; l'intero insieme dei fenomeni cosiddetti

vitali, o proprietà dell'organismo, non può essere chiaramente classificato in fenomeni di origine fisica e fenomeni che siano *sui generis* e specifici delle cose viventi".

Già, le cose viventi: un lapsus rivelatore, avrebbe detto il suo contemporaneo Freud. Perché per D'Arcy sottomettere la biologia alla fisica non significa negare alla vita una sua specificità: perché per lui anche le cose vivono.

Uno sguardo ai titoli di alcuni dei 10 capitoli ci dà un'idea del contenuto: *La dimensione; Le forme delle cellule; Le forme delle corna e delle zanne; Teorie delle trasformazioni, ovvero il confronto di forme correlate.*

Cominciamo con le dimensioni. Un essere vivente non può cambiare impunemente dimensioni senza cambiare forma. E questo perché "...delle forze fisiche, alcune agiscono direttamente sulla superficie di un corpo o — detto altrimenti — in proporzione alla sua area; mentre altre — e soprattutto la gravità — agiscono su ogni sua particella, interna così come esterna ed esercitano una forza che è proporzionale alla massa, e quindi — di solito — al volume del corpo". Questo è il motivo per cui — secondo un esempio che a D'Arcy sarebbe piaciuto² — un gatto non è la riduzione fotografica di un leone: il peso aumenta più o meno con il cubo delle dimensioni lineari, la forza di un arto con la sezione, e quindi con il quadrato. Il leone ha bisogno di arti proporzionalmente più larghi di quelli del gatto. È il principio della cosiddetta "somiglianza dinamica", contrapposta alla somiglianza "geometrica", principio che è alla base della scienza delle costruzioni. Questo è il motivo per cui "la Natura non può far crescere un albero

né può costruire un animale che superino certe dimensioni, mantenendo le proporzioni ed utilizzando i materiali che sono sufficienti nel caso di strutture più piccole".

Da qui partono digressioni sulla struttura degli alberi, sui rapporti tra dimensioni corporee e velocità di locomozione, altezza raggiungibile nel salto, metabolismo energetico.

Il rapporto superficie-volume aumenta quanto più piccolo è l'animale. Un topolino ha una superficie enorme relativamente al suo peso. Per mantenere la sua temperatura nonostante la dispersione di calore attraverso la sua superficie gli diviene necessario mangiare, per unità di peso, cinquanta volte quanto mangia un uomo. Convivere con la propria superficie è un problema anche maggiore per gli insetti: "Una mosca bagnata pesa il doppio di quando è asciutta..." "un piccolo insetto resta imprigionato in una goccia d'acqua".

Il mondo microscopico non sfugge alla dipendenza dalle leggi fisiche: solamente, esso ha leggi sue proprie. La tensione superficiale, quella strana forza che fa collabire una bolla di sapone, è forse irrilevante nel mondo macroscopico ma diviene decisiva nel determinare la forma delle gocce d'acqua, delle meduse, delle cellule, ed anche delle loro aggregazioni. Gli embrioni allo stadio iniziale si segmentano spinti dalle stesse forze che dividono le bolle di sapone; il compattamento in forma esagonale è la regola per le cellule epidermiche così come per le celle di un alveare.

Magistrale è la discussione sulla spirale, questa forma comune ad organismi viventi diversissimi. La **fig. 1A**

