

A voi, cercatori temerari, tentatori,  
a chi si è mai imbarcato con astute vele su mari terribili,  
- a voi, ebbri di enigmi, lieti crepuscolari,  
la cui anima è adescata da flauti verso ogni tortuoso abisso:  
- poiché non volete seguire con mano vile un filo;  
è là dove potete *indovinare*, avete a disdegno il *dedurre*...

Nietzsche, *Ecce Homo*

... anche, in ricordo  
del Prof. Raffaele Paparella Treccia

**SEDE DEL SEMINARIO:**

Auditorium Fondazione Ferrero  
Strada di Mezzo 44, Alba (CN)

**DIRETTORE:**

G.M. Grippi - Chirurgia della Mano  
Ospedale San Lazzaro - Via P. Belli 26 - ALBA (CN)

**SEGRETERIA SCIENTIFICA:**

*Dott. Gaetano Maurizio Grippi*  
SOC di Ortopedia e Traumatologia Ospedale S. Lazzaro di Alba  
Tel. 0173316111 - Fax 0173316367 - E-mail: gmgrippi@libero.it

**SEGRETERIA ORGANIZZATIVA:**

OCM Comunicazioni s.n.c - Via A. Vespucci, 69 - 10129 Torino  
Tel. 011 5086002 - Fax 011 5086009  
e-mail: sara.volpato@ocmcomunicazioni.com

© Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta e utilizzata senza l'autorizzazione degli autori.

Finito di stampare nel mese di giugno 2009  
dalla Tipografia - Litografia "l'artigiana" - Alba



REGIONE PIEMONTE

SOC DI ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA  
ASL CN2 ALBA-BRA

ATTI DEL  
7° SEMINARIO ALBESE  
DI CHIRURGIA  
DEL POLSO E DELLA MANO

su

*“I fondamenti sistemici di  
CHIRURGIA DELLA MANO versus  
CHIRURGIA DEL PIEDE”*

\* \* \*

*a cura di Gaetano Maurizio Grippi*

ALBA, 3 LUGLIO 2009

## PROGRAMMA

### Venerdì 29 Giugno

- ore 8.00 Registrazione dei Partecipanti
- ore 8.30 Saluto del Direttore Generale *G. Monchiero*
- ore 8.40 Saluto del Direttore Dipartimentale *A. Dettoni*
- ore 8.45 Introduzione al Seminario *G.M. Grippi*
- ore 8.50 Apertura dei lavori *P. Rossi*

### **I TAVOLA ROTONDA I FONDAMENTI DELLA MORFOGENESI “SISTEMICA”**

Modera: P. Rossi - Torino

- ore 9.00 *Evoluzione, Filogenesi, Ontogenesi e legge di Haeckel*  
G. Monastra
- ore 9.30 *Le leggi della Forma* G. Monastra
- ore 10.00 *La Metamorfosi secondo Goethe con introduzione alla  
teoria dei Sistemi e al Principio di Regressione* G.M. Grippi
- ore 10.25 *L'elica plantare ed oltre: da Paparella Treccia in avanti*  
E. Castaman
- ore 10.40 Discussione
- ore 11.00 Coffee break

### **II TAVOLA ROTONDA SISTEMICA “REGRESSIVA” PLURI-DISTRETTUALE**

Modera: P. Rossi - Torino

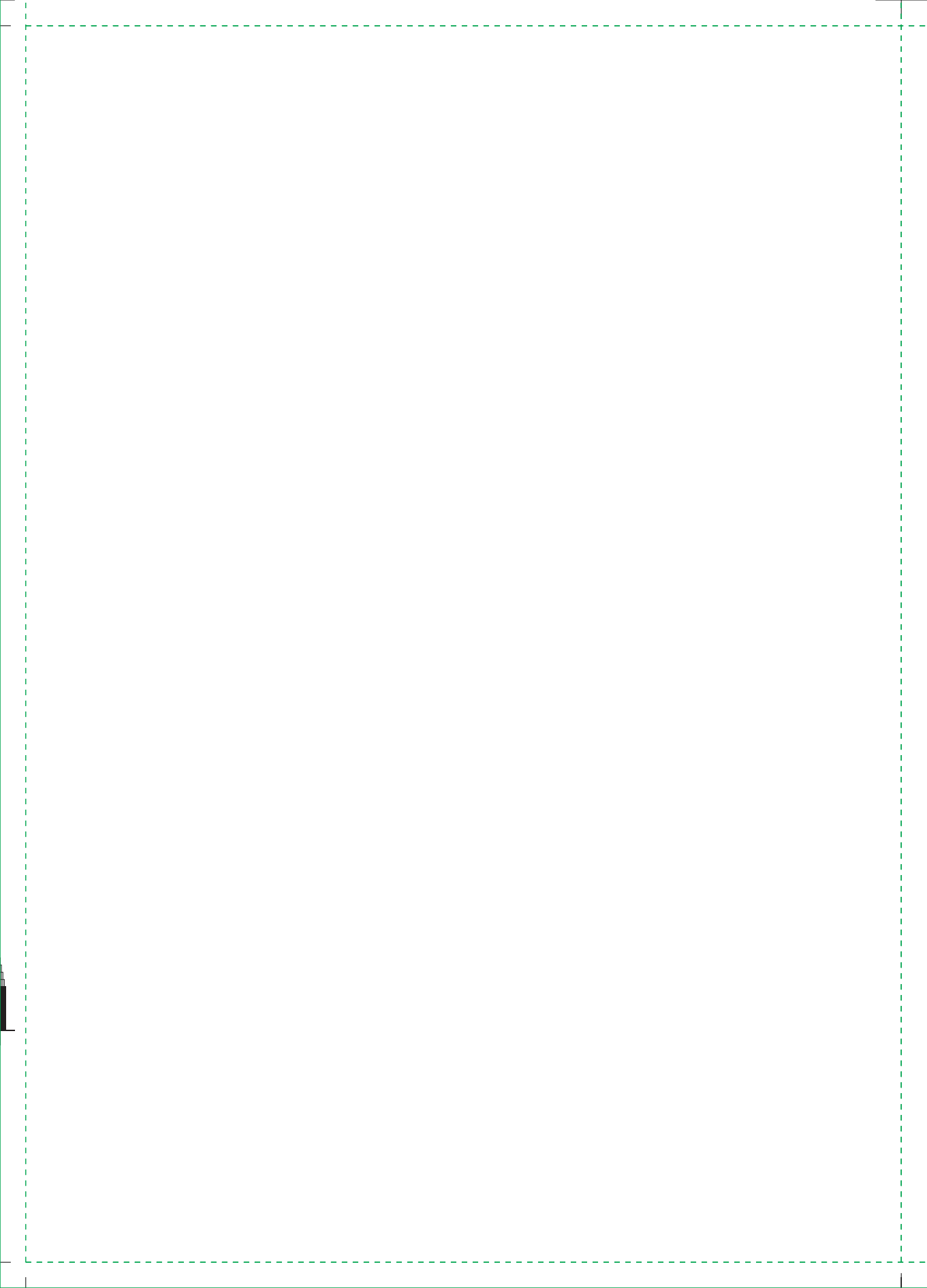
- ore 11.15 *La “filogenesi” nella riparazione delle strutture nervose  
e potenziali applicazioni cliniche* G. Brunelli
- ore 11.55 *La riparazione ossea: “filogenesi” e chirurgia.*  
E. Castaman

## PROGRAMMA

- ore 12.15 *Morfogenesi muscolo-scheletrica: dal calcaneo-stop in su*  
E. Castaman
- ore 12.35 *Filo-ontogenesi "sistemica" comparata della Mano e del Piede  
e Replicazione nella patologia Dismorfica e Traumatica*  
G.M. Grippi
- ore 13.00 Discussione
- ore 13.30 Pranzo

### **III TAVOLA ROTONDA VERSO UNA CHIRURGIA "SISTEMICA" DEGLI ARTI** Modera: G. Pisani - Alba

- ore 14.45 *Problematiche torsionali dell'arto superiore  
nella protesizzazione del gomito* L. Cugola
- ore 15.10 *La Meccanica Biarticolare Concentrica e la Chirurgia  
della Coxa Manus* G.M. Grippi
- ore 15.35 *Dismorfismi della Coxa pedis e disassamenti sovra  
segmentari: problematiche chirurgiche* G. Pisani
- ore 16.00 *Problematiche torsionali nella protesizzazione di anca  
e ginocchio* A. Dettoni
- ore 16.20 *Dal passato al presente, verso una rinnovata Chirurgia  
della Mano* R. Luchetti
- ore 16.40 Discussione
- ore 17.15 Chiusura del Seminario e consegna attestati di  
partecipazione G.M. Grippi



## **RELATORI E MODERATORI:**

---

### **GIORGIO BRUNELLI**

Già Direttore della Clinica Ortopedica dell'Università di Brescia

### **ENRICO CASTAMAN**

Direttore UOC Ortopedia e Traumatologia Montecchio Maggiore – Vicenza

### **LANDINO CUGOLA**

Già Direttore dell'UO di Chirurgia della Mano del Policlinico Universitario G.B. Rossi di Verona

### **ANGELO DETTONI**

Direttore del Dipartimento di Chirurgia II, Primario SOC di Ortopedia e Traumatologia Alba ASL CN2 del Piemonte

### **GAETANO MAURIZIO GRIPPI**

Vicedirettore, Responsabile di Chirurgia della Mano, SOC di Ortopedia e Traumatologia Alba ASL CN2 del Piemonte

### **RICCARDO LUCHETTI**

Delegato I.F.S.S.H. della Società Italiana di Chirurgia della Mano – Rimini/Milano

### **GIOVANNI MONASTRA**

Direttore Generale Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione – Roma

### **GIACOMO PISANI**

Direttore Centro Chirurgia del Piede della Clinica “Fornaca di Sessant” - Torino

### **PAOLO ROSSI**

Ordinario di Ortopedia e Traumatologia Università di Torino



... sul Principio di Regressione

# INDICE

Introduzione: *G. M. Grippi* pag. 11

## **I TAVOLA ROTONDA I FONDAMENTI DELLA MORFOGENESI “SISTEMICA”**

*Giovanni Monastra*: Evoluzione, Filogenesi, Ontogenesi e legge di Haeckel pag. 19

*Giovanni Monastra*: Le leggi della Forma: per una morfologia razionale pag. 21

*Gaetano Maurizio Grippi*: La Metamorfosi secondo Goethe con introduzione alla teoria dei Sistemi e al Principio di Regressione pag. 23

## **II TAVOLA ROTONDA SISTEMICA “REGRESSIVA” PLURI-DISTRETTUALE**

*Giorgio Brunelli*: Revisione epistemologica ed olistica dei processi di rigenerazione e di guarigione delle lesioni dei nervi periferici pag. 49

*Gaetano Maurizio Grippi*: Filo-ontogenesi “sistemica” comparata della mano e del piede e replicazione nella patologia dismorfica e traumatica pag. 57

## **III TAVOLA ROTONDA VERSO UNA CHIRURGIA “SISTEMICA” DEGLI ARTI**

*Landino Cugola*: Come è evoluto il gomito?  
Ispirazioni per un design protesico pag. 85

*Gaetano Maurizio Grippi*: La Meccanica Biarticolare Concentrica e la Chirurgia della Coxa Manus pag. 91

*Giacomo Pisani*: Dismorfismi della “coxa pedis” (piede cavo-  
valgo) e disassetti rotatori (patologia femoro-rotulea) e torsionali  
(antiversione d'anca) degli arti inferiori pag. 105

**APPENDICE**

(da Atti e Memorie SOTIMI Vol XLIX-N.2 69-107 - Idelson -  
Napoli, 1986)

*Gaetano Maurizio Grippi*: La Teoria Generale dei Sistemi in  
Ortopedia - saggio monografico su l'ipotesi biocibernetica del-  
l'etiopatogenesi delle dismorfie del piede con particolare riguar-  
do all'Hallux Valgus pag. 119



## INTRODUZIONE AL SEMINARIO

I Seminari Albesi di Chirurgia del Polso e della Mano intendono promuovere la ricerca, la riflessione e la divulgazione scientifica con incontri-dibattito coinvolgenti ortopedici e cultori di Chirurgia della Mano su argomenti specifici sviluppati in chiave monotematica e considerati da differenti punti di vista.

In realtà, il tema da dibattere scelto per questa 7<sup>a</sup> edizione riguarda anche la Chirurgia del Piede, essendo su “*I fondamenti sistemici di Chirurgia della Mano versus Chirurgia del Piede*”. Evento unico questo, in termini culturali e del tutto inusitato, di cui non esistono precedenti. Essendo agli antipodi gli obiettivi, e profondamente diversa l’impostazione clinica delle due Specialità.

Tuttavia, essendo identica la matrice scientifica in senso medico-chirurgico, è stato possibile focalizzare il corpo di conoscenze che entrambe le accomuna – nelle fondamenta stesse dell’Ortopedia – e utilizzare uno strumento concettuale che “spiegando” razionalmente e allo stesso modo la fisiopatologia del danno strutturale nella Mano e nel Piede ne ha derivato gli approcci chirurgici innovativi, rispettivamente: della Chirurgia della Coxa Manus e Sistemica del Piede.

Lo strumento in questione è il c.d. Principio di Regressione, attinente alla cibernetica della Teoria dei Sistemi: secondo cui il danno strutturale tende a configurarsi come “rievocazione” locale della onto-morfogenesi, in senso adattativo. Inoltre, analoga rievocazione sembra consueta in altri ambiti dell’Ortopedia: nel callo di frattura, nella rigenerazione nervosa, nell’assetto torsionali degli arti in crescita, etc.

Nelle intenzioni, il Seminario tenterà di dare significato e spessore a tutto ciò, ripercorrendo la Biologia della Morfogenesi degli Arti ed esponendo quanto già realizzato nella routinaria pratica ortopedica e in sala operatoria. In particolare nello specifico consolidato di Chirurgia del Polso, dove l’applicazione concreta del suddetto principio ha prodotto efficaci nuovi interventi di salvataggio, da impiegare nel danno estremo. Mentre nel Piede, ha dotato la clinica di un formidabile strumento esplicativo del danno dismorfico, operativo nella scelta dell’indicazione e/o progettazione dell’intervento chirurgico.

Si vorrebbe, anche – nel comparare le due discipline e come già realizzato in altri ambiti della Medicina – rivisitare la chirurgia ortopedica con *altra visione Olistico-Cibernetica più moderna*, ma solo in apparenza, essendo comunque *radicata nella Filosofia della Natura* tramandataci dai greci *antichi* e ripresa – con sommi risultati e applicazioni scientifiche – principalmente durante il Rinascimento e a cavallo della transizione Illuminismo-Romanticismo del XIX secolo.

Per questa ragione, il Seminario inizierà col discutere le leggi (biologiche) della Forma e “cosa” la natura ha espresso nella strutturazione filogenetica degli Arti, prendendo spunto da Wolfgang von Goethe – Francoforte sul

Meno, 28 agosto 1749 - Weimar, 22 marzo 1832 – uno dei più grandi spiriti tedeschi, ritenuto il fondatore della morfogenetica naturale e (a nostro parere) il misconosciuto padre spirituale di molti concetti posti ad edificio dell'Ortopedia.

Goethe, infatti, considerava lo scheletro come il disegno fondamentale dell'Uomo e le ossa costituenti come un testo da cui (con l'osservazione) si poteva inferire o far derivare ogni altro aspetto: nell'anatomia, nella fisiologia, nella psicologia etc. Con un'*Idea della Natura* anticipatrice e sintonica alle moderne tesi (elaborate negli anni 40/60, del 900) della Cibernetica e della Teoria dei Sistemi.

Certo, si tratta di argomenti coriacei da digerire per medici pratici e concreti quali sono (considerati) gli ortopedici. In realtà, nella dottrina che li ispira è implicita una fine ed articolata disponibilità teoretica, poichè a nessun altro medico appaiono con tanta evidenza i rapporti tra lo sviluppo delle *parti organiche*, l'insorgenza e i mutamenti delle *forme corporee* (ossia, malformazioni e deformità acquisite per traumi o malattie fra le più svariate) ed i problemi ad esse connesse. Nella Scienza Ortopedica infatti, sviluppo, crescita, maturazione degli organi di movimento sono indistintamente considerati tutt'uno con il realizzarsi della "*forma*" Uomo, in una visione pragmatica che ha nell'Anatomia Normale il *riferimento oggettivo ed inequivocabile* di ogni scelta terapeutica, specie se chirurgica. In tal senso, l'ortopedico è un medico *morfologo pratico*, scientemente obbligato a ritenere *idee* di Morfogenetica Naturale, da trasferire *in opera e pazientemente* (cum manibus) nel suo lavoro di raffinata *artigianeria chirurgica*.

Appunto per questo, gli si addice "Goethe", *tradotto* nel paradigma *moderno* della Teoria dei Sistemi *in Ortopedichese*, com'è nelle intenzioni di questo 7° Seminario Albese.

Comunque la si pensi e a scanso dall'essere sospettati di voler complicare cose altrimenti *semplici*; dichiariamo che di questa intrusione della Cibernetica nell'Ortopedia non siamo affatto *pre*, ma *post-cursori*. Poiché, semplicemente, ci siamo accodati ad una staffetta fatta partire oltre 40 anni fa dal compianto Prof. Paparella Treccia e che traverso il mio Maestro Prof. Pisani ci è stata trasmessa *appena* 25 anni fa, nei primi Corsi Albesi di Chirurgia del Piede.

Per capire, è necessaria una breve parentesi autobiografica perché in realtà questo Seminario sancisce (anche) il ricongiungimento fra il Me di adesso e quel giovane irrequieto ortopedico che nell'ottobre del 1980 - da Palermo arrivato ad Alba – era stato immediatamente coinvolto (dal Primario, Prof. Pisani) nelle attività dei Corsi, che ricordo animati da un clima coinvolgente ed intellettualmente assai fecondo.

Si discuteva ogni patologia e indicazione chirurgica direttamente sul paziente. Nelle accese riunioni pomeridiane e nell'allegria delle cene molto si dibatteva fra colleghi provenienti da ogni dove d'Italia e anche dall'estero: gente come Vigliani, Viladot, Valenti, Giannini, Castaman, Pace, Andreasi, Malerba, Volpe, Dragonetti, Bonanno, Bachechi, Dini, Vella... (per citarne, solo alcuni).



**Fig. 1.** Ad Alba, durante il XVII Corso di Chirurgia del Piede: seduto alla scrivania il prof. Paparella Treccia, sulla destra il prof. Pisani.

Da Roma, veniva anche Paparella Treccia... a parlare di Cibernetica nel Piede, mentre Pisani affascinato... e tutti quanti scettici o meno... ne discutevano (e ricercavano) le implicazioni chirurgiche (Fig. 1). Come poter dimenticare certe discussioni iperboliche sulla *chirurgia propriocettiva*... o la foga di un Andreasi che solennemente *dichiarava... esserci l'Occhio di Dio, nel seno del tarso*, o di un Valenti *chirurgo infaticabile* che a far di conto sui numeri di certe sue casistiche avrebbe dovuto operare... anche nei festivi e di notte. Scienza, a volte, fin troppo seria... per fortuna mitigata da sprazzi di ironia surreale... e creatività felliniana... semplicemente straordinari.

Ed è così che... contagiato... volli approfondire a modo mio *la cosa*. Studiai forsennatamente, fin quando nella primavera del 1984 dopo aver letto la Teoria dei Sistemi di Von Bertalanffy ed il famoso libro "Verso un'Ecologia della Mente" di Bateson mi ritrovai a riflettere su una "spiegazione sistemica" dell'evento dismorfico nel Piede. Così – il 7 novembre 1984 al XVII Corso, nella prevista sessione di aggiornamento del giovedì pomeriggio – presentai (al di fuori del programma ufficiale) (Fig. 2... notasi i partecipanti) una comunicazione su "L'ipotesi biocibernetica dell'Alluce Valgo e la legge Dismorfogenetica" col risultato che: ...veramente pochi – pur molti complimentandosi per l'impegno profuso – ci capirono qualcosa.

Pisani, poi, mi avrebbe detto che le stesse cose avrei potuto dirle senza ricorrere alla Teoria dei Sistemi... Certo, aveva ragione *sul piede*, ma io ero interessato soprattutto al paradigma del Principio di Regressione *in generale*; perché come fatto per l'AV avevo intuito che si poteva applicare *dappertutto*, nell'Ortopedia.

REGIONE PIEMONTE  
UNITA SANITARIA LOCALE n. 65  
Società Italiana di  
Medicina e Chirurgia del Piede

*Il corso è articolato in una parte teorica ed una parte pratica.*

*L'iscrizione al corso è gratuita.*

*Per motivi organizzativi l'ammissione al corso è limitata a n. 20 partecipanti. E' libera la partecipazione alla parte di aggiornamento.*

**XVII**  
**Corso di aggiornamento  
in Chirurgia del Piede**

*I conisti sono invitati a presentarsi alle ore 8 del 10 giugno per l'assegnazione dei casi clinici.*

*DR. ALLUCE VALGO e PL. COCCIA  
DISHOMIOGRAFICA G. A. CRIPA.*

**4 - 8 NOVEMBRE 1985**

II Direttore Sanitario (Prof. G. Pisani) II Presidente dell'USL n. 65 (D. e Gianfranco Brovida)

Divisione di Ortopedia e Traumatologia dell'Ospedale "S. Lazzaro" di Alba (Cn)

**PROGRAMMA**

**PARTE PROPEDEUTICA**

Lunedì 4 Novembre '85 - ore 15/19

- Presentazione del Corso (G. Pisani)
- Relazione introduttiva (R. Paparella Treccia)
- Anatomia sistematica (P. Baccetti)
- Anatomia chirurgica (S. Giannini)
- Basi neurofisiologiche nei rapporti piede e cibernetica (E. Castaman)

Martedì 5 Novembre '85 - ore 15/19

- Biomeccanica clinica (G. Pisani)
- Semeiotica clinica (N. Pace)
- Semeiotica strumentale (V. Bonanno)

Mercoledì 6 Novembre '85 - ore 15/19

- Tavola rotonda
- Il "cosiddetto" piede piatto - Contributo di ex-conisti - Moderatore: A. Andreani

**PARTE DI AGGIORNAMENTO**

Giovedì 7 Novembre '85 - ore 15/19

- Clinica dell'alluce valgo - Moderatore F. Vigliani
- Anatomia funzionale e patologica della I metatarsale falanga (M. Libotte - Bruxelles)
- Definizione e quadro clinico-radiografico dell'alluce valgo idiopatico (D. Vella)
- Etiopatogenesi dell'alluce valgo (I. Milano)
- Il valgismo dell'alluce nel contesto di patologia dell'avampiede (A. Scala)

Venerdì 8 Novembre '85 - ore 15/19

- Terapia dell'alluce valgo - Moderatore P. Dini
- Storia chirurgica dell'alluce valgo (R. Viglione)
- Orientamenti recenti nel trattamento chirurgico dell'alluce valgo (F. Malerba)
- Il nostro indirizzo nel trattamento chirurgico dell'alluce valgo: indicazioni, tecnica, casistica (G. Pisani)
- Gli insuccessi nel trattamento chirurgico dell'alluce valgo (P. Dini)
- Il trattamento degli insuccessi della chirurgia dell'alluce valgo (G. Pisani)

**PARTE PRATICA**  
4-8 Novembre '85 - ore 8/13  
Attività di reparto, di ambulatorio e di sala operatoria

Fig. 2. La locandina del XVII Corso di aggiornamento in Chirurgia del Piede.

Comunque, *entusiasta e cocciuto* come soltanto a 30 anni si può essere, profitto del 61° Congresso SOTIMI del 1986 a Catania per presentare la stessa comunicazione in *una veste e sede ufficiale*, nella sintesi di Aggiornamento di Chirurgia del Piede tenuta all'Hotel Sheraton di Cannizzaro, il pomeriggio *afoso* del venerdì 27 giugno: ...col risultato che... salito sul podio, immediatamente e come per incanto la sala venne a svuotarsi... (Fig. 3) giusto rimanendo una decina appena di *osservatori*. Ovviamente... nessuno *osò*... farmi domande. Come se avessi parlato... al vento.

Deciso a non arrendermi, passai il resto dell'estate a scrivere la Relazione per gli Atti SOTIMI di quel Congresso. Così, non senza intoppi, il lavoro venne pubblicato nel Vol. XLIX - n° 2 - 1986, accompagnato dai sinceri complimenti del curatore Prof. Massimo Zanchini.


Ricordo che Paparella Treccia, dopo averlo avuto fra le mani, mi disse burbero di averlo letto "...avidamente" aggiungendo compiaciuto "ti ho ispirato... vero?". Ammisi... e se ci penso... Egli... quale Onore mi fece, in quelle parole... (nell'Appendice del seguente Volume di Atti a pag. 121, quello studio *antesignano* dei propositi di questo Seminario viene *per questo* riproposto integralmente).

Ma, avevo deciso che quello sarebbe stato un *lavoro ultimo*... il mio canto del cigno alla Cibernetica e Chirurgia del Piede. Così, voltando pagina... ex novo mi dedicai a quella della Mano. Purtroppo... avendo praticato tutti *quei zoppi*... mio malgrado (il tempo di familiarizzare e di esperire una congrua casistica)... ho iniziato a *zoppicare anche* nella Mano... organizzando di *questi* Seminari... scrivendo di biomeccanica... di patologia da Over-Use...

**S O T I M I**  
**61°** CONGRESSO DELLA SOCIETÀ DI  
ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA  
DELL'ITALIA MERIDIONALE ED-INSULARE

CATANIA - HOTEL SHERATON - CANNIZZARO  
26 - 27 - 28 GIUGNO 1986

Presidente: Prof. *Quintino Mallica*



C. Fontanazza, M. Razzano (Roma)  
"Metodica di Ilicaror: due anni di esperienza  
(studio di 98 casi)"

Discussione  
Coffee-break offerto dalla Howmedica  
(Div. Plicer Italiana S.p.A.)

Conferenze di insegnamento  
Moderatori: Prof. N. Misasi - Prof. E. Iannelli

B. Radakovic (Belgrado)  
"Esperienze e risultati sulla applicazione dei fissatori esterni:  
risultati presenti e possibilità future dell'allungamento degli  
arti: analisi di 600 pazienti operati"  
G. Monticelli (Roma)  
"Allungamento di arti e correzione di deformità con fissatori  
esterni"

Discussione  
Conclusioni dei lavori  
Colazione di lavoro

Stati di Aggiornamento di Chirurgia del Piede  
patrocinata dalla Società Italiana di Chirurgia del Piede.

Moderatori: Prof. G. Rosa - Dott. A. Andreasi

ALLUCE VALGO

A. Andreasi (Montecchio Maggiore)  
"Etiopatogenesi"  
F. Malerba (Milano)  
"Istomatia e biomeccanica patologica"  
S. Giannini (Biologna)  
"Sensorica clinica e radiologica"  
G. Pisani, L. Milano (Alba)  
"Trattamento chirurgico"  
S. Ardito, R. Gangitano, E. Avarotti,  
B. Branciforti (Catania)  
"Revisione a distanza"  
V. Bonanno (Palermo)  
"Casi"

P. Dini (Firenze)  
"Insuccessi del trattamento chirurgico"

Comunicazioni sul tema  
Moderatori: Prof. G. Letizia - Dott. V. Valenti  
V. Valenti (Roma)  
"Alle origini dell'alluce valgo"  
G.M. Grippo (Alba)  
"I ipotesi biomeccanica della etiopatogenesi  
dell'alluce valgo"  
A. Tessori, T. Iacominazzi (Torino)  
"Alluce valgo: simomo o diagnosi"  
G.M. Grippo (Alba)  
"Alluce valgo e legge dismorfogenetica"  
A. Castellana (Trieste)  
"Alluce valgo. Patogenesi e trattamento"  
U. Del Torio e Calli (Napoli)  
"Revisione a distanza della correzione chirurgica dell'alluce  
valgo con tecnica Del Torio"  
F. Fortino, E. Valenti (Courge)  
"La correzione globale nel trattamento dell'alluce valgo"  
P.L. Coscia (Torino)  
"Biomeccanica dell'alluce valgo"  
P.L. Coscia (Torino)  
"La nostra tecnica chirurgica per l'intervento di alluce valgo"  
G. Bella, G. Assenza, C. Cicero (Modica)  
"Alluce valgo: risultati a confronto. Prime esperienze del  
requisito funzionale"  
E. Avarotti, F. Bonaccorso, S. Ardito,  
R. Gangitano (Catania)  
"L'intervento chirurgico di osteotomia del 1° cuneiforme nel  
trattamento del varo del 1° metatarso"  
C. Errichello (Torino)  
"La nostra tecnica chirurgica per l'alluce valgo"  
A. Tanga (Crema)  
"Irreversibilità all'accorciamento falangeo e scelta  
dell'osteotomia nel trattamento dell'alluce valgo"  
A. Bellini, G.A. Brancato, C. Miceli (Calanissetta)  
"La nostra esperienza nel trattamento dell'alluce valgo  
doloroso"

**Fig. 3. La locandina del 61° Congresso SOTIMI a Catania.**

di sindromi compartimentali dell'avambraccio... di Coxa Manus... e annessa Chirurgia... di pato-meccanica "regressiva" del carpo... etc. Infine... *ritrovando anche nella Mano* lo stesso paradigma Cibernetico del Principio di Regressione che 25 anni prima avevo lasciato nel Piede.

Forse, mai mi sarei convinto a ri-parlarne in qualche convegno ... se come sempre accade.. non avessi per caso incontrato *il diavolo tentatore* nelle vesti dell'amico Castaman, durante un Congresso in Argentina dove entrambi eravamo relatori ad un Corso sulla Fissazione Esterna.

Erano almeno venti anni che non ci si incontrava – certo, io sapevo di lui e lui di me – a spezzoni nelle cene di quei tre giorni, e sull'aereo all'andata ed al ritorno, abbiamo ricordato l'atmosfera "magica" di quei Corsi di Alba, entrambi lamentando il convenzionalismo di gran parte degli attuali Convegni, domandandoci perché di *quelle cose e in quel modo* mai più nessuno parlava... perché non fare *noi* qualcosa ? Ci siamo lasciati... che ne avremmo riparlato.

Tornando ad Alba, già riflettevo sulla opportunità di organizzare un Seminario congiunto Mano-Piede rifacendomi a Goethe (bellissima idea, per i suddetti motivi) ma *senza necessariamente* scomodare la Cibernetica.

Così, ne parlai al mio direttore Dettoni un giorno in cui egli traslocando in un nuovo ufficio e riordinando stava liberandosi di molte scartoffie... fra cui... quel vecchio lavoro SOTIMI, che mi riconsegnava... Rigirandolo fra le mani intravidi... *pesantissimo*... l'incubo di tutti quei fine settimana che nei successivi sei mesi avrei sacrificato ad una cosa che *doveva essere come quella lì*. Perché così... di colpo...mi ero deciso...*in senso cibernetico*.

Grazie Angelo per... *il favore...* ed aver *così* contribuito alla restituzione di me... *a me*.

Adesso, nell'impresa di questo Seminario ho finito per coinvolgere chi a mio parere poteva dare il meglio nel suo specifico ambito di competenza. Senza scadere nel futile presenzialismo e con l'intento di produrre un evento culturale alto, il più possibile. Basta scorrere gli argomenti *ostici* proposti nel programma, per rendersene conto.

Ma non credo che saranno molte le persone disposte a comprenderlo e che verranno (al) o vorranno seguire il Seminario fino alla fine. Di certo è altissimo il rischio di essere inascoltati, o ritenuti *postumi*.

Noi, comunque, l'abbiamo così voluto anche per imporci *contro la nostra pigrizia* di redigere in questi ATTI e con solide parole, argomenti vaghi e indefiniti e altre idee scomposte fluttuanti solo dentro la nostra testa che adesso, invece, abbiamo sistematizzato e reso disponibili a tutti, e a noi stessi utili per future elaborazioni e approfondimenti.

Concludiamo ringraziando coloro che si sono prodigati nell'organizzazione, i nostri sponsor e tutti quelli che ci guardano e considerano benevolmente. Inoltre, nell'augurarci la riuscita ed il buon proseguimento dei lavori... speriamo che almeno in questa occasione... non ci si svuoti la sala. Anche se... detto tra noi... comunque vada, l'evento in sé e l'essere *fin qui* arrivati, è già stato un gran successo.

*Gaetano Maurizio Grippi*

# I TAVOLA ROTONDA

I FONDAMENTI  
DELLA  
MORFOGENESI “SISTEMICA”





## **EVOLUZIONE, FILOGENESI, ONTOGENESI E LEGGE DI HAECKEL**

*Giovanni Monastra*

Direttore Generale Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti  
e la Nutrizione – Roma

*L'evoluzione* è un fenomeno nel quale sono presenti sia fattori di continuità, sia di profonda discontinuità. Essa mostra, nel corso delle ere geologiche, il susseguirsi di differenti scenari, dove gli organismi viventi presentano modifiche, anche molto rilevanti, nella loro complessità come singoli e come insieme interdipendente di individui strettamente legati al loro specifico ambiente. Se l'evoluzione è un fatto accertato e quindi indiscutibile, rimane ancora aperto il dibattito sulle cause che hanno dato origine ai primi organismi viventi, e poi alla loro differenziazione in vari gruppi tassonomici. Oggi la teoria evoluzionista più diffusa è il neodarwinismo, definito anche "teoria sintetica dell'evoluzione". In prima istanza esso può essere considerato come lo sviluppo, avvenuto nel secolo scorso, durante gli anni Trenta e Quaranta, delle idee evoluzioniste di Charles Darwin, idee che nella seconda metà dell'ottocento erano state già riformulate in alcuni aspetti da August Weismann. Questi aveva escluso l'esistenza di qualsiasi tipo di eredità dei caratteri acquisiti, fortemente sostenuta, invece, da Darwin. La "nuova sintesi" consiste in un insieme di dati e concetti di genetica, tassonomia, embriologia, biogeografia e altre discipline. Per quanto innovativa sotto alcuni aspetti, tale concezione è ancora in pieno una "teoria della discendenza con modificazioni, tramite la selezione naturale", secondo le parole di Darwin. Sia nel pensiero di quest'ultimo, sia in quello dei suoi continuatori, appare evidente la centralità dell'elemento *storico* che caratterizza i fattori determinanti l'evoluzione. Rispetto a questo orizzonte concettuale, alcuni si domandano se, oltre alla selezione naturale, alle mutazioni casuali e alla deriva genetica dei neodarwiniani, ci siano altre realtà coinvolte nel promuovere e indirizzare i processi evolutivi, ovviamente senza introdurre elementi extrascientifici, tipici del creazionismo, che fa appello alla dimensione religiosa. La natura, infatti, è una realtà intelligibile, comprensibile con i mezzi della scienza. Essa è costituita da livelli reciprocamente integrati e coerenti, il tutto strutturato in una gerarchia di sistemi nell'accezione data da autori come Ludwig von Bertalanffy. Per questi motivi le eventuali risposte alla richiesta di una spiegazione più completa e soddisfacente dei processi evolutivi potranno essere elaborate solo se biologi, fisici, chimici e matematici lavoreranno in modo sistematico e integrato, libero da condizionamenti "ideologici" di tipo riduzionista (il riduzionismo metodologico è un semplice strumento, utile alla ricerca, ma non esclusivo, mentre quello filosofico costituisce un grave danno per la sua concezione totalitaria e intollerante rispetto ad altri approcci). Rimanendo

nell'orizzonte teorico neodarwiniano, va rilevato che riveste una posizione molto importante la "filogenesi", intesa come l'origine storica dei vari "tipi", apparsi nelle ere geologiche passate, oggetto centrale degli studi di paleontologia (ma oggi anche di altre discipline scientifiche, come la biologia molecolare). È la genealogia ricostruita dagli studiosi dell'evoluzione, comprendente le diverse "tappe" o "stadi" ancestrali: in essa vengono allineati, lungo una scala ideale, organismi via via diversi tra loro, ma "discendenti" in senso lato l'uno dall'altro, una progressione di forme (una serie filetica in certi casi), da cui alla fine di un lungo processo temporale sarebbero derivate le specie oggi viventi sulla terra. Ad opera dell'embriologo tedesco Ernst Haeckel, alla fine del XIX secolo, la filogenesi si intrecciò problematicamente con l'ontogenesi, cioè lo sviluppo dei singoli individui, dalle prime fasi in cui sono costituiti da pochissime cellule fino alla nascita. Egli formulò la famosa "legge biogenetica fondamentale", secondo cui l'ontogenesi ricapitola la filogenesi. In altre parole Haeckel sosteneva che l'embrione dell'uomo attraversa le principali tappe evolutive (pesci, rettili, ecc.) che hanno portato alla nostra specie. Anche se numerosi evoluzionisti, da de Beer a Gould, hanno affermato che la "legge biogenetica fondamentale", almeno nella sua formulazione originaria, è insostenibile in quanto smentita dai dati sperimentali (al massimo si può parlare della ricapitolazione di alcuni stadi embrionali ancestrali), essa può ancora servire come traccia per comprendere certi fenomeni, tra cui quelli riparativi. Riteniamo, però che andrebbe rivista alla luce di una concezione delle trasformazioni strutturali basata su criteri matematico-geometrici, le cui leggi e regole potrebbero aver dato "forma" in modo globale sia ai processi evolutivi, sia a quelli ontogenetici.

## **LE LEGGI DELLA FORMA: PER UNA MORFOLOGIA RAZIONALE**

*Giovanni Monastra*

Direttore Generale Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti  
e la Nutrizione – Roma

La concezione evoluzionista attualmente egemone trascura gli studi sulla “forma” come realtà autonoma, indipendente, almeno in parte, dal suo substrato biochimico, dotata di proprie leggi di tipo geometrico-matematico. Infatti tali studi sono ritenuti inutili o marginali ai fini della comprensione del processo evolutivo. Inoltre dare spazio alla ricerca sulle leggi della forma viene percepito come una procedura irrimediabilmente opposta a quella definita dal paradigma scientifico oggi preminente in biologia. Ma ciò non è vero, in quanto tali leggi non annullano necessariamente la visione neodarwiniana, ma la possono integrare in un contesto più ampio e complesso. Un’indagine approfondita sulla “morfogenesi”, sia delle strutture, sia dei processi, è conaturata a una visione strutturalista, sistemica e olistica, dove è centrale la percezione tipologica della natura come una scala gerarchica di “totalità” integrate reciprocamente. Esistono numerosissime forme che si ripetono sia nel mondo inorganico sia in quello organico: queste strutture spaziali sono apparse prima ancora che iniziasse l’evoluzione dei viventi. Nel loro insieme costituiscono un insieme finito e ricorrente di modelli stabili, che sfidano i ricercatori in quanto attendono ancora una spiegazione soddisfacente. I processi che generano le forme sono di tipo “regolativo”: il regno della natura è caratterizzato da un *suo* ordine specifico, anche se frutto di apparenti disordini parziali, e da una *sua* razionalità. Gli organismi non sono la somma di molecole, cellule, organi e così via, ma totalità dinamiche che soddisfano ben determinate leggi, totalità che non possono modificarsi a caso per dare origine a una varietà di forme senza limiti e vincoli *a priori*. Questo ordine di idee affonda le sue radici in una lunga e prestigiosa tradizione filosofica e scientifica, protrattasi fino ai giorni nostri, da Platone e Aristotele, fino a Goethe, D’Arcy Thompson, Uexküll, Portmann, Troll, Waddington, Webster, Goodwin, Thom, Stenwart, Lima de-Faria, Denton, Gleick, Penrose, Giellis, ecc. Bisogna rivalutare l’idea di struttura ideale, l’*Urbild* goethiano, se vogliamo affrontare il tema della morfogenesi, senza dissolverlo in una procedura analitica ossessivo-compulsiva che si perde nei presunti (e indimostrabili) “fondamenti” legati alla dimensione dell’infinitamente piccolo. Molti tra gli scienziati moderni di orientamento strutturalista sostengono, in misura più o meno radicale, la concezione secondo cui la matematica è assoluta, esterna ed eterna, e non si fonda su criteri umani, cosicché gli oggetti matematici hanno un’esistenza propria atemporale, non dipendente dalla società umana né da particolari oggetti fisici. Questi “oggetti matematici”, che non sono un frutto del tempo,

ma si situano *oltre* il tempo, costituiscono le regole che “danno forma” al divenire dei viventi. È interessante notare che è possibile equiparare i frattali alle figure platoniche, cioè a realtà eterne, operanti nella natura dell’universo. I frattali infatti rappresentano un’idea platonica di bellezza e contemporaneamente di controllo matematico di questa stessa idea: il loro carattere ideale è evidente, nessun disegno umano potrebbe rappresentare un frattale, e nemmeno un’immagine realizzata da un computer estremamente potente ne sarebbe capace. Sia l’uomo che il computer potrebbero darne solo una versione somigliante e finita, mentre le caratteristiche proprie dei frattali, come l’auto-similarità, sono significative in una visione infinita delle cose. La natura non è un opaco e irrazionale caos, assemblato alla meglio, ma una realtà intelligibile e traducibile nei termini di una matematica attenta anche agli aspetti qualitativi, dove la forma, in tutti i suoi aspetti, costituisce il cardine principale. In questa ottica va segnalato che un biologo olandese, Johan Gielis, ha elaborato una superformula, una versione modificata dell’equazione per un cerchio, la quale permette di descrivere matematicamente tutta una serie di figure geometrizzanti presenti in natura, sia nel mondo vivente, sia al di fuori di esso, come semplici triangoli, pentagoni a stelle, spirali, petali, ecc. Affermando la primarietà di un Ordine, di una Idea, di una Struttura organizzante, e quindi indicando l’importanza estrema di approfondire il tema delle “leggi della forma”, non ci si allontana dalla scienza, e dalla biologia in particolare, anzi ci si pone proprio al centro di questa disciplina. Infatti, come ha scritto giustamente il genetista ed embriologo Conrad Waddington: “l’intera scienza biologica ha le sue origini nello studio della forma”. Ecco perché va ribadita con forza e convinzione la necessità di sviluppare sempre più in ambito scientifico, con la collaborazione sinergica di biologi, fisici, chimici e matematici, una “morfologia razionale” che permetta di comprendere meglio la complessità estrema dei fenomeni presenti in natura.

## LA METAMORFOSI SECONDO GOETHE CON INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI SISTEMI E AL PRINCIPIO DI REGRESSIONE

*Gaetano Maurizio Grippi*

Vice-direttore, Responsabile di Chirurgia della Mano, SOC di Ortopedia e Traumatologia Alba ASL CN2 del Piemonte

*Lieta, or son molt'anni, impegnata era la mente a scoprire come vive la natura nel creare. Ed è sempre l'uno eterno che in più forme si disvela, parvo il grande, grande il parvo, tutti al modo loro proprio. Sempre vario, sempre quello, presso e lungi, lungi e presso, così forma Egli e trasforma. Per stupirne io sono qui.*

J.W. Goethe, Parabase

### INTRODUZIONE

Questa trattazione, che ha per oggetto la Metamorfosi – ossia, il significato delle trasformazioni del Vivente – si propone nell'ambito clinico dell'Ortopedia, la comprensione storico-strutturale degli *organi di movimento e dell'apparato locomotore*; cioè, degli Arti in generale e (nel nostro particolare) quella della Mano e del Piede dell'Uomo.

Tale interesse non è solo speculativo ma intende viceversa fornire solida base teorica a concrete applicazioni chirurgiche. Ciò, nella convinzione che la migliore Ortopedia consista “nel ri-plasmare secondo Natura le strutture di movimento deformi o danneggiate”. In tal senso, allora, bisogna conoscere la logica della Natura, quanto meno per assecondarla e/o chiamarla a soccorso nell'atto terapeutico.

Alla ricerca quindi delle fonti, crediamo che nessuno meglio di Wolfgang von Goethe - Francoforte sul Meno, 28 agosto 1749 – Weimar, 22 marzo 1832 – sia da considerare il fondatore della morfogenetica naturale e, relativamente lo specifico ortopedico, il misconosciuto padre spirituale di molti concetti posti ad edificio della Specialità. Goethe, infatti, considerava lo scheletro come il disegno fondamentale dell'Uomo e le ossa costituenti come un testo da cui (con l'osservazione) si poteva inferire o far derivare ogni altro aspetto: nell'anatomia, nella fisiologia, nella psicologia etc. (Fig. 1)

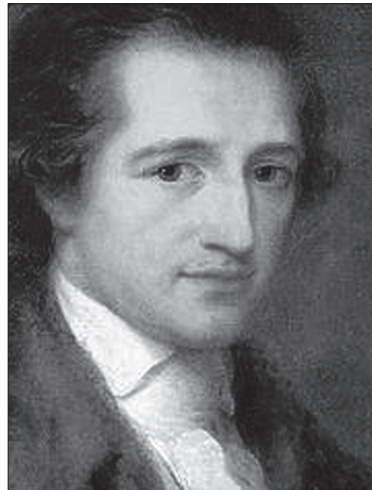


Fig 1. - Goethe all'età di 38 anni, nel periodo del suo primo viaggio in Italia (dipinto di Angelina Kauffman nel 1787).

## LA METAMORFOSI

*Sul “cosa” e sul “divenire” delle forme degli organismi*

... *E andò su e giù rotando l'entità primigenia che tutto in sé racchiude ed è sola ed eterna sempre mutando aspetto sempre uguale a se stessa...* In questi versi del Satiros, Goethe accenna alla sua intuizione della Metamorfosi.

Per afferrarne il significato dobbiamo considerare che egli, figura paradigmatica del Romanticismo europeo, imparò a vedere il mondo come un'immensa totalità in cui il fisico e lo spirituale erano indistinguibili: da poeta, scrivendo alla ricerca della verità ultima dell'anima, da scienziato ricercando l'essenza delle forme biologiche. Con le sue opere (oltre 14 volumi di scritti naturalistici) ha influenzato Lamarck, Darwin ed Haeckel, diventando per noi moderni l'antesignano di quelle tesi olistico-organistiche (anti-meccaniciste e anti-riduzioniste) che – come innanzi vedremo – riproposte nella Cibernetica della Teoria dei Sistemi, interpretano l'Organismo ed il suo Ambiente come “*Totalità sistemica*” dalle caratteristiche emergenti superiori alla semplice somma delle parti costituenti. In tal senso, l'*entità primigenia* citata da Goethe risulterà simile alla Monade (forma sostanziale dell'Essere) di Leibnitz che, già nel 1714, anticipava il concetto sistemico del feed-back – ... senza principio ne fine...senza finestre per le quali qualche cosa vi possa entrare o uscire... soggetta a continuo mutamento ad opera di un principio interno... implicante una molteplicità nell'unità... benchè essa non abbia parti... ogni vivente ha una entelechia (monade) dominante... ma le membra di questo corpo vivente sono piene di altri viventi... ciascuno dei quali ha ancora la sua entelechia... ogni corpo è affetto da tutto ciò che accade nell'universo. – In ogni caso, l'entelechia è in perpetua trasformazione (metamorfosi, nel vivente) pur rimanendo sempre se stessa, nel divenire.

Inizialmente Goethe non la vede nel singolo organismo, ma come un principio vitale che compenetrando l'universo si concretizza nell'intera Natura, considerata come un vivente. Più avanti intuisce che ogni opera della Natura ha una sua propria essenza, ogni fenomeno il suo concetto particolare – ...*eppure tutto è uno; anche la malattia e i casi eccezionali hanno una ragione*. Il Cosmo, quindi, come un Tutto animato dal di dentro, con una visione che rifiuta ogni meccanicismo e casualità, che riconosce il perenne divenire come sembiante dell'Essere sottostante, in una sorta di Neo-Platonismo (anch'esso, attualmente rivalutato dalla Scienza moderna).

È nel primo viaggio in Italia (1786 -1788) fonte di un “bagno” d'arte e di felici emozioni, che l'amore di conoscenza porta Goethe a *vedere* l'essenza della pianta primordiale – la *Urpflanze* – nell'infinità delle forme vegetali. A Padova e poi nell'Orto Botanico di Palermo, nota che tutte le parti della pianta non sono che varianti di *foglie* e che ciò vale per tutte le espressioni della vita vegetale che corrispondono al concretizzarsi di una *forma essenziale*. Ogni pianta è un momento della metamorfosi di tale entità che come pulsione spinge dall'interno affinché (la materia inorganica si auto-organizzi e) assuma

una certa forma, e che incontrando la resistenza delle circostanze esterne (ambiente, in senso moderno) ne fa derivare l'infinita varietà in fogge diverse (generi e specie, etc.). Scrive a Palermo, nel suo diario: “*Nel giardino vicino alla Marina ho passato ore di soave quiete. È il luogo più stupendo del mondo... ha un che di fatato.*” Addirittura, pensa di aver trovato – “*tra le verdi aiuole, spalliere di limoni... e alte palizzate di oleandri... alberi esotici a noi sconosciuti... di origine tropicale... che si espandono in bizzarri intrecci*” – la pianta primigenia, identificata da taluni nel gran *Ficus magnolioides*.

Nella singola pianta, il principio monadico della Urplance si attualizza spazialmente con fasi alterne di espansione e contrazione, generando organi di forma diversa (le foglie, i sepali, gli stami etc.) eppur sostanzialmente identici tra loro che esprimono la potenzialità soggiacente corrispondentemente (in adattamento) al contesto ambientale. L'organismo che ne deriva segue la “legge del bilancio” o dell'equilibrio interno degli organi, secondo cui se una singola parte tende o è costretta a svilupparsi particolarmente, avviene il compenso di minore sviluppo nel resto, con reciproche influenze di stimolo o inibizione – in un equilibrio *a sommatoria zero* – fra le parti, nel rispetto dell'identità una ed immanente.

Osserva Goethe che... *nella Natura vivente* (tale, perché in continua automorfosi) *nulla accade che non sia in rapporto col tutto*. Insomma, nell'infinita varietà di organismi opera indistintamente la medesima legge. Lo stesso criterio è perciò mutuato anche negli animali. Infatti, già nella primavera del 1784, comparando teschi di varie specie può dimostrare la presenza dell'osso intermascellare *anche nell'Uomo* che ne era considerato privo; con ciò, abbattendo il preconcetto creazionista che impediva di considerare la Natura come un continuum di forme animali che trapassano le une nelle altre – anticipando le tesi evoluzioniste, ancora da venire – ed avvalorando *con fatti certi* la convinzione che anche le forme animali siano il risultato dell'estrinsecarsi di un *archetipo* immanente.

Ossia, di un Tipo animale – *l'Urtier* – che ne condensa le parti e ne compendia tutte le possibili alterità e che nella metamorfosi si realizza dispiegandosi in trasformazioni successive di parti identiche, l'una accanto e dopo l'altra (cioè, nel tempo e nello spazio). Poiché: le parti organiche dell'animale e qualunque altra cosa sia dato osservare, sono tutte strutture medesime che gradualmente si modificano, sino ad essere iriconoscibili e mutare in *altro* (cioè, trasformarsi in organi e strutture *ex novo*), come risultato indotto dall'ambiente.

Tale concetto gli si presenta chiaramente a Venezia nel 1790, in occasione del secondo viaggio in Italia. Una mattina, passeggiando sulla spiaggia del Lido presso il cimitero ebraico, trova un cranio di montone dilavato e frammentato dalle onde nelle ossa costituenti. Egli intuisce che queste ossa non sono altro che *vertebre trasformate*. Lo studio attento conferma questi rapporti non solo nell'occipite, ma anche nello sfenoide, nel palatino, nel mascellare superiore e nell'intermascellare. Quindi, il cervello non è che un'espansione – modificata in sommo grado – del midollo spinale; anzi, le



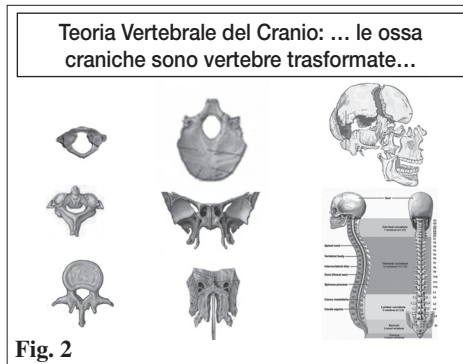
strutture della testa sono già preformate (presenti in potenza) nei segmenti inferiori. Scrive: “...mi sono avvicinato di un intero stadio alla figura animale e alle sue svariate trasformazioni...” (Fig. 2)

#### *Interpretazione moderna della Metamorfosi Goethiana*

Goethe, non andò molto oltre nel dimostrare il nesso tra questo suo pensiero generale ed il mondo dei particolari della (non ancora nata, ai suoi tempi) scienza Biologica. Sulla sua scia, con diverse impostazioni, saranno Lamarck (1809) e Darwin (1859) a spiegare la Filogenesi (ossia, la comparsa e differenziazione dei viventi e delle loro strutture) con l’Evoluzione, considerata come un processo storico secondo cui tutti i viventi hanno un’origine comune, con caratteri (indotti, o) selezionati dall’ambiente e (direttamente trasmessi, o) differenziati dalla discendenza privilegiata dei più adatti. Mentre Haeckel (1866) spiegherà l’Ontogenesi individuale con la legge Biogenetica secondo cui lo sviluppo dell’individuo rappresenta una ripetizione della storia della specie: “ossia, l’Ontogenesi ricapitola la Filogenesi”. Poi, con la scoperta delle leggi di Mendel sull’ereditarietà (1865) e della molecola del DNA all’origine della trasmissione della vita (1944), tutto è sembrato risolversi in chiave riduzionista ma inesplicita è rimasta ogni possibile equiparazione fra il supporto materiale (il genoma) e il significato profondo dell’oggettivarsi dell’Informazione Genetica in strutture e sistemi biologici gerarchizzati; poiché, questo fatto esige – immanente nella Natura e del tutto insondabile coi metodi classici della ricerca scientifica – un archetipo della forma e un substrato olistico, in tutto simile alla concezione di Goethe.

Quindi, in sintesi moderna, la Metamorfosi goethiana si potrebbe reinterpretare nella metafora che il divenire del vivente e delle sue strutture è paragonabile allo scorrere dei fotogrammi di un film che (nei termini narrativi della filogenesi e della ontogenesi) racconta la croni-storia del rapporto dialettico tra l’Informazione Genetica (che starebbe per la Monade, concretizzata nel protoplasma o materia vivente) e l’Informazione Ambientale (che starebbe per ogni circostanza esterna capace di provocare, una qualsivoglia reazione, in questo stesso protoplasma).

Certamente, tale dialettica sembra riproporre invariate le antiche, irriducibili dicotomie spirito-materia, mente-natura, anima-corpo etc. Eppure, l’attuale cultura della conoscenza (epistemologia) ha elegantemente by-passato ogni commistione tra fisica e metafisica, nella Cibernetica. Per questo, come anticipato, innanzi riconsidereremo ogni argomentazione con il moderno paradigma scientifico della Teoria dei Sistemi.





## IMPLICAZIONI IN ORTOPEDIA

Ma prima di analizzare in chiave sistemico-cibernetica i termini del rapporto fra l'informazione genetica e l'informazione ambientale – principalmente per meglio comprendere la genesi dell'evento dimorfico e del danno negli organi di movimento – è necessario sunteggiare gli effetti esplicativi che le idee di Goethe apportano alle fondamenta dell'Ortopedia.

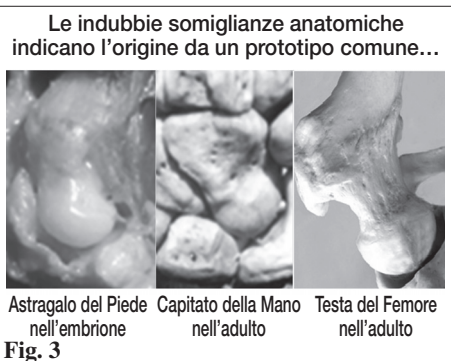
### *Ripetitività e interazione complementare geni-ambiente nella morfogenesi degli arti*

Bisogna ritenere che i segmenti ossei degli arti comprese le articolazioni sono *tutti formalmente identici*, essendo le diversità apparenti una conseguenza del diverso impatto avuto (nella filogenesi) con l'ambiente. In altri termini, *la loro forma è (la loro) funzione concretizzata*.

Questo significa sapere *a priori* che tutte le ossa e relativi distretti articolari *devono* possedere un medesimo piano organizzativo in tutti i livelli osservativi (macro e/o microscopici) e che ogni differenza situazionale e/o conformazionale (p.e. forma, disposizione, numero, spessore, etc. delle ossa del braccio o della gamba, piede o della mano) ha la sua ragion d'essere *fuori dall'organismo* nel contesto meccanico d'uso specifico: allo stesso modo con cui la forma della chiave è spiegata dall'incavo nella toppa, e viceversa. In via di principio, pertanto, si dovrebbe poter dedurre l'una dall'altra.

Una conferma sono (p.e.) le indubbie somiglianze di forma anatomica (talvolta meglio osservabili in fasi asincrone dell'ontogenesi) che l'omero prossimale, il capitato del carpo, il femore prossimale, l'astragalo del tarso etc. presentano tra loro e il dato di fatto che ciò *automaticamente indica* la consimilarità di movimento mentre le differenze nei dettagli, *necessariamente riconducono* alle modalità specifiche di utilizzo meccanico della parte (spalla, polso, anca, caviglia etc.): nel grado e direzioni di movimento, nelle tensioni da sforzo, nelle leve impiegate, nelle ammortizzazioni e dissipamento dell'attrito, etc. (Fig. 3)

Per la stessa ragione, nel regno animale i segmenti scheletrici presenti nell'Uomo sono riproposti praticamente gli stessi e, tuttavia, più o meno diversificati in relazione al contesto mecano-ambientale di operatività, secondo l'ordine, il genere, la specie etc. E ciò, non soltanto per l'origine filogenetica comune ma perché effettivamente, le ossa sono la *copia negativa e complementare* del mondo di forze meccaniche che ogni animale (nel suo specifico habitat) deve affrontare e *neutralizzare*.



Da ciò deriva che la “forma” (e l’efficienza) degli organi di movimento solo in minima parte è dovuta ai geni, ma che sia necessario lo scontro meccanico con l’ambiente (attività fisica) perché questa possa realizzarsi ed essere mantenuta. In tal senso, parlano le atrofie osteo-muscolari che si realizzano nelle paralisi o nei soggetti costretti a qualche immobilità. Ed è per questo che l’Ortopedia consiste nell’arte del recuperare (con ogni mezzo) e la parte lesa e (il più precocemente possibile) soprattutto il *movimento*.

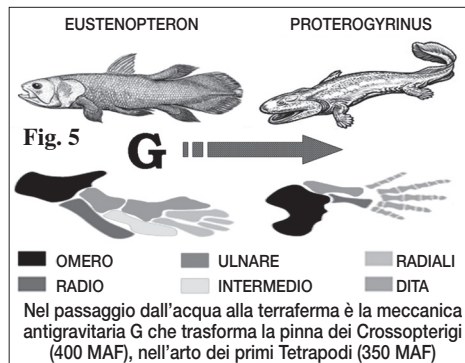
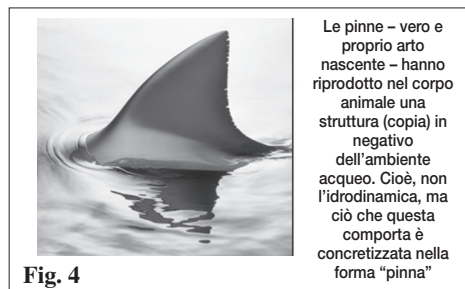
*Metodologia Goethiana applicata allo studio dei fattori meccano-ambientali e storiografia filetica della morfogenesi degli arti.*

Assodato che la “forma” degli arti è da ricercare nelle cause ambientali (principalmente meccaniche) che hanno operato nella Filogenesi, esamineremo adesso quelle (principali) responsabili della loro morfogenesi. Nel far ciò adotteremo la visione olistico-organicista di Goethe.

In primo luogo *la resistenza dell’acqua* che l’animale primordiale ha contrastato e poi *asservito a fini propulsivi*. Questo è stato l’input che nel Cambriano (540-500 MAF) ha metamorfizzato i Cordati primitivi in Pesci dalla forma idrodinamica, dotata di appendici mobili:

*Le pinne* – vero e proprio arto nascente – hanno riprodotto nel corpo animale una struttura (copia) *in negativo* dell’ambiente acquoso. Cioè, non l’idrodinamica, ma ciò che questa comporta è concretizzata nella forma “pinna”. (Fig. 4)

Poi, nel Devoniano (410-355 MAF) quando i pesci ossei (Crossopterygi Ripidisti) – usciti dall’acqua – si scontrano con la *forza di gravità* (G) della terraferma. Il nuovo input obbliga la pinna a metamorfosare in *arto*: le ossa aumentano in numero e lunghezza, segmentandosi e conformando snodi articolari per la *locomozione*. Così, si sviluppa l’arto dei Tetrapodi che – negli anfibi del Carbonifero (350 MAF) – *asservisce* la gravità: ossia, si struttura per opporsi ad essa nel contrasto al suolo, sollevare il corpo mediante leve muscolari e quindi rilasciarsi perché avvenga, *per caduta gravitaria controllata*, la spinta in avanti – passo dopo passo, ciclicamente – con le parti articolari a direzionare lo spostamento (Fig. 5).



L'arto tetrapode ha pertanto il significato di aver riprodotto nell'animale la copia in negativo delle forze agenti sulla terraferma. Ossia, non la Meccanica ma ciò che questa comporta è concretizzata nella forma "arto".

In tal senso, la *conformazione meglio adatta ad asservire G* risulterà dall'assemblaggio di più ossa (tutte formalmente identiche ma multi-

plicate e metamorfosate nel copia-incolla della lotteria evolutiva) costituenti una porzione prossimale di ancoraggio al corpo: il cinto (scapolare e pelvico) prolungato distalmente con tre segmenti articolati: Stilopodio (braccio e coscia), Zeugopodio (avambraccio e gamba), Autopodio (mano e piede) ulteriormente distinto in Basipodio (carpo e tarso), Metapodio (metacarpo e metatarso) e Acropodio, con cinque raggi digitali (Fig. 6).

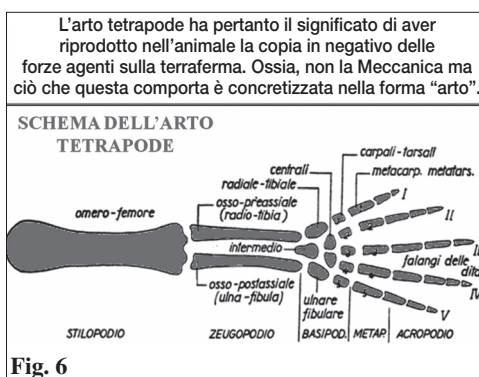
Questa forma prototipica è riconoscibile in tutte le Classi animali estinte o attuali derivate dai Tetrapodi: Anfibi, Rettili, Dinosauri, Uccelli, Mammiferi, Primati etc. E tuttavia, innumerevoli sono le varianti metamorfiche che le più disparate nicchie ambientali hanno prodotto, principalmente nell'Autopodio – su cui d'ora innanzi (per lo più) focalizzeremo l'attenzione.

In primo luogo, l'utilizzo terrestre apporta un *elevato input di differenziale meccanico* nella direttiva caudo craniale di movimento (cioè, l'avanzamento del corpo in direzione della testa). Nell'animale ciò si traduce nella divergenza anatomica (anche in questo caso, copia negativa dell'ambiente) delle estremità degli arti. Per cui *l'autopodio anteriore assume un assetto di tipo direzionale, mentre quello posteriore un assetto di tipo propulsivo*. Così, dai Rettili ai Mammiferi e poi ai Primati fino all'Uomo si plasmano due strutture simili e tuttavia con diversificato assetto meccanico: la Mano e il Piede.

Nella strutturazione, la formula pentadattile garantisce la più vantaggiosa base di appoggio nel rapporto osso/superficie, la stabilità direzionale viene assicurata dal gioco "prensile" delle dita (che spingono, facendo leva) sul terreno e, mentre il ruolo propulsivo dell'Autopodio posteriore si svela nel maggiore volume e spessore delle ossa nel Basi-Metapodio (tarso e metatarso), la vocazione direzionale dell'Autopodio anteriore si esprime in maggiore ampiezza e versatilità funzionale del Meta-Acropodio (metacarpo e dita).

A questo, bisogna sommare gli input connessi alle *abitudini di procacciamento del cibo*: per cui, quando necessita forza e velocità, come nelle specie carnivore o corritrici, le ossa tendono a diminuire e a fondersi tra loro; il contrario avviene nelle più lente specie erbivore e/o frugivore.

Inoltre si aggiungono – a più riprese nella filogenesi e fondamentali per la metamorfosi verso la forma prensile dell'autopodio primatile – gli input della



*meccanica (di movimento) arboricola.* In questa direzione, già nel Permiano (295-250 MAF) l'abitudine di nutrirsi fra le Gimnosperme (piante e alberi di felci, ancora *senza fiore*) conferisce alla zampa anteriore dei Melagalanosauri caratteri marcatamente prensili, con meta-acropodio a cinque dita opponibili per afferrare le fronde di cui cibarsi e/o ghermire le prede.

Comunque, nel Triassico (250 - 203 MAF) con l'avvento dei rettili-mammiferi e poi dei dinosauri, si configura un decisivo salto evolutivo nella meccanica del cingolo scapolare: *alcuni di questi animali diventano bipedi con arti posteriori diritti in posizione ventrale e deambulazione sulle dita del piede.* In tal modo l'autopodio anteriore, disimpegnato dalla locomozione, sviluppa più marcati caratteri prensili-manipolatori (molto simili a quelli che saranno poi tipici dei Primati). Infatti, in alcuni Saurischi, come il Plateosaurus, la zampa anteriore a cinque dita è capace di prono-supinare, con pollice opponibile e secondo dito allungato in grado di agganciare il cibo.

*Di rilievo, in questo stadio dell'evoluzione, la presenza di un'unica filiera carpale, ridotta ad un paio di ossa centrocarpiche contenute da un'ampio menisco fibroso, direttamente articolato alla radio-ulnare distale; e corrispondentemente di un'unica filiera tarsale, anch'essa ridotta a due-tre ossa centrotarsiche, contenute anch'esse in un ampio menisco fibroso tibio-peroneale distale.*

*Anticipiamo che nel prosieguo filetico che condurrà ai Primati, sarà poi la metamorfosi ossea delle suddette strutture meniscali a dare origine, rispettivamente: alla I filiera (scafoide, lunato, piramidale, pisiforme) nel carpo; all'astragalo e al calcagno e ad altre ossa minori, nel tarso.*

In altri dinosauri carnivori, invece, come i Teropodi del Giurassico (203 - 135 MAF), la zampa anteriore si specializza in arma letale *ridotta a tre sole dita dotate di artigli affilati.* Così è nei *Maniraptors* in cui l'unica filiera del carpo si fonde a costituire un grande osso a mezzaluna (omologo al capitato-uncinato), direttamente articolato alla radio-ulnare distale. L'osso a mezzaluna permetteva di ruotare la mano sulla preda e con le dita prensili, affondare poi gli artigli nelle carni. Questo movimento si è conservato negli uccelli (i diretti discendenti dei Teropodi) adattato al volo.

È interessante osservare come nei dinosauri bipedi (p.e. nel *Tirannosaurus Rex*) gli arti presentassero un notevole dimorfismo dimensionale: piccolo e gracile l'arto anteriore, massiccio e possente quello posteriore. Ciò è spiegato dalla legge del bilancio di Goethe, per cui, in questi animali l'assunzione della stazione eretta e dell'anti-gravitarietà sull'arto posteriore sottraeva analoghi input morfogenetici da quello anteriore, che (per questo) rimpiccioliva. Qualcosa di simile (che innanzi meglio sarà approfondito: v. pag 59) è accaduto nell'assunzione eretta dell'Uomo, per cui il dimorfismo sessuale del bacino ha rallentato la morfosi adattativa dell'arto posteriore, in particolare nel piede della donna, con potenziali risvolti pato-meccanici.

Comunque, alla fine del Cretaceo (135 - 65 MAF) ogni anticipazione verso il *prototipo primatile* venne stoppata dall'estinzione dei Dinosauri. Ma, parallelamente a questi, già nel Triassico dai Sinapsidi erano originati i

Terapsidi e da questi i Tricodonti: i più antichi Mammiferi conosciuti, con zampe anteriori decisamente prensili.

Così, sempre nel Cretaceo, l'adattamento alla vita arboricola di Insettivori primitivi origina i Primati (il più evoluto ordine dei Mammiferi, cui appartiene anche l'Uomo) con la tipica struttura dei loro arti: quadrumania, plantigradia, pentadattilia, clavicola presente, radio ed ulna in grado di prono-supinare, pollice ed alluce quasi sempre opponibile.

Avviene infatti, che negli ancestrali che l'Uomo ha in comune con le attuali scimmie antropoidi – per il fenomeno della convergenza evolutiva (cioè, la comparsa di strutture omologhe in stirpi animali diverse sottoposte a stessi input ambientali) – *sia l'arto anteriore che posteriore* si modellano sull'iter già percorso dall'arto superiore del dinosauro bipede. Ossia, si emancipano dalla locomozione terrestre e sviluppano caratteri prensili-manipolatori però, *in un contesto alimentare e meccano-ambientale differente, che nel basipodio anteriore e posteriore conforma una duplice filiera ossea* e nel meta-acropodio cinque raggi digitali, con pollice e alluce opponibile.

Tale strutturazione degli arti si configura durante la *brachiazione* assecondando il *comportamento alimentare prevalentemente frugivoro*, attuato con l'avvento delle Angiosperme – piante con fiori originate nelle foreste tropicali 130 milioni d'anni fa – per cui gli arti ulteriormente si specializzano: quello anteriore, nella *sospensione in aggancio* del corpo con una mano ed utilizzo dell'altra per raccogliere-sbucciare-mangiare il frutto; mentre quello posteriore nella *locomozione saltatoria-rampicante* nel nuovo habitat fitto di tronchi, rami e liane.