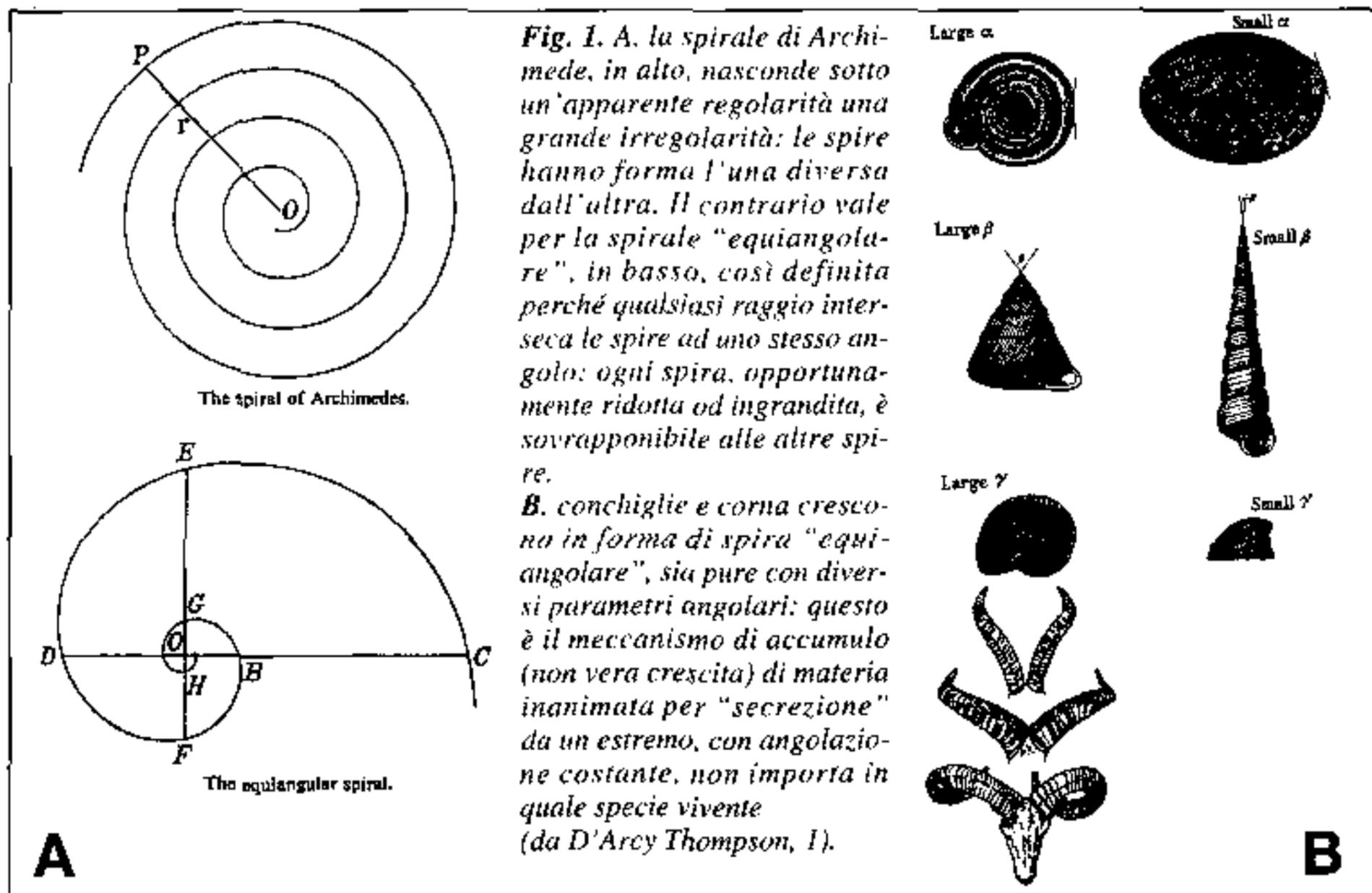


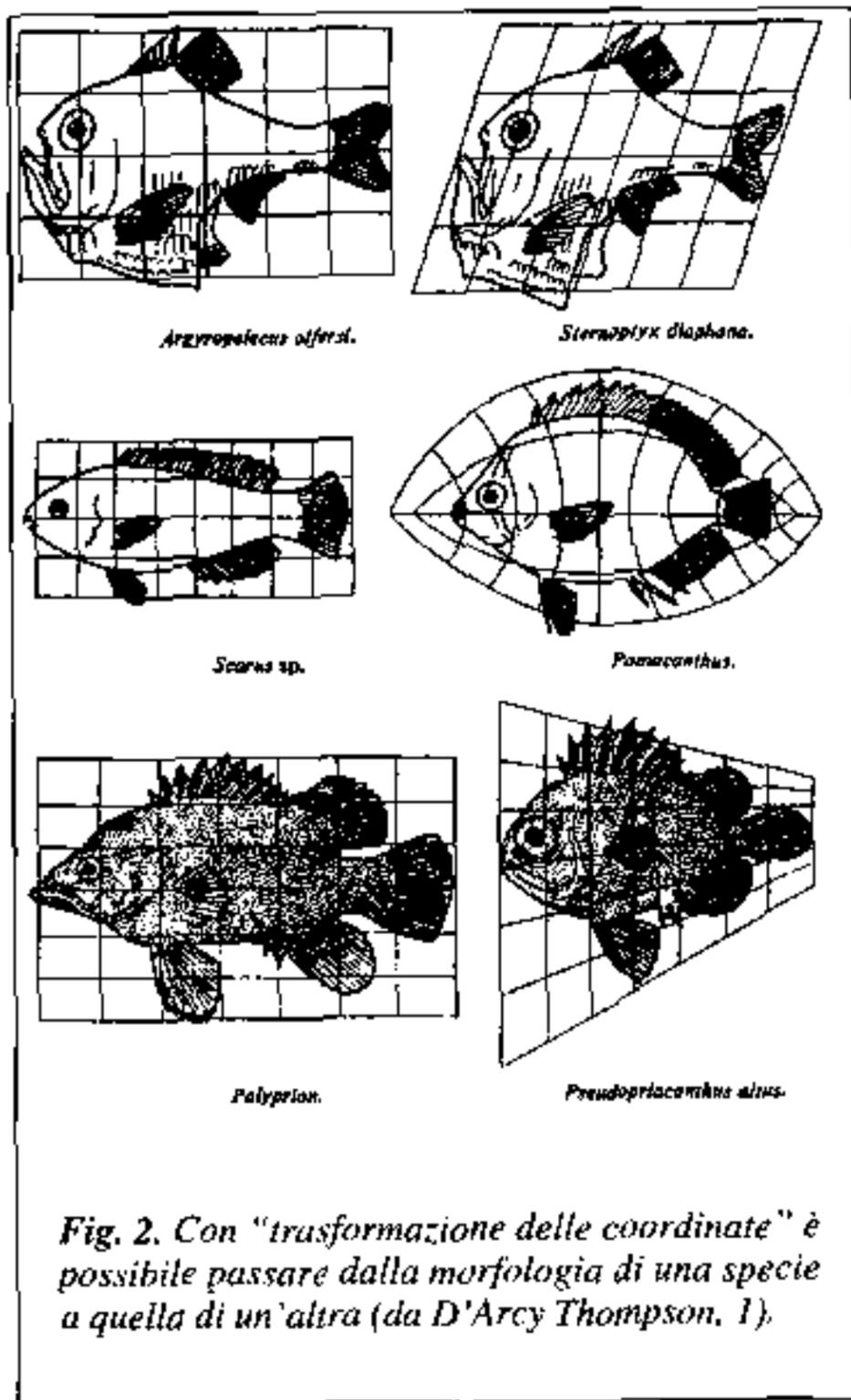
Fig. 1. A, la spirale di Archimede, in alto, nasconde sotto un'apparente regolarità una grande irregolarità: le spire hanno forma l'una diversa dall'altra. Il contrario vale per la spirale "equiangolare", in basso, così definita perché qualsiasi raggio interseca le spire ad uno stesso angolo: ogni spira, opportunamente ridotta od ingrandita, è sovrapponibile alle altre spire.

B, conchiglie e corna crescono in forma di spira "equiangolare", sia pure con diversi parametri angolari: questo è il meccanismo di accumulo (non vera crescita) di materia inanimata per "secrezione" da un estremo, con angolazione costante, non importa in quale specie vivente (da D'Arcy Thompson, 1).

rappresenta le due forme più note: la spirale di Archimede — sopra — e la spirale "equiangolare" — sotto. La prima ci appare più "regolare" perché le spire sono fra loro equidistanti. Qualsiasi raggio, però, interseca spire successive ad angoli via via decrescenti: nessuna spira ha la stessa "forma" della precedente. Nella seconda la distanza fra le spire aumenta progressivamente ma l'angolo di intersezione con un raggio non cambia. Questo fa sì che due spire abbiano la stessa forma, non importa quanto lontane siano fra loro. È la seconda spirale dunque, e non la prima, quella che si mantiene sempre uguale a se stessa. Trovate un resto fossile o scheletrico con forma di spirale equiangolare? O è una conchiglia, o è un corno, o è una zanna. Perché questa è la forma di una cosa in sé non vitale che si accumula a partire da un estremo, quindi con angolo costante, e

che si avvolge su stessa, non importa a quale èra geologica o specie sia appartenuta (fig. 1B).

L'organismo nel suo complesso è un individuo che obbedisce a leggi diverse da quelle dei suoi singoli componenti. Ma come spiegare — il che significa, per il Nostro, matematizzare — la fantastica varietà di forme degli esseri viventi? Occorre trovare altre "somiglianze": non bastano quella "dinamica" contrapposta a quella geometrica, o l'equazione della spirale che accomuna le più varie conchiglie, corna e zanne. Rimangono infinite differenze morfologiche che non sembrano seguire alcuna legge se non il capriccio della natura. Ed ecco che D'Arcy Thompson inventa il "metodo delle coordinate": per passare da una specie di pesce ad un'altra è sufficiente deformare in modo "semplice" (per esempio cambiando i coefficienti di una stessa equazione) il retico-



lo di coordinate cartesiane in cui possiamo inscrivere la forma (fig. 2). "...se... pesci diversi e dissimili possono essere riferiti nel loro insieme ad identiche funzioni di sistemi di coordinate molto diversi, questo fatto di per se stesso costituirà una prova che la variazione ha proceduto per linee definite ed ordinate, che una esaustiva 'legge di crescita' ha pervaso l'intera struttura nella sua interezza, e che essa è stata sotto il controllo di sistemi di forze più o meno semplici e riconoscibili". E la scoperta di similitudini "per trasformazione di coordinate" si estende alla forma di foglie, cranî, crostacei. L'autore non nasconde la sua avversità alla teoria evolutiva che lascia al vivente la prima mossa (la mutazione) per

lasciar poi alla selezione ambientale il faticoso compito di rimuovere eventuali insuccessi. Ed ecco che egli cerca un compromesso proponendo come fattore genetico favorevole non tanto questo o quel carattere ma la capacità generale di adattarsi all'ambiente: soltanto così egli riesce a spiegarsi la troppo perfetta corrispondenza fra ambiente ed organismi.

Ma lasciamo ai genetisti questo dibattito e arriviamo all'epilogo, due pagine poetiche: "...ho cercato di mostrare al naturalista come pochi concetti matematici e principi dinamici possano aiutarlo e guidarlo". "...l'armonia del mondo è resa manifesta nella Forma e nel Numero, e l'arte e anima e la poesia tutta della Filosofia naturale sono racchiuse nel concetto di bellezza matematica". E ancora: "Il vivente ed il morto, le cose animate ed inanimate, noi abitanti del mondo e questo mondo che ci ospita... siamo uniti da legge matematica e fisica". Non ci aspettavamo nulla di meno da un Autore che dichiarava nell'introduzione: "Senza un poco della forza della fisica la filosofia sarebbe debole; e senza un poco della ricchezza della filosofia le scienze fisiche sarebbero povere".