A questo punto dell'evoluzione – in ciò che la Natura può avere di poesia – i primati devono considerarsi *figli dei fiori*, poiché la loro conformazione (infine) diventa la *copia oppositiva degli input meccano-alimentari agenti nelle foreste* di Angiosperme; ossia, protoplasma vivente strutturato (in forma di organismo individuale) in ciò che serve al loro contrasto-asservimento; lo stesso vale per le piante che (per meglio riprodursi) metamorfosizzano fiori e frutti per blandire i loro predatori. Tutto in una complessa *rete sistemica* che comprendeva anche gli insetti (utili ad entrambi), esempio tipico di coevoluzione (evoluzione congiunta spazio-temporale di due o più taxa).

In generale, fra gli input della brachiazione: la *salita verticale sugli alberi* obbliga gli arti ad estendersi e allungarsi, il cinto pelvico e la gabbia toracica ad accorciare e appiattirsi (perdendo la forma carenata di terra) il cinto scapolare a dorsalizzare. Il *cibarsi con le mani*, attenua il ferino prognatismo del muso e induce il cranio ad indietreggiare e ad assumere forma ovo-sferica per cui la fronte si verticalizza e gli occhi in avanti conquistano la stereoscopia. La *locomozione prensile tra i rami* costringe spalla, gomito, anca e ginocchio ad ampliare l'escursione articolare, la caviglia ad intrarotare ed insieme al polso a prono-supinare, le dita ad opporsi.

In aggiunta, *le cadute dagli alberi* (che obbligano gli arti a difendere il corpo e la testa) fanno da input metamorfosante i distretti peri-articolari. Così compaiono strutture di *protezione* capaci di assorbire l'energia traumatica e/o

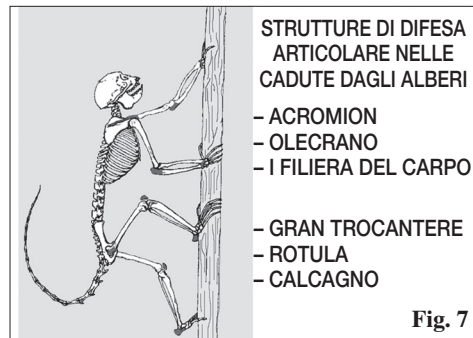
minimizzare eventuali danni. Tra queste: l'acromion, l'olecrano, la I filiera del carpo, il trocantere, la rotula, i malleoli ed il calcagno. Ma in particolare nelle estremità degli arti – laddove è pressante il contatto con l'ambiente – l'avvento di tali difese segna (anche) la transizione evolutiva dai Terapsidi ai Primati (Fig.7).

Di fatto, il menisco radio-ulnare distale del carpo mono-filiera dei rettili *metamorfosizza nelle ossa della I filiera carpale*. Effettivamente, nelle proscimmie e scimmie antropomorfe attuali, la I filiera (scafoide, lunato piramidale e pisiforme) concorre a costituire, stabilizzare e anche proteggere (nelle cadute) l'enartrosi centro-carpica della Coxa Manus (CM) – costituita da scafoide, semilunare e testa del capitato (su cui è collimato il centro di rotazione del carpo) – Collateralmente, questo nuovo assetto meccanico ottimizza nell'autopodio anteriore la vocazione prensile e servirà a rafforzare l'attitudine manipolativa (che si completerà poi nell'Uomo) (Fig. 8).

Nell'autopodio posteriore, invece, analoghi adattamenti contemperano il ruolo propulsivo alle esigenze stato-dinamiche della prensione *verticale* sui tronchi e i rami. Ciò è ottenuto mediante contrapposte rotazioni tibio-podaliche: per cui mentre la tibia ruota all'interno e contemporaneamente acquista di prono-supinare sul perone, l'avampiede si avvita in pronazione e – per ampliare la prensione – si divarica nel ventaglio metatarsale, conformando la I commissura e adducendo l'alluce in opposizione alle altre dita.

Nel tarso (in analogia al carpo) invece, si assiste alla comparsa di un'ulteriore filiera ossea derivata dal primitivo menisco rettiliano tibio-fibulo-tarsale. (Fig. 9)

Quest'ultimo nei Terapsidi digitigradi, è disposto frontalmente (in conti-





nuità di tibia e perone), come puleggia dei flessori nella locomozione terrestre. Nei veloci predatori, come il *Syntarsus* del Giurassico, si può ritrovare come *unico osso astragalo-calcagno fuso a tibia e perone*. (Fig. 10)

Ciò che accade nel tarso è che gli input prensili-propulsivi metamorfizzano il menisco rettiliano in numerose ossa: l'Astragalo ed il Calcagno ben distinti nel retro piede, e altre incostantemente abbozzate nel mesopiede

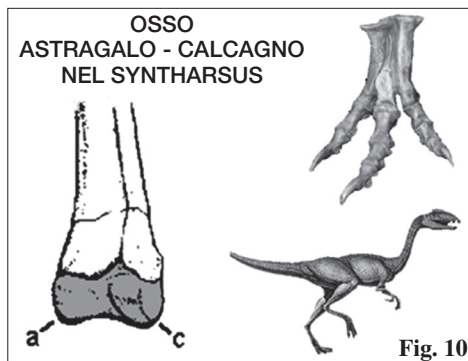
L'astragalo rimane indovato fra tibia e perone in un doppio ruolo: 1) – (come osso della gamba) incentra e amplia la dorsi-flessione del piede (per favorire il sali-scendi dalle piante); 2) – (come osso del piede) si prolunga nel tarso a costituire l'enartrosi della Coxa

*Pedis*: costituita dalla testa dell'astragalo distalmente orientata (e, col suo centro di rotazione) su scafoide e calcagno, in un assemblaggio di tipo cardanico – ottimale nella trasmissione cinetica (ossia, del moto e della potenza fra) avampiede-gamba riferita ad una *base ferma* (tronco o terreno, che sia) – in modo da trarre massimo vantaggio dalle sollecitazioni impulsive dei muscoli e (così) asservire la conseguente reazione di appoggio alla movimentazione del corpo animale.

Nel calcagno invece, si sviluppa posteriormente la tuberosità calcaneare con il significato di leva e fulcro sesamoideo dell'apparato gastrocnemio-achilleo-plantare (che fa da motore e transfert propulsivo); inoltre – nel c.d. viaggio sotto-astragalico del calcagno, in una sorta di avvistamento reciproco – l'osso scivola sotto l'astragalo. In questa posizione, chiaramente assume (anche) il ruolo di *scudo di protezione* dell'astragalo, a difesa di eventuali impatti. (Fig. 11)

Alla fine l'autopodio posteriore struttura l'*Elica Podalica* di Paparella Treccia – architettura dal variabile rapporto spaziale fra retro piede (nel piano verticale) e mesopiede-avampiede (nel piano orizzontale) – compromesso di esigenze prensili-propulsive, di difesa etc.; che – in termini di struttura e *forma vivente* – concretizza *in negativo* le forze meccaniche dell'ambiente arboreo.

Nel Pliocene (7-3 MAF) poi, si presume che nella Rift Valley africana una



qualche specie di scimmie antropoidi – costretta a lasciare la foresta per l'erba alta della savana – si (ri)adatta a vivere in terra. Il ritorno all'input gravitatorio obbliga al generale cambiamento posturale con relative revisioni metamorfiche, principalmente nell'autopodio posteriore. Ossia, per il controllo visivo sulla prateria e per continuare l'alimentazione manuale, è indispensabile l'assunzione della stazione eretta.

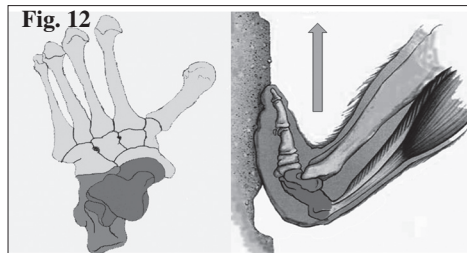
Conseguentemente si innalza e arretra il baricentro, compaiono le curve vertebrali, bacino e arto inferiore si estendono.

Però, il piede arboreo è relativamente troppo lasso e flessibile per tollerare tutto il peso e la locomozione (bipede) dell'animale. Pertanto, nell'iter evolutivo che condurrà all'Uomo si assiste al progressivo irrigidirsi dell'Elica Podalica in senso antigravitario con recessione dall'assetto prensile, ormai inutile (Fig. 12).

Nei dettagli, la caviglia perde la prono-supinazione della tibio-peroneale distale e sviluppa le salienze malleolari a far da binario e contrafforte all'astragalo che intanto si orizzontalizza; il calcagno aumenta di volume e completa l'iter sotto-astragalico a far da protezione, primo contatto a terra e fulcro della leva propulsiva sviluppata dall'avampiede. (Fig. 13)

Nel tarso-metatarso si sviluppano gli archi plantari (trasverso e longitudinale), per cui le ossa medio-tarsiche (scafoide, cuboide, I-II-III cuneiforme) – che nel primate arboricolo dell'Eocene (40 MAF) son quasi assenti – si ipertrofizzano (con allungamento del piede) e assumono una *forma di incastro a cuneo*. Così, il piede nel complesso metamorfizza in una leva articolare a due bracci semoventi – metatarso-tarso-(astragalo)-tuberosità calcaneale – convergenti verso il centro di rotazione della testa astragalica. Così, attraverso la Coxa Pedis in avanti e dietro sotto il pilone tibiale, il peso del corpo è trasmesso e ammortizzato nella reazione di appoggio al suolo. Che – ancora, nello svolgimento del passo – è caratterizzata dall'alternanza funzionale tra i segmenti mediali e quelli laterali, rispettivamente: Piede Calcaneale e Astragalico di Pisani. Il primo come sostegno nella fase portante, il secondo come propulsore (virtualmente *prensile al terreno*) in fase di stacco.

Al contempo, nell'avampiede si (ri)chiude il ventaglio metatarsale, scompare



**Fig. 12**  
Il piede "arboreo" è lasso, il calcagno fa da leva propulsiva e protegge nelle cadute l'astragalo che fa da menisco della T-T, smistando le forze di carico da e verso la gamba e/o l'avampiede prensile



**Fig. 13**  
Nell'Ominazione, con il ritorno a terra e le sollecitazioni gravitarie della stazione eretta, il piede ha dovuto irrigidirsi nell'Elica Podalica e rinunciare alla prensilità. Il calcagno continua a far da leva e a proteggere l'astragalo che – ancora da menisco della T-T – smista il carico da e verso la gamba e/o l'avampiede, nella "presa" al suolo



la I commissura e l'alluce de-addotto perde ogni opponibilità. Tutte le dita si accorciano (per la legge di Goethe, a favore dell'allungarsi del mesopiede) e la loro prensilità sostituita dalla spinta di propulsione al suolo soprattutto nell'alluce, che per questo ipertrofizza insieme al I raggio.

Infine, la sommatoria di trasformazioni corrisponde alla strutturazione (in negativo) degli *input meccanici della corsa e del salto bipede* (certamente, in tali antropoidi) sollecitati dalla caccia e fuga nella savana. (Fig. 14)

Nell'arto superiore invece si rafforza la vocazione prensile, e soprattutto nella Mano l'attitudine manipolativa con affinamento della gnosi tattile e presa interdigitale. Infatti nel carpo, la configurazione della Coxa Manus – con la testa del capitato prossimalmente orientata – attesta che l'articolazione ha *riferimento privilegiato al braccio mantenuto fermo*, e ciò ammette la possibilità di movimenti metacarpo-carpali fini e circostanziati (come p.e. l'utilizzo di una selce o di un punteruolo) finalizzati, quindi, alla *presa e manovra di strumenti*. (Fig. 15)

Questa dote combinata al bipodalismo fa da (probabile) miccia *al pensiero simbolico* del cervello, completando così l'iter verso l'Ominazione. Nel ritorno a terra però, l'arto superiore mantiene invariato il trofismo scimmiesco – a differenza della zampa anteriore rimpicciolita del dinosauro bipede, prensile ma priva di capacità manipolativa – e ciò denuncia l'importanza morfosante degli *input mecano-culturali connessi agli strumenti*; in particolare, quelli riconducibili all'*utilizzo di armi, alla veicolazione di oggetti, e (con la civiltà) l'avvento del lavoro, etc.* (Fig. 16)

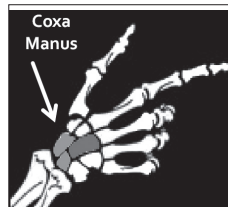
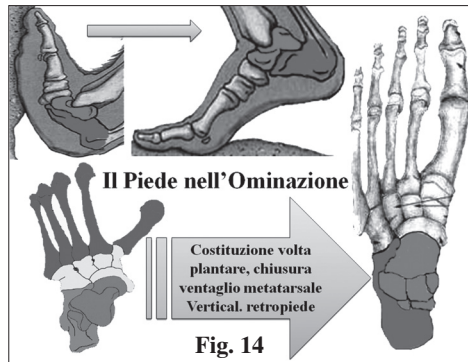


Fig. 15



La Mano nell'Ominazione rafforza la manipolatività e gnosi tattile. Infatti nel carpo, la Coxa Manus – con la testa del capitato prossimalmente orientata – attesta che l'articolazione ha *riferimento privilegiato al braccio mantenuto fermo*, e ciò ammette movimenti metacarpo-carpali finalizzati alla *presa e manovra di strumenti*.

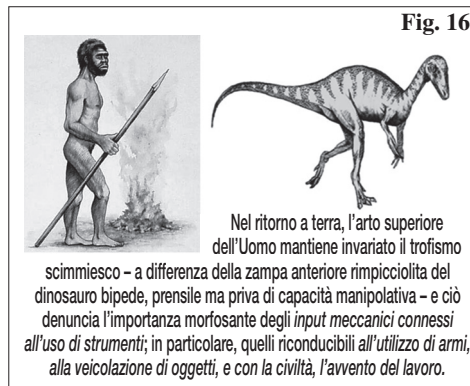


Fig. 16

Nel ritorno a terra, l'arto superiore dell'Uomo mantiene invariato il trofismo scimmiesco – a differenza della zampa anteriore rimpicciolita del dinosauro bipede, prensile ma priva di capacità manipolativa – e ciò denuncia l'importanza morfosante degli *input mecano-culturali connessi all'uso di strumenti*; in particolare, quelli riconducibili all'*utilizzo di armi, alla veicolazione di oggetti, e con la civiltà, l'avvento del lavoro.*

*Immanenza dell'iter morfogenetico nell'architettura della Mano e nel Piede e rievocazione nel danno strutturale*

Tracciata la morfogenesi evolutiva degli arti in *chiave Goethiana*. È certo – alla luce della legge Biogenetica – che ad ogni generazione il suddetto iter è ricapitolato e strutturato *immanente* nelle forme e funzionalità primitive intrinseche la loro architettura.

Infatti, p.e. con le mani e i piedi è consentito nuotare, arrampicarsi sugli alberi etc.; inoltre è documentata l'esistenza di individui che camminano sulle mani o che privi di queste adoperano i piedi per mangiare, lavarsi e anche dipingere. In pratica è verificabile – non solo in taluni comportamenti ludici, ma anche in situazioni patologiche: *il realizzarsi di una regressione*. Per cui, come in una cipolla o in un albero l'eventuale taglio rivela la sovrapposizione in strati; allo stesso modo, nel danno strutturale (*insulto alla Monade vivente, in senso Goethiano*) – con alterazione della morfologia (*dismorfia*, in senso lato nella Mano o nel Piede) – possono essere “rievocati” assetti strutturali e/o funzionali appartenenti al passato filogenetico.

Questa rievocazione – comprensibile nel fatto anatomico *certo* che ... *ogni parte condensa la sua evoluzione e ne compendia tutte le possibili alterità...* – è per niente caotica, ma si manifesta in modo logicamente interconnesso al resto dell'organismo, con una legge generale che abbiamo *dedotto e riscontrato* in molteplici altri aspetti della patologia generale e che abbiamo, perciò, denominata: *Principio di Regressione*.

Per esporre tale principio in ciò che è di nostro specifico interesse ed in chiari termini scientifici, è però utile proseguire con le argomentazioni della Cibernetica della Teoria dei Sistemi (TGS) che (come anticipato) ripropone i medesimi concetti di Goethe nel più vasto ambito epistemologico e nei paradigmi della scienza moderna: in particolare, nel *considerare il rapporto Organismo-Ambiente (un processo pluri-relazionale) inserito in una Totalità (Sistemica)*.

## CIBERNETICA E TEORIA GENERALE DEI SISTEMI (TGS)

Il termine Cibernetica fu coniato da Wiener in un suo libro del 1948, derivandolo dal termine greco *kubernetikè*, (timoniere). Con questo termine si fa riferimento ad un aggregato di idee anche chiamate: teoria della comunicazione, teoria dell'informazione, teoria dei sistemi etc., che riguardano il controllo e la comunicazione nell'animale e nella macchina.

In biologia, la Cibernetica afferma che l'attività animale non è dovuta ad un principio vitalistico (anima, etc.) ma dipende dalla specifica organizzazione della materia presente nell'organismo: le proprietà di cui i viventi sembrano miracolosamente beneficiare, sarebbero dovute a qualità della materia non vivente “emergenti” quando gli atomi che la costituiscono si aggregano in forma di molecole organiche (cellule, tessuti, organi etc.) disposti in configurazioni dotate di un'elevata organizzazione, o “contenuto informativo” o

“neghentropia”. In altri termini, gli organismi biologici – uomo compreso – sono la loro *struttura*; sono cioè, materia organizzata.

Ossia: Struttura = Atomi + Organizzazione. Pertanto, i viventi sono un *condensato di informazione*. E tutti i fenomeni che li riguardano (compresi quelli patologici) si identificano coi processi di trasformazione che questa informazione subisce. (Fig. 17)



Con queste affermazioni scompare ogni metafisica dalla Scienza, e per la prima volta nella storia del pensiero, è possibile trattare in un unico corpo teorico sia i meccanismi della natura e della vita che quelli della storia e tecnologia umana.

#### *L'isomorfismo delle scienze e gli organismi viventi come sistemi aperti*

Fondamento della Cibernetica è il concetto di *Sistema*: *entità costituita da un insieme di elementi fra loro in interazione e interdipendenti, riuniti a realizzare un fenomeno, una funzione, un evento. Ogni elemento può essere esso stesso un sistema costituito da altri elementi essi stessi sistemi e così via.*

L'ultima proposizione deriva dalla TGS, secondo la definizione data dal suo autore Von Bertalanffy: ...disciplina che considera le proprietà dei sistemi... indipendentemente dalla natura di essi... sulla base di un generale *isomorfismo* dei sistemi. Termine che indica il fatto che leggi formalmente identiche possono essere applicate a sistemi apparentemente diversi. Più in generale, la TGS è un insieme coerente di definizioni, assunzioni e proporzioni che considerano la realtà come una gerarchia integrata di organizzazioni di materia ed energia, in forma di sistemi. La teoria del comportamento dei sistemi generali concerne uno speciale sottoinsieme di tutti i sistemi: i *sistemi biologici*.

I viventi, infatti, possono essere considerati come dei *sistemi aperti*. Ossia, in grado di scambiare materia ed energia (informazione) con l'ambiente circostante, e che fanno parte di una gerarchia di sistemi che comprende tutto l'universo: percorrendo la gerarchia sistemica – dall'atomo alle galassie – quelli viventi occupano una banda compresa tra il virus e l'intero ecosistema della Terra. A loro volta gli organismi sono costituiti da una gerarchia di sottosistemi.

In quanto *aperti*, i sistemi biologici sono soggetti a trasformazione. Infatti, la costituzione degli organismi e la loro morfologia mutano nel tempo con processi di sviluppo, crescita, senescenza etc. La loro stabilità è solo momentanea e realizzata da un *continuo equilibrio dinamico che mantiene un'apparente stato stazionario* per mezzo di meccanismi automatici di regolazione

che operano secondo il principio della retroazione o feed back negativo. Cioè, ogni modifica insorta nello stato del sistema comporta un aggiustamento di ritorno che permette di regolare in qualche modo l'entità della modifica stessa, perchè non superi certi valori critici prestabiliti (è lo stesso principio su cui si basa l'azione regolatrice del termostato in una stufa). Relativamente agli organismi, tali servomeccanismi retroattivi vengono chiamati omeostatici, mentre si indica con *Omeostasi* il loro complesso.

La complessità strutturale di un sistema biologico può essere espressa in termini di organizzazione della materia che lo costituisce: *contenuto informativo* o neghentropia. In genere, nello sviluppo del sistema biologico, sia che si consideri l'intero ecosistema o il singolo organismo, si constata il generale aumento di neghentropia: a livello di ecosistema tale aumento è compendiato dal processo della *filogenesi*; a livello individuale, invece, nel processo *ontomorfogenetico*, in cui, a partire da una singola cellula fecondata (zigote), un intero organismo si sviluppa. Filogenesi ed epigenesi, come già detto, sono collegate dalla legge biogenetica fondamentale di *Haeckel* (Fig. 18).

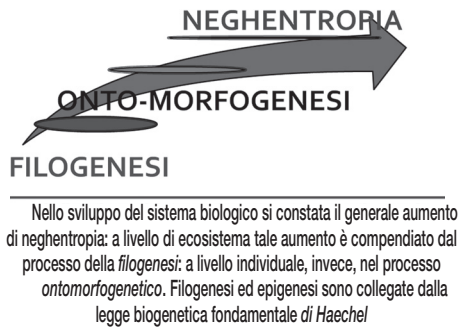
*L'organismo umano secondo la Teoria dei Sistemi e l'eziologia dell'evento dimorfico*

L'organismo umano può essere considerato un sistema aperto facente parte – a vario livello di partecipazione e contemporaneamente – di sistemi più complessi. Così l'uomo è elemento del sistema familiare, del sistema azienda in cui lavora, del sistema stato, dell'eco-sistema etc. A sua volta, l'organismo è costituito da gerarchie di sistemi costituiti, a loro volta, da “*n*” *micro sistemi* e così via, a partire da macromolecole, organuli, cellule, tessuti, organi, apparati riuniti in complessi funzionali adibiti ad uno scopo: la percezione del mondo esterno, la nutrizione, la riproduzione, la locomozione etc.

Ognuno di questi sistemi è embricato e interdependente con tutti gli altri e può essere studiato separatamente solo a condizione che sia considerato parte dei sistemi in cui è inglobato. In ogni caso, l'attività funzionale di un sistema o di ogni singolo sottosistema è ulteriormente suddividibile in sottosistemi minori. *L'attività funzionale di tali sottosistemi ne rappresenta l'aspetto qualitativo.*

In generale, ad ogni funzione esplicata dall'organismo – nella sua totalità o specificatamente da qualche sua parte anatomica – corrisponde un sistema cibernetico dotato di un proprio *flusso informativo*, con un *input* (ingresso dei segnali) ed un *output* (uscita dei segnali) e servomeccanismi di feed back

**Fig. 18**



diretti al controllo di qualche variabile fisiologica, anatomica o funzionale che si identifica con lo scopo, funzione o attività cui il sistema stesso è preposto.

Concepire l'organismo umano in chiave sistemica significa che, identificata una certa funzione, si può risalire ad un sistema, esaminarne gli aspetti costitutivi e funzionali, le interazioni con gli altri sistemi e l'ambiente e, applicando le leggi di interazione dei sistemi (in virtù dell'isomorfismo dei sistemi), dedurne le implicazioni in ambito clinico per confronto con quanto già noto; se non, in qualche caso consentire l'elaborazione di nuovi assunti teorici e ipotesi di lavoro da sottoporre alla verifica dell'osservazione clinica o della sperimentazione.

Per esempio, *la funzione che fa vivere* l'organismo è riconducibile al:

#### *Sistema di Mantenimento e Trofismo Architettuale (SMTA):*

Questo sistema si identifica con la sommatoria di attività necessarie al protoplasma vivente per organizzare e mantenere nel tempo la sua struttura. I mattoni di edificazione provengono dagli alimenti che forniscono, inoltre, l'energia per i processi vitali (input).

In tutto l'organismo, compito del sistema è realizzare la *forma* delle parti anatomiche sia durante l'onto-morfogenesi che nello sviluppo post natale. A fine crescita continua ad agire sulle formazioni corporee, mantenendo la loro efficienza con continui processi omeostatici di rimaneggiamento e di mantenimento trofico, oltre che di riparazione nel corso di offese degenerative o traumatiche intervenute durante l'esistenza (output).

Il sistema inizia a funzionare dopo il costituirsi dello zigote, all'atto della fecondazione; e ne coordina l'ontogenesi. Il suo scopo è quello di accrescere e mantenere il più a lungo possibile l'organizzazione architettuale dell'organismo in sviluppo. Di accrescerne e mantenerne, cioè, il contenuto informativo o *neghentropia*. Perché ciò avvenga, i nutrienti alimentari vengono smontati in molecole semplici e *riorganizzati* in cellule, tessuti, organi etc., per effetto di un duplice flusso informativo che si esprime con un programma morfogenetico che *organizza i nutrienti concretizzando una certa forma organica*.

Questa duplice fonte informativa, capace di implementare le molecole inorganiche in struttura organica, è costituita: 1)- *dall'informazione genetica – nel DNA-RNA cromosomico (e probabilmente, anche nelle proteine) – del genoma* e 2)- *dall'informazione ambientale*, rappresentata da tutti gli eventi del mondo esterno (*input*) in grado di provocare una reazione nel protoplasma.

Relativamente agli arti, la componente ambientale si identifica in gran parte con le forze tenso-meccaniche (c.d. carico o “sforzo ingegneristico”) che su di essi agiscono (effetto biomeccanico). Come meglio sarà discusso in altro studio di questo volume il carico viene generato dal sovra-sistema gerarchicamente correlato: *Il sistema di trasmissione del carico (STC)* (pag 58).

Il morfotipo individuale ossia l'aspetto e il divenire delle parti anatomiche dell'organismo – è nel corso della vita, la risultante del concorso complemen-

tare fra l'informazione ambientale e l'informazione genetica (il che equivale anche a considerare *la forma come una relazione* (meta-comunicazione). Ossia: Genoma (G) \* Ambiente (A) = Morfotipo (G\*A).

Questa equazione rappresenta il fatto che il genoma normalmente abbisogna di sollecitazioni ambientali per produrre il morfotipo normale. Pertanto, perché si abbia il normale sviluppo e mantenimento trofismo degli arti, *le sollecitazioni tenso-meccaniche*

sono *indispensabili fin dall'inizio e per tutto il corso della vita* (Fig. 19).

Inoltre, durante il ciclo dell'esistenza individuale il rapporto fra i geni con l'ambiente è soggetto a variazioni relative nei rispettivi termini, infatti il programma genetico è molto attivo nel soggetto in accrescimento rispetto l'adulto; nell'anziano, infine, è praticamente silente. Analogamente, le attività motorie tumultuose nell'infanzia e nella giovinezza, si stabilizzano nell'adulto; ma sono limitate, in vario grado, nell'anziano per la sopravvenuta debolezza delle strutture.

In termini clinici, questo significa che il morfotipo varia nel tempo e che l'anatomia macroscopica e microscopica (ultrastruttura) del complesso sistemico è in perenne *metamorfofi*.

Queste incessanti trasformazioni sono la manifestazione tangibile di uno stato di *equilibrio dinamico* e indicano, appunto, la presenza di un sistema cibernetico dalla cui omeostasi dipendono lo sviluppo, il mantenimento trofico, la *forma* delle strutture di sostegno, dal rachide al piede.

Dall'equazione si deduce, inoltre, che il morfotipo può non essere corretto (cioè, non statisticamente normale) se uno dei due termini informativi è anomalo.

Così negli arti, le anomalie genetiche ma anche, in minor misura, le anomalie tenso-meccaniche possono contribuire allo sviluppo di patologie strutturali (assetti dismorfici in senso lato).

Questi concetti sono il *fondamento eziologico generale* (causa) *delle dismorfie* in particolare nell'arto inferiore e nel piede, più a diretto contatto meccanico con l'ambiente.

*Noxa destabilizzante e riserva funzionale. L'adattamento cibernetico, il Principio di Regressione, la patogenesi dell'evento dismorfico, implicazioni chirurgiche*

La condizione che specifica la vitalità del sistema biologico è che la sua omeostasi, perturbata dall'ambiente esterno, possa confrontarsi ed opporsi validamente a questo. Il confronto, tuttavia, deve avvenire in giusta misura



**Fig. 19**

Nel sistema di Mantenimento e Trofismo Architettuale agisce una duplice fonte informativa che implementa le molecole inorganiche in struttura organica:

1 - L'informazione genetica

2 - L'informazione ambientale

Negli arti, la componente ambientale si identifica con le forze meccaniche

Il morfotipo individuale è la risultante del loro concorso complementare. Ossia, l'equazione

*Genoma \* Ambiente = Morfotipo* significa che il genoma abbisogna dell'ambiente per produrre il normale.



ed entro certi limiti, al di fuori dei quali l'omeostasi si sconvolge e il sistema rischia di decomporsi.

L'evento perturbante è, in genere, una qualche attività agente dal mondo fisico o biologico esterno (*informazione ambientale*, in senso lato). Questa attività è p.e., lo stimolo che attiva i recettori sensoriali nel processo percettivo, gli effetti della forza di gravità sul corpo, l'immissione degli alimenti etc. In tutti questi casi, l'ambiente esterno (letteralmente) penetra nel sistema biologico promuovendone l'attività, mediante adeguamenti fisiologici. Quando l'ambiente esterno irrompendo massivamente nel sistema, ne altera decisamente l'omeostasi, si configura invece come una *noxa destabilizzante* (agente patogeno, in senso lato). In tal caso il sistema reagisce con attività fisiopatologiche retroattive, promosse nel tentativo di ripristinare l'omeostasi.

La somma di queste attività (tale è p.e. la febbre, la tosse, la riparazione di una frattura, la zoppia etc.) rappresenta lo stato di malattia, e se la noxa supera queste risposte adattative il complesso sistemico può esserne danneggiato irreparabilmente, per lo più col sovvertimento della struttura anatomica di qualche suo componente e, nei casi più severi, finanche col blocco di qualche processo vitale. Questo evento, in termini cibernetici, corrisponde alla diminuzione del contenuto informativo o neghentropia del sistema: la necrosi cellulare dell'infarto, il disfacimento della gangrena, il degrado senile o la putrefazione della morte, rappresentano infatti varie possibilità di degrado del contenuto informativo del sistema biologico.

L'entità della capacità reattiva di un sistema nei confronti di una noxa può essere definito col termine di *riserva funzionale* di quel sistema. L'azione della riserva funzionale consente al sistema di mantenere la sua stabilità ed il suo equilibrio dinamico mediante un adattamento alla noxa destabilizzante. Il comportamento adattativo è di segno complementare ed opposto alla noxa: è la reazione ad un'aggressione. Il pericolo consiste nel degrado omeostatico verso la decomposizione. Pertanto, imperativo del sistema è allontanare la noxa; ma questo non sempre è possibile, in alternativa, il sistema utilizzerà la sua riserva funzionale nel tentativo di neutralizzarla.

Quando questo obiettivo riesce si stabilisce un nuovo equilibrio e, come effetto finale, si ha la diminuzione della riserva funzionale che dopo con la convalescenza verrà reintegrata; se invece la riserva funzionale è sopraffatta dalla noxa, la destabilizzazione coinvolgerà il sistema o i microsistemi gerarchicamente correlati, i quali reagiranno con la loro riserva funzionale e, così via, fino a quando la noxa verrà neutralizzata o, agli estremi, fino alla morte.

Nei casi risoltisi positivamente, alla fine del processo, potranno aversi dei microsistemi completamente destabilizzati e la perdita definitiva di una quota-parte della riserva funzionale dei sistemi neutralizzanti che potranno ritrovarsi con elementi strutturali compromessi. È questo il caso della guarigione con postumi. Nella clinica ciò corrisponde al danno anatomico ed alla limitazione funzionale. In tali casi, non è avvenuta la morte del sistema ma è comunque, diminuito il suo contenuto informativo globale, specialmente nelle componenti che hanno direttamente fronteggiato la noxa.

Poiché il sistema biologico è la conseguenza del processo storico filo-ontogenetico (per cui il suo essere concretizza l'iter della stratificazione morfogenetico-informativa avvenuta nel tempo geologico) la diminuzione patologica del suo contenuto informativo (nelle parti danneggiate) avviene ripercorrendo a ritroso il medesimo iter.

Tale proprietà, pur non chiaramente formulata nella TGS, è affatto verificabile come comportamento isomorfico generalizzato e può essere enunciata come *Principio di Regressione*: ossia, "in un sistema il cui sviluppo, in termini di strutture e funzioni, è avvenuto progressivamente nel tempo, la destabilizzazione dell'omeostasi, comunque determinata, comporta il riemergere di attività funzionali e assetti strutturali appartenenti al passato del sistema stesso".

Nei sistemi biologici destabilizzati questo principio si manifesta con il riemergere di assetti anatomo-fisiologici che rievocano assetti e funzioni simili a quelli che il sistema o i microsistemi, specificamente interessati dall'azione della noxa, hanno presentato in una fase precedente quella del loro attuale sviluppo filogenetico. Così, ogni stato adattativo è fondamentalmente una regressione che, nelle parti coinvolte e relativamente ai sistemi interessati, potrà manifestarsi sotto forma di assetti anatomo-fisiologici anomali a minore contenuto informativo, che rievocano assetti e funzioni già percorsi nell'ontogenesi e presenti, quindi, nella filogenesi.

Qualche esempio: le lesioni al cervello comportano il riemergere di funzioni sottocorticali, le demenze corrispondono al rimbambimento (nel senso autentico di ritorno a funzioni intellettive e comportamentali tipiche dei bambini), il decadimento fisico nel vecchio (o, nei soggetti con lavori usuranti, tipo i contadini etc.) corrisponde al degrado della strutturazione corporea antigravitaria con appiattamento delle curve vertebrali, traslazione caudo-ventrale dei cingoli appendicolari, carenatura toracica etc. O, banalmente, la frequenza cardiaca che aumenta nello stress o nel cardiopatico assumendo ritmi e frequenze tipiche delle fasi embrionali, etc (Fig. 20).

A rigore, tutto ciò è perfettamente logico: così come costruendo un palazzo si comincia dalle fondamenta e, piano dopo piano, si edifica fino al tetto, nella demolizione si procede al contrario, invertendo il flusso del tempo (Fig. 21).

Ma ancor più sorprendentemente, questa logica naturale che così presiede la de-strutturazione del vivente (specularmente) sembra anche ne coordini la strutturazione. A riprova di ciò, un significativo fatto



Fig. 20



*regressivo* è il fenomeno della Neotenia (o fetalizzazione: ossia una forma di immaturità protratta – Bolk, 1894); per cui, nella filogenesi vecchie strutture diversificano nuovi contesti anatomici, attraverso la persistenza casuale nell'individuo adulto di un qualche assetto strutturale *regredito*, tipico dell'ontogenesi. Il cambiamento così ottenuto verrebbe poi selezionato: cioè trasmesso e rinforzato nei discendenti, se adattativo verso un nuovo e complementare input ambientale.

In merito, esistono numerose evidenze biologiche – come p.e. la transizione dai Cordati ai Pesci o dai Primati all'Uomo etc. – che imputano tale fenomeno come starter della metamorfosi evolutiva. Per cui, alla fine, è legittimo concludere che il Principio di Regressione (anche) determina il “divenire” filogenetico. Nel senso, che (ciò, che *appare o viene interpretato* come) la *diversificazione e/o innovazione* evolutiva in un certo organismo (*che diviene altro*) – senza dover necessariamente ricorrere ad una congerie di infinite (soccorrevoli, quanto improbabili) mutazioni genetiche puntiformi – potrebbe semplicemente corrispondere ad una rimodulazione della maturazione ontogenetica fra preesistenti “*vecchie*” parti anatomiche. Per cui, se fra queste alcune accelerano o rallentano il loro iter morfogenetico rispetto al resto; rispettivamente, il tutto o una sua parte si assesteranno (poi, relativamente) *regressi* a fine sviluppo, ottenendo una *diversa e/o nuova* configurazione anatomica nell'adulto, poi trasmessa come tale nella generazione successiva... e, così via.

In tal caso, il cambiamento (salto evolutivo) è una meta-comunicazione che coinvolge il livello superiore delle regole operative e che non riguarda il messaggio genetico in se, ma il *fluire* locale del suo potenziale informativo. Ossia non il lessico (che in fondo, rimane sempre lo stesso) ma la sintassi (temporale) della sua espressione morfotipica.

In questa rimodulazione, un qualsivoglia nuovo input dell'ambiente (informazione ambientale) sollecita stocasticamente *l'attuale* stratificazione mnesico-filogenetica del genoma (propriamente, il cumulo fisico della memoria genetica codificata in DNA) e ne orienta *diversamente* l'espressione fenotipica a vario livello nella gerarchia sistemica (anche) *rieditando soluzioni del passato* che possano opporsi o ancora meglio asservire il nuovo input, fino a selezionare (fare *emergere*, per tentativi ed errori) *un nuovo assemblaggio* (sistemico) meglio adatto. Ossia, quello idoneo a far da chiave in quella specifica serratura ambientale. Tale rimodulazione *spalma* il cambiamento adattativo in molti siti anatomici (livelli sistemici) contemporaneamente (in ciò,



adeguandosi alla legge del bilanciamento di Goethe) con un apparente finalismo ed una coordinazione che nulla ha di miracoloso, ma che rappresenta invece, l'epifenomeno più appariscente dei riequilibri energetici (flussi informativi, omeostasi, etc.) che la gerarchia sistemica dell'organismo attua (e subisce) nell'opporci alla controparte ambientale.

La suddetta dinamica chiarisce come il medesimo pool genomico (soprattutto negli organismi inferiori e/o nelle piante, etc.) al variare delle condizioni ambientali, possa dare origine ad organismi fra loro anche notevolmente *difformi*, che spesso riproducono un mix variabile di forme ancestrali prototipiche. Per cui è ipotizzabile che, nel tempo geologico, dalla sommatoria genomica cumulativa di (piccole) numerosissime siffatte *regressioni* locali sono state generate (partendo da poche, semplici conformazioni di base) tutte le strutture e forme viventi: da cui – presupponendo altrettanti livelli meta-comunicativi – i Taxa, i Tipi, i Generi, le Specie etc. ... con le corrispettive (e complementari ai loro ambienti) diversità anatomiche (Fig. 22).

## VERSO UNA CHIRURGIA SISTEMICA

Comunque, nel nostro specifico, l'assunto del principio di *Regressione* è la base concettuale per la comprensione della *patogenesi generale dell'evento dismorfo* (cioè la logica con cui si esprime clinicamente) nelle strutture bio-

logiche e, relativamente allo scopo di questo lavoro (come sarà meglio discusso in altro studio di questo volume – v. pag. 57) delle *dismorfie del piede congenite e/o acquisite*; e anche nella mano, del c.d. "carpo adattativo" congenito e/o acquisito post-trauma (v. pag 95)

Inoltre, ancora nella rigenerazione nervosa, nella strutturazione del callo di frattura, nelle problematiche torsionali degli arti in relazione all'utilizzo delle protesi articolari, etc.

Ancora, gran parte di tutto ciò che di *significativo* è in questo studio (e negli altri consimili, del volume) deriva dall'applicazione del fondamento "euristico" implicito nel principio di *Regressione*, integrato alla visione naturalistica di Goethe. Tale link ha consentito di "prevedere" ciò che avrebbe dovuto "esserci" nelle patologie del Piede e della Mano e che poi l'osservazione anatomica e studio della filogenesi comparata ha effettivamente "trovato" (v. pag. 57).

Così definendo una nuova visione biomeccanico-sistemica di queste strutture e una nuova metodologia chirurgico-sistemica (naturale ed implicita a priori nel danno stesso) volta a risolvere il danno della loro patologia strutturale.



Anticipiamo, che questa prassi considera l'atto chirurgico un *input ambientale* (deliberato dalla mente consapevole del chirurgo) introdotto nella gerarchia sistemica con l'obiettivo di (in)formare la struttura sofferente *in direzione della norma*; ciò significa, in realtà, agire nella totalità dell'organismo-paziente contestualizzato nell'ambiente in cui vive e lavora; da cui l'enorme responsabilità, per le infinite variabili da considerare.

In tal senso, comunque, a districare il dedalo del possibilismo empirico è il filo di Arianna del Principio di Regressione e la metodologia chirurgica derivata che comporta il *completamento dell'epigenesi locale* nel danno congenito da regressione locale (p.e. nella correzione del piede torto, del piattismo o dell'alluce valgo – v. pag. 77) oppure *l'ottimizzazione funzionale* (sempre, attuata chirurgicamente) di una regressione locale al più alto livello filogenetico ancora compatibile (p.e. la trasformazione dell'assetto meccanico e strutturale delle ossa del polso, analogamente al carpo dei Dinosauri) da effettuare nel *carpo adattativo* da danno irreparabile della radio-carpica, etc. (v. pag. 96 et seg.).

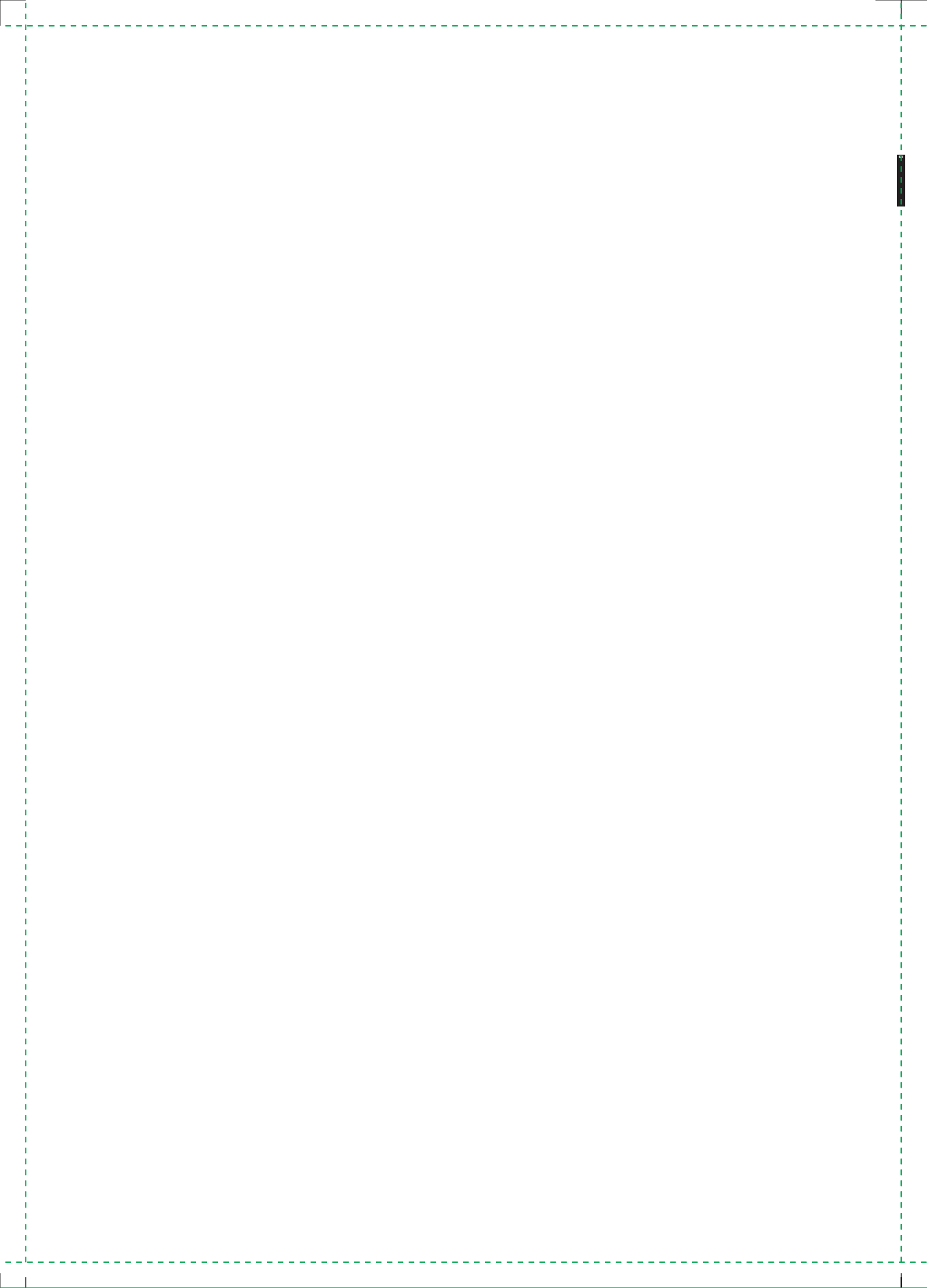
#### BIBLIOGRAFIA (essenziale)

- Bateson G. Verso un'ecologia della mente (Steps to an Ecology of Mind). Adelphi ed. S.p.A., Milano, 1976.
- Bateson G. Mente e natura (Mind and Nature). Adelphi ed. S.p.A., Milano, 1984.
- Bolk L: Il problema dell'ominazione, A cura di Rossella Bonito Oliva. Derive Approdi, Roma 2006.
- Bonola A., Caroli A., Celli L.: La Mano – Piccin editore Padova: 3-42, 1981.
- Bonner J. T. Le idee della Biologia. Biblioteca della EST., Milano, 1964.
- Canepa G., Pelizza A., Pietrogrande V.: Le malattie dello scheletro in età evolutiva – Vol 1, Piccin Nuova Libreria SPA - 1987, Padova.
- Darwin C.: L'origine delle specie (intr. Montalenti G.), Editore Boringhieri s.p.a., Milano, 1967.
- Enciclopedia Italiana delle Scienze Vol. II. Gli Animali vertebrati: i Primati 641-704. Istituto Geografico De Agostini, Novara 1969.
- Encyclopedia of Dinosaurs and Prehistoric Life: Dorling Kindersley Limited, London 2001.
- Goethe J.W.: Teoria della natura. Boringhieri, Torino, 1968.
- Goethe J.W.: Opere a cura di Vittorio Santoli. Sansoni Editore, Firenze 1970.
- Grippi G.M. Medicina e cibernetica: implicazioni metodologiche della Teoria dei Sistemi applicati al piede. Chir. del piede, vol. 7, n. 1, 1983.
- Grippi G.M. La Teoria dei Sistemi in Ortopedia: saggio monografico su l'ipotesi biocibernetica dell'etiopatogenesi delle dismorfie del piede con

- particolare riguardo all'Hallux Valgus. Atti e memorie SOTIMI Vol XLIX - N. 2, 69-107 - Idelson - Napoli, 1986.
- Grippi G.M.: La Chirurgia della Coxa Manus: avvero, applicazioni chirurgiche della Meccanica Biarticolare Concentrica ai problemi del polso danneggiato: G.I.O.T. 2002; (Suppl.1): 5147-53.
  - Haeckel E., The History of Creation (1868), translated by E. Ray Lankester, Kegan Paul, Trench & Co., London, 1883, 3rd edition, Volume 1.
  - Haeckel E. Generelle Morphologie der Organismen. Berlino, t. 11, 300, 1866.
  - Lewis O.J.: Derived morphology of the wrist articulations and theories of Hominoid evolution. Part I. The lorisine Joint. J. Anat. 140, 3, pp.447-460. Printed in Great Britain. 1985.
  - Lewis O.J.: Derived morphology of the wrist articulations and theories of Hominoid evolution. Part II. The midcarpal Joint of Higher primates. J. Anat. 142, pp. 151-172. Printed in Great Britain. 1985.
  - Margaria R. Fisiologia e meccanica del movimento. Biblioteca EST, Milano, 1975.
  - Miller J. G. La Teoria Generale dei Sistemi Viventi. Collana Scientifica Franco Angeli, Milano, 1978.
  - Montalenti Compendio di embriologia. Idelson, Napoli, 1981.
  - Paparella Treccia R.: Il piede dell'Uomo, profilo storico-strutturale. Verduci editore, Roma 1977.
  - Pisani G.: Trattato di Chirurgia del piede. Ed. Minerva Medica, Torino, 1990.
  - Rossi P.A.: Cibernetica e teoria dell'informazione. Editrice La Scuola, Brescia, 1978.
  - Shannon C., MC Carthy J.: Automata Studies. Princeton Univ. Press., New York, 1956.
  - Steiner R.: Le opere scientifiche di Goethe. Melita editori, Milano 1988
  - Tanner J.M. Auxologia: dal feto all'uomo, la crescita fisica dal concepimento alla maturità. Ed. UTET, Torino, 1981.
  - Thomson K.S.: Morphogenesis and Evolution. Oxford University Press, New York, 1988.
  - Von Bertalanffy L. The theory of Open Sistem in Phisies and Biology. Scienze, New York, 111, 23, 1950.
  - Von Bertalanffy L. Teoria generale dei Sistemi. Mondadori Studio, 1983.
  - Waddington H. C. Strumenti per pensare, un approccio globale ai sistemi complessi, Biblioteca EST, Milano, 1977.
  - Wiener N. Introduzione alla cibernetica. Boringhieri, Torino, 1966 (The Human Use of Human Beings, Hugton a Miffin Co., Boston, 1950).
  - Winsdom J. O. The Hipothesis of Cibernetics. In: The British Journal for Philosophy of Scienze, vol. 11, 5 1, may 1951.

# II TAVOLA ROTONDA

SISTEMICA “REGRESSIVA”  
PLURI-DISTRETTUALE



## REVISIONE EPISTEMOLOGICA ED OLISTICA DEI PROCESSI DI RIGENERAZIONE E DI GUARIGIONE DELLE LESIONI DEI NERVI PERIFERICI

*Giorgio Brunelli*

Già Direttore della Clinica Ortopedica dell'Università di Brescia

La richiesta del dott. Grippi di una revisione olistico-epistemologica dei processi di rigenerazione dei nervi periferici mi ha dapprima sorpreso perché i dati raccolti da migliaia di ricerche ed osservazioni cliniche negli ultimi decenni sono talmente tanti che a prima vista non mi sembrava necessaria una ricerca simile; ma poi ho pensato che in realtà si sono fatti migliaia di studi sulle lesioni dei nervi periferici e sui processi di rigenerazione e di guarigione spesso condotti su animali diversi, su nervi diversi, in soggetti di età differenti, con lesioni cliniche e sperimentali diverse, con tempi di osservazione variabili, con metodi di valutazione dissimili e che forse valeva la pena di trarre delle considerazioni globali di valore scientifico universale.

*Questa valutazione ha dimostrato che i processi di rigenerazione dei nervi ricalcano in massima parte quei processi di formazione dei nervi che si hanno nell'embrione ed in animali molto più bassi nella scala evolutiva.*

Vedi immagini corrispondenti alle diapositive della relazione.

Rivediamo dunque per sommi capi quanto avviene nell'embrione:

il sistema nervoso (centrale e periferico) prende origine con l'azione della bmp4 (bone morphogenic protein 4) dall'ectoderma ed in particolare dalla piastra neurale che poi si trasforma in tubo neurale (processo di neurulazione).

Il tubo neurale genera: 5 vescicole encefaliche ed il midollo spinale.

Il sistema nervoso é composto da *neuroni* (circa 100 miliardi nel cervello umano) e da *cellule gliali* (fra 1000 e 5000 miliardi nel cervello umano) le cellule nervose durante lo sviluppo embrionale devono trovare la strada da percorrere attraverso lunghe distanze lungo il midollo spinale e il cervello.

Esse percorrono una strada tracciata dalla migrazione verso la corteccia cerebrale delle cellule della glia e gli assoni che crescono dai neuroni (sia motori che sensoriali) seguono gli stimoli che vengono prodotto da molecole guida di superficie (delle cellule) o diffusibili (queste molecole derivano dal moncone distale o dai muscoli che secernono anche una varietà di fattori neurotrofici).

L'estremità in crescita di un assone, o "cono di crescita" incontra delle molecole guida che gli indicano il percorso da seguire.

Programma di interazioni cellulari che progressivamente restringono il fato di una cellula (notch).

Differenze molecolari dei neuroni

Differenze nei neurotrasmettitori

Geni



Cellule gliali e guaina mielinica isolante

Sintesi delle proteine nel corpo cellulare ribosomi (103)

Trasporto assonale

Canali jonici voltage gated & chemical gated

Potenziale di membrana

Potenziali d'azione

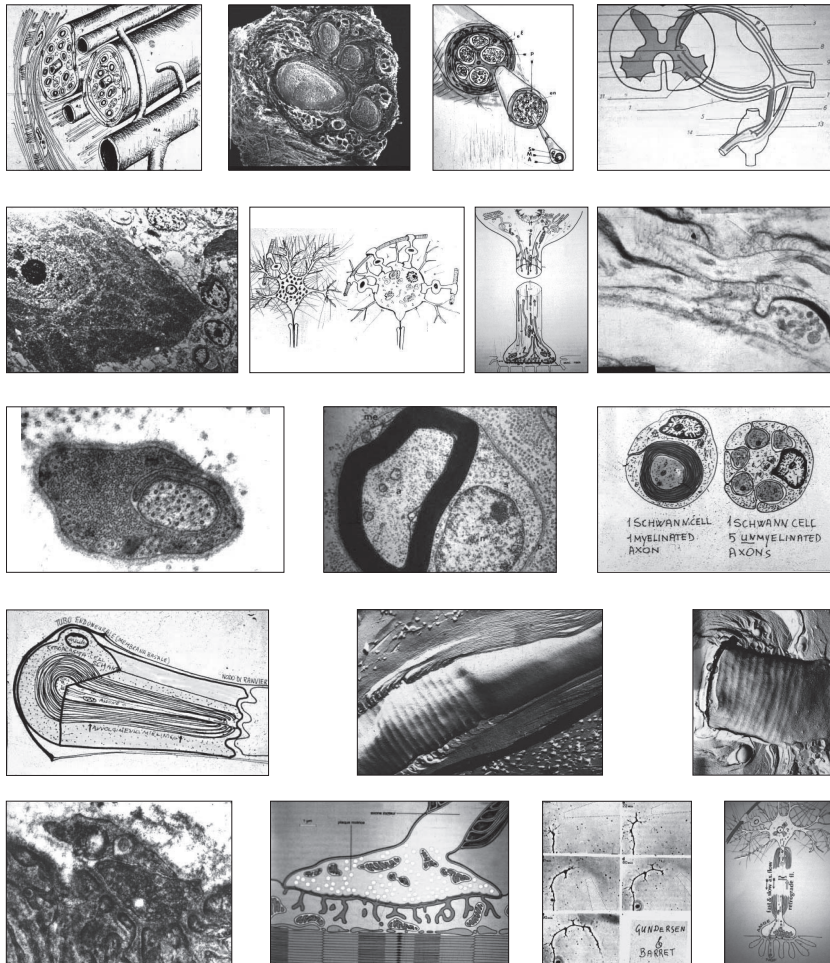
Sinapsi

Direzione e progressione degli assoni sono guidati da molecole di superficie (CA.M.) e da fattori diffusibili del target

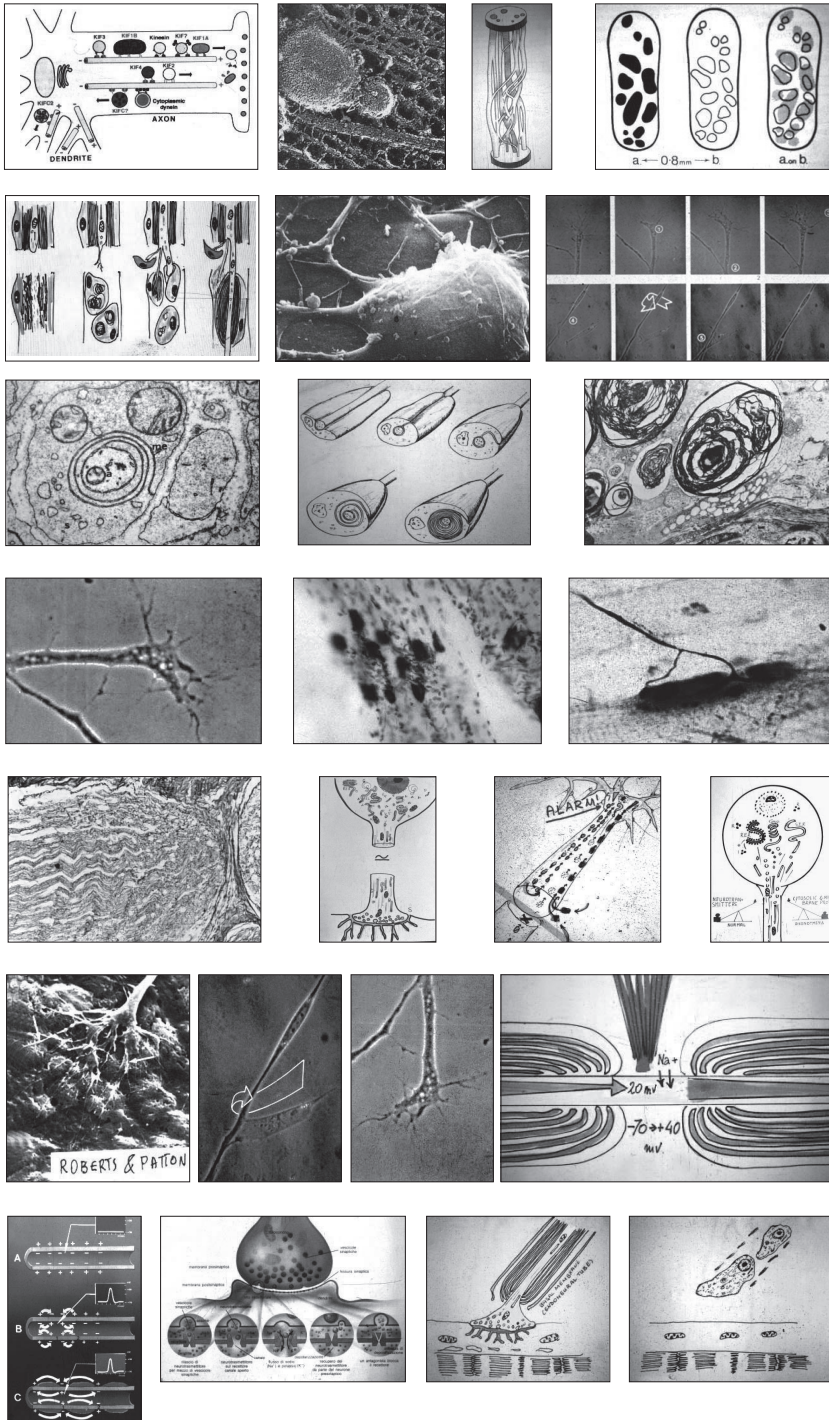
Guida degli assono al loro obbiettivo

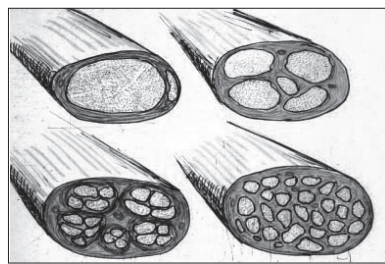
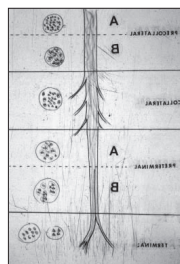
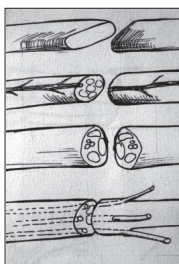
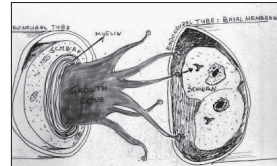
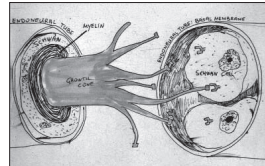
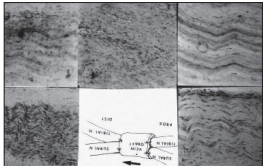
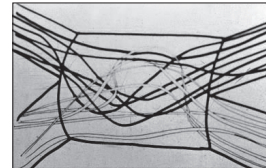
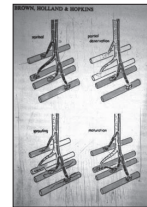
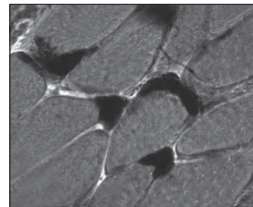
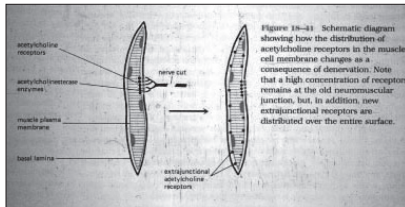
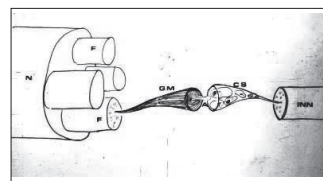
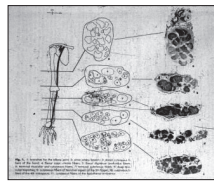
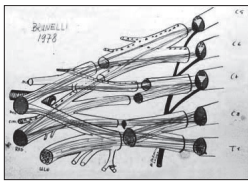
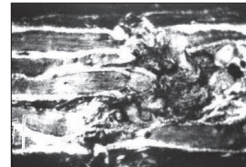
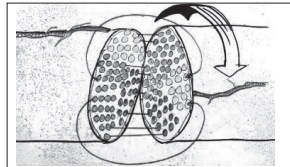
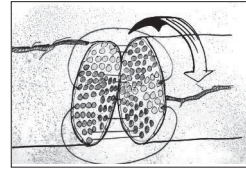
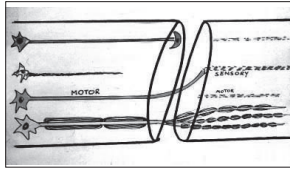
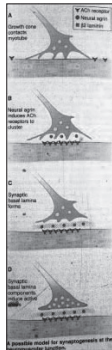
Growth cones rispondono alle molecole guida

Laminine, cam, netrine (chemoattractant) Efrine e sewmaforine inibitrici, fattori solubili attraenti e repellenti (1084)(1112)

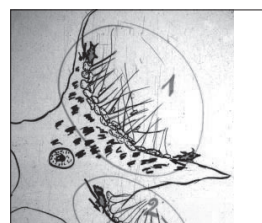
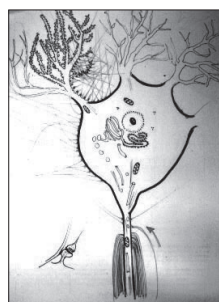
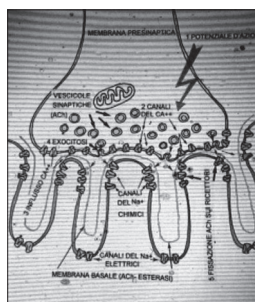
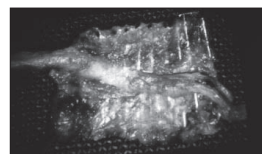
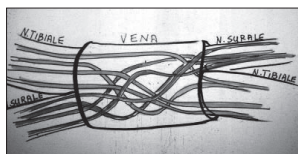
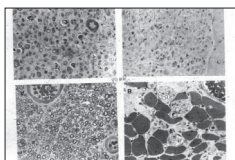
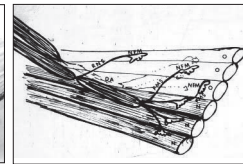
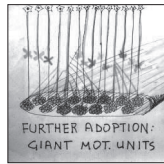
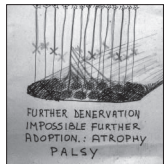
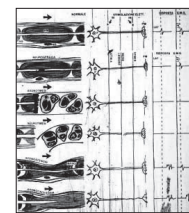
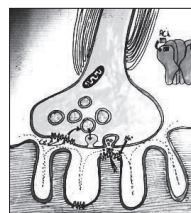
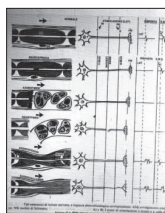
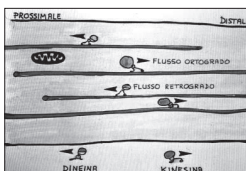
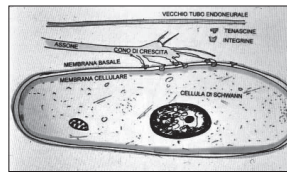
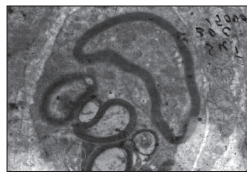
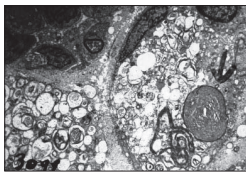
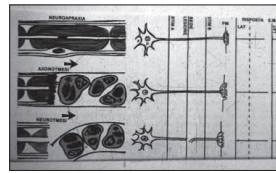
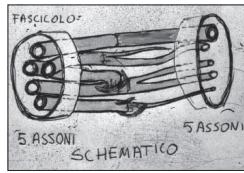


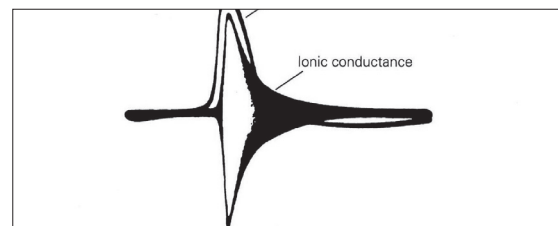
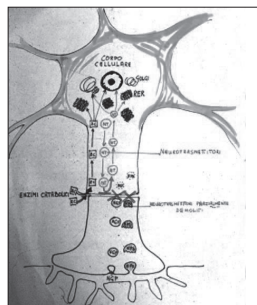
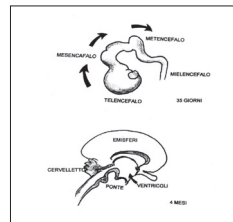
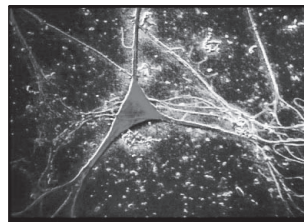
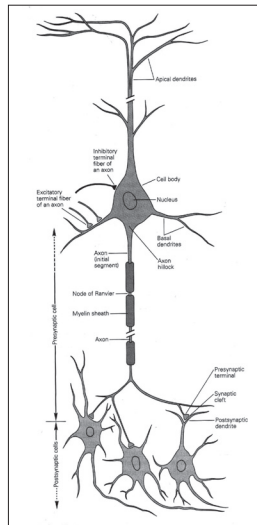
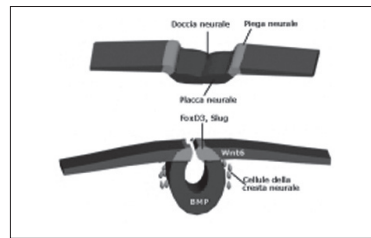
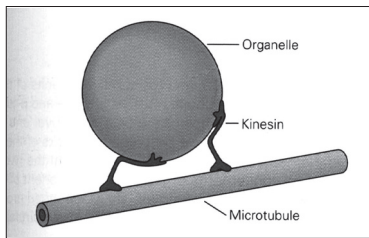
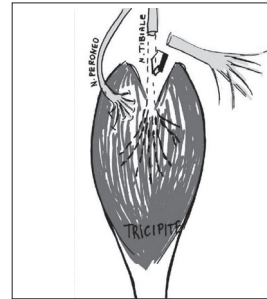
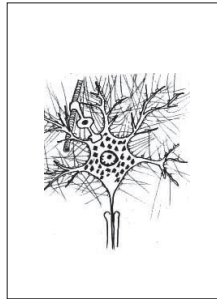
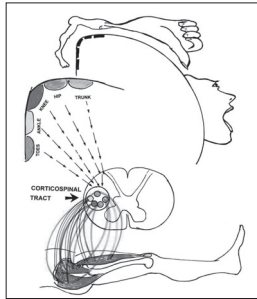




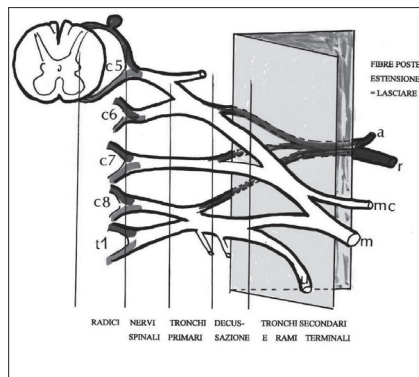
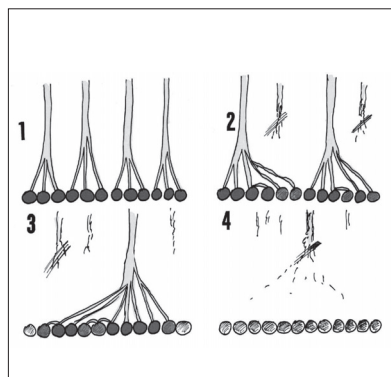
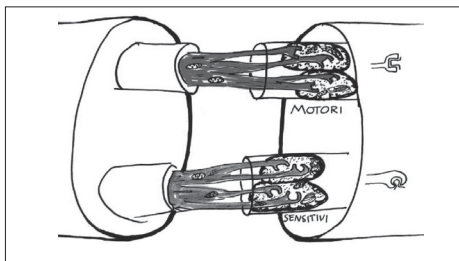
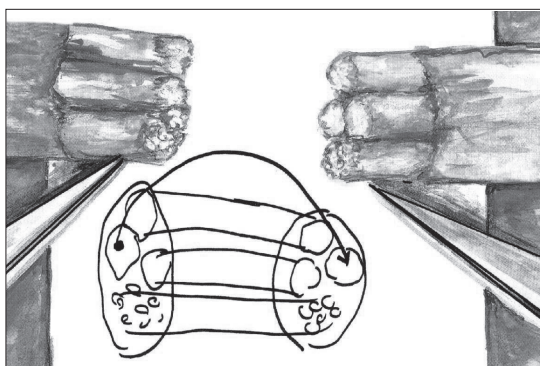
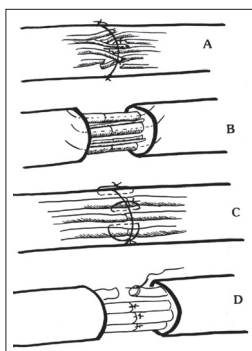
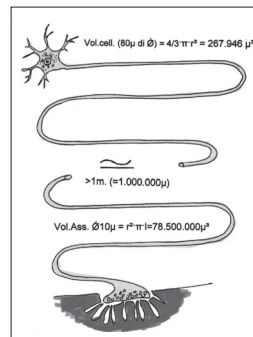
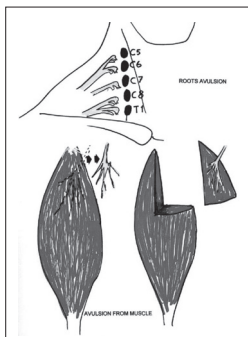
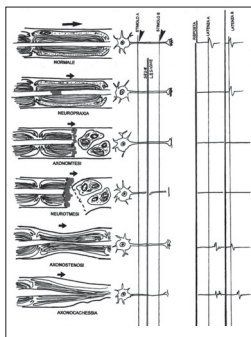




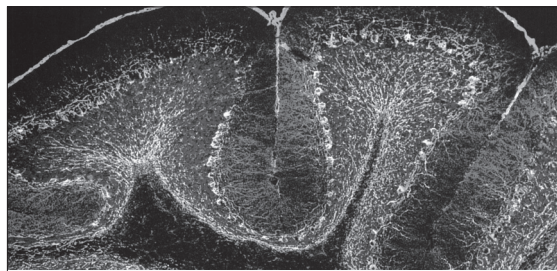
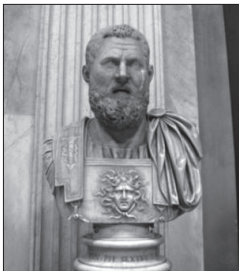
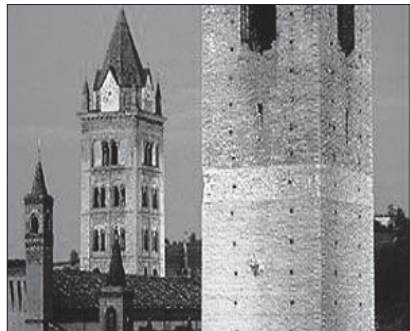
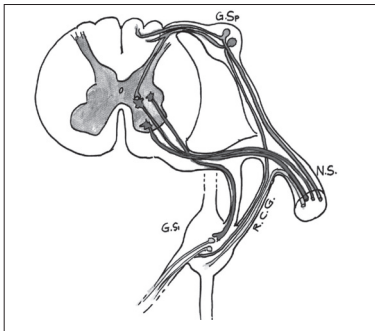
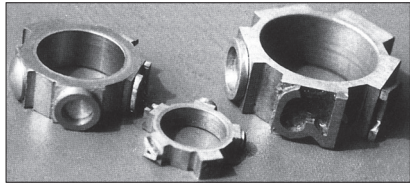
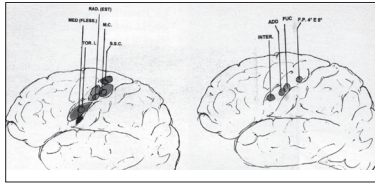
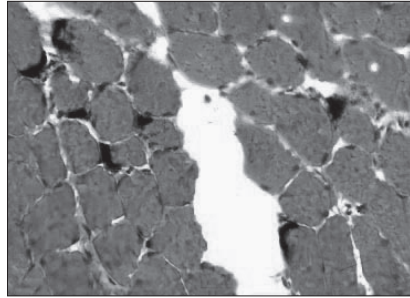




**Figure 9-1** A net increase in ionic conductance in the membrane of the axon accompanies the action potential. This historic recording from an experiment conducted in 1938 by Kenneth Cole and Howard Curtis shows the oscilloscope record of an action potential superimposed on a simultaneous record of the ionic conductance.