Un primo commento spetta all'opera letteraria. Come dice la pregevole introduzione del curatore il libro è insieme un testo scientifico e un'opera d'arte. Lo stile "non è condensato e asessuato come la solita prosa scientifica moderna, fatta a macchina ed elementare". Equazioni si intersecano con citazioni greche, latine, francesi e tedesche: eppure la prosa resta asciutta, scorrevole ed elegante. Ma insistere su questi aspetti dell'opera potrebbe sembrare una scappatoia per negarle un interes-

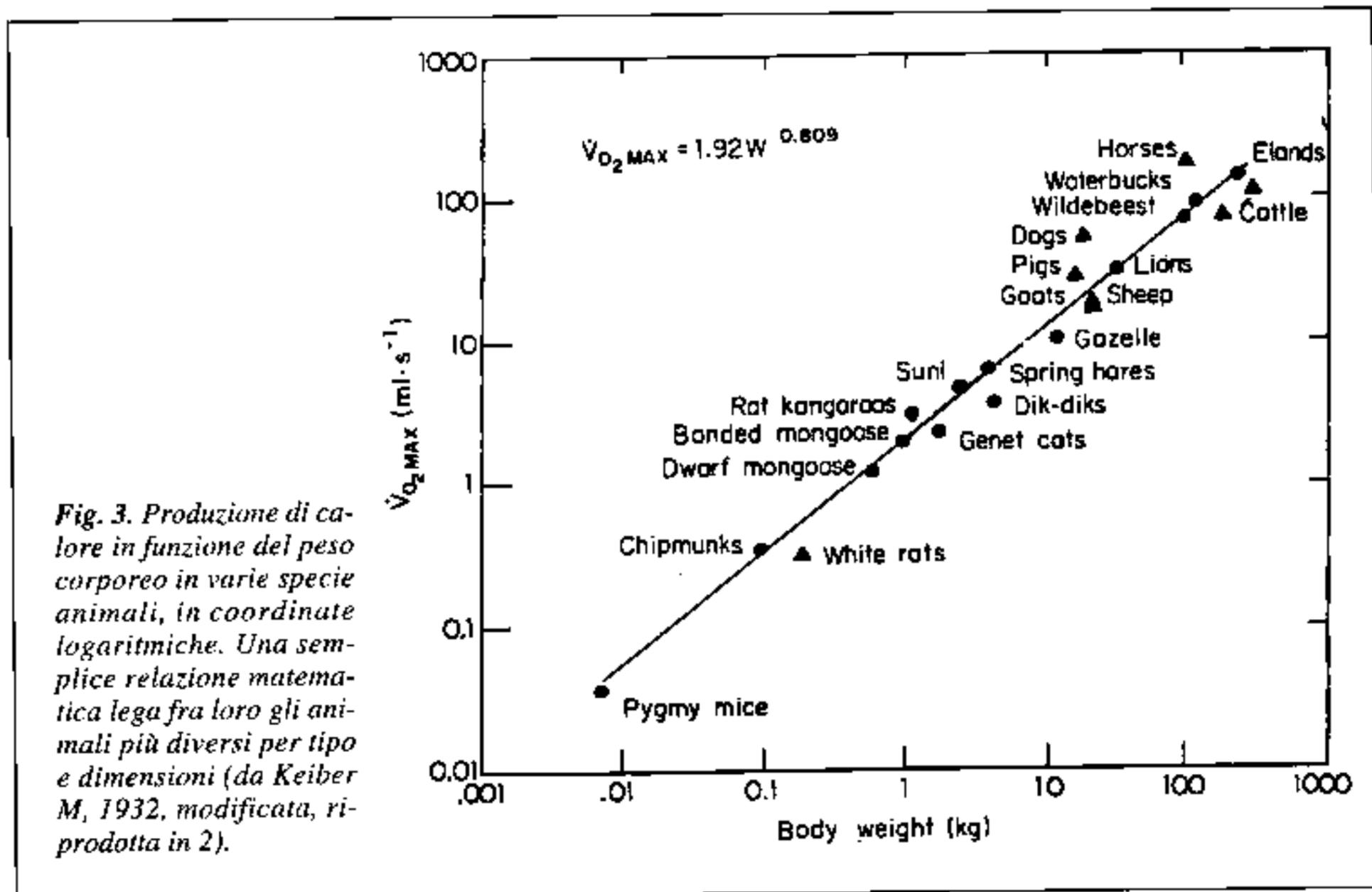


Fig. 3. Produzione di calore in funzione del peso corporeo in varie specie animali, in coordinate logaritmiche. Una semplice relazione matematica lega fra loro gli animali più diversi per tipo e dimensioni (da Keiber M, 1932, modificata, riprodotta in 2).

se scientifico o almeno storico.

Credo che D'Arcy Thompson abbia contribuito alla formazione di una grande tradizione della fisiologia, quella di cercare le grandi regole generali della vita sotto la frastornante varietà della natura. In particolare D'Arcy è inserito nel solco della fisiologia del metabolismo energetico e del lavoro muscolare. Energia viene scambiata da e verso l'ambiente: sotto forma di calore e di lavoro meccanico. La meccanica muscolare, la locomozione in terra, aria e acqua, non sono comprensibili senza un preciso riferimento alle leggi generali della fisica^{3,4}. Ogni volta che troviamo un grafico che lega in un'unica equazione gli individui più diversi o le specie più diverse (fig. 3), troviamo qualche cosa di D'Arcy Thompson.

Ma dove sta l'interesse specifico per chi coltiva la Medicina Fisica e la Riabilitazione? Credo che un poco di D'Arcy

possa essere rivendicato anche da questa disciplina per lo stesso motivo per cui — forse — l'hanno chiamata "fisica".

La Medicina vincente — per altro grandissima — di questo secolo è stata quella che chiamerei "microscopico-chimica": batteri, virus, farmaci, genetica; una Medicina che cura fin dentro la cellula, che aggredisce singole cause e quindi singoli organi "dal di dentro". È una medicina così "interna" che prima si è divisa in specializzazioni secondo criteri prevalentemente d'organo (neurologia, cardiologia, nefrologia) e ormai affronta le basi molecolari di molte malattie.

La chimica, nell'opera di D'Arcy Thompson, è quasi assente. Per lui essa è la fisica dei livelli microscopici (e forse un fisico contemporaneo potrebbe dargli un poco di ragione).

Per D'Arcy le leggi fisiche sono spe-

cifiche per le parti come per l'intero, per le cellule e per i loro aggregati tissutali come per l'individuo. Dunque studiare una cellula non può surrogare lo studio del comportamento dell'intero individuo: il moto di un protozoo non è scientificamente più attraente della corsa di un'antilope.

La medicina "fisica" è tale non soltanto perché essa ha mantenuto la fiducia nei mezzi di cura fisici: esercizio, calore, energia elettrica. Più in generale essa è fisica (cioè, secondo l'etimologia, "naturale") perché agisce "da fuori", utilizzando l'interazione con l'ambiente. È una medicina "esterna" che quindi interviene simultaneamente su diversi organi e funzioni: quanti e quante ne troviamo anche soltanto in un esercizio di cammino?

Lo scopo è il recupero funzionale dell'individuo: nient'altro che un migliore adattamento all'ambiente. Dunque Medicina Fisica è anche Riabilitazione.

Ma c'è qualche cosa che non riusciamo a condividere in questo piccolo capolavoro: una sorta di visione magico-numerica della realtà che viene da molto lontano. Pitagora e Platone sono citati con la deferenza che spetta a maestri quanto mai attuali. Si respira

nel libro una pesante "teleologia", a mala pena attenuata da svogliate smentite dello stesso D'Arcy. Queste forme, così mirabilmente riconducibili ad equazioni sembrano proprio voler tendere a quelle equazioni. Ci sono solo cause o ci sono anche scopi? "...meccanismo e teleologia sono cose intrecciate... la loro unione è radicata nell'intima natura del tutto"...

Per D'Arcy Thompson tutto vive, in un universo permeato da uno stesso ordine. Lo scopo, però, sembra essere quest'ordine in sé: una visione poetica che apparirà come un arbitrio allo scienziato e come un pretenzioso gioco intellettuale a chi non crede che la scienza sia tutto.