# FILO-ONTOGENESI “SISTEMICA” COMPARATA DELLA MANO E DEL PIEDE E REPLICAZIONE NELLA PATOLOGIA DISMORFICA E TRAUMATICA

Gaetano Maurizio Grippi

Vice-direttore, Responsabile di Chirurgia della Mano, SOC di Ortopedia e Traumatologia Alba ASL CN2 del Piemonte

*Non c'è nulla di più profondo  
di ciò che appare in superficie*  
Hegel

## INTRODUZIONE

In questo studio saranno discusse le correlazioni *sistemiche* della Mano e Piede *dismorfici*, per patologia congenita, degenerativa o post-traumatica. Per la comprensione è *propedeutica* la lettura della *Metamorfosi Goethiana* (pag. 23).

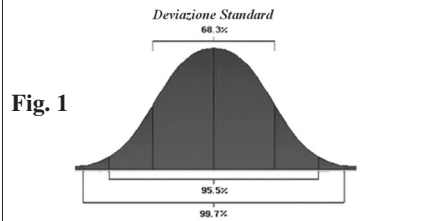
Nel suddetto contesto, è da precisare che con “assetto dismorfico” o “dismorfia” intendiamo assetti strutturali congeniti e/o acquisiti anatomicamente non corretti; ossia, non statisticamente normali secondo la classica curva di distribuzione di Gauss (Fig. 1).

Le dismorfie saranno definite in termini cibernetici, e classificate nell'ambito della Teoria dei Sistemi, con l'enunciazione della Legge Dismorfogenetica conseguente l'applicazione del Principio di Regressione alla loro interpretazione propedeutica.

Ad esemplificare saranno casi di comune riscontro clinico, con l'avvertenza che il manifestarsi di dismorfie *acquisite* (rispetto quelle (con)*genetiche*) è determinato da *fattori ambientali* differenti nei due arti, in relazione ai diversi input che dall'esterno possono più facilmente sollecitarli. Rispettivamente: *nell'arto superiore l'input traumatico in primis* e in secondo luogo quello meccanico-degenerativo (over-use occupazionale, reumopatie etc.); invece, *nell'arto inferiore l'input meccanico del carico in primo luogo*, e secondariamente quello traumatico-degenerativo.

Inizieremo con l'espone brevemente sulla filo ontogenesi degli Arti comparando la strutturazione epigenetica della Mano e del Piede.

Con “assetto dismorfico” o “dismorfia” intendiamo assetti strutturali congeniti e/o acquisiti non corretti; ossia, non statisticamente normali secondo la classica curva di distribuzione di Gauss.



## CENNI DI FILO-ONTOGENESI COMPARATA DEGLI ARTI

Intanto, bisogna premettere che l'attuarsi e il divenire metamorfico degli arti segue fasi goethiane alterne di espansione e contrazione (nell'ontogenesi, clinicamente evidenti *principalmente* negli scatti di crescita), da cui: il Turgor I di aumento ponderale (2-4 anni), la Proceritas I (5-7 anni) di allungamento, il Turgor II (8-10 anni) di aumento muscolare, la Proceritas II (12-14 anni) di ulteriore allungamento, il Turgor III (14-17 anni) di ulteriore aumento volumetrico, il periodo post-pubertario (17 - 20/23 anni) ancora di allungamento (nei maschi), che completano la crescita somatica etc.

Allo stesso modo, ogni segmento dell'arto in sviluppo segue la legge del bilanciamento, per cui ogni anomalia della conformazione e/o crescita locale inevitabilmente comporta il compenso di un'alterato sviluppo e/o adeguamento strutturale da qualche altra parte, etc. (Fig. 2).

Per evidenziare questi fenomeni nella clinica e fondamentale per l'ulteriore discussione sulla pato-meccanica dismorfica dell'arto inferiore (e del piede, in particolare) è adesso utile una breve digressione bio-cibernetica sul:

*Sistema di Trasmissione del Carico (STC) (Fig. 3).*

Questo sistema comprende tutte le strutture dell'organismo deputate alla trasmissione ed utilizzo meccanico del carico. Ne sono componenti:

1) *Elementi prevalentemente sollecitati in compressione.* Ossia, quelle componenti scheletriche portanti (rachide, bacino, arti inferiori) che, a questo scopo, presentano un'organizzazione ultrastrutturale in trabecole ossee disposte secondo linee di forza.

2) *Elementi prevalentemente sollecitati in trazione.* Ossia, gli haubans muscolari dal rachide al piede, coi tendini e legamenti periarticolari associati.

L'attività del sistema si avvia nel contatto piede-suolo con la c.d. *reazione d'appoggio*. Questa genera il carico (analogo dello "sforzo" ingegneristico), e può essere definito come la forza esercitata dal corpo di massa (m) sottopo-

Allo stesso modo, ogni segmento dell'arto in sviluppo segue la legge goethiana del bilanciamento, per cui ogni anomalia della conformazione e/o crescita locale inevitabilmente comporta il compenso di un'alterato sviluppo e/o adeguamento strutturale da qualche altra parte, etc.

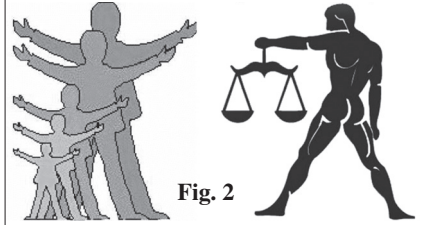


Fig. 2

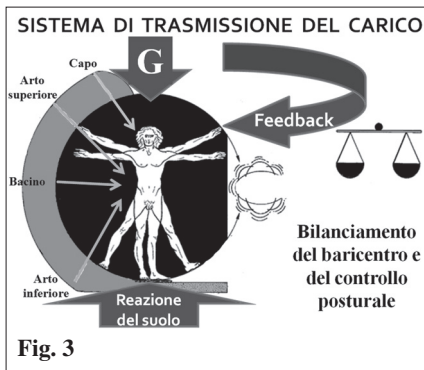


Fig. 3



sto all'accelerazione di gravità (G) sulla superficie plantare (S). Ossia:  $Carico = mG/S$ . Questa forza nel soggetto eretto e a riposo coincide con il peso corporeo. Nel movimento accelerato, invece, bisogna considerare la reazione inerziale che può elevare (anche di parecchio) il carico per unità di superficie plantare (p.e. nella corsa, nel salto etc.)

*È qui da ricordare il ruolo fondamentale svolto dal carico nel determinismo filogenetico della conformazione dell'arto tetrapode. Questa, infatti corrisponde alla copia negativa di quello. Ossia, non il carico ma ciò che questo comporta è concretizzato nella forma "arto".*

Comunque, in fisica il carico corrisponde all'energia di deformazione elastica accumulata fra le molecole della materia quando sollecitata da una forza. Mentre in termini cibernetici, per il fatto di modificare (reversibilmente) l'organizzazione molecolare, è un input ambientale che entra e percorre in successione gli elementi anatomici succitati – svolgendovi, fra l'altro in virtù del suddetto "pompaggio molecolare" – una benefica ed insostituibile azione trofo-meccanica a livello del sottosistema gerarchicamente correlato: il Sistema di Mantenimento e Trofismo Architetturale, discusso in altro studio di questo volume (v. pag 39).

In realtà, sono le forze impulsive dei muscoli e dell'inerzia che mentre contrastano G producono nella reazione d'appoggio il carico, *come input identificante il sistema*. L'output, invece, è l'equilibrio dinamico che si realizza fra la (micro)deformazione indotta nelle strutture sollecitate e la loro tenuta. Dalla perdita di questo equilibrio, nei rispettivi termini, deriva la possibile azione patogena del carico. Ossia, se il carico è eccessivo nei confronti di una struttura normale questa può rompersi o collassare (es. in una caduta); viceversa, se la struttura è indebolita da alterazioni acquisite (es. osteoporosi, reumatopatie etc.) o congenite (es. Marfan, Ehlers-Danlos etc.) anche il carico normale potrà deformarla.

Poiché, tutti i componenti del sistema sono interconnessi, la reazione al carico esibita da un dato elemento dipende, oltre che dalle sue specifiche strutturali, anche da quelle di altri elementi sovra e sottosegmentari. In tal senso, il dimorfismo sessuale fra i maschi e le femmine della nostra specie, effettivamente verifica che la funzione del sistema è strettamente correlata all'anatomia.

Nella Donna infatti, il bacino quale elemento del sistema è, a fine crescita, di conformazione e dimensioni relativamente maggiori che non nell'uomo con la stessa mole corporea: è più inclinato, più largo, meno alto e meno spesso, con distanza inter-acetabolare più elevata.

Il dimorfismo è supportato da diversità endocrine e auxometriche; ma certamente ogni differenza deriva (a monte) dalla selezione naturale che operando sul corpo femminile ha favorito, in primo luogo, le funzioni collegate alla sopravvivenza della specie.

Ma, per strutturare la donna alla gestazione e al parto si è dovuto risparmiare da qualche altra parte, seguendo la legge del bilanciamento. In questo caso, l'economia sembra avere riguardato l'adattamento nei confronti del bipedismo, con più facile tendenza alle devianze patologiche nel sistema (Fig. 4).

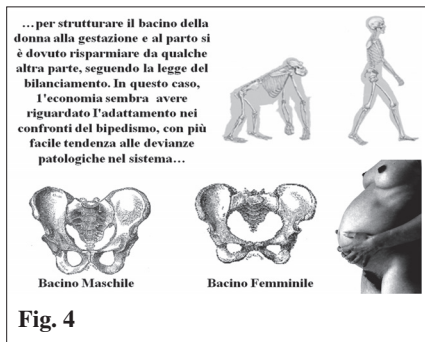
A riguardo, è noto che nelle bambine è più facile la comparsa di anomalie femoro tibiali, come ad esempio il ritardo della fisiologica detorsione femorale con manifestazione subclinica di una coxa anti-versa che generalmente, si risolve spontanea nell'80% dei casi. Tuttavia, tale risoluzione può essere – sofferta (con *dolori crurali* nell'adolescenza) o – incompleta, in quanto le strutture ossee possono rimanere *fissate* dalla relativa precocità di chiusura delle epifisi di accrescimento rispetto ai coetanei maschi.

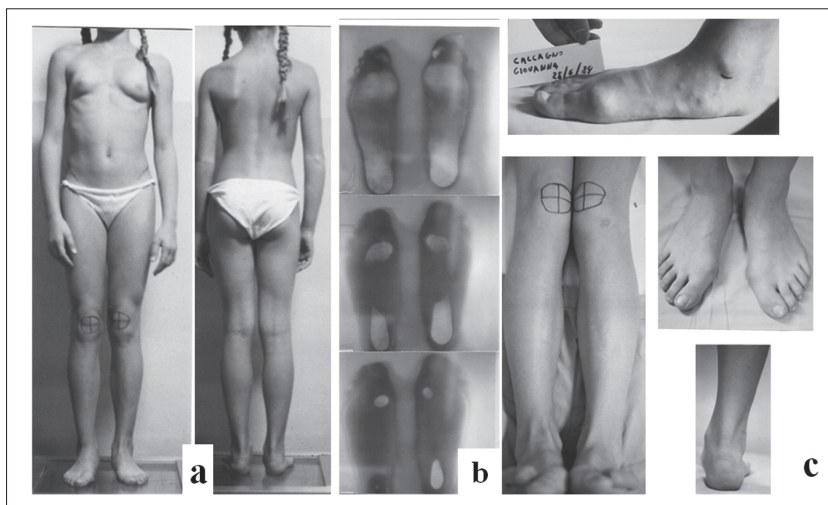
In tal caso, il complesso sistemico *destabilizzato* tende ad attivare una serie di fenomeni adattativi (di riequilibrio omeostatico) rappresentati da *compensi morfo-funzionali spalmati in tutta la gerarchia sistemica*, corrispondenti ai meccanismi di riserva funzionale di ogni singolo sottosistema secondo le sue potenzialità. Fra questi ad es., la riconfigurazione degli schemi motori, la comparsa di un paramorfismo rachideo (iper-lordosi lombare, cifo-scoliosi etc.), l'intra-rotazione dell'arto, etc.

Questi adeguamenti (inizialmente funzionali) possono (se perdurano, nel tempo) *strutturarsi* e risaltare sul piano clinico: p.e. la diminuzione dell'angolo di Fick (del passo), lo strabismo rotuleo convergente etc. o, nel piede, con il disorientamento dell'asse di compromesso della sottoastragale lungo la linea di progressione della marcia o con la pronazione funzionale (statica) del complesso retroavampodale etc.

In particolare (anticipiamo), che la pronazione statica del piede (facilmente osservabile al podoscopio in entrambi i sessi, ma *soprattutto nelle bambine*) ha un carattere "regressivo" che corrisponde al recupero adattativo della "prensilità ancestrale" del I raggio e possiede una certa valenza morfosante nello sviluppo normale, come *atteggiamento funzionale (transitorio, e limitato all'età evolutiva) che accompagna gli scatti di crescita delle Proceritas*. Per cui è da considerare utile nel favorire il *fisiologico processo detorsionale* dell'arto che (per tutta l'infanzia) tende ad allungare in *intra-torsione*. In tal caso, effettivamente, l'informazione ambientale del carico è complementare a quella genetica.

Ma, nei soggetti (maschi e femmine) con insufficiente tutela genica del processo (e, anche, in quelli che subiscono una *schermatura ambientale* per l'incongrua applicazione di ortesi plantari *correttive*) si può deviare nel patologico. Ossia, normalmente nell'assestamento della crescita, quelle parti scheletriche ancora suscettibili di modellamento, sollecitate dal carico sono indotte a *mutare forma corrispondentemente*, così da minimizzare e ripartire lo sforzo sull'intera struttura. Ciò nel fisiologico, avverrebbe armonicamente dappertutto (assecondando la legge del bilanciamento) col risultato finale di una conformazione "normale". Nel patologico invece, avverrebbe disarmonicamente con dismorfi-





**Fig. 5: Influenza del Sistema di Trasmissione del Carico (STC) sull'assetto evolutivo del morfotipo in bambina prepubere di 12 aa**

- a) Notasi lo strabismo rotuleo convergente da antiversione dell'anca; l'assetto in cavo-valgismo dei piedi; l'iperlordosi lombare ed il basculamento del bacino.
- b) Al pressopodoscopio risulta evidente il salto di carico al mesopiede e la sua anomala insistenza sul primo raggio. Ossia, vi è una assetto permanente di "pronazione statica" per cui il carico è medializzato sul piede astragalico a rievocarne la "prensilità ancestrale".
- c) Nei dettagli, notasi come la disinformazione genético-ambientale dell'STC risulta "spalmata" nei vari segmenti dell'arto provocando un graduale cedimento nella struttura più debole. In questo caso è maggiormente coinvolto l'avampiede dove sta strutturandosi l'allargamento del ventaglio metatarsale con sviluppo di valgismo dell'alluce.

smi spesso strettamente localizzati. In quest'ultimo caso, fra le numerose manifestazioni cliniche si può, ad esempio, avere: la coxa antiversa, il ginocchio valgo, l'escurvato-varismo tibiale, la rotula alta, l'Osgood Shattler il Koelher I-II (fra le molte possibili osteo-condrosi) il cavo-valgismo con brevità dell'Achille, l'abduzione dell'avampiede, l'Haglund etc.

Il realizzarsi dell'uno o dell'altro evento dipende da quale locus minoris resistentiae è nell'arto per meiopragia genetica o patologica secondaria (es. rachitismo, disendocrinismi, turbe neurologiche, danni post-trauma, etc.) tenendo presente che il rimodellamento tende a concentrarsi sulle epifisi ancora aperte e sulle entesi dei vettori tendinei maggiormente sollecitati.

In particolare nell'arto inferiore (come innanzi, sarà meglio illustrato) *se si mantiene nel piede la persistenza anomala* (post-adolescenziale e finanche nell'adulto) *dell'assetto di pronazione statica* (e non è più possibile ricorrere ad altri adattamenti) *si possono avviare processi deformanti "acquisiti" capaci di condurre a fenomeni discongruenti articolari sovra segmentari (con evoluzione tardiva verso l'artrosi, principalmente nell'anca e/o nel ginocchio) e/o nel piede, al piattismo o alla sindrome dell'alluce valgo, etc* (Fig 5).

Adesso... possiamo esporre l'essenziale...

### *Sull'ontogenesi dello scheletro appendicolare*

Consideriamo che nell'embrione il blastema mesenchimale degli arti è auto-differenziante (cioè, determinato *esclusivamente* dal fluire locale dell'informazione genetica) solo all'inizio e fino al costituirsi dell'abbozzo cartilagineo; la *successiva maturazione in osso* è, *inve-*

*ce, determinata principalmente da input ambientali di tipo meccanico*: già nel 2° mese di gravidanza, con movimenti intrauterini; nel post-nascita con le attività motorie... fino all'adolescenza e ... oltre.

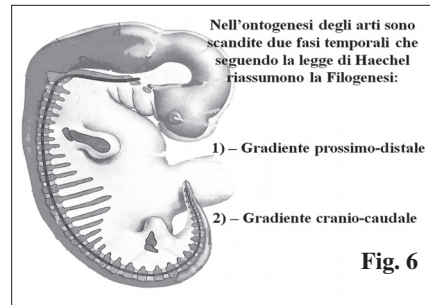
Nello sviluppo locale, sono scandite due fasi spazio-temporali che, seguendo la legge di Haeckel, riassumono quanto avvenuto nella filogenesi: il primo gradiente *prossimo-distale* per cui le strutture prossimali si formano prima di quelle distali (es. la spalla si sviluppa prima della mano); il secondo è *cranio-caudale* per cui l'arto superiore appare, si differenzia e matura prima (con un gap  $\pm$  di 24 h) dell'arto inferiore (Fig. 6).

Nell'utero materno, gli arti originano verso la 2<sup>a</sup>-3<sup>a</sup> settimana (s) dal costituirsi dello zigote, dall'estremità di due creste pinniformi (che rievocano quelle degli ultra-remoti antenati pesci) decorrenti ai lati dell'embrione: le creste di Wolff. Le gemme sono costituite da mesenchima ricoperto da ectoderma con elementi mesodermici provenienti dai dermomiotoni. La cute e i nervi vengono a costituirsi dall'ectoderma e dal dermatomo; lo scheletro, le articolazioni, i legamenti, i tendini e i vasi dal mesenchima; i muscoli dai miotomi. Sono le cellule mesenchimali a indurre lo sviluppo ed il mantenimento della cresta che a sua volta ricambia inducendo con il suo margine apicale ectodermico la *competenza* per formare i futuri abbozzi scheletrici degli arti.

Alla nascita gli arti superiori sono più lunghi di quelli inferiori (in ciò, riproponendo l'assetto dei progenitori scimmieschi). Questo gap, tuttavia, viene colmato durante l'infanzia e ribaltato al termine dell'adolescenza, ripercorrendo il cambiamento nelle proporzioni corporee obbligato dall'assunzione della stazione eretta nella filogenesi.

Arto superiore e inferiore sono molto simili nelle prime fasi dello sviluppo (per l'identica matrice morfotipica goethiana). Effettivamente, si può verificare che lo sviluppo longitudinale dell'arto consegue alla segmentazione seriale di un prototipo: *l'archipterigio*, costituito da una fila più o meno ramificata di ossa, che sono repliche *formalmente identiche di uno stesso elemento originario*.

A questo proposito è fondamentale ribadire che il realizzarsi dell'arto non è un fatto semplicemente appositivo (come la crescita di un capello) ma *un divenire metamorfico* di un'unità (sempre la stessa) che *semplicemente* espri-



me (*attuandosi* in strutture di progressiva complicazione) la sua *potenza* (ossia, *ciò che ha imparato ad essere nella filogenesi*). Un esempio concreto di questo fatto è che lo sviluppo seriale delle ossa, si accompagna (è contiguo) a quello dei muscoli e dei loro tendini. Ritenere che ciascuno di questi elementi si costituisca *di per sé autonomamente* per poi raggiungere e/o aggregarsi nella destinazione finale è del tutto fuorviante. Invece, *tutti insieme questi elementi esistono potenziali* (in gravidanza) *nei somiti, e insieme si attuano* (vengono alla luce) *nel divenire metamorfico di questi*.

Ad esemplificazione, se consideriamo lo sviluppo delle strutture muscolo-tendinee della mano (o del piede) e le corrispondenti inserzioni in ossa diverse, si constata che ogni partizione (longitudinale o trasversale) dell'abbozzo mesenchimale dello scheletro (in altrettante ossa) comporta analoghe partizioni negli abbozzi muscolari (e nei tendini associati), e così via in successione ramificata. Da ciò il fatto che (nell'allungarsi segmentario dell'arto) distalmente si costituiscono ossa con attaccati lunghi tendini che fanno capo a muscoli più prossimali, medesimamente originati e fra loro differenziati, ma *tutti formalmente identici*.

Così, alla 5<sup>a</sup> s. entrambe le gemme si dirigono caudalmente (si ripercorre l'iter della pinna verso l'arto acquatico-terricolo dei Crossopterigi del Devoniano) mentre l'apice di ogni cresta si dilata in forma di spatola laminaire (Lamina Manus e Pedis) proiettandosi in fuori, quasi ad angolo retto rispetto al corpo (rievocazione della zampa palmata anfibia) (Fig. 7). Alla 6<sup>a</sup> s. queste escrescenze si piegano (flettono nel gomito e nel ginocchio) proiettando ogni lamina in avanti, con il risultato che le palme delle mani e le piante dei piedi si dispongono parallelamente al tronco (si ripercorre l'evoluzione dell'arto anfibio-terricolo, nel Carbonifero) (Fig. 8). Alla 7<sup>a</sup> s. gli arti subiscono una torsione di 90° sul loro asse longitudinale, ma in direzioni opposte; così i gomiti si orientano caudalmente e le ginocchia cranialmente (si ripercorre

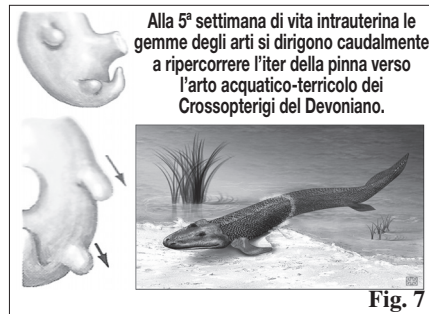


Fig. 7



Fig. 8

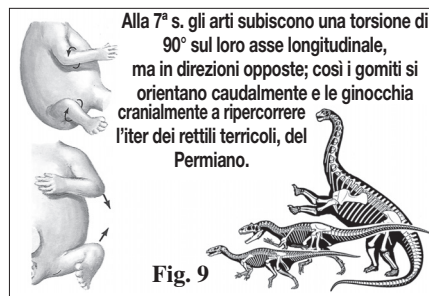


Fig. 9



corre l'iter dei rettili terricoli, del Permiano) (Fig. 9).

Alcuni aspetti particolare di questo sviluppo sono da porre in rilievo, poiché più sottilmente ripercorrono la filogenesi e perché poi, *rievocati nella patologia* saranno utili alla migliore considerazione di questa.

*Nell'arto superiore* la scapola migra caudalmente da un'iniziale posizione cervicale (come nei pesci fossili) e contemporaneamente (perdendo il *cleitro*, una struttura membranosa che negli anfibi l'unisce al cranio, *da cui quindi deriva*) si allarga con aumento delle dimensioni relative della fossa spinosa (si ripercorre la transizione dai Rettili-Mammiferi terricoli ai Terapsidi e poi ai Primati arboricoli). L'acromion si allarga (ripercorre la brachiazione dei Primati) assumendo alla nascita varie morfologie (che *maturano* poi nell'adolescente, in base alla *specifica attività motoria del soggetto*). Anche la coracoide si allarga progressivamente (ripercorrendo l'iter dell'assunzione della stazione eretta).

L'omero compare alla 7<sup>a</sup> s. tra C5-D1 penetrando (come un dito nel guanto) l'abbozzo brachiale, contemporaneamente avviene l'antetorsione della testa prossimale e la torsione esterna della paletta distale. All'8<sup>a</sup> s. nel corpo diafisario si deposita osso periostale: là dove penetra un vaso nutritizio che (così, per convenzione clinica) segna la fine del periodo embrionario.

Poi, a 5 s. compare lo scheletro dell'avambraccio per partizione longitudinale di un'unica massa mesenchimale (*staccatasi dall'omero* nel costituirsi del gomito), differenziando 2 *ossa*: il radio e l'ulna. L'abbozzo ulnare ha maggiori dimensioni di quello radiale e distalmente si continua nel carpo; successivamente questi rapporti (che ripropongono l'originario assetto crossopterigico) cambiano; per cui il sopravanzare in sviluppo del radio sull'abbozzo ulnare costringe quest'ultimo a plicarsi (trasversalmente nel carpo) e, mentre dal loro reciproco contatto deriverà poi l'abbozzo articolare radio-carpico, si ripropone l'assetto del menisco radio-carpale presente nel carpo mono-articolare ad unica filiera dei Rettili.

Nello stesso periodo, il mesenchima radio-ulnare (prolungato nella Lamina Manus come unica estroflessione mediana) si suddivide in tre segmenti (a rievocare la mano tridattilica dei rettili del Giurassico) e poi nei cinque del prototipo pentadattile, per ulteriore suddivisione dei due esterni (Fig. 10).

È importante sottolineare che ancora in tale periodo l'interzona del carpo



Fig. 10

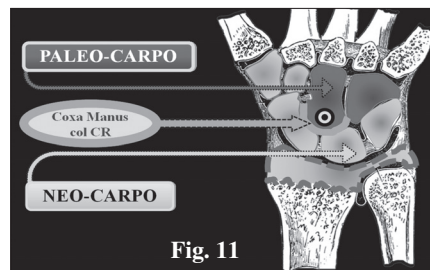
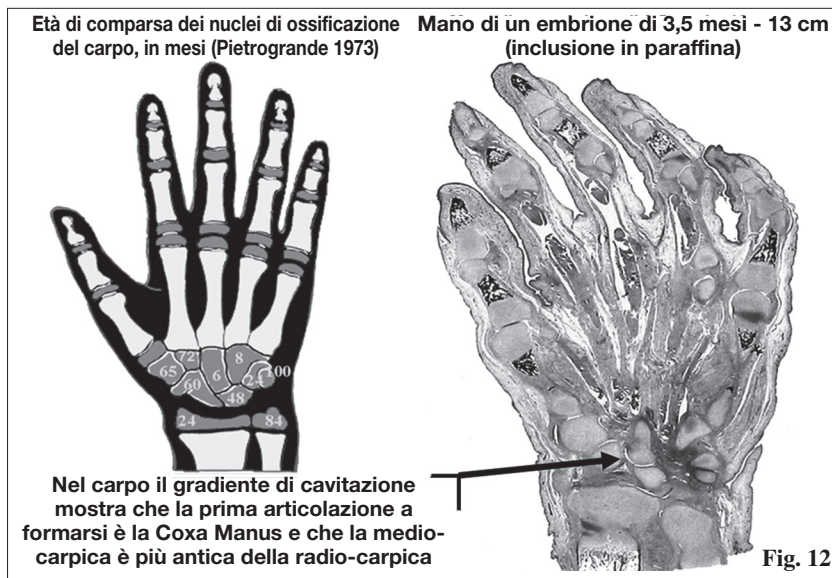


Fig. 11



risulta indifferenziata. Infatti, la comparsa degli abbozzi ossei avviene nella 7ª s in contemporanea alla suddetta plicatura trasversale del mesenchima: per cui, la porzione distale differenzia una parte filogeneticamente più antica (rettiliana): *il Paleo-carpo* che comprende la coppia capitato-uncinato e la mediocarpica; e una porzione prossimale più recente (primatile): *il Neo-carpo* che comprende la I filiera e la radiocarpica. In altri termini, si struttura il tipico carpo biarticolare a duplice filiera dei Primati, la cui definizione *relativamente tardiva, avviene molto tempo dopo la nascita* (Fig. 11).

Infatti, l'ossificazione inizia nel capitato e nell'uncinato (6 mesi - 1 anno) seguita dall'epifisi radiale (2 anni). *Il condilo carpale* (la I filiera) *ossifica ultimo*: con piramidale (3 anni), lunato (4 anni) e scafoide (6 anni) (15). Inoltre, (personali) osservazioni microscopiche effettuate sul feto di 13 cm (3,5 mesi) hanno evidenziato che nel mesenchima carpale esiste un gradiente disto-proximale di cavitazione articolare; per cui, la medio-carpica è (a quell'età) già completamente costituita, mentre la radio-carpica appare in gran parte obliterata (Fig. 12).

Tutte le suddette sequenze di maturazione – alla luce della legge Biogenetica – ulteriormente denunciano la gerarchia di comparsa e mecano-evolutiva delle ossa e delle articolazioni nella successione filogenetica, a indicare che *il distretto articolare più antico è quello medio-carpico della Coxa Manus, mentre la prima filiera e la radio-carpica sono acquisizioni relativamente più recenti*, costituite *ultime* nel processo della brachiazione dei Primati (v. pag 31).

*Nell'arto inferiore*, come già detto in relativo ritardo rispetto il superiore (in rievocazione di quanto avvenuto nella transizione alla terraferma dei crossopterigi), prossimalmente si costituisce la cintura pelvica differenziata in tre

ossa: *ileo, ischio e pube*; confluenti nell'acetabolo che accoglie la testa del femore. L'ileo si connette alle vertebre sacrali da cui dirama (probabilmente in origine il primo a metamorfizzare dai processi vertebrali del pesce primitivo, nella costituzione dell'archipterigio delle pinne anali).

L'abbozzo del femore compare alla 5<sup>a</sup> s., sviluppandosi in senso prossimodistale con l'asse longitudinale in rotazione interna ed in adduzione, per cui si costituisce il collo femorale con angoli di inclinazione-declinazione *inizialmente minori* (riproposizione dell'assetto terricolo anfio-rettiliano) *poi maggiori* (riproposizione dell'assetto dei primati arboricoli) di quelli che *ulteriormente aumentati* durante l'infanzia, saranno definitivi *nell'adulto* (riproposizione dell'assunzione della stazione eretta).

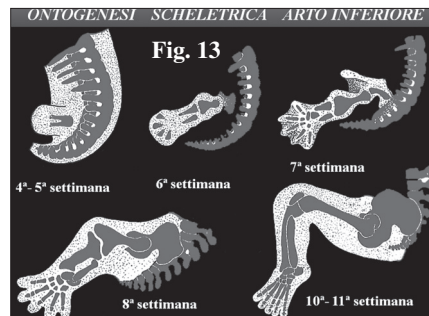
A metà della 6<sup>a</sup> s. compare lo scheletro della gamba per partizione longitudinale di un'unica massa mesenchimale (*staccatasi dal femore* nel costituirsi del ginocchio), differenziando 2 ossa: la tibia ed il perone, con identica morfologia ed entrambi articolati ai rispettivi condili femorali.

Successivamente, il perone riduce di volume disarticolandosi dal femore e migrando a lato; contemporaneamente la tibia si allarga e si sostituisce prossimalmente al perone, rapportandosi da sola su entrambi i condili femorali. Lo stesso avviene a livello del tarso.