BIBLIOGRAFIA

- 1) D'ARCY WENTWORTH THOMPSON. *On growth and form. Abridged edition*. Edited by J.T. Bonner, Cambridge University Press 1988
- 2) MCMAHON T.A. *Muscles, Reflexes and Locomotion*. Princeton University Press 1984
- 3) CAVAGNA G.A. *Muscolo e locomozione*. Raffaello Cortina Editore, Milano 1988
- 4) DI PRAMPERO P.E. *La locomozione umana su terra, in acqua, in aria. Fatti e teorie*. Ed. Ermes, Milano 1981

Mixter e Barr, 1934: quando l'ernia del disco adottò la lombosciatalgia

Nessun paziente e nessun medico al giorno d'oggi riterrebbero accettabile una diagnosi di "mal di pancia", di "mal di torace" o di "mal di occhi". Siamo ancora tutti rassegnati, invece, alla diagnosi puramente descrittiva di alcune condizioni cliniche che resistono coriacee ai tentativi di inquadramento fisiopatologico. La più diffusa fra queste è forse il mal di schiena. Non a caso proprio "Lombalgia e sciatica" (Back pain and sciatica) si intitolava una rassegna che nel febbraio 1988 comparve niente meno che nella rubrica "medical progress" della rivista medica forse più letta nel mondo: il *New England Journal of Medicine*¹. Nell'articolo si leggeva che "stiramenti e strappi lombari (strains and sprains of the lower back) sono tuttora le diagnosi più comuni".

Prendiamone atto: una patologia che ha un'incidenza del 5% nella popolazione generale¹ e che nel mondo industrializzato è la prima causa di perdita di giornate lavorative al di sotto dei 45 anni² viene ancora curata nella maggior parte dei casi sulla base di una diagnosi descrittiva. Il che significa o che abbiamo informazioni scarse o che siamo poco d'accordo sui suoi meccanismi patogenetici (o entrambe le cose).

La situazione non era molto diversa nel 1934 quando proprio il "New England" pubblicò il fondamentale lavoro di un chirurgo generale, William J. Mixter, e di un ortopedico, Joseph S. Barr³.

Il lavoro era stato presentato l'anno precedente nella riunione annuale della New England Surgical Society. Il titolo annunciava una nuova entità anatomo-clinica: la "rottura del disco intervertebrale con interessamento del canale vertebrale". Era nata la fisiopatologia dell'ernia discale; la lombosciatalgia aveva trovato un meccanismo eziopatogenetico.

Il lavoro sintetizza e cita con grande correttezza le conoscenze dell'epoca in questo settore. Dominavano i lavori anatomo-patologici di Schmorl che aveva ben descritto l'erniazione intraspongiosa del disco all'interno dei corpi vertebrali adiacenti, presente nel 38% delle sue autopsie. Schmorl aveva riscontrato una piccola protrusione posteriore, mantenutasi al di sotto del legamento longitudinale posteriore, in ben il 15% dei casi, ma pare che vi attribuisse un significato clinico pressoché nullo.

I clinici, d'altro canto, conoscevano bene la possibilità che un'ernia posteriore potesse provocare compressioni midollari o della cauda ma ritenevano che queste fossero le uniche manifestazioni cliniche di un'ernia discale. Per la verità nel 1911 Goldthwait aveva riportato un caso in cui alla paraplegia si associava una sciatica ed aveva suggerito che forse gran parte delle sciatiche potessero essere provocate da un'ernia discale anche in assenza di compressione midollare. Altre segnalazioni successive — in particolare una solida rassegna della letteratura ad opera del francese Mauric nell'anno precedente — erano passate praticamente inosservate. Si consideri, poi, che il materiale comprimente il midollo veniva ritenuto prevalentemente neoplastico ed era

classificato come "condroma". Che cosa si buttasse nel calderone dei "condromi" non è chiaro. Sembra chiaro, invece, che la soglia per la prescrizione di un intervento di laminectomia (di per sé già praticato) era molto alta: in sostanza si operavano i pazienti con chiara compressione midollare o della cauda. È ragionevole ritenere che in questa particolare popolazione la gravità dei segni motori o sfinterici facesse passare in secondo piano eventuali sintomi radicolari e che al riscontro anatomico-patologico la prevalenza di patologie compressive non-discal (dal neurinoma alle metastasi epidurali) fosse così alta da rendere poco appariscente la prevalenza di erniazioni del disco intervertebrale.

E qui subentrano i nostri eroi, i quali analizzano senza pregiudizi 25 casi di "spinal cord tumor" da loro trattati sia nel leggendario Massachusetts General Hospital, sia altrove. La loro conclusione è che 19 casi erano sostenuti da rottura (rupture) del disco mentre "soltanto" 6 erano sostenuti da "vero tumore cartilagineo" oppure non erano classificabili. Nella maggior parte di questi casi l'indicazione chirurgica era stata procrastinata per la scarsa definizione di sintomi e segni o per la loro somiglianza con quelli tipici di "varie condizioni quali gli strappi lombari, l'artrosi, i disturbi sacroiliaci ecc."

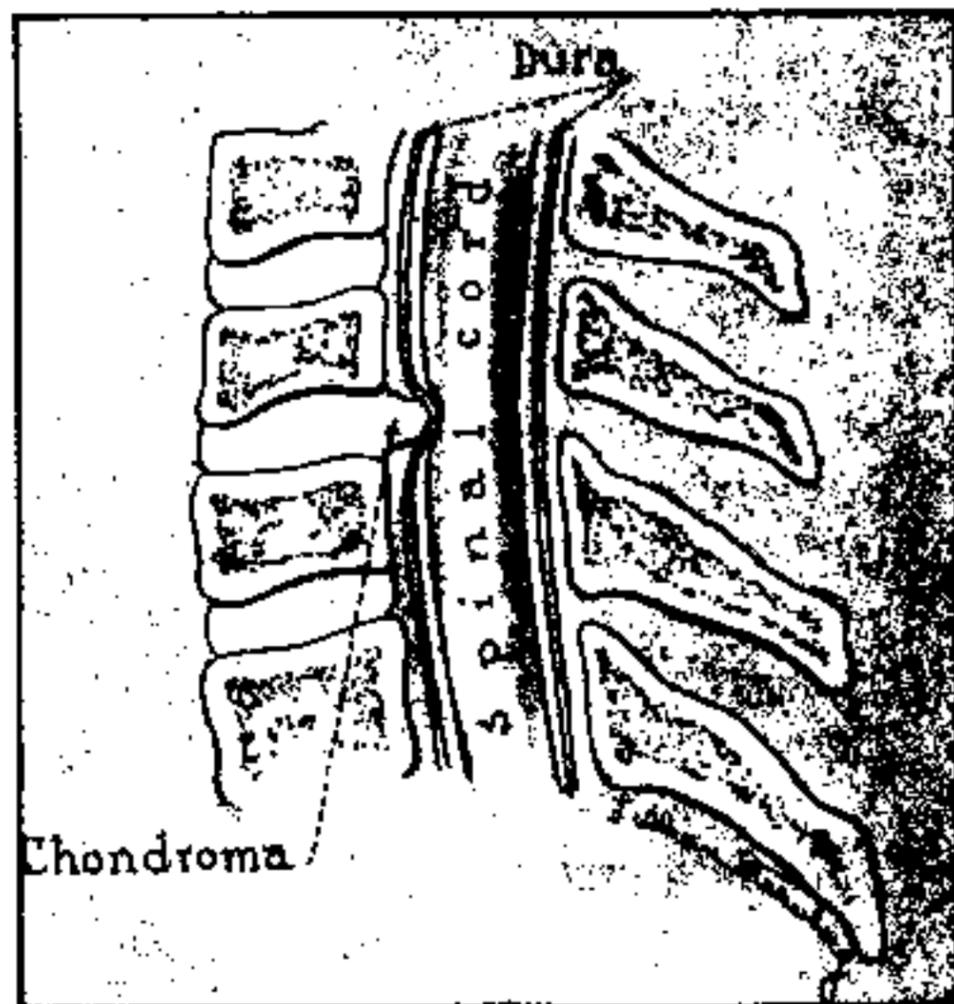
Per la maggior parte i 19 casi di ernia discale (4 cervicali, 4 dorsali, 10 lombari ed un caso sacrale) erano di notevole gravità neurologica. Nei 15 casi dorsali o lombosacrali ai segni si associava dolore lombare o sciatico. In 10 degli 11 casi lombosacrali l'erniectomia produceva un netto miglioramento clinico (l'undicesimo paziente era dece-

duto per complicanze settiche). Ce n'era quanto basta per proporre che le famose "neoplasie cartilaginee" fossero spesso "porzioni estruse dei dischi intervertebrali" costituite da "elementi del nucleo polposo e dell'annulus fibrosus". E ce ne era abbastanza per dedurre che, almeno nel caso di dolore lombare o sciatico, la causa potesse essere l'ernia del disco indipendentemente dalla coesistenza di compressione midollare. In questi casi la laminectomia poteva essere "ristretta, e dal lato ove si sospetta la lesione". Veniva consigliata poi una fusione interlaminare (anche se, per la verità, gli Autori stessi ammettevano di averla praticata soltanto in due casi).

Il dibattito che seguì alla presentazione orale deve essere stato piuttosto vivace. Ne vengono riportati alcuni brani nella "discussione" che segue la trattazione. Vi fu chi ringraziò gli Autori per avere tolto molti disturbi lombari dal capitolo delle nevrosi nel quale venivano spesso confinate (soltanto allora?) le condizioni non altrimenti inquadrabili. Eppure questo ed un altro interlocutore ipotizzavano casi in cui — pur essendo probabile un'ernia discale — fosse comunque meglio evitare l'intervento e confidare in una risoluzione spontanea o almeno ricorrere a terapie meno aggressive. Vi fu chi ammise di non riuscire a farsi una ragione (...I can't get through my head...) di come una protrusione discale potesse causare un dolore unilaterale: tanto era radicata la convinzione che l'ernia dovesse per forza comprimere il midollo o la cauda.

Mixter ammise di avere operato anche pazienti in cui l'esplorazione chirurgica si era rivelata negativa: il che gli faceva credere che un adeguato tratta-

Fig. 1. *Mixter e Barr utilizzarono questa figura, tratta dal lavoro di un altro autore, per illustrare il concetto prevalente all'epoca e secondo cui, nei casi di compressione midollare causata da materiale a partenza discale, quest'ultimo era costituito da una neoplasia cartilaginea (condroma) (da Mixter WJ, Barr JS, 2).*



mento conservativo dovesse sempre precedere l'intervento ogni qual volta la diagnosi non fosse più che certa. E infine egli spiegò che segni e sintomi unilaterali erano possibili (oggi sappiamo che questa è quasi la regola) quando la protrusione è laterale.

Il lavoro di Mixter e Barr attribuiva all'ernia discale la capacità di provocare lombosciatalgia ma talora fu interpretato troppo estensivamente. In primo luogo, ernia e lombosciatalgia vennero ritenuti quasi sinonimi. Gli approcci mirati alla rimozione dell'ernia (erniectomia, chemonucleolisi, nucleospirazione) si svilupparono e si diffusero molto più che gli studi sulla fisiopatologia del dolore lombosciatico e sul suo trattamento conservativo. Oggi sappiamo che un'ernia *può ma non deve* necessariamente provocare una lombosciatalgia: sappiamo che se anche ciò avviene vi può essere una remissione clinica spontanea o indotta da trattamenti conservativi e sappiamo anche che a sua volta una lombosciatalgia

può ma non necessariamente deve essere causata da un'ernia discale.

L'avvento della Tomografia Assiale Computerizzata avrebbe resa comune l'osservazione di ernie discali addirittura asintomatiche (presenti forse nel 20% degli adulti⁴. Così come la lombosciatalgia avrebbe conosciuto altre cause: si pensi, prima fra tutte, alla condizione definita "canale ristretto lombare", che può portare anch'essa a sofferenza radicolare attraverso complessi meccanismi neurocompressivi e vascolari^{5,6}.

Ciò nonostante milioni di persone operate ogni anno per ernia del disco lombare sono debitrice proprio al lavoro di Mixter e Barr per la guarigione da terribili ed invalidanti dolori lombosciatici. Soprattutto, grazie a questi chirurghi non si aspettò più, prima di operare, che il paziente presentasse segni di compressione midollare o della cauda: ci si "accontentò" dei segni radicolari opportunamente supportati dai reperti radiologici.

A nostro avviso l'onda lunga del la-

voro di Mixter e Barr si riflette ancora nella tendenza, che non condividiamo, ad escludere la possibilità di ernia discale nei casi di lombalgia senza segni e sintomi sciatico-radicolari. In molti dei loro casi Mixter e Barr descrivono la presenza di dolore lombare associato ad irradiazione agli arti inferiori. Ma non per questo essi esclusero esplicitamente la possibilità di dolore unicamente lombare. Successivi studi neuroanatomici⁷ avrebbero ampiamente dimostrato che questa evenienza è possibile ed anzi molto frequente. La Medicina deve a Mixter e Barr estrema gratitudine ma anche un onorevole collocamento in pensione.

BIBLIOGRAFIA

- 1) FRYMOYER J.W. *Back pain and sciatica*. New Eng J Med 1988; 318, 5: 291-300
- 2) WOOD P.H.N., BADLEY E. *Epidemiology of back pain*. In: Jayson MIV (ed): *The lumbar spine and back pain*, 3rd Ed 1987, pp. 1-15 Churchill Livingstone Edinburgh
- 3) MIXTER W.J., BARR J.S. *Rupture of the intervertebral disc with involvement of the spinal canal*. New Eng J Med 1934; 221, 5: 210-218
- 4) WIESEL S.W., TSOURMAS N., FEFFER H.L., CITRIN C., PATRONAS N. *A study of computer assisted tomography. The incidence of positive CAT scans in an asymptomatic group of patients*. Spine 1984; 9, 6: 549-551
- 5) PENNING L. *Functional pathology of lumbar-spinal stenosis*. Clin Biomech 1992; 7: 3-17
- 6) TESIO L. *The cause of back pain and sciatica may be a venous matter, too*. Br J Rheum 1991 (letter); 30, 1: 70-71
- 7) WYKE B. *The neurology of low back pain*. In Jayson MIV (ed) *The lumbar spine and back pain*, 3rd Ed 1987, pp. 56-99, Churchill Livingstone, Edinburgh

Nicholas Bernstein, 1962. Fra Lenin e la psicomeccanica: quarant'anni di solitudine

Un destino leonardesco. quello del grande fisiologo russo Nicholas Bernstein: il suo pensiero fu tanto precorritore ed eclettico quanto poco influente sui suoi contemporanei. Egli pubblicò gran parte delle sue opere in Russo negli anni fra il 1926 e il 1966, in quell'universo impermeabile che fu l'Unione Sovietica. E morì pochi mesi prima che vedesse la luce il libro che raccoglieva alcuni suoi saggi tradotti in Inglese. Finalmente accessibili al mondo intero, essi lo avrebbero reso famoso quando il tempo li aveva ormai spuntati dal punto di vista strettamente tecnico.

Io ho letto soltanto il famoso "The coordination and regulation of movements"¹ — già questo non facilmente reperibile — e faccio anticipatamente ammenda perché tenterò una sintesi del pensiero di Bernstein a partire soltanto da un'altra sintesi, la stessa che lui volle farne. Quanto ho letto mi ha convinto che il fascino delle idee di Bernstein non derivi soltanto dalla loro non giovane età. In un volume di 190 pagine egli raccolse saggi prodotti fra il 1934 ed il 1962: sono articoli scritti in un linguaggio non facile, che alterna equazioni a considerazioni filosofiche e che varia di tono e di complessità per trattare qui di analisi del cammino, là di caratteristiche della grafia, altrove ancora di teoria della conoscenza. Il mio sforzo è stato premiato, però: credo di avere finalmente capito perché Bern-

stein sia citato indifferentemente da ingegneri e psicologi, passando per i medici.