Infatti, distalmente, il mesenchima tibio-peroneale (prolungato nella Lamina Pedis come unica estroflessione mediana) si suddivide in tre segmenti (a rievocare il piede tridattile dei rettili del Giurassico) e poi nei cinque del prototipo pentadattile, per ulteriore suddivisione interna.

Inizialmente, l'abbozzo peroneale ha maggiori dimensioni di quello tibiale; successivamente questi rapporti (che ripropongono l'originario assetto crossopterigico) cambiano; per cui il sopravanzare in sviluppo della tibia sull'abbozzo peroneale costringe quest'ultimo a plicarsi (trasversalmente nel tarso) e, mentre dal loro reciproco contatto deriverà poi l'abbozzo articolare tibio-tarsico, si ripropone l'assetto del menisco tibio-fibulo-tarsale presente nei Terapsidi digitigradi.

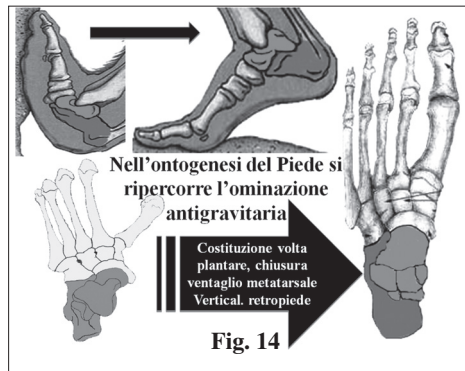
In particolare, è da sottolineare che le due successioni ossee: astragalo-scafoide-cuboide-(1°-2°cuneiforme)-(1°-2°-3° raggio) e l'altra: calcagno-(3°cuneiforme)-(4°-5° raggio) derivano dalla bipartizione del mesenchima, rispettivamente: nella componente tibiale (da cui, il c.d. Piede Astragalico) e in quella peroneale (da cui il c.d. Piede Calcaneale). Tuttavia, l'esclusione del perone causato dall'allargarsi della tibia conduce questa a ricoprire l'astragalo ed il calcagno, ora affiancati insieme a fare da puleggia meniscale ai flessori del piede, che intanto si allunga. Per questo, al termine della 6<sup>a</sup> s. il piede è in equino (ancora, a rievocare l'assetto rettiliano digitigrado).



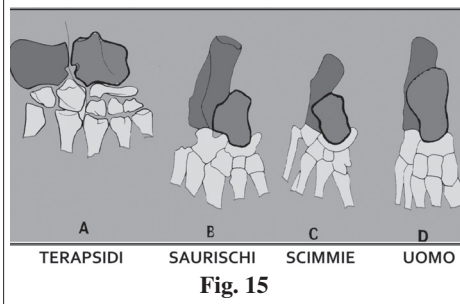


Verso il termine della 7<sup>a</sup> s. l'abbozzo del piede complessivamente supina per lo sviluppo della tuberosità e la migrazione sottoastragalica del calcagno (verticalizzazione del retro piede), contemporaneamente i 5 raggi metatarso-digitali si divaricano a raggiera (viene rievocata la salita sugli alberi e la strutturazione prensile dell'avampiede) (Fig. 13).

Poi, nel periodo fetale (e, fino alla nascita), l'avampiede si avvita in pronazione – nella parte centrale allungandosi, più che non nelle dita (orizzontalizzazione dell'avampiede) – il ventaglio metatarsale progressivamente si (ri)chiude, si costituiscono gli archi plantari e l'atteggiamento in equino-varismo recede. Ossia, si assiste al ritorno a terra del piede, con abbandono dell'assetto prensile e riconfigurazione dell'Elica Podalica in senso antigravitario (Fig.14).



**MIGRAZIONE SOTTOTALAMICA DEL CALCAGNO NELLA FILOGENESI in funzione "propulsivo-prensile" e poi "gravitario-difensiva"**



Ancora alla nascita, è facile osservare l'atavismo prensile nel I metatarsale abdotto e nella piega plantare fra 1° e 2° raggio (che rievocano l'opponenza ancestrale dell'alluce)

Poi, in età evolutiva, lo sviluppo senso-motorio ripercorre la filogenesi al pari della maturazione scheletrica, con comparsa di curve vertebrali e completamento dell'ossificazione in senso antigravitario. Ma, in particolare nell'arto inferiore e nel piede, si definisce la volta plantare e completa il viaggio sotto-astragalico del calcagno, in assenso alle direttive sovra-segmentarie e modalità sistemiche considerate, tutto ad ottimizzare la deambulazione bipede (Fig. 15).

A questo proposito, va riconosciuta a Paparella Treccia l'intuizione che (anche) nell'atto deambulatorio l'arto inferiore rievoca la sua filogenesi. E questo (aggiungiamo noi) non è altro che una manifestazione sistemica del ciclo vitale goethiano di espansione e contrazione alterna. Infatti, il passo è compreso fra i due appoggi calcaneali dello stesso piede ed è costituito da una fase portante ed una oscillante. Nella portante si distingue:

a) - *Appoggio calcaneare di ricezione*; l'arto ed il piede sono *contratti* in equino a rievocare l'atteggiamento della pinna crossopterigica protesa verso la terra.

b) - *Appoggio totale di contatto*; il piede si *espande* a ricevere l'input gravitatorio del carico e si rievoca la plantigradia anfibio-rettiliana.

c) - *Appoggio e spinta digitale*; il piede si (ri)*contrae* in rapida successione segmentaria, e dal calcagno in direzione delle dita *ritorna* l'equino crossopterigico e poi rettiliano e infine quello prensile-propulsivo del tetrapode arboricolo.

Nella *fase oscillante*, poi il corpo si rilascia (ri)*espandendosi in caduta gravitaria* - si rievoca il ...*dissolversi della Vita verso la Morte perché Tutto possa rinascere, nell'Eterno Divenire...* e ricomincia il ciclo.

## LA STRUTTURAZIONE PATO-MECCANICA SECONDO IL PRINCIPIO DI REGRESSIONE

Cominciamo col riepilogare i concetti della Cibernetica in ambito Ortopedico (per la trattazione estesa v. a pag. 36).

I viventi sono *un condensato di informazione* e tutti i fenomeni che li riguardano si identificano coi *processi di trasformazione del loro contenuto informativo*.

Il *sistema cibernetico* comprende i concetti di *input, output, feed back, omeostasi, riserva funzionale*, etc., con la nozione che l'aumento del contenuto informativo (*neghentropia*) dell'(Eco)-sistema - in avvallo alla legge di Haeckel - corrisponde alla filogenesi ricapitolata nell'ontogenesi.

Tutti i viventi sono *sistemi aperti*; ossia, che ricevono e rilasciano input da e verso l'esterno, *costituiti da "n" microsistemi gerarchizzati* in cui ogni funzione svolta è un output che individua un sotto-sistema strutturato in un organo o complesso anatomico. Il comportamento sistemico è retto da identici principi in ogni sotto-componente, sulla base del generale *isomorfismo*.

Nell'organismo, la reazione nei confronti di un qualsivoglia input ambientali abnorme (*noxa patogena*) è un *adattamento* che avviene secondo il *Principio di Regressione*, per cui: "l'eventuale destabilizzazione sistemica comporta il riemergere di attività funzionali e/o assetti strutturali attraversati nella filo-onto-morfogenesi".

Negli Organi di Movimento e dell'Apparato Locomotore è possibile individuare una gerarchia sistemica. In questa, consideriamo di nostro specifico interesse: *il Sistema di Mantenimento e Trofismo Architettuale (SMTA)* ed *il Sistema di Trasmissione del Carico (STC)*.

Nell'SMTA il morfotipo si realizza dal concorso complementare fra *l'informazione genetica* del DNA e *l'informazione ambientale* del carico proveniente dall'STC. Ossia, la forma degli arti non rappresenta la libera espressione del genotipo ma ciò che l'ambiente lascia esprimere, *come fenotipo*.

Ne deriva che per effetto della sola istruzione genetica l'organismo produrrebbe delle dismorfie se, di concerto le strutture non venissero modellate dall'ambiente. Relativamente all'input tenso-meccanico è noto, ad esempio che la forma dell'acromion, il trofismo di braccia e gambe, la detorsione del femore e/o dell'astragalo etc., si realizzano col concorso di fattori legamentosi e muscolari agenti con l'inizio dell'attività motoria.

Analogamente l'ambiente (soprattutto nell'arto inferiore) mediante le sollecitazioni tenso-meccaniche del carico può favorire lo sviluppo di dismorfie se le strutture non sono geneticamente resistenti o se risultano indebolite da eventi patologici intercorrenti. In dettaglio:

1) *Nella componente genetica*, la dismorfia può essere prodotta oltre che da input anomali locali anche da altri eventualmente espressi nel complesso sistemico. Nell'arto inferiore p.e., assetti sovra-segmentari anomali capaci di modificare stabilmente la trasmissione del carico, possono condizionare il viraggio dismorfico in piedi altrimenti normali. Analogamente, è possibile anche il contrario; cioè, che dimorfismi genetici del piede (*malformazioni*) finiscano col condizionare dismorfismi *adattativi*, in distretti sovra-segmentari normali.

2) *Nella componente ambientale* gli effetti di anomalie tenso-meccaniche sono differenti se agenti in età evolutiva o dopo la pubertà; inoltre sono condizionati da individualità nella crescita (fattore auxologico). Specificamente:

A) *Nel soggetto che cresce*, anomalie nella trasmissione del carico comportano l'impiego ai vari livelli sistemici degli adattamenti della riserva funzionale. In particolare, l'SMTA è indotto a (ri)-modellare le strutture sfruttandone la residua crescita. Così, se da qualche parte è perduta la corrispondenza fra l'anatomia e la funzione, entro certi limiti cambia l'espressività genetica della morfologia locale. Nel compito viene coinvolta l'intera gerarchia sistemica, laddove è ancora possibile il riequilibrio adattativo.

Relativamente all'arto inferiore, ciò a volte si esprime con assetti morfologici clinicamente indefinibili (deformità evolutive): non propriamente normali ma neppure francamente patologici (para-dismorfismi borderline). In questi casi, tuttavia, il morfotipo risultante è (almeno nel momento considerato) il compromesso adattativo migliore, ed in termini omeostatici il più economico espresso dalla gerarchia sistemica.

B) *Nel soggetto che sta completando o che ha completato la crescita*, in caso di anomalie del carico non è più possibile il ricorso al rimodellamento delle strutture. Col termine dello sviluppo somatico ciò è impedito. Se necessitano ulteriori adattamenti – in quanto quelli della crescita sono stati insufficienti o lo sono, adesso, diventati per la comparsa di nuove sollecitazioni (incrementi di peso, gravidanze, attività sportive etc.) – questi potranno realizzarsi da adeguamenti trofici locali che sfruttano il fisiologico turnover metabolico (apposizione e rimaneggiamento osseo, ipertrofia muscolare etc.).

Con questi processi, nel tempo, può mutare l'aspetto macroscopico delle strutture maggiormente sollecitate, ma in modo tanto lento da essere scarsamente efficaci. Pertanto, possono manifestarsi fenomeni (adattativi) più risolutivi e non fisiologici.

Questi implicano che, in presenza di sollecitazioni di carico anomale e persistenti, la struttura più debole del complesso sistemico finisca col cedere. Il cedimento è tanto maggiore quanto più il segmento interessato è debole; o perché tale per infima meiotrofia genetica, o perché compromesso da processi degenerativi, flogistici o post-traumatici o per la fisiologica senescenza.

Soprattutto nel piede (ma anche nel polso e mano attaccate da flogosi reumatiche, etc.) può così essere spiegata la comparsa di distorsioni in età adulta (deformità involutive) causate dal cedimento della struttura: c.d. *collasso architetturale*. In questi casi è la sollecitazione meccanica, più che la patologia di base, ad avviare e sostenere l'evoluzione distorsiva.

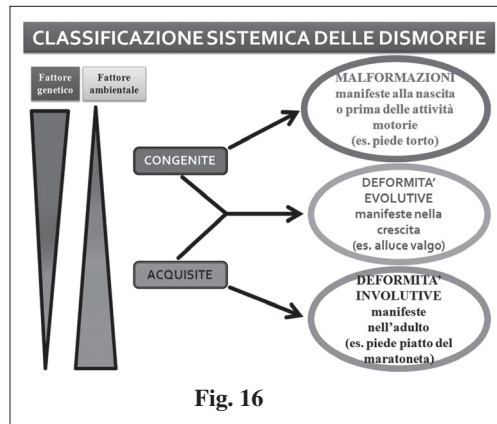


Fig. 16

La classificazione sistemica delle Distorsioni (Fig. 16)

Facendo seguito ai concetti suesposti le *Distorsioni* possono essere inquadrate in due classi, *congenite* e *acquisite*; aggregate in tre gruppi, *malformazioni*, *deformità evolutive* e *deformità involutive*, parametrizzati dai seguenti criteri:

- A) *Cronologico*; riferito all'esordio nella vita dell'individuo (nell'embriofetogenesi, dopo la nascita e nell'età evolutiva, nell'adulto)
- B) *Funzionale*; riferito alla presenza quali-quantitativa degli input ambientali (sollecitazioni tenso-meccaniche) sulla struttura; in genere crescenti con l'inizio delle attività motorie e della deambulazione e proporzionali alle attività svolte.
- C) *Eziologico informativo*; riferito al ruolo causale svolto dagli input informativi, rispettivamente nella componente genetica o ambientale, e/o alla loro variabile commistione.

I tre gruppi, presentano differenti caratteristiche cliniche. Rispettivamente:

Le "*Malformazioni*" sono distorsioni presenti alla nascita (con-genite), ad esordio endouterino o nella prima infanzia indipendenti dall'attività motoria e dovute (quasi esclusivamente) ad anomalie dell'informazione genetica; eccetto quei casi, rari, indotti da fattori esogeni ambientali di natura meccanica, che hanno agito, dentro l'utero materno, sul prodotto del concepimento (oligodramnios, gemellaggio, vizi di posizione etc.).

In genere, il *danno al genoma* è comunque secondario a input ambientali che hanno agito sulle cellule germinali dei genitori o, anche prima, nei progenitori di questi con mutazioni nel DNA o anche sul prodotto del concepimento (farmaci, infezioni, sostanze tossiche, radiazioni etc.).

Ciò che qualifica le malformazioni è il *danno permanente e potenzialmente trasmissibile del genoma*, che da solo manifesta la tendenza all'auto-mantenimento per tutta la vita.

Le malformazioni possono presentarsi nell'ambito di sindromi distorsive

sistemiche (es. malattia di Marfan, artrogriposi, sindrome di Down etc.) oppure interessare esclusivamente una definita struttura anatomica con vario grado di compromissione, secondo l'espressività perversa del programma morfo-genetico.

Esempi classici di malformazioni sono, nella Mano e nel Piede rispettivamente: il *Madelung ed il piede torto congenito*, nei loro molteplici aspetti clinici.

Le “*Deformità Evolutive*” (pressochè esclusive nell'arto inferiore) sono dismorfie non presenti alla nascita, esordienti in età evolutiva e influenzate dall'attività motoria e dal carico. In queste, la commistione eziologica fra il fattore genico ed il fattore ambientale può essere, nei rispettivi termini, relativamente variabile.

Perchè si sviluppi la deformità è necessaria la presenza di un fattore genico anomalo a bassa penetranza sistemica (genoma meiotragico) la cui espressività fenotipica può essere normale per gran parte della crescita. Questa anomalia sommata agli effetti trofo-meccanici del carico, in un dato momento della crescita, svelano e rendono clinicamente evidente la deformità come se da questa stessa fosse stata indotta. In realtà, senza l'impatto ambientale la deformità probabilmente non si sarebbe manifestata.

In dipendenza del grado di compromissione genica e dell'entità di sollecitazioni meccaniche, l'esordio dell'affezione può essere più o meno precoce con tendenza evolutiva variabile e con espressività clinica diversificata in dipendenza della storia individuale (alimentazione, modalità di crescita, attività sportive, preferenze nella scelta di calzature etc.).

La deformità può addirittura rimanere latente o manifestarsi in varianti sub cliniche, ed il suo sviluppo al completo può avvenire *a posteriori* nell'adulto o nell'anziano in maggior misura se si associano processi degenerativi o floistici locali.

Queste affezioni rappresentano, l'anello di congiunzione fra le dismorfie congenite e le acquisite; e spesso, nel caso singolo è assai difficile dirimere l'effettivo ruolo causale svolto dal fattore genico e dal fattore ambientale. In questo gruppo rientrano gran parte dei piedi piatti e degli alluci valghi essenziali. *Concetto da tenere ben presente è che l'azione del carico è necessaria per il loro manifestarsi e che il loro riferimento clinico rientra concettualmente nella patologia da alterato carico di Pisani o in quell'insufficienza antigravitaria del piede, cui accennava Paparella Treccia.*

Le “*Deformità Involutive*” nell'arto inferiore sono dismorfie acquisite che si manifestano nell'adulto (dopo il termine dell'accrescimento). L'input ambientale del carico ne è la causa efficiente.

In queste, rientrano alcune dismorfie del gruppo precedente che continuano ad aggravarsi in età adulta. In tutti i casi, il loro decorso clinico è contrassegnato dal (più o meno lento) *collasso architetturale* dell'anatomia. Possono considerarsi appartenere a questo gruppo: le deformità del piede reumatoide, le sequele evolutive dell'Alluce Valgo (AV) nell'anziano, il piede piatto del maratoneta, il piede valgo del tennista etc.

La suddetta classificazione sistemica delle dismorfie è un valido strumento teorico con cui comprendere *pragmaticamente* tutte le forme congenite e/o acquisite; ma nella concretezza clinica deve essere usata *cum grano salis*. Infatti, nella realtà non è possibile porre nette distinzioni, e ad un'afezione che è esclusivamente congenita nell'infanzia spesso si sovrappongono elementi acquisiti nell'adulto, e/o viceversa. A riguardo, basti considerare il PTC: la dismorfia è certamente determinata da un'anomalia del genoma, ma la sua evoluzione nel bimbo che cammina viene condizionata dalla funzione; infatti, l'aspetto clinico del piede torto alla nascita è molto diverso da quello dell'adulto che ha sempre caricato e che non è mai stato trattato.

In generale, comunque, *il ruolo causale svolto dal fattore genico è massimo nelle malformazioni, intermedio nelle deformità evolutive, minimo nelle deformità involutive. L'opposto avviene per il ruolo causale svolto dal fattore ambientale.*

Per ulteriore esemplificazione: l'AV presente alla nascita o nella prima infanzia è una malformazione dovuta al fattore genico; se si manifesta durante gli scatti di crescita è una deformità evolutiva: in tal caso, al fattore genico predisponente ma inespresso potrà essersi accumulato l'effetto del carico o quello modellante delle calzature; un AV dei primi due gruppi che tende ad aggravarsi, o è comparso dopo la crescita è una deformità involutiva dovuta al carico, con l'eventuale concorso di processi degenerativi o flogistici locali.

Analogamente, il piede piatto è una malformazione, una deformità evolutiva o una deformità involutiva se manifestantesi, rispettivamente alla nascita, durante la crescita, o nell'adulto.

Ulteriormente ribadiamo che nella struttura biologica ogni evento dismorfico può ricondursi ad un disturbo informazionale che interessi – singolarmente o in commistione variabile – e il versante genetico e quello ambientale, con manifestazioni cliniche d'esordio ed evolutive che dipendono sia dal luogo specifico della gerarchia sistemica in cui converge la noxa, sia dal momento e dalle modalità con cui, durante l'esistenza individuale, si rompe l'equilibrio dinamico fra i geni e l'ambiente nella strutturazione e nel mantenimento del Morfotipo.

*Dal Principio di Regressione alla "Legge Dismorfogenetica" (applicazione al piede)*

Premettiamo che quanto adesso discusso pur generalizzabile a tutto lo scheletro, assume spiccata rilevanza clinica soltanto nel piede stante il ruolo della sua meccanica antigravitaria. Ad esemplificazione, pertanto a questo faremo esclusivo riferimento.

Infatti, con l'osservazione clinica è possibile constatare che le dismorfie del piede tendono a manifestarsi con componenti elementari relativamente stereotipate, che rinviano ad analoghi atteggiamenti anatomo-funzionali presenti nel piede durante l'onto-morfogenesi e, quindi nella filogenesi, quali: *varo o valgismo calcaneare, supinazione o adduzione metatarsale, equinismo*



(diffuso, o segmentario), piattismo, allargamento a ventaglio delle dita, valgismo dell'alluce, griffe delle dita, etc. In genere, la presenza solitaria, plurima o variamente associata di questi *regressa* in quadri clinici specifici consente il riconoscimento e l'inquadramento nosografico delle varie dismorfie.

Ma questa circostanza non è certo casuale, semmai implica che indipendentemente dall'eziologia – sia essa genetica e/o mecano-tensile – l'evento dismorfico è una manifestazione del Principio di Regressione nei suoi aspetti patogenetici *profondi*.

A verifica di questo assunto, si possono confrontare le tappe fondamentali dell'ontomorfogenesi del piede e le corrispondenze filogenetiche coi fenomeni destrutturanti che avvengono nell'SMTA durante lo sviluppo delle *deformità evolutive ed involutive del piede*.

Taluni di questi aspetti sono presenti nel piede piatto, altri nell'alluce valgo, altri ancora in sindromi intermedie tipo lo splay foot o nel piede sinostotico, etc.

Relativamente alle *malformazioni*, come nel piede torto congenito, vale ricordare l'ipotesi proposta da Max Bohm nel 1935 che rifacendosi alla teoria del *vitium primae formationis*, risalente al Medio Evo, ha sostenuto che tale deviazione dal normale processo di sviluppo consista in un arresto o inibizione germinativa *Hemmungs bildug* degli AA. tedeschi – per cui permangono caratteristiche scheletriche proprie, di una determinata fase dell'embriogenesi. Questo punto di vista ben si ricollega al Principio di Regressione; nel senso, che la malformazione può essere effettivamente considerata come un assetto architeturale del piede a minore contenuto informativo rispetto la norma. Per cui il piede malformato, già alla nascita presenta una morfologia *regredita* che rievoca quella determinata fase dell'embriogenesi rimasta inibita. In tal senso, ad esempio *sono da interpretare le sinostosi tarsali* che di fatto non fanno altro che rievocare assetti strutturali di animali del passato filogenetico in cui la partizione non era presente (es. emblematico quella fra astragalo e calcagno che rievoca l'originaria fusione di queste ossa presente nei rettili Syntarsus – da cui il nome: tarso fuso)

L'evento dismorfico, pertanto e indipendentemente dalla causa efficiente specifica sembra sostenuto ed essere regolato da un denominatore comune: la regressione architeturale verso assetti strutturali a *minore contenuto informativo*. Con queste principali differenze nei tre gruppi clinici in cui abbiamo inquadrato le dismorfie:

Nelle *Malformazioni*, rispetto lo standard di normalità la regressione è solo apparente in quanto dipendente non dall'effettivo dietro-front dello sviluppo, ma da un suo arresto locale causato da un'anomalia genetica.

Nelle *Deformità Evolutive* l'aspetto è normale alla nascita, poi con l'inizio delle attività motorie e nel corso della crescita dell'età evolutiva, causa la relativa inadeguatezza della spinta genica del sistema nei confronti delle esigenze biomeccaniche, la regressione architeturale lentamente si manifesta, variamente confusa con stesso processo di crescita, che intanto tende a regolarla e minimizzarla.

Nelle *Deformità Involutive*, la regressione architetturale è sostenuta quasi esclusivamente dal fattore tenso-meccanico, esordisce dopo la fine della crescita in età adulta indefinita con occasionali pousses progressive (o, più di rado con esordio rapido *catastrofico*) ed evoluzione clinica verso il collasso architetturale della parte interessata.

Questa relazione comune

che sottende il fenomeno dismorfico rappresenta il rapporto costante che lega tra loro questi diversi fenomeni ed il modo costante con cui si svolgono; per cui, in virtù dell'*isomorfismo* dei sistemi, ha valore generale.

In altri termini, il *divenire* meta(dis)morfico è normato da una regola regressiva enunciabile in forma di "*Legge Dismorfogenetica*" (LD), ossia: "*L'evento dismorfico riproduce "a ritroso" assetti funzionali e strutturali che rievocano quelli presenti nella filogenesi, e ricapitolati nella onto-morfo-genesi*"(Fig. 17).

La LD può essere facilmente verificata nel piede con esempi tratti dalla clinica, in particolare, nelle deformità evolutive ed involutive nelle quali a partire da strutture normali, si realizzano assetti morfo-funzionali *progressivamente acquisiti* che rievocano a *ritroso* l'ontogenesi.

A riguardo, innanzi riportiamo casi didascalici: sulle malformazioni, le deformità evolutive, le deformità involutive. Tuttavia, la migliore esemplificazione è nell'*etio-pato-genesi della sindrome dell'Alluce Valgo*, che di fatto esprime tutta la clinica pertinente i tre gruppi dismorfici (per la trattazione estesa vedi Appendice a pag. 121). Infatti, fra le noxe destabilizzanti (*concause eziologiche*) dell'AV, si considerano:

1) - *Fattori sovrasegmentari al piede*; rappresentati, per lo più, da fattori auxologici, da anomalie del processo detorsionale degli arti inferiori e, nella donna, il particolare assetto del bacino.

2) - *Fattori locali del piede*; rappresentati da anomalie ossee, capsulo articolari, legamentose etc. che riguardano il 1° raggio e condizionanti singolarmente o in associazione cumulativa (in particolare nel retro piede a causa dell'insistenza di un cavo-valgismo da brevità dell'Achille) *l'assetto di pronazione statica dell'avampiede*, non soltanto in occasione degli scatti della crescita ma anche *persistente* a fine sviluppo, fin nell'adulto (c.d *piede prensile*).

Se la sommatoria di concause locali e sovrasegmentarie supera un certo valore critico, la comparsa progressiva del valgismo dell'alluce sarebbe fenomeno secondario al *cedimento plastico fino al collasso architetturale* del piede. In tal senso, la deformità sarebbe un *processo di adattamento* che riguarda tutto l'apparato di sostegno e di deambulazione del corpo.



**Fig. 17 - L'espressione anatomo-patologica dell'evento dismorfico è normata da una regola regressiva enunciabile in forma di LEGGE DISMORFOGENETICA. L'evento dismorfico riproduce "a ritroso" assetti funzionali e strutturali che rievocano quelli presenti nelle filogenesi, e ricapitolati nella onto-morfo-genesi.**

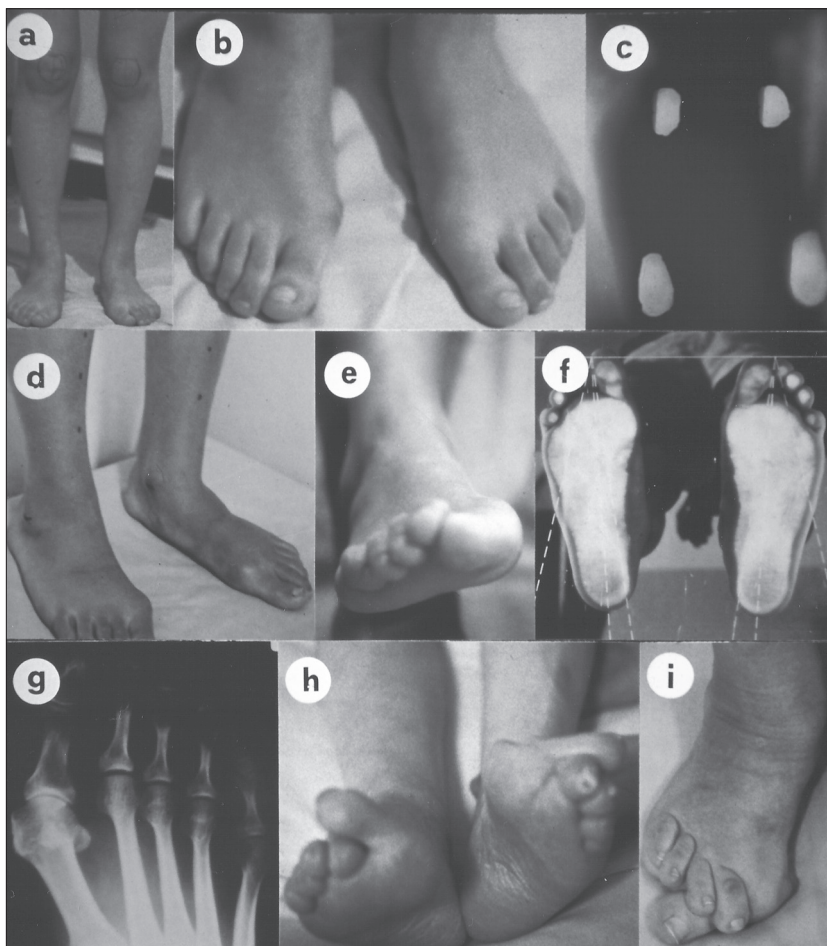


Fig. 18 - Riferimenti clinici della Legge Dismorfogenetica, relativamente all'alluce valgo:

- a) fanciulla 16enne a termine della pubertà: il modesto strabismo rotuleo convergente è sintomatico dell'incompleta detorsione femorale;
- b) al piede dx è incipiente il disassiamiento del I metatarsale, l'alluce comincia a valgizzarsi;
- c) al pressopodoscopio si documenta l'anomala medializzazione del gradiente di carico sugli avampiedi (assetto di pronazione statica); quest'assetto è indotto da elementi sovrasegmentari, e rievoca la prensilità del I raggio presente nelle scimmie antropomorfe (piede prensile);
- d) lo stesso soggetto esaminato un anno dopo: il disassiamiento del I metatarsale è comparso anche al piede sx. La volta plantare comincia a crollarsi;
- e) il metatarso comincia a deformarsi in supinazione (plantigradia degli anfibii e dei rettili);
- f) al podoscopio si documenta un piede piatto di 3°;
- g) Rx-grafia del piede di un adulto con alluce valgo: il tubercolo plantale mediale della testa del I metatarsale è stato sottoposto ai processi flogistici della "cipolla". Le ossa metatarsali sono sventagliate, come durante l'ontogenesi, in particolare il I ed il V (piede prensile). I tre metatarsali centrali continuano a mantenersi più vicini ma, a causa del maggiore onere di carico sopportato, tendono all'ipertrofia, il II in particolare (plantigradia);
- h) paziente anziana con alluce valgo monolaterale: il disassiamiento del I metatarsale è notevole, tutto l'avampiede è supinato;
- i) altra paziente anziana: in fase evolutiva terminale, l'architettura dell'avampiede è crollata. L'alluce va in opposizione alle altre dita deviando in equino-valgo-pronazione, a rievocare la sua "prensilità" ancestrale.

Per quanto concerne la *patogenesi dell'alluce valgo*, questa è riconducibile alla *regressione adattativa* della gerarchia sistemica, operante localmente secondo la Legge Dismorfogenetica.

Infatti, nell'evoluzione clinica *ideale* della deformità, si può evidenziare la comparsa progressiva di assetti morfo-funzionali del piede *acquisiti* che rievocano analoghi assetti dell'evoluzione filogenetica e dell'ontomorfogenesi.

Fra questi: la *presilità funzionale del 1° raggio* (corrispondente alla pronazione statica), l'allargamento del ventaglio metatarsale, il *disassiamiento* del I metatarsale, la supinazione del metatarso, la plantigradia etc. (Fig. 18).

Ovviamente, la legge non significa che la struttura del piede ritorna effettivamente indietro. Il ritorno, infatti, è rievocato e non realmente riprodotto.

Più in generale, comunque, il comportamento sistemico enunciato dalla LD fornisce alla clinica un paradigma esplicativo generale dell'evento dismorfo e un reale riferimento predittivo nella valutazione prognostica, *utile* per la prevenzione e igiene del danno in itinere e *fondamentale* per la progettazione e l'indicazione chirurgica.

In tal senso, a prescindere dalla quantità di regresso presente in una data dismorfia del Piede ed in relativa indipendenza dalla sua qualità in termini eziologici, il razionale del trattamento deve proporsi in ogni caso *l'ottimizzazione dell'iter filogenetico* (ovviamente, relativamente lo specifico clinico in base alla tipologia dismorfica, alle infe-

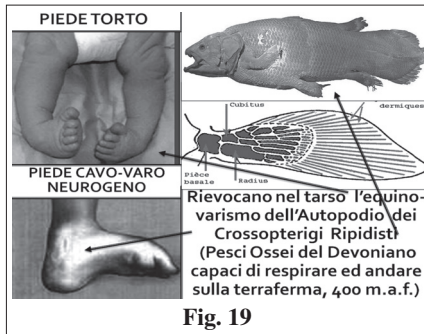


Fig. 19

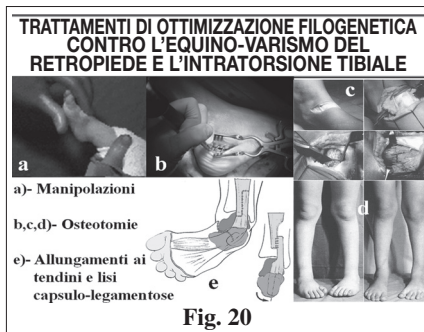


Fig. 20

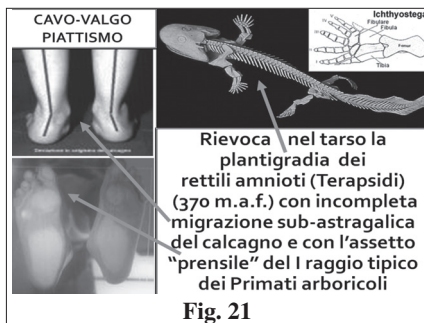


Fig. 21



Fig. 22

renze sovrasegmentarie, all'età, etc.) con interventi idonei al recupero del miglior assetto morfologico ancora possibile, *in opposizione al Principio di Regressione*. In merito riportiamo alcune esemplificazioni: rispettivamente:

1) – Sul Piede Torto e Piede Cavo -Varo Neurogeno (Fig. 19) e relative possibili opzioni di trattamento (Fig. 20).

2) – Sul Piattismo del Piede (Fig. 21) e relative possibili opzioni di trattamento (Fig. 22).

3) – Sull'Alluce Valgo e nella pronazione statica (*piede prensile*) con allargarsi evolutivo del ventaglio metatarsale (Fig. 23) e relative possibili opzioni di trattamento (Fig. 24).

Un'ultima considerazione riguarda le implicazioni chirurgiche derivanti dal fatto che nell'evoluzione dei primati lo sviluppo del calcagno

ha avuto (anche) il significato di provvedere la caviglia di una struttura in grado di assorbire l'energia di una eventuale caduta dagli alberi, a protezione dell'astragalo. Ciò spiega le possibilità di recupero delle fratture sub-talamiche di calcagno ancorchè esitate con mal-consolidazione della sotto-astagalica (SA) anche nei casi chirurgicamente trattati in cui l'articolazione tende, comunque, ad anchilosare. In effetti, nel trattamento gli esiti migliori conseguono la corretta *riduzione posizionale* del calcagno (ossia, non in talo o varo/valgo o in conflitto col perone, etc), piuttosto che la ricostruzione della superficie articolare.