MONDO PSICHICO E MONDO MECCANICO: ALLA RICERCA DELL'UNITÀ PERDUTA

Bernstein è vissuto in un'epoca già dominata da una netta dicotomia, nell'ambito delle scienze fisiologiche, fra neuroscienze e meccanica. All'interno delle neuroscienze già si andava delineando lo scisma fra psicologia e neurofisiologia.

Con un'originalità forse favorita dal suo isolamento Bernstein si lanciò proprio in un grande tentativo di visione unitaria del movimento: tentativo che lo portò dalla fisiologia alla soglia di elaborazioni filosofiche.

Nel suo libro troviamo riflessioni — fortemente in anticipo sui tempi — su scrittura, locomozione, parola, apprendimento motorio. Non occorre leggere i singoli lavori per capire quale originalità sia insita già nella scelta dei temi. Bernstein viaggiava su un'altra linea di pensiero rispetto ai fisiologi di fenomeni più accettabilmente "unitari" come riflessi, vie nervose, trasmissione sinaptica, meccanica muscolare.

I "movimenti" come li intendeva Bernstein erano proprio quelli che vede l'uomo della strada: il corpo che si muove nello spazio e nel tempo. E infatti Bernstein ne parla come di "oggetti a quattro dimensioni", ove la quarta è appunto il tempo. Ecco perché egli preferisce il termine "azione" a quello di "movimento". L'azione comprende non soltanto infiniti movimenti istantanei ma anche, inscindibilmente, una compo-

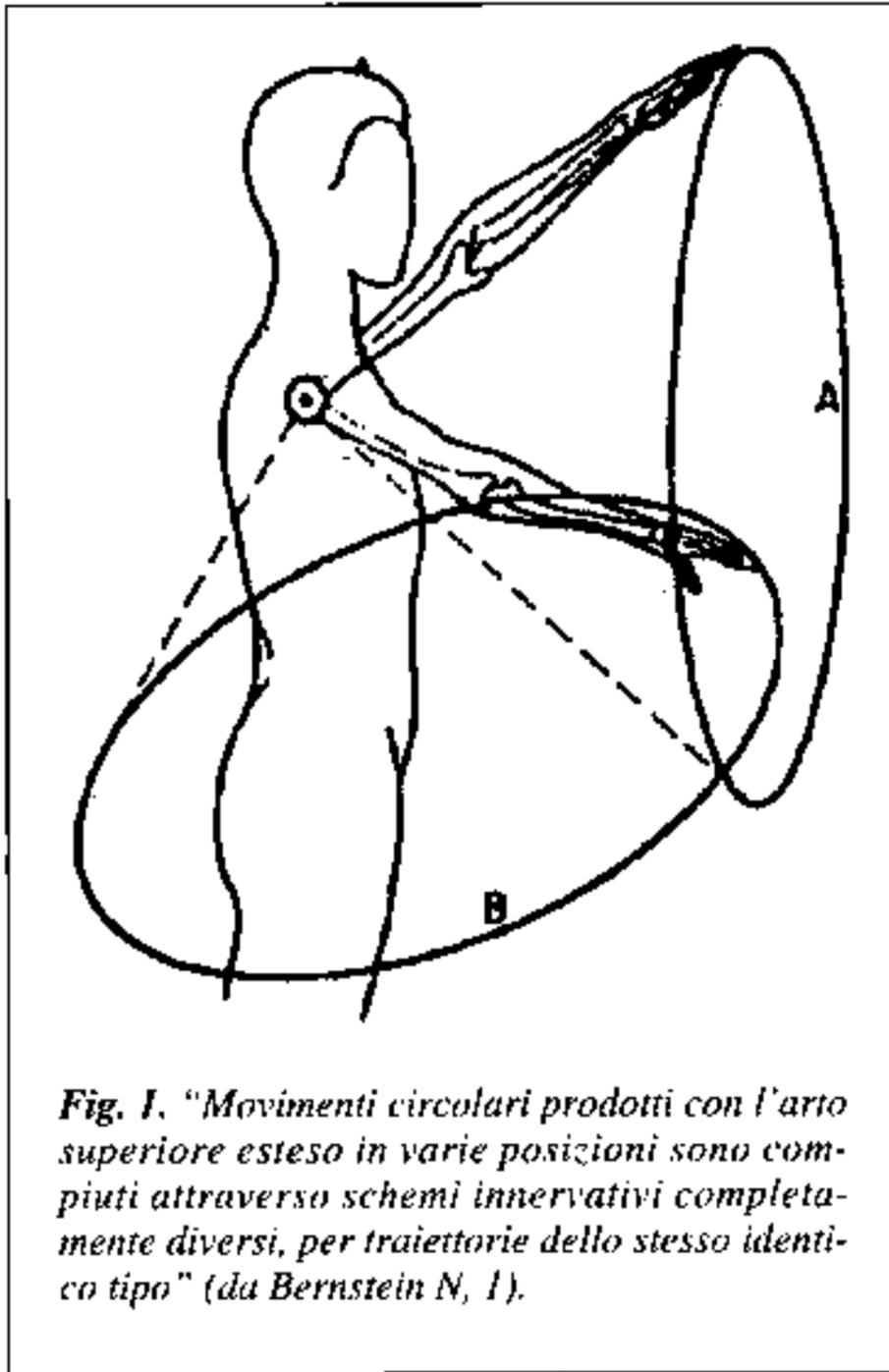


Fig. 1. "Movimenti circolari prodotti con l'arto superiore esteso in varie posizioni sono compiuti attraverso schemi innervativi completamente diversi, per traiettorie dello stesso identico tipo" (da Bernstein N, 1).

nente psichica. Quindi il suo interesse era rivolto sì allo studio della meccanica, ma nella misura in cui questa appariva la strada obbligata per risalire alle regole di controllo dei movimenti stessi, quelle regole che davano a un certo "tipo" di movimento la sua identità. In direzione inversa a quella percorsa da gran parte dei neurofisiologi suoi contemporanei Bernstein cercava dunque di decifrare il controllo nervoso a partire dalle sue manifestazioni meccaniche finali.

IDEE, AZIONI, REALTÀ

Nelle azioni è riconoscibile un "engramma", una sorta di idea generale che trova nella singola esecuzione una manifestazione particolare: le azioni so-

no "ecforia di engrammi", il "portar fuori" nel mondo fisico un'idea. Percorrere un'ellisse con l'arto superiore, come nella **fig. 1**, può richiedere muscoli molto diversi a seconda, per esempio, dell'orientamento dell'articolazione scapolo-omerale: ma l'ellisse resta un'ellisse. Pensiamo alla calligrafia: nessuna attività motoria è più variabile fra individui e più riproducibile nell'individuo. La scrittura è un buon esempio di come il cervello possieda "engrammi" motori definiti e costanti. Così come la lettura dimostra che il cervello, sul versante cognitivo, è capace di estrarre gli engrammi latenti al di sotto delle mille forme in cui si può presentare uno stesso simbolo (**fig. 2**).

Lo sviluppo di questa linea di pensiero portò Bernstein ad intuizioni davvero impressionanti per quanto precorsero i tempi. Vi furono ricercatori che predissero l'esistenza di pianeti, continenti, elementi chimici o particelle subatomiche, di cui arrivò una puntuale dimostrazione. Bernstein invece descrisse perfettamente la necessità di movimenti "anticipatori" dell'azione, necessari per contrastare la destabilizzazione che essa avrebbe indotto: le "reazioni posturali" che la fisiologia contemporanea sta rivalutando² gli apparivano perfettamente prevedibili sulla base di calcoli di meccanica, così come veniva dato per certo che strutture nervose ad hoc dovessero predisporle e modificarle a seconda del contesto meccanico contingente, e che queste strutture non dovessero essere confuse con quelle che elaborano l'engramma, cioè la progettazione generale. Per Bernstein era già chiaro un concetto che a fatica si sta imponendo in Letteratura³, e cioè che il tono muscolare non è una proprietà meccanica statica del singolo muscolo bensì è "come un continuo a-

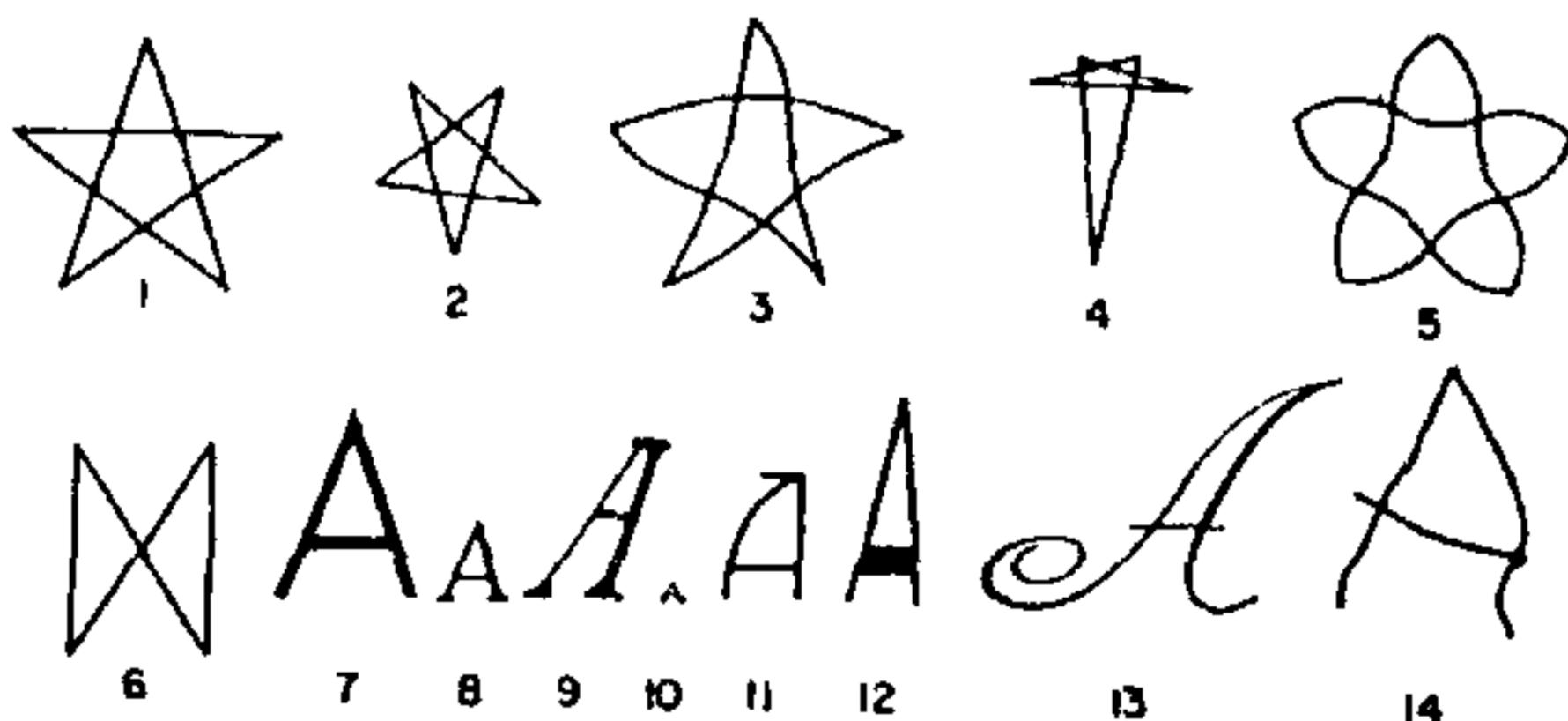


Fig. 2. Da 1 a 5: classe delle "stelle a cinque punte"; 6: classe "figura a 8 con quattro angoli"; 7-14: classe delle lettere "A". (Figura e didascalia — modificata — da Bernstein N, 1). L'identità di una certa classe è riconoscibile a dispetto della variabilità con cui essa si manifesta in singoli oggetti.

dattamento fisiologico, una continua riorganizzazione della periferia... una condizione di all'erta" (*readiness* nel testo originale). La "periferia motoria" (possiamo qui includervi anche l'insieme dell'attività motoria automatico-riflessa) serve a "garantire la selezione ottimale della conduzione (*del comando volontario, ndt*)". Bernstein aveva già scoperto il concetto di "set" preparatorio, concetto che è alla base della moderna fisiologia delle reazioni posturali: i riflessi non sono meccanismi stereotipi³. Essi vengono selezionati, amplificati o inibiti a seconda del contesto meccanico in cui l'azione si dovrà svolgere^{2,4}. La periferia "decide gli effetti motori" ma l'engramma non varia. Il neurologo Jackson, 50 anni prima, aveva capito che il cervello conosce i movimenti, non i singoli muscoli⁵. Bernstein va oltre: il cervello conosce le "azioni", non i movimenti. Tracciare la lettera "A" è un'azione che segue sempre un solo engramma: il quale però può richiedere molti — e variabili — movimenti. Basta provare a scrivere una lettera di dimen-

sioni grandi invece che piccole per scoprirne la stabilità di forma. L'apprendimento motorio non è necessariamente apprendere l'engramma, ma può anche essere apprendere come realizzarlo in contesti differenti. Che cosa sia una "A" può essere già chiaro al sistema nervoso: ma provate (secondo il suo esempio preferito) quanto minor fatica costi scriverla su un foglio impugnando una penna invece che disegnarla su di un muro utilizzando un lungo pennello fissato alla cintura.

**L'ENGRAMMA MOTORIO:
UNA CHIAVE PER "MUOVERE"
ALLA CONQUISTA DELLA REALTÀ**

Qual è la dimostrazione che gli engrammi esistono? Non è soltanto la loro "invarianza" a dispetto delle variabili condizioni fisiche in cui si "ecforizzano", ma anche il fatto che le azioni sono programmabili — dunque, in qualche modo già esistono — in anticipo sulla

realtà meccanica: come nel movimento volontario che segue la... volontà.

L'engramma non è determinato dalla realtà "periferica" ma anzi vi può intervenire attivamente. Così come è un'attività, e non ricezione passiva, la sensazione (altra intuizione che si rivelerà vincente). Si cercano certi stimoli e non altri; si provocano stimoli con il movimento (girare gli occhi, manipolare). E ancora: le afferenze sono filtrate (riconosco una voce in un convegno rumoroso); i segnali vengono interpretati: ascoltare non è semplicemente udire, guardare non è semplicemente vedere.

L'engramma appare a Bernstein ciò che rende la fisionomia dell'azione resistente alla variabilità che il mondo fisico le impone. Forte della sua identità l'azione appare qualche cosa che può muovere l'organismo alla conquista della variabile realtà, alla provocazione e poi al successivo controllo dell'instabilità. Quella sorta di programma "astratto" che lo governa, e che può nascere per conto proprio nell'organismo, differenzia il movimento dell'essere vivente dal movimento robotico, che in un certo senso resta sempre passivo per quanto fedelmente esso possa mimare l'azione umana.

È una visione davvero originale, se si considera che in quell'epoca la fisiologia occidentale dedicava grande interesse allo studio dei meccanismi dell'omeostasi, del ritorno a condizioni basali tranquille e stabili.