In realtà, l'anchilosi post-traumatica della SA comporta un danno funzionale accettabile perché (comunque) corrisponde ad un *regresso* che rievoca il tarso fuso (os astragalo-calcagno) dei rettili *Syntarsus* del Giurassico (203 – 135 MAF), con un assetto meccanico che nella filogenesi è durato milioni di anni. Per questa ragione (prima ignota), l'artrosi di SA – considerata procedura "jolly", *empiricamente* impiegata in molteplici patologie del retro-piede è uno degli interventi più affidabili e dai migliori risultati, in forza alla Chirurgia del Piede (Fig. 25).

*La legge dismorfogenetica nella mano: Malformazioni e deformità del "carpo adattativo"*

A differenza di quello inferiore, nell'arto superiore l'input antigravitario ha un ruolo relativamente trascurabile in senso trofico; viceversa è rilevante

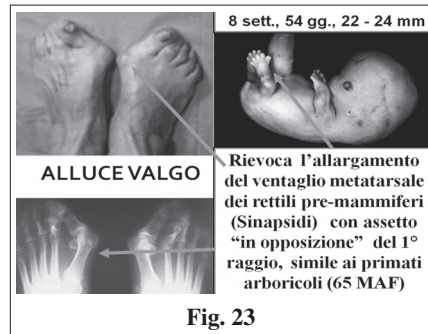
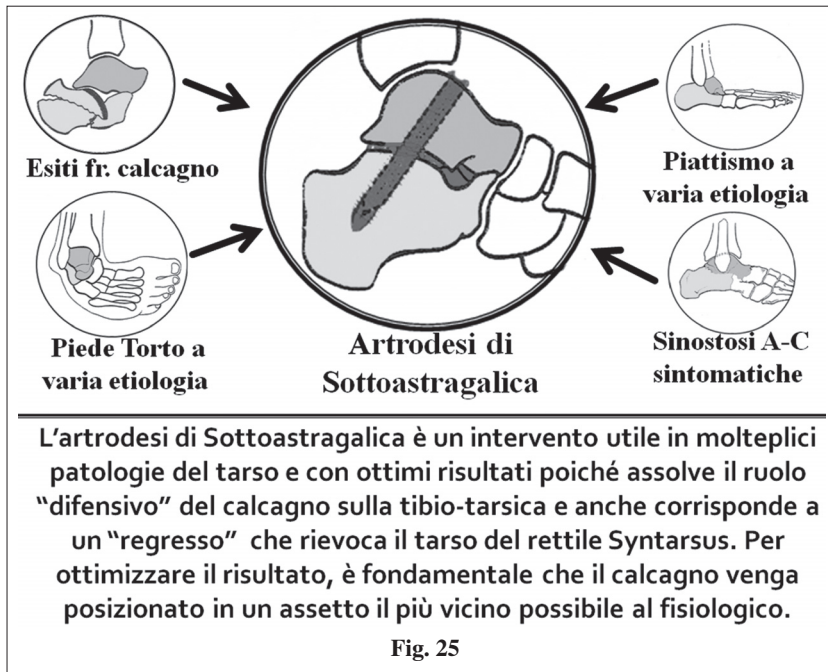


Fig. 23



Fig. 24





quello dovuto alla movimentazione dei carichi e delle attività manuali, che (ad ulteriore differenza) mai conducono a situazioni dismorfiche (eccetto che in rari casi di sfruttamento da lavoro minorile). Ossia, nell'equazione  $Genoma * Ambiente = Morfotipo$  (dell'arto superiore), l'informazione genetica è prevalente; limitandosi quella ambientale ad agire sul trofismo tessutale (p.e. nel conformare i muscoli dell'atleta, o la mano secondo il lavoro: si pensi alle diversità della mano in due gemelli monocoriali di cui il primo fa il contadino mentre il secondo è pianista).

In conseguenza, la gran parte delle dismorfie dell'arto superiore sono già presenti alla nascita (con-genite), inquadrabili nell'ambito delle Malformazioni.

C'è tuttavia, un minimo resto di *dismorfie non congenite, bensì acquisite*, conseguenti l'eventuale danno degenerativo o post-traumatico.

In particolare nell'articolazione del polso, le fratture e le lesioni legamentose tendono ad esitare con un assetto dismorfico di mal consolidazione e/o incongruenza-sub-lussazione degli elementi ossei (c.d. Instabilità Carpale). Tuttavia è ciò nondimeno possibile, anche con severo danno residuo, che esiti una funzione accettabile, ancora utile ad oltranza. Tale situazione corrisponde al c.d. *carpo adattativo* (désaxation carpienne d'adaptation) con "modificazioni compensatorie dei rapporti intracarpali... della ripartizione delle pressioni e usura precoce delle superfici cartilaginee...". Oppure, come *instabilità medio-carpica post-fratturativa* (Adaptive Carpus or Pseudo Carpal Instability), consistente in un'abnorme risposta cinematica del carpo alla mal consolidazione della frattura.



Ebbene, è possibile constatare che tali *situazioni dismorfiche acquisite* del carpo (Malformazioni e instabilità adattativa) seguono la Legge Dismorfogenetica, assecondando il Principio di Regressione.

*La Meccanica Biarticolare Concentrica e la Patomeccanica regressiva del carpo*

Per entrare nei dettagli, è necessario sunteggiare la fisiologia articolare del polso coi concetti della Meccanica Biarticolare Concentrica (MBC):

1)- Il carpo è congegnato come una protesi biarticolare di femore in cui la testina protesica è riprodotta dalla testa del capitato che, sul versante articolare concavo scafo-lunare (Cotile Manus), costituisce l'articolazione enartrosica della Coxa Manus (CM). Questa è la "vera" articolazione del polso: essendo il condilo carpale, inframezzato tra questa ed il radio, come un menisco che ne custodisce la stabilità e ne controlla gli spostamenti pur senza essere componente essenziale del movimento.

2)- In effetti, l'articolarsi della radio-carpica coincide coi rapporti angolari che il capitato (asse della mano) assume sul radio (asse della radiocarpica), indipendentemente dal posizionarsi del condilo carpale che si comporta da struttura deformabile interposta tra due strutture rigide: il radio e il capitato obbligati a mantenersi allineati in ogni reciproco spostamento. Nel movimento infatti, il condilo carpale subisce delle torsioni con fuoco nella testa del capitato; nel medesimo punto, l'asse del radio e l'asse della mano convergono a costituire il centro di rotazione (CR) della Coxa Manus.

Il mantenimento di questa collimazione è l'imperativo categorico della stabilità carpale e comporta l'equidistanza del capitato dal radio (invarianza dell'altezza del carpo) funzionale alla potenza e precisione stato-dinamica della presa.

3) - La sconnessione della CM implica la divergenza asse-radiocarpica/ asse-mano e definisce anatomo-funzionalmente l'Instabilità Carpale. In pratica, ogni lesione del condilo carpale – nella componente ossea o legamentosa, tale da indurre la dislocazione della testa del capitato – produce instabilità poiché disallinea il CR. Ciò significa, che l'accertamento di una sub-lussazione della testa del capitato è il dato patognomonico che consente la diagnosi generica dell'IC.

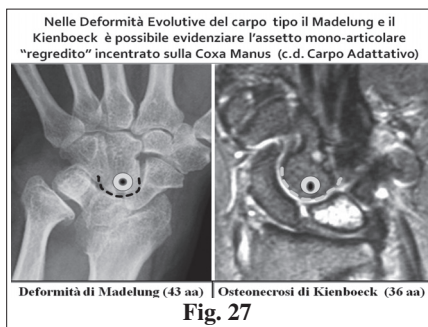
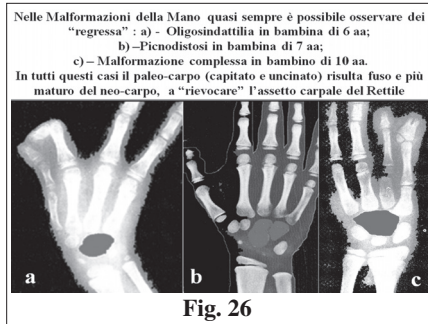
4) - Nella Filogenesi, il carpo biarticolare a due filiere dell'Uomo deriva dal carpo monoarticolare a unica filiera dei rettili Terapsidi e Teropodi: con una successione evolutiva riprodotta nell'embrione – secondo l'assioma "l'Ontogenesi ricapitola la Filogenesi" – per cui la radio-carpica compare e differenzia *dopo* la medio-carpica. In pratica, nella anatomia normale del massiccio carpale è possibile distinguere due segmenti trasversali, dall'ontogenesi differenziata: distalmente una parte più antica, il *Paleocarpo* che mantiene il privilegio del riferimento meccanico col centro di rotazione e che è rappresentato dalla coppia capitato-uncinato compresa la medio-carpica; prossimalmente una parte più recente: il *Neo-carpo* rappresentato dalla prima

filiera compresa la radio-carpica che nell'evoluzione si sovrapponeva al primo per meglio affinare la presa e meglio proteggere l'integrità della Coxa Manus.

Questa transizione è avvenuta nel processo di *brachiazione* dei Primati, assecondando l'utilizzo della mano a difesa di cadute e la meccanica della locomozione in aggancio-saltatoria-rampicante, della vita arboricola. Per adempiere ciò, il carpo monoarticolare si è trasformato nel carpo biarticolare primatile: strutturato per il fine controllo delle tensioni sviluppate dalla presa, sia nella trazione che nella compressione; congegnato per trasmettere – come un giunto cardanico sui generis – il moto e la potenza tra l'avambraccio e la mano in un arco di quasi 180°; ed idoneo ad assorbire l'energia traumatica di un

eventuale impatto principalmente nella radio-carpica: così da salvaguardare al meglio l'articolarietà della Coxa Manus, nell'accadimento del danno. In pratica, durante la brachiazione il carpo rettiliano acquisisce un vero e proprio scudo di ammortizzazione e difesa rappresentato dalla filiera prossimale, la quale è anatomicamente conformata e predisposta per assorbire o deviare l'energia traumatica di un eventuale impatto principalmente nella radio-carpica: così da salvaguardare al meglio la Coxa Manus. In altri termini, il condilo carpale si comporta come il carapace di una testuggine che minimizza, trasferendolo al radio, l'eventuale danno centro-carpico.

5)- Dal Principio di Regression e dalla Legge Dismorfogenetica deriva la capacità adattativa del carpo nei postumi traumatici e nelle dismorfie congenite o acquisite, come il Madelung e il Kienboeck. Tale potenziale pato-meccanico clinicamente espresso nel c.d. Carpo Adattativo – e che fondamentalmente consiste nell'utilizzo privilegiato della Coxa Manus quando occorre una qualche alterazione funzionale della radio-carpica – rende conto del frequente buon recupero post frattura malconsolidata del radio distale e/o della occasionale benigna evoluzione del carpo dismorfico, e corrisponde alla interdizione del Neo-Carpo a favore del Paleo-Carpo, con il decadimento della funzione biarticolare verso quella monoarticolare; ossia, al ri-emergere di un assetto meccanico ancestrale già sperimentato nei Teropodi Maniraptors del Cretaceo (135 – 65 MAF), il cui carpo prensile possedeva un unico osso a mezzaluna, omologo al capitato-uncinato, direttamente articolato al radio distale.



### *Iconografia del carpo dismorfico secondo il Principio di Regressione*

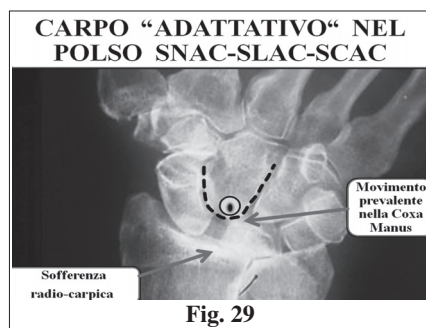
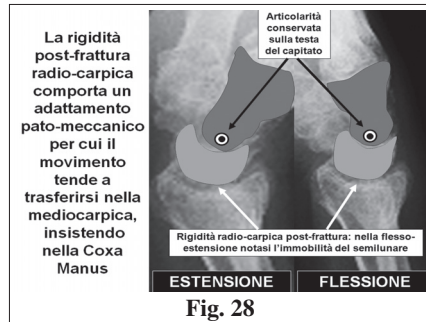
Ad esemplificazione della Legge Dismorfogenetica nella Mano, illustreremo alcuni casi congeniti ed acquisiti:

In primo luogo, nelle *Malformazioni* della Mano, in analogia a quelle del Piede, facilmente sono presenti anomalie scheletriche carpi da arresto locale dello sviluppo per alterazioni genetiche, con dei “*regressa*” che rievocano l’assetto del carpo rettiliano (Fig. 26).

Analogamente, nella *Deformità Evolutive del carpo* tipo il Madelung e il Kienboeck (a varia penetranza genetica e con diversificata componente meccanico-ambientale) è possibile evidenziare l’assetto meccanico funzionalmente “*regredito*” del succitato Carpo Adattativo (Fig. 27).

Allo stesso modo, l’instaurarsi della patomeccanica “*regredita*” del Carpo Adattativo è riscontrabile nelle c.d. *Deformità Involutive del carpo* conseguenti il danno traumatico del radio distale o nell’evoluzione degenerativa del polso SNAC / SLAC / SCAC, etc. (Fig. 28, 29).

Non ci soffermeremo sul trattamento chirurgico sistemico di tali “*regressa*” del carpo poiché ampiamente discusso in altro studio del presente volume (v. pag. 91).



## BIBLIOGRAFIA (essenziale)

- Bonola A., Caroli A., Celli L.: La Mano – Piccin editore Padova: 3-42, 1981.
- Canepa G., Pelizza A., Pietrogrande V.: Le malattie dello scheletro in età evolutiva – Vol 1, Piccin Nuova Libreria SPA - 1987, Padova.
- Encyclopedia of Dinosaurs and Prehistoric Life: Dorling Kindersley Limited, London 2001.
- Goethe J.W.: Teoria della natura. Boringhieri, Torino, 1968.
- Grippi G.M. Medicina e cibernetica: implicazioni metodologiche della Teoria dei Sistemi applicati al piede. Chir. del piede, vol. 7, n. 1, 1983.
- Grippi G.M. La Teoria dei Sistemi in Ortopedia: saggio monografico su l'ipotesi biocibernetica dell'etiopatogenesi delle dismorfie del piede con particolare riguardo all'Hallux Valgus. Atti e memorie SOTIMI Vol XLIX – N. 2, 69-107 – Idelson –Napoli, 1986.
- Grippi G.M.: La Chirurgia della Coxa Manus: ovvero, applicazioni chirurgiche della Meccanica Biarticolare Concentrica ai problemi del polso danneggiato: G.I.O.T. 2002; (Suppl.1): 5147-53.
- Grippi G.M. : Patomeccanica regressiva delle fratture articolari del radio distale e salvataggio con l'intervento di ricostruzione della coxa manus. Minerva Ortopedica e Traumatologica 59 (5) ottobre 2008.
- Grippi G.M.: La chirurgia della Coxa Manus nel salvataggio del polso post-frattura dell'EDR. Lo Scalpello (2008) 22:107-113.
- Haeckel E. Generelle Morphologie der Organismen. Berlino, t. 11, 300, 1866.
- Lewis OJ. The joints of the evolving foot. Part I. The ankle joint. J Anat. 1980 May; 130 (Pt 3): 527-543.
- Lewis OJ. The joints of the evolving foot. Part II. The intrinsic joints. J Anat. 1980 Jun; 130 (Pt 4): 833-857.
- Lewis OJ. The joints of the evolving foot. Part III. The fossil evidence. J Anat. 1980 Sep; 131 (Pt 2): 275-298.
- Montalenti Compendio di embriologia. Idelson, Napoli, 1981.
- Paparella Treccia R.: Il piede dell'Uomo, profilo storico-strutturale. Verduci editore, Roma 1977.
- Pisani G.: Trattato di Chirurgia del piede. Ed. Minerva Medica, Torino, 1990.
- Tanner J.M. Auxologia: dal feto all'uomo, la crescita fisica dal concepimento alla maturità. Ed. UTET, Torino, 1981.
- Von Bertalanffy L. Teoria generale dei Sistemi. Mondadori Studio, 1983.

# III TAVOLA ROTONDA

VERSO UNA  
CHIRURGIA “SISTEMICA”  
DEGLI ARTI





## COME È EVOLUTO IL GOMITO? ISPIRAZIONI PER UN DESIGN PROTESICO.

*Landino Cugola*

Già Direttore dell'UO di Chirurgia della Mano del Policlinico Universitario G.B. Rossi di Verona

A. Nell'era primaria (400-280 m.a.f.) la forma più elaborata di vita nel ns. pianeta era rappresentata dai vertebrati marini con più PINNE (fig. 1). Nel Devoniano (400-350 m.a.f.) con l'uscita dall'acqua, le pinne incominciano ad abbozzare la forma dell'arto **CHIROPTERIGIO**, comune alle 20.000 specie di vertebrati tetrapodi (anfibi, rettili, uccelli, mammiferi). Sicché nei primi momenti dello sviluppo embrionale non è possibile distinguere ciò che sarà successivamente per le diverse classi di vertebrati: vale a dire, la partenza è uguale per tutti, poi avviene la differenziazione secondo la specie.

Alla fine dell'era primaria l'organizzazione del membro superiore-anteriore è costituita da 3 segmenti (fig. 2).

B. Si entra così nell'era secondaria (225-65 m.a.f.): è il periodo dei **DINOSAURI**, nei quali arti anteriori e posteriori servono per sostenere e muovere l'animale, e si assomigliano anatomicamente (fig. 3).

La **FINALITÀ** dell'arto è di preferire la **STABILITÀ** alla **MOTILITÀ**.

Verso la fine di quest'era, nel cretaceo (136-65 m.a.f.) avviene la diversificazione dei mammiferi e si passa nell'...

C. ...Era terziaria (65-2 m.a.f.) quando appaiono gli **ANTROPOIDI** (scimmia-uomo) che diventano definitivamente **ERETTI**. La definitiva differenziazione delle due paia di estremità compare verso la fine del terziario: il **GOMITO ATTUALE** è comparso circa 2 m.a.f. con l'**HOMO ABILIS**.

Le trasformazioni che si sono succedute nel gomito hanno un significato meccanico e funzionale e possono essere riassunte:

- maggior sviluppo del condilo laterale per sopportare la trasmissione dei carichi di appoggio dell'arto al suolo (come nei dinosauri-fig. 3),
- la profondità dell'olecrano per permettere un aumento di flesso-estensio-

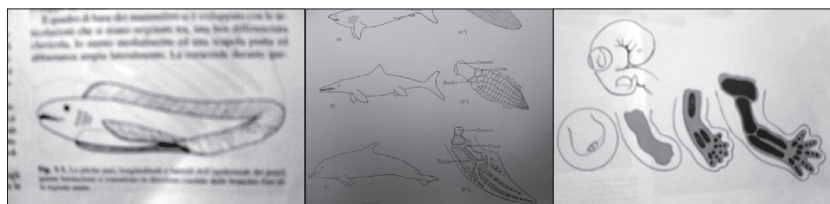


Fig. 1- a

- b

- c

Fig. 1. a, b, c. Primi esseri viventi (pesci) da cui si avviò l'evoluzione verso i vertebrati tetrapodi.

ne (come nella vita arboricola (fig. 4),

– l'avvento dell'endotorsione dell'arto superiore per le esigenze di prono-supinazione di cui ha necessità l'homo sapiens nelle attività quotidiane (fig. 5).

Siamo finalmente arrivati al Gomito attuale, in cui sono da considerare gli ASSI per comprenderne la biomeccanica. In primis l'asse longitudinale omero-ulnare è in valgo (fig. 6). Senza addentrarmi in considerazioni di tipo matematico, mi limito a prendere in considerazione: a - l'asse di flessione-estensione dell'omero e b - l'asse longitudinale dell'ulna.

a - l'angolo formato dall'asse diafisario con l'asse epifisario è di circa 30°, come si può notare in visione laterale dell'omero (fig. 8), per favorire la flessione del gomito. L'osservazione da fare per quanto riguarda il design della componente omerale è che, attualmente, si è iniziato a prevedere quest'angolo ma resta il concetto di articolazione a cerniera che tale non è. Inoltre mi pare utile osservare che tale disegno protesico con la cerniera possa comportare uno scarico di forze sulla componente ulnare, già di per sé in posizione di inferiorità meccanica, in quanto:

b - l'asse longitudinale dell'ulna, visto di faccia, forma con l'asse dell'ulna prossimale un angolo di 15° per consentire lo spostamento di 8-10° in valgo del gomito nella flessione-estensione. L'osservazione che ne risulta è che gli steli attuali della componente protesica ulnare tentano di seguire l'anatomia, senza riprodurla, per cui gli stress che si riflettono sulla punta dello stelo ulnare portano ad un impingement con possibilità di loosening e frattura da stress (vedi casi fig. 12).

Sotto l'aspetto clinico si possono trarre alcune considerazioni:

1 - *nelle malformazioni congenite si incontrano quadri clinici (fig. 11) da supporre una regressione, un ricordo della morfogenesi evolutiva, come nelle sinostosi radio-ulnari prossimali ove è assente la prono-supinazione come prima della comparsa dell'Homo Sapiens. Lo stesso si può ipotizzare per altre tipologie di displasia del gomito come la mano valga con la fusione del gomito che può significare l'arresto all'inizio dell'endotorsione dello sviluppo embrionale o come la divaricazione dei capi articolari prossimali ulno-radiale che si può far risalire al periodo finale dell'era primaria con il membro costituito da tre segmenti.*

2 - nei quadri complessi di patologia posttraumatiche gli esiti più comuni sono le rigidità ed in casi minori le instabilità: a - le rigidità si realizzano quando più elementi di stabilizzazione sono lesi (da ricordare che per il 50%

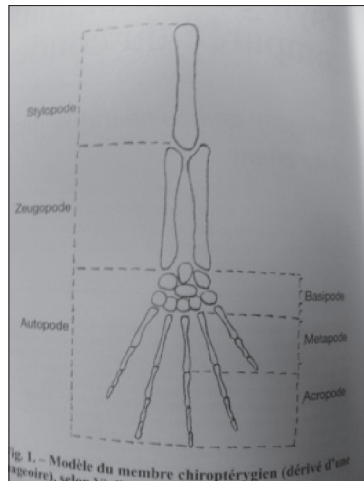


Fig. 2. Schema di organizzazione dell'arto superiore alla fine dell'era primaria.

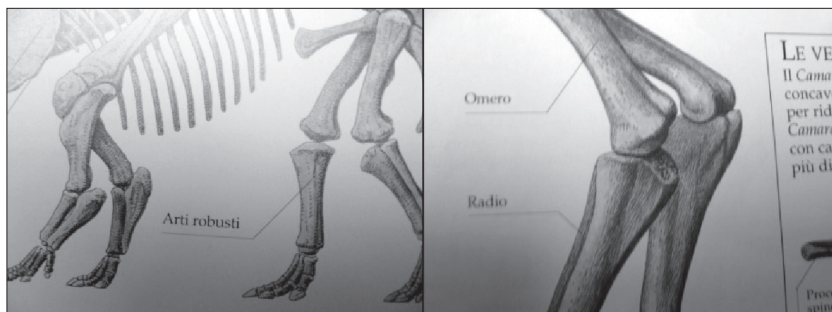


Fig. 3. Scheletro di Dinosaurio: anatomia del segmento corrispondente al gomito (allora con funzioni di sostegno).

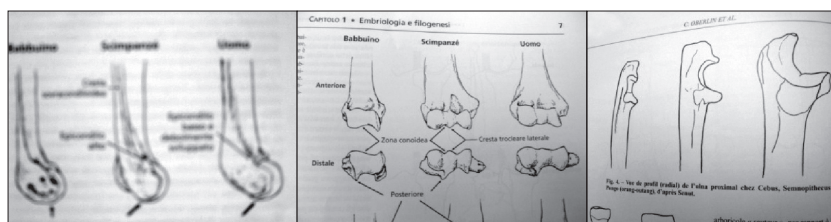


Fig. 4 - a

- b

- c

Fig. 4. Schema dell'evoluzione del gomito negli antropoidi (a e b massiccio epifisario omerale; c - l'olecrano).

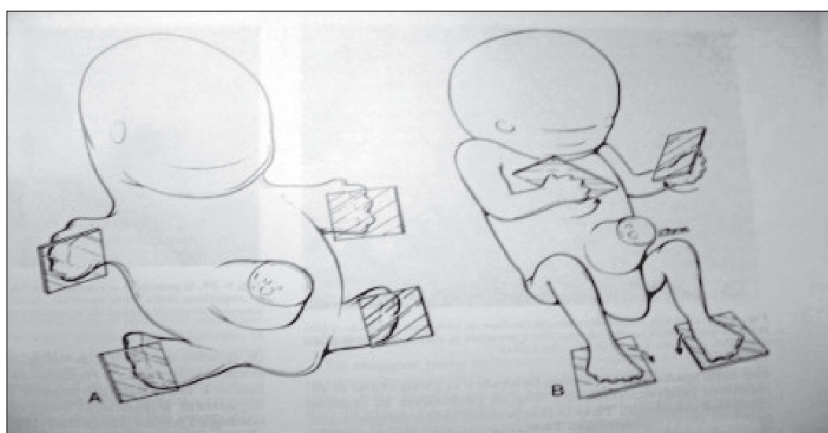


Fig.-5. L'endotorsione dell'arto superiore sopraggiunta per le esigenze di prono supinazione nell'Homo Sapiens.

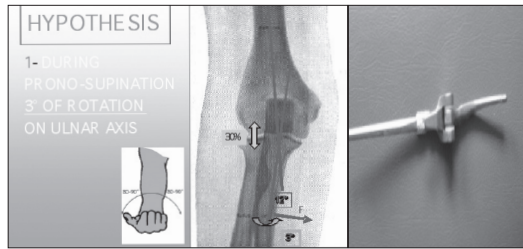


Fig. 6. Confronto tra l'angolo di valgismo fisiologico del gomito con quello di una protesi che non è omogeneo.

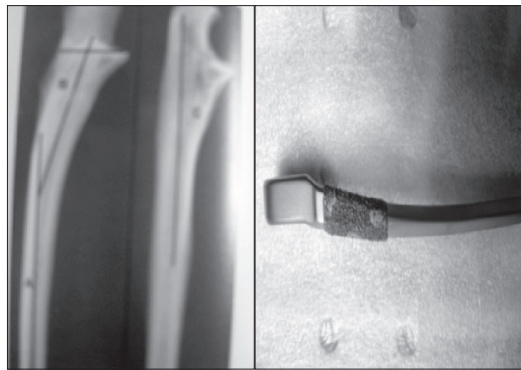


Fig. 7. Asse dell'olecrano e asse della diafisi dell'ulna fisiologico confrontato con quello della componente protesica ulnare, relativamente omologo.

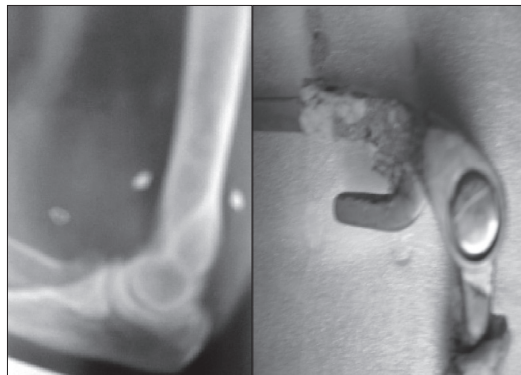


Fig. 8. Comparazione tra l'anatomia dell'epifisi omerale e del design protesico che si avvicinano.

la stabilità è dovuta ai legamenti ed il 50% alla congruenza articolare); *in tal caso pare che il gomito ritorni all'origine evolutiva dove era prevalente la STABILITÀ rispetto alla MOBILITÀ.*

Con quali presidi possiamo ridare la MOBILITÀ?

Due sono le alternative:

A - l'artroplastica biologica, ma soprattutto oggi.

B - l'artroplastica di sostituzione protesica i cui stadi evolutivi sono di seguito:

1 - un disegno protesico vincolato, FALLITO per il concetto a cerniera su

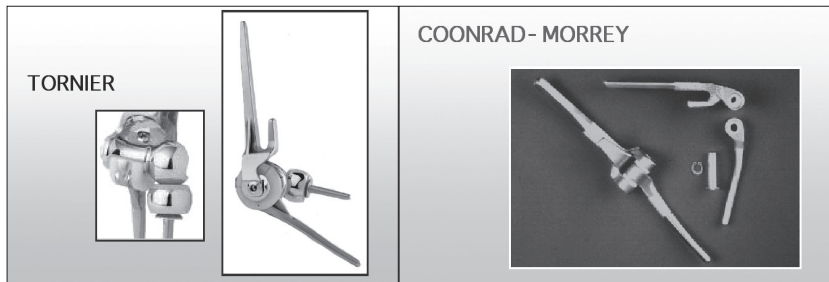


Fig. 9. Le protesi di tipo semivincolato: Morrey e Discovery.

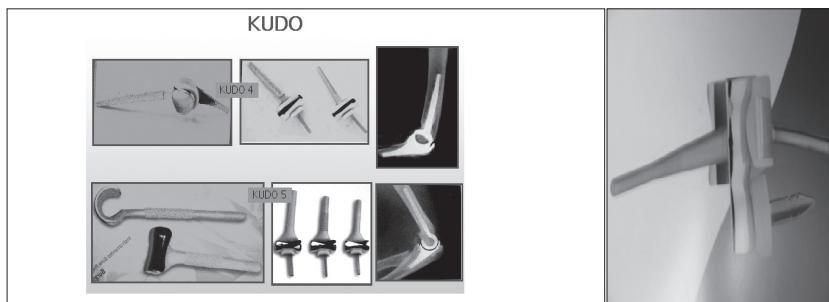


Fig. 10. Le protesi non vincolate: Sorbie e Kudo.



Fig. 11 - a - b - c

Fig.11 (a-b-c). Casi di malformazioni del gomito (vedi testo).

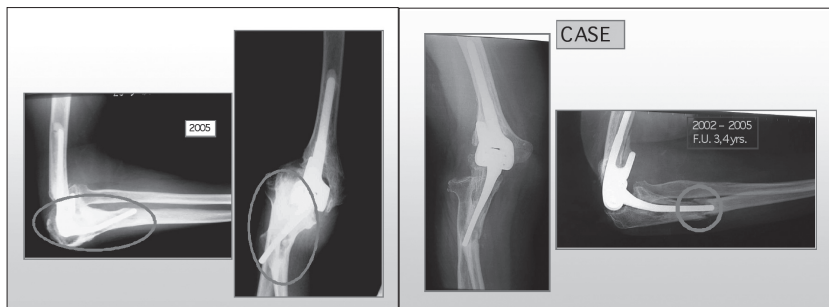


Fig. 12. Casi di fratture – loosening al terminale dello stelo ulnare ove si scaricano le forze.

cui si basava e che s'è visto non corrispondere alla anatomia del gomito.

2 - un disegno protesico non vincolato (fig. 10) i cui risultati possono essere considerati positivi nel 50% se prevale la stabilità del sistema ed l'impianto ha una funzione di spaziatore laddove il sistema legamentoso è efficiente, nel 50% i risultati diventano negativi se prevale l'instabilità del sistema.

3 - un disegno protesico semi-vincolato (fig. 9), il più in uso attualmente, con buoni risultati, ma cui necessiterebbero modifiche come accennato più sopra, cioè a - senza la cerniera, b - una componente ulnare concepita con uno stelo più corto ed ancorato sul fondo dell'olecrano: tale disegno può essere considerato dotato di una RIGIDITA' ELASTICA (fig. 13).

4 - un sistema emiprotetico che funge da spaziatore nei casi di rigidità dovuta alle alterazioni articolari di una delle componenti l'articolazione (più spesso quella omerale).

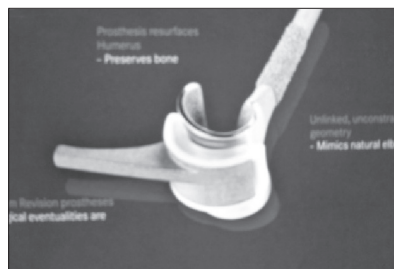


Fig. 13.- Il tipo di protesi secondo i concetti esposti nel testo.

## BIBLIOGRAFIA

1. BF. MORREY. Le patologie del gomito, Verduci Ed., 2002.
2. Prothèses de coude in Cahiers d'enseignement de la SOFCOT, 77, Elsevier Ed., 2001.
3. Rockwood e Matsen: La spalla, vol.1. Verduci Ed., 1999.
4. M. SALA: Embriologia. Copystampa Artigiana, Padova.
5. Grande Atlante Illustrato dei Dinosauri, vol.1-2, Fabbri Ed., 1993
6. MOORE, RUTH: Uomo, tempo e fossili: storia dell'evoluzione, 1954, Garzanti, Milano.
7. HAINES, TIM. Nel mondo dei dinosauri:immagini della preistoria, De Agostini, Milano, 1999.
8. KENT, GEORGE C. Anatomia comparata dei vertebrati, Piccin, Padova, 1997.
9. L. CUGOLA, A. ATZEI. La patologia artrosica del gomito, in Monografie SICM Vol. 3, Ed. Mattioli, 1998.
10. L. CUGOLA, A. ATZEI. La protesi di KUDO, idem.



## LA MECCANICA BIARTICOLARE CONCENTRICA E LA CHIRURGIA DELLA COXA MANUS

*Gaetano Maurizio Grippi*

Vice-direttore, Responsabile di Chirurgia della Mano, SOC di Ortopedia e Traumatologia Alba ASL CN2 del Piemonte

*Lenta esperienza fanno tutti i pozzi profondi: essi devono aspettare molto, prima di sapere che cosa è caduto nella loro profondità.*

F. Nietzsche, *Così parlò Zarathustra*

### INTRODUZIONE

In questo studio saranno discusse le applicazioni pratiche, in ambito chirurgico, delle considerazioni goethiano-sistemiche fatte sulla filo-ontogenesi del carpo nelle precedenti letture di questo volume, verso cui si rimanda essendo propedeutiche. (v. pagg. 23 e 57).

In realtà, per la mera pratica tecnico-chirurgica non sarebbe indispensabile fare riferimento agli aspetti teorici indicati, poiché nella consueta routine clinica è più che sufficiente il “saper fare” – “che cosa” – “in quali casi”. Semmai, la vera utilità (e piacere) di questo teorizzare consiste nella libertà intellettuale di continuamente esplorare ed interrogarsi con la propria testa, mai del tutto fidandosi dell’ipse dixit della Tradizione, sfidandosi a ragionare tutte le volte di fronte al caso clinico a ri-partire dai fondamenti: “ad maiora”. Agli studiosi, appunto, che apprezzano tale esercizio di libertà suggeriamo di riflettere sul fatto che uno dei fondamenti del nostro lavoro di ortopedici – dappertutto nei vari segmenti dell’apparato locomotore – ha nel Principio di Regressione un potente paradigma esplicativo per molti problemi interpretativi e di indicazione, posti dalla patologia. In questo senso, poiché l’evento dismorfico del carpo (congenito e/o acquisito per danno traumatico o degenerativo) generalmente tende a manifestare la patomeccanica “regressa” del c.d. Carpo Adattativo è, per questo, opportuno comprendere da quale fisiologia normale procede il decadimento.