IDEA, AZIONE E MATERIALISMO SCIENTIFICO

Nell'Unione Sovietica della filosofia materialista Bernstein forse doveva provare un qualche imbarazzo nello sco-

prire immateriali e vitali "engrammi" alla guida di fenomeni meccanici. In un punto egli fa esplicita professione di fede nel Lenin che impone una rigorosa visione materialistica della conoscenza: la quale deve rimanere null'altro che lo specchio della realtà obiettiva. Ecco poi dichiarare zelantemente di non voler cadere in "concezioni idealistiche sconfessate da tempo dalla vera scienza". Non esistono idee — né esiste dunque un individuo soltanto "psichico" — al di fuori della realtà fisica. Ma che fatica tenere a freno la linea di pensiero fisiologico cui egli stesso ha dato vita! Le afferenze portano informazioni di per sé "immateriali"? Immagini riflesse della realtà obiettiva, appunto. La prova? Se così non fosse l'evoluzione avrebbe spazzato via organismi incapaci di conoscere il "vero" mondo. E sia: ma allora proprio perché è un'immagine come l'immagine riflessa in uno specchio l'engramma è immateriale, astratto. Niente paura: esso si crea comunque attraverso l'azione, e viene corretto dalla prassi. Come dire: per carità, la realtà fisica ci vuole comunque.

Non so se Bernstein si sentisse sinceramente colpevole di rischiose deviazioni dottrinarie o se tentasse semplicemente di sopravvivere nell'Unione Sovietica di Stalin. Noi italiani possiamo comunque perdonarlo. Per restare tra i meccanici, dalle nostre parti il sommo Galileo si firmava, nella presentazione del "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo", "umilissimo e devotissimo servo e vassallo" del Granduca di Toscana⁶.

Lasciamo Bernstein ai suoi assilli filosofici che vanno ben al di là del tema del controllo motorio di cui già fatico a discutere. Accontentiamoci qui di scoprire l'utilità delle sue proposte ai fini dello sviluppo teorico della riabilitazione

motoria.

DIMMI COME TI MUOVI E TI DIRÒ CHE COSA PENSI

In una concezione così unitaria dell'azione, meccanica e psicologia sono l'una la manifestazione dell'altra. Ciò che oggi potremmo definire globalmente Neurologia non ha un ruolo di protagonista, ma di tramite, di controllo e regolazione della esecuzione dell'ordine volontario, della "manifestazione" dell'engramma. Il movimento, dunque, può essere capito pienamente soltanto se i suoi aspetti psichici e nervosi vengono interpretati alla luce dei suoi aspetti meccanici che ne sono il vero fine. Non bisogna temere di osservare il movimento nella sua globalità, né bisogna stancarsi di trovare regole generali semplici al di sotto della sua complessità e della sua variabilità. Alcuni esempi? La plasticità dei "riflessi" e la necessità di reazioni inconsce (ma dovremmo dire pre-azioni?) automatiche che precedano il movimento volontario furono descritte con grande nitidezza da Bernstein sulla base di pure considerazioni meccaniche. La ricerca successiva non solo evidenziò — con tecniche neurofisiologiche sofisticate — gli intimi meccanismi nervosi di queste reazioni e del loro apprendimento ma dimostrò anche che scarsa adattabilità dei riflessi e ritardi nell'attività preparatoria sono manifestazioni primarie di diverse patologie neuromotorie².

Io credo che questa visione del movimento, da un lato funzionale e unitaria e dall'altro saldamente ancorata ad una logica sperimentale e quantitativa, possa e debba caratterizzare il riabilitatore motorio rispetto a specialisti che

incontrano le funzioni motorie nell'ambito di competenze d'organo. La fisiologia del movimento, in fondo, offre ormai ai riabilitatori molti spunti di ricerca in qualche misura bernsteiniani.

Perché muovere ritmicamente mano e piede omolaterali in verso opposto è più difficile che muoverli nello stesso verso⁷ ed è quasi impossibile nell'emisoma "sano" nelle emiplegie? Perché la rotazione del tronco — ma non del capo — verso il lato sinistro può temporaneamente risvegliare il paziente con emiparesi sinistra dalla misteriosa indifferenza (il cosiddetto "neglect") verso ciò che avviene alla sua sinistra⁸? Come è possibile capire se il soggetto stia compiendo uno sforzo volontario veramente massimale analizzando soltanto la forza che egli produce⁹? Come è possibile che sforzi puramente mentali riescano a produrre aumenti di forza simili a quelli prodotti da un allenamento fisico¹⁰? Come facciamo a sapere in qualsiasi momento dove si trova il baricentro corporeo, visto che esso è un punto puramente virtuale? Sta di fatto che i nostri riflessi cambiano in continuazione per mantenerlo proiettato all'interno della base di appoggio⁴, come se ne sentissero in ogni istante l'esatta localizzazione. Sta di fatto che i movimenti locomotori delle nostre gambe, normali o alterati che siano, sembrano fatti apposta per trasportare il baricentro corporeo con la massima economia^{11, 12}. Cito queste domande perché le ho personalmente incontrate nel lavoro o negli studi, ma mille altre ne verranno in mente ai lettori.

Da tutte trapelerà la convinzione, più o meno conscia, del ricercatore che le ha poste: la fisiologia e la clinica del movimento umano devono esplorare anche il territorio della psicologia, ma vi si perderanno senza il sostegno e la

guida della meccanica.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BERNSTEIN N. *The co-ordination and regulation of movements* 1967 Pergamon Press, Oxford
- 2) REDAZIONALE. *Componenti esecutive e componenti posturali del movimento volontario: verso una visione unitaria*. Ric Riabil 1992; 2: 2-7
- 3) REDAZIONALE. *Riflesso non è stereotipia: i servomeccanismi spinali si adeguano alle intenzioni ed alle previsioni motorie*. Ric Riabil 1992; 2: 7-10
- 4) HORTSMANN G.A., DIETZ V. *A basic control mechanism: the stabilization of the centre of gravity*. EEG Clin Neurophysiol 1990; 76: 165-176
- 5) JACKSON J.H. *Relations of different divisions of the central nervous system to one another and to parts of the body*. Lecture at the Neurological Society, December 8, 1897. Lancet January 8 1898. In: Taylor J. (Ed): *Selected writings of John Hughlings Jackson*, Volume 2, Hodder and Stoughton Ltd, London 1932, pp. 422-443
- 6) GALILEI G. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (Firenze 1630). 1970, Giulio Einaudi Editore, Torino, pag. 5
- 7) BALDISSERA F., CAVALLARI P., TESIO L. *Coordination of cyclic coupled movements of hand and foot in normal subjects and on the healthy side of hemiplegic subjects*. In: Swinner S.P., Heuer H., Massion J., Casaer P. (eds): *Interlimb coordination: neural, dynamical and cognitive constraints*. 1993, Academic Press, Orlando USA, pp. 229-243
- 8) KARNATH H.O., SCHENKEL P., FISCHER B. *Trunk orientation as the determining factor of the "contralateral" deficit in the neglect syndrome and as the physical anchor of the internal representation of body orientation in space*. Brain 1991; 114: 1997-2014
- 9) RUTHERFORD O.M., JONES D.A., NEWHAM D. *Clinical and experimental application of the percutaneous twitch superimposition technique for the study of human muscle activation*. J Neurol Neurosurg Psych 1986; 49: 1288-1291
- 10) YUE G., COLE K.J. *Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions*. J Neurophysiol 1992; 67, 5: 1114-1123
- 11) CAVAGNA G., THYS H., ZAMBONI A. *The sources of external work in level walking and running*. J Physiol 1976; 262: 639-657
- 12) TESIO L., ROI G.S., MÖLLER F. *Pathological gaits: inefficiency is not a rule*. Clin Biomech 1991; 6: 47-50

Gli articoli riportati in questo numero sono stati scritti da Luigi Tesio (*Borelli, Beevor, Marie e Foix, D'Arcy Thompson, Mixter e Barr, Bernstein*) e da Silvano Boccardi (*Galvani*). Rispetto al testo degli articoli originali sono state cambiate soltanto alcune parole. È stato reso uniforme lo stile delle bibliografie. Gli articoli sono stati ordinati secondo la data di pubblicazione delle opere che ne hanno fornito lo spunto.