Infatti, dovrebbe essere del tutto ovvio che la pratica ottimale di chirurgia del polso necessita della conoscenza della meccanica carpale. Ma, nella passata letteratura, questa è stata approssimativa e frammentata in tesi contrastanti. Infatti, i modelli storici di riferimento: Kapandji (1974) - “Movimento a catena” Gilford (1943) - “Concetto delle colonne” Navarro (1919) - “Carpo

a geometria variabile” Taleisnik (1976), - “Concetto dell’anello” Lictman (1981), etc. – pur idonei a comprendere aspetti particolari dell’architettura carpale, non ne hanno svelato l’intimo fondamento meccanico (Fig. 1). Da ciò è derivata una pratica chirurgica generalmente empirica, con interventi (p.e. l’artrodesi STT – dal concetto colonnare -; l’artrodesi SL – dal concetto Kapandji-anello - altre artrodesi: Scafo-Capitato, Luno-Capitato, etc.) – risultati insoddisfacenti, nei controlli a distanza; e con parecchie altre incertezze teoriche, come (in particolare) la mancata chiarificazione:

A) - del rationale meccanico che rende efficace l’intervento di Carpectomia Proximale.

B) - dell’Instabilità Carpale (IC), che da fatto meccanico è stata costretta in definizioni descrittive, a partire dai concetti DISI - VISI di Linscheid (1972).

C) - della patomeccanica del Carpo Adattativo: ossia, del perchè il polso con postumi di frattura malconsolidata del radio distale, spesso conserva una buona funzione utile.

D) - della patomeccanica del Madelung e del Kienboeck - corrispettivi prototipici di patologie congenite e acquisite del carpo caratterizzate da gravi alterazioni nella radio-carpica – che tuttavia, sporadicamente manifestano un decorso clinico benigno.

## LA MECCANICA BIARTICOLARE CONCENTRICA

Dal 1997 il suddetto gap è stato ridimensionato dalla Meccanica Biarticolare Concentrica (MBC), con questi moderni concetti:

### *Cotile e Coxa Manus*

Il carpo è congegnato come una protesi biarticolare di femore in cui la testina protesica è riprodotta dalla testa del capitato che, sul versante articolare concavo scafo-lunare (Cotile Manus), costituisce l’articolazione enartrosica della Coxa Manus (CM) (Fig. 2). Questa è la “vera” articolazione del

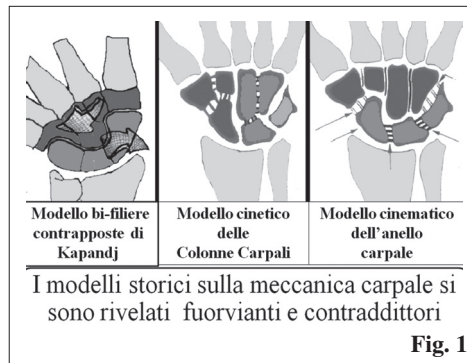


Fig. 1

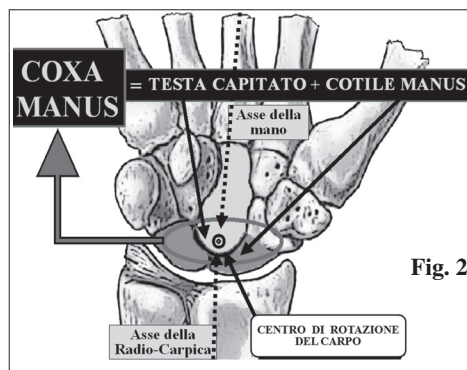


Fig. 2

polso: essendo il condilo carpale, inframezzato tra questa ed il radio, come un menisco che ne custodisce la stabilità e ne controlla gli spostamenti pur senza essere componente essenziale del movimento.

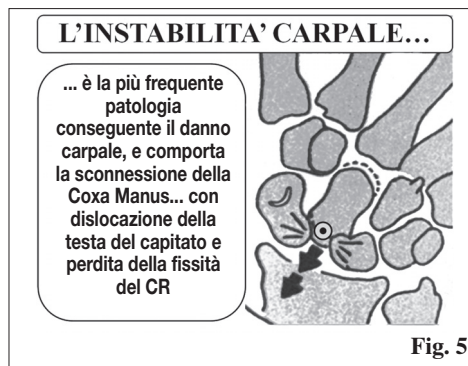
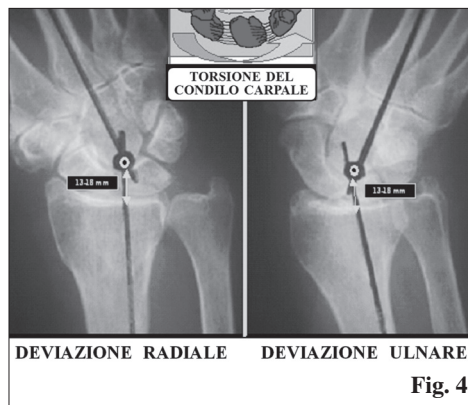
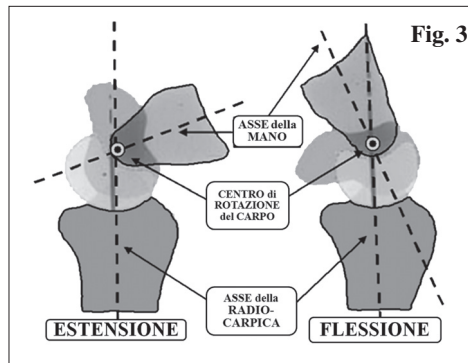
### *Isocinematica del Capitato e isocinetica del Centro di Rotazione del Carpo*

In effetti, l'articolarsi della radio-carpica coincide coi rapporti angolari che il capitato (asse della mano) assume sul radio (asse della radiocarpica), indipendentemente dal posizionarsi del condilo carpale che si comporta da struttura deformabile interposta tra due strutture rigide: il radio e il capitato obbligati a mantenersi allineati in ogni reciproco spostamento (Fig. 3). Nel movimento infatti, il condilo carpale subisce delle torsioni con fuoco nella testa del capitato; nel medesimo punto, l'asse del radio e l'asse della mano convergono a costituire il centro di rotazione (CR) della Coxa Manus.

Il mantenimento di questa collimazione è l'imperativo categorico della stabilità carpale e comporta l'equidistanza del capitato dal radio (invarianza dell'altezza del carpo) funzionale alla potenza e precisione stato-dinamica della presa (Fig. 4).

### *Patomeccanica dell' Instabilità Carpale*

La sconnessione della CM implica la divergenza asse-radiocarpica/asse-mano e definisce anatomico-funzionalmente l'Instabilità Carpale. In pratica, ogni lesione del condilo carpale – nella componente ossea o legamentosa, tale da indurre



la dislocazione della testa del capitato – produce instabilità poiché disallinea il CR. Ciò significa, che l'accertamento di una sub-lussazione della testa del capitato è il dato patognomonico che consente la diagnosi generica dell'IC (Fig. 5).

#### *Paleocarpio e Neocarpio*

Nella Filogenesi, il carpo biarticolare a due filiere dell'Uomo deriva dal carpo monoarticolare a unica filiera dei rettili Terapsidi e Teropodi (Fig. 6): con una successione evolutiva riprodotta nell'embrione – secondo l'assioma "l'Ontogenesi ricapitola la Filogenesi" – per cui la radiocarpica compare e differenzia dopo la medio-carpica. In pratica, nell'anatomia normale del massiccio carpale è possibile distinguere due segmenti trasversali, dall'ontogenesi differenziata: distalmente una parte più antica, il *Paleocarpio* che mantiene il privilegio del riferimento meccanico col centro di rotazione e che è rappresentato dalla coppia capitato-uncinato compresa la medio-carpica; prossimalmente una porzione filogeneticamente più recente: il *Neo-carpio* rappresentato dalla prima filiera compresa la radio-carpica che nell'evoluzione si sovrapponeva al primo per meglio affinare la stabilità e forza stato-dinamica della presa e, al contempo, meglio proteggere l'integrità della Coxa Manus nel trauma da impatto (Fig. 7).

#### *L'assemblaggio cardano-romanico del Carpo Biarticolare Concentrico*

Questa transizione è avvenuta nel processo di *brachiazione* dei Primati, assecondando l'utilizzo della mano a difesa di cadute e la meccanica della locomozione in aggancio-saltatoria-rampicante, della vita arboricola. Per adempiere ciò, il carpo monoarticolare rettiliano si è trasformato nel carpo biarticolare primatile: strutturato per il fine controllo delle tensioni sviluppate dalla presa, sia nella trazione che nella compressione; congegnato per trasmettere – come un giunto cardanico sui generis – il moto e la potenza tra l'avambraccio e la mano in un arco di quasi 180°; ed idoneo ad assorbire l'energia traumatica di un eventuale impatto principalmente nella radio-

NELLA FILOGENESI IL CARPO BI-ARTICOLARE A DUE FILIERE DEI PRIMATI DERIVA DAL CARPO MONO-ARTICOLARE A UNICA FILIERA DEI TERAPSIDI E TEROPODI

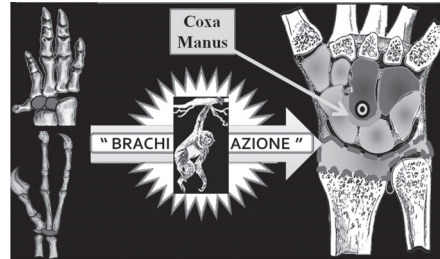


Fig. 6

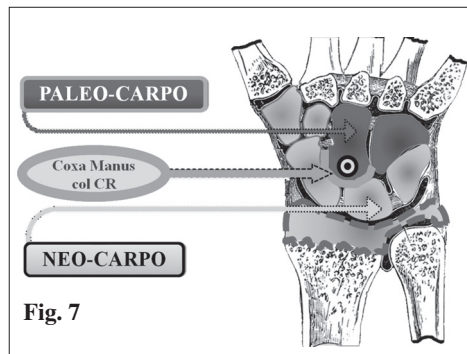


Fig. 7

carpica: così da salvaguardare al meglio l'articolarietà della Coxa Manus, nell'accadimento del danno (Fig. 8). In pratica, durante la brachiazione il carpo acquisisce un vero e proprio scudo di ammortizzazione e difesa rappresentato dalla filiera prossimale, la quale è anatomicamente conformata e predisposta per assorbire e/o deviare l'energia traumatica di un eventuale impatto principalmente nella radio-carpica: così da salvaguardare al meglio la Coxa Manus. In altri termini, il condilo carpale si comporta come il carapace di una testuggine che minimizza il potenziale danno centro-carpico, ribaltando e trasferendo al radio gran parte delle abnormi sollecitazioni meccaniche causate da un'eventuale caduta (Fig. 9).



Fig. 8

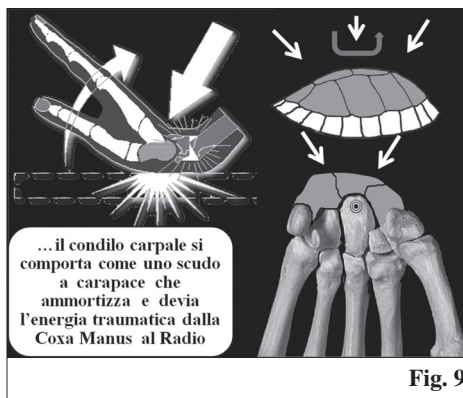


Fig. 9

#### *Espressione del Principio di Regressione nella Patomeccanica del Carpo Adattativo*

Poiché, l'assetto meccanico del carpo è la conseguenza del processo storico filo-ontogenetico dello sviluppo dell'arto superiore, fino ai Primati (per cui la sua anatomia concretizza l'iter della stratificazione morfogenetico-informativa avvenuta nel tempo geologico) la diminuzione patologica del suo contenuto informativo (nelle parti danneggiate) avviene ripercorrendo a "ritroso" il medesimo iter, secondo il Principio di Regressione e la Legge Dismorfogenetica già discussi in altro studio di questo volume, per cui: "L'evento dismorfico riproduce "a ritroso" assetti funzionali e strutturali che rievocano quelli presenti nella filogenesi, e ricapitolati nella onto-morfogenesi" (v. pag. 77).

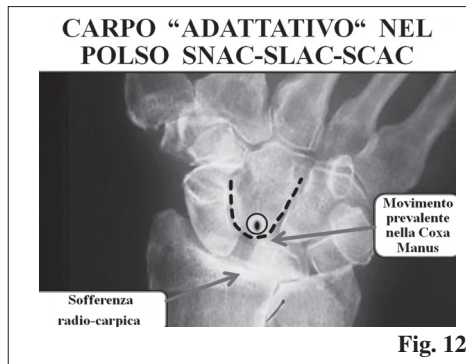
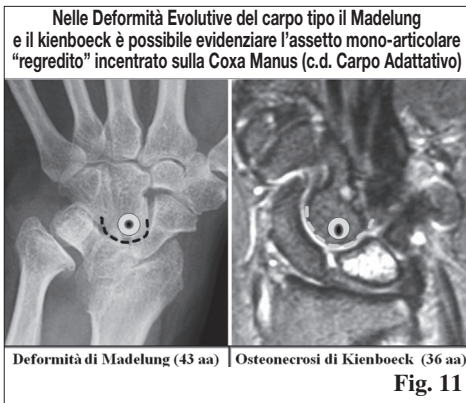
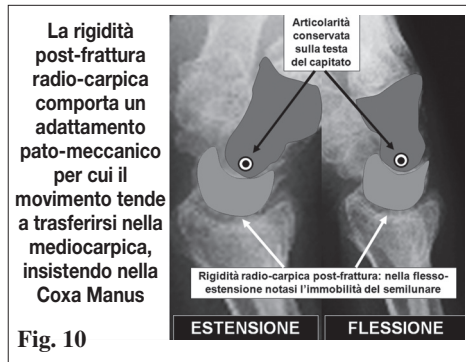
In particolare nel polso, l'assetto meccanico delle malformazioni e dismorfie acquisite (traumatiche e/o degenerative), ancorché con severo danno radio-carpico tende spontaneamente a mantenere una funzione accettabile, ancora utile ad oltranza. Tale situazione patomeccanica corrisponde al c.d. Carpo Adattativo.



Cioè, dalla strutturazione biarticolare a duplice filiera del carpo umano deriva la sua considerevole versatilità funzionale e ridondante capacità adattativa nei postumi di fratture e nelle dismorfie congenite o acquisite, come il Madelung, il Kienboeck e il polso SNAC, SLAC, SCAC, etc (Fig. 10,11,12). Tale adattamento – che fundamentalmente consiste nell'utilizzo privilegiato della Coxa Manus quando occorre una qualche alterazione funzionale della radio-carpica – rende conto del frequente buon recupero post frattura malconsolidata del radio e/o della occasionale benigna evoluzione del carpo dismorfo, e corrisponde alla interdizione del Neo-Carpo a favore del Paleo-Carpo, con il decadimento della funzione biarticolare verso quella monoarticolare (Fig. 13); ossia, al ri-emergere di un assetto meccanico ancestrale già sperimentato nei Teropodi Maniraptors del Cretaceo (135 - 65 MAF), il cui carpo prensile possedeva un unico osso a mezzaluna, omologo al capitato-uncinato, direttamente articolato al radio distale (Fig. 14).

## LA CHIRURGIA DELLA COXA MANUS

Dalla Meccanica Biarticolare Concentrica e dalla para-fisiologia naturale del Carpo Adattativo è logicamente derivata la Chirurgia della Coxa Manus (CCM), secondo l'assioma: *la nuova normalità post-chirurgica delle lesioni del carpo deve mirare al ripristino delle funzioni meccaniche e comprendere il riposizionamento, anche sostitutivo, del Centro di Rotazione (CR).*



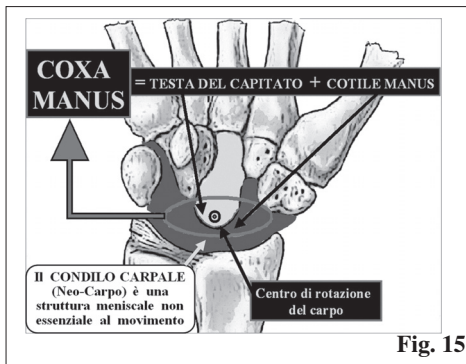
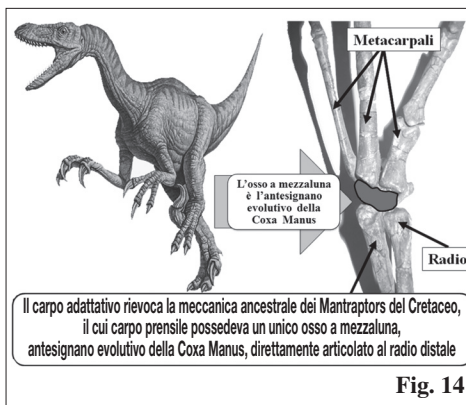
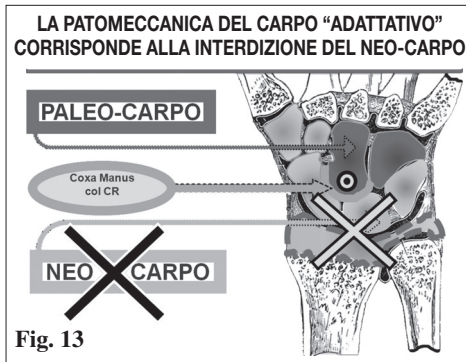


Ossia: nella specifica lesione carpale, in primo luogo bisogna valutare la possibilità della restituito ad integrum. Se ciò è fattibile, allora per riposizionare il CR potrà essere sufficiente l'osteosintesi e/o la riparazione di eventuali lesioni legamentose (es. in una frattura e/o pseudoartrosi di scafoide, o in una dissociazione S-L, etc.). Viceversa, quando non è possibile il reintegro anatomico, si procede con *soluzioni che utilizzano il potenziale meccanico delle parti ancora integre e/o che ottimizzano il naturale processo di adattamento.*

### Il "Gaal" della Chirurgia del Polso

In particolare, con questa metodologia è ridimensionata l'importanza del recupero chirurgico della radio-carpica e/o delle ossa del condilo carpale danneggiate che, al limite, possono essere sacrificate (Fig. 15): in alternativa, una valida opzione è *elementarizzare la funzione del massiccio carpale* concentrando tutto il movimento sulla testa del capitato o, se questa a sua volta danneggiata, su una protesi cefalo-capitato sostitutiva (Fig. 16).

Quest'ultimo concetto rappresenta il "Gaal" della Chirurgia del Polso: con un principio metodologico fondamentale, che l'empirismo della chirurgia tradizionale aveva già inconsapevolmente applicato nella Carpectomia Proximale, con ottimi risultati. Ma con la MBC si è compreso che tale resezione ossea corrisponde ad una semplice meniscectomia, e che dopo l'intervento l'asse della mano e l'asse della radio-carpica continuano a convergere sempre sulla testa capitato dove, a ridosso del radio, ricostituiscono un nuovo CR.

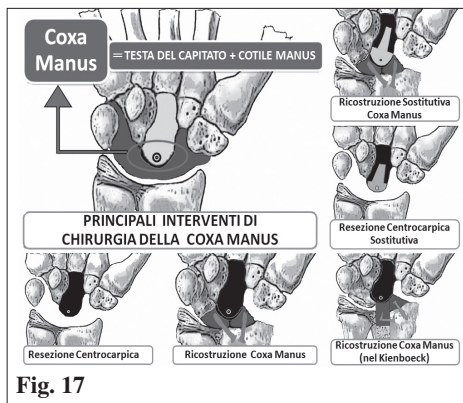
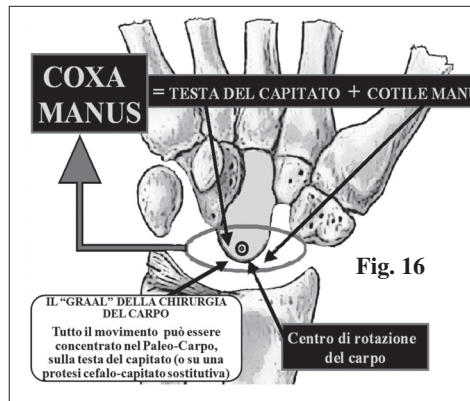


### Le principali procedure chirurgiche

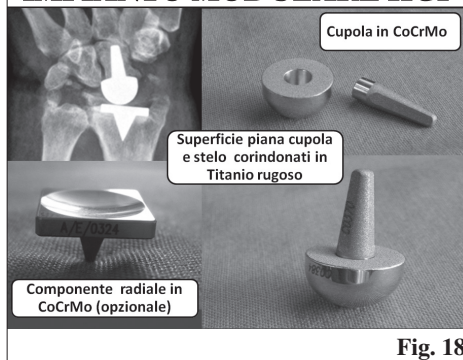
In merito comunque, per resettare il CR in ogni ipotetico danno carpale, la CCM considera quattro principali procedure chirurgiche, di cui le prime due da attuare in caso di integrità della testa del capitato (Fig.17). Rispettivamente:

1. La Resezione Centrocarpica (RC): corrispondente alla Carpectomia Proximale, in cui il capitato viene fatto articolare direttamente sulla fossetta lunata del radio, che deve essere integra. L'intervento, indicato nel danno irreparabile del condilo carpale (e, preferibilmente nell'adulto e/o anziano con scarso impegno lavorativo), risulta utile in caso di rigidità poiché accorcia il carpo fino a 2-3 cm, recuperando spazio al movimento..

2. La Ricostruzione della Coxa Manus (RCM): consiste in un'artrodesi radio-carpica con resezione dello scafoide distale (artrodesi radio-luno-emiscafoidea). L'intervento – indicato nel recupero della flessione-estensione e/o deviazione ulno-radiale, principalmente nel giovane e/o nell'adulto, ancorché in attività lavorativa – modella un neo-Cotile Manus che accoglie la testa del capitato col CR stabilmente riposizionato, e che trasforma la CM nell'unica articolazione del carpo. In tal modo, è eliminato ogni residuo movimento nella radio-carpica danneggiata, e viceversa amplificato quello della medio-carpica indenne, così *ottimizzando il naturale processo di adattamento dalla meccanica biarticolare alla monoarticolare.*



### IMPIANTO MODULARE HGP



Una variante tecnica della RCM è impiegata nel Kienboeck al III e IV stadio in cui il semilunare collassato non può essere utilizzato per ricomporre il Cotile Manus. In tal caso, l'intervento è comunque realizzato mediante la traslazione osteotomica della faccetta lunata del radio, a ridosso del capitato.

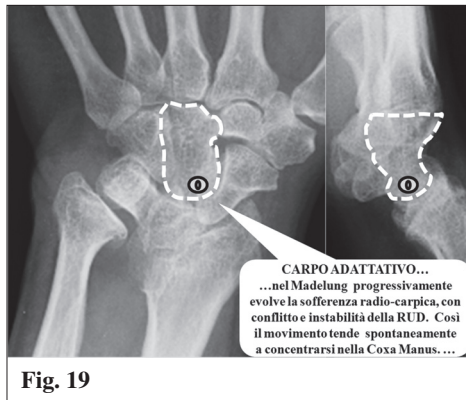
Tuttavia, sia la RC che la RCM sono controindicati se la lesione carpale comprende il danno del capitato. In tal caso, per superare l'ostacolo può essere posizionata una protesi cefalo-capitato nelle corrispondenti procedure gemelle. Rispettivamente:

3. La Resezione Centrocarpica Sostitutiva (RCS) consistente in una RC più la protesizzazione del capitato.

4. La Ricostruzione Sostitutiva della Coxa Manus (RSCM) consistente in una RCM più la protesizzazione del capitato. Nel caso di danno limitato al capitato consistente, invece, nella sola protesizzazione (Fig. 18).

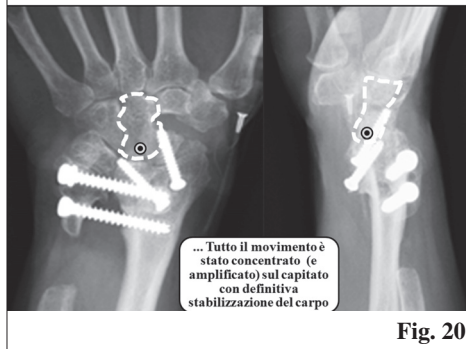
#### *Impiego clinico della CCM e nostra casistica*

Con questi quattro interventi base è possibile trattare polsi con danno estremo, il cui recupero avviene col minimo sovvertimento anatomico e con la garanzia, nell'eventualità di un ipotetico insuccesso, di facilmente ripiegare su interventi più definitivi ma distruttivi, come la panartrodesi e/o la protesizzazione totale.



**Fig. 19**

#### **Madelung post intervento di Ricostruzione Coxa Manus + Sauvè Kapandj**



**Fig. 20**

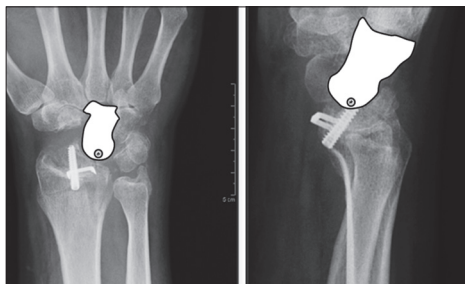


**Fig. 21**

Quest'ultimo aspetto li pone strategicamente alternativi e di prima scelta, con l'ulteriore vantaggio della "polivalenza". Infatti - ad esclusione del polso con flogosi attiva (reumatoide, infettiva, etc.) e/o con osso scadente (grave osteoporosi, neoplasie, etc.) - trovano impiego in svariate patologie del carpo, fra cui: il polso SLAC (Scapho-Lunate Advanced Collapse), il polso SNAC (Scaphoid-Non-union Advanced Collapse), il polso artrosico e/o SCAC (Scaphoid Chondrocalcinosis Advanced Collapse), gli esiti delle fratture del radio distale malconsolidate e/o in evoluzione artrosica, gli insuccessi del trattamento chirurgico della pseudoartrosi di scafoide ed il danno esitato ad infruttuoso trattamento del polso traumatizzato, il Madelung, il Kienboeck terminale, le lesioni isolate della testa del capitato, ecc.

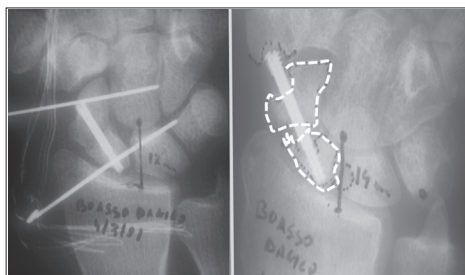
Nello specifico, come suaccennato, l'indicazione è condizionata dall'integrità della testa del capitato e/o dal relativo grado di rigidità. Ossia: col capitato integro si procede con la RC se l'articolari tà   ridotta oltre il 50%; con la RCM se l'articolari tà   ridotta meno del 50%. Viceversa, nel danno cefalico-capitato si consiglia la protesizzazione negli corrispondenti interventi: la RCS se l'articolari tà   ridotta oltre il 50%; la RSCM se l'articolari tà   ridotta meno del 50%.

La nostra casistica consiste di 67 interventi in 61 pz., dal 1997 al 2009, di cui: 5 RC; 32 RCM; 5 RCM nel Kienboeck; 1 RCM nel Madelung; 4 RSCM; 20 RCS. I risultati, controllati con un follow-up medio di 4,9 anni, sono stati soddisfacenti nell'80%. I dettagli sono riportati nei lavori pubblicati, e a questi si rimanda.



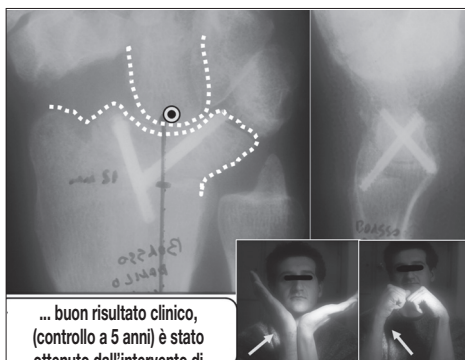
Kienboeck IV stadio, post-operatorio a 2 anni dall'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus: tutto il movimento   stato concentrato (e amplificato) sul capitato, con definitiva stabilizzazione del carpo

**Fig. 22**



Irrecuperabile pseudoartrosi di scafoide post sintesi di frattura-lussazione perilunare del carpo

**Fig. 23**



... buon risultato clinico, (controllo a 5 anni)   stato ottenuto dall'intervento di Ricostruzione della Coxa manus

**Fig. 24**



A scopo di esemplificazione, comunque, esporremo alcuni casi a varia patologia, che sono stati trattati e risolti con successo dalla CCM.

*Iconografia casistica*

Caso 1: M. di Madelung (pre-operatorio) (Fig. 19). Controllo post-operatorio a distanza di 14 mesi dall'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus + Sauvè Kapandj, con valido recupero. (Fig. 20).

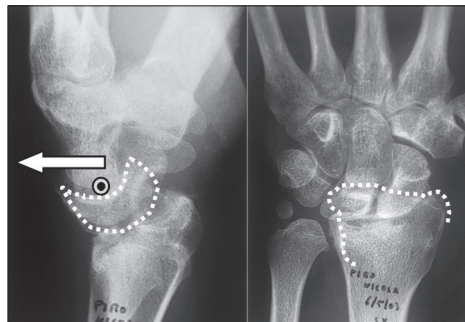
Caso 2: M. di Kienboeck (pre-operatorio al IV stadio) (Fig. 21). Controllo post-operatorio a distanza dall'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus, con valido recupero. (Fig. 22).

Caso 3: In un caso di irrecuperabile pseudoartrosi dei scafoide post-sintesi di frattura-lussazione tran-scafo-perilunare del carpo (Fig. 23); valido recupero si è ottenuto con l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus (Fig. 24).

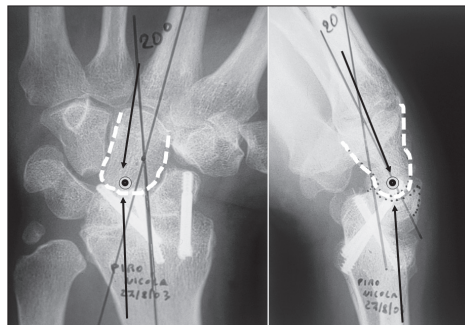
Caso 4: In un caso di severa rigidità e sub-lussazione dorsale del polso dx post frattura mal consolidata (Fig. 25); valido recupero si è ottenuto con l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus. (Fig. 26).

Caso 5: In un caso di polso SLAC-SCAC con collasso carpale e sofferenza cefalica del capitato (Fig. 27); valido recupero si è ottenuto con l'intervento di Resezione Artroplastica Centrocarpica con protesi HGP di capitato (Fig. 28).

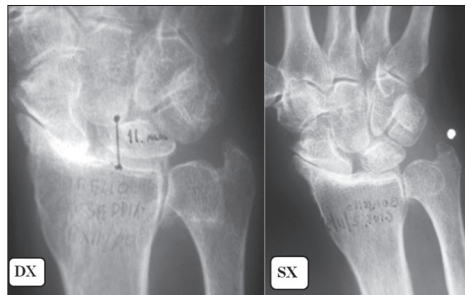
Caso 6: In un caso di polso SCAC collassato con necrosi cefalo-capitato (Fig. 29); valido recupero si è ottenuto a distanza di 2 anni dall'intervento di resezione Artroplastica Centrocarpica con impianto mini-totale di protesi HGP (Fig. 30).



**Severa rigidità e sub-lussazione dorsale del carpo dx post frattura malconsolidata del radio distale Fig. 25**



**Ottimo risultato a 6 anni si è ottenuto con l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus Fig. 26**



**Polso SLAC - SCAC dx-sx con sofferenza cefalica del capitato Fig. 27**

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La nostra esperienza convalida la CCM e avvalorata l'idea originale di risolvere gravi lesioni carpalie elementarizzando le funzioni meccaniche, con interventi dalla minima invasività chirurgica, logicamente adattati al danno specifico, e che – incorporando e ottimizzando il naturale processo di adattamento – consentono il valido recupero funzionale mediante la concentrazione del movimento nella Coxa Manus, protesizzata o meno.

In termini comparati, tale metodologia corrisponde a semplificare il carpo bi-articolare umano analogamente al carpo monoarticolare del Maniraptor, rievocando un assetto meccanico ancestrale che ha funzionato nell'Evoluzione per milioni di anni.

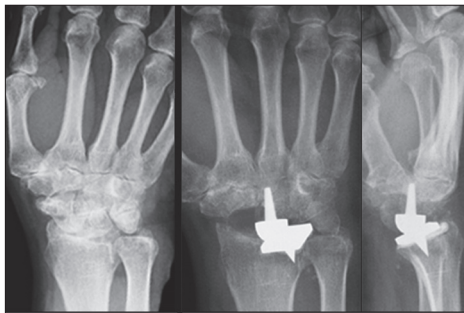
In ultimo, ricordandoci agli altri lavori presenti in questo Volume, preme sottolineare che l'introduzione della nuova visione biomeccanico-sistemica delle strutture viventi concessa dall'introduzione della Morfogenetica Goethiana ha permesso (in ambito ortopedico generale) e a noi in particolare nel Carpo Umano di concepire una metodologia chirurgica che segue le leggi naturali e che risulta implicita a priori nel danno stesso.

La CCM che abbiamo derivato e applicato nel nostro specifico di Chirurgia della Mano è soltanto una esemplificazione locale; crediamo, viceversa, che il potenziale di queste idee sia estendibile, a molte altre strutture

**Controllo, a 7 anni, Polso SLAC-SCAC dx-sx post operatorio di Resezione Centrocarpica Sostitutiva, con protesi HGP di capitato**



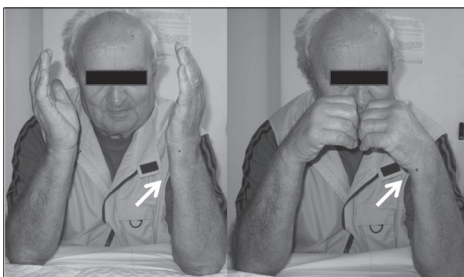
**Fig. 28**



**Polso SCAC con necrosi cefalo-capitata (pre-op.)**

**RX post.op. resezione artroplastica centrocarpica (mini-protesi totale)**

**Fig. 29**



**Controllo polso SCAC a 2 anni dall'intervento di Resezione Centrocarpica Sostitutiva con impianto mini-totale protesi HGP di capitato (freccia)**

**Fig. 30**



dell'Organismo (V. applicazione al Piede, pag 72 del presente volume) in senso realmente Olistico.

La difficoltà sta tutta nel voler riesumare la saggezza antica dai confusi paradigmi scientifici dell'attuale epoca informatica. In tal senso, l'idea di Cibernetica è saggia e antica, e tuttavia modernamente rivoluzionaria da sovvertire positivamente il riduzionismo strisciante anche nella prassi medica. Ossia, se l'Uomo (la sua struttura) è informazione, l'atto terapeutico (qualunque agire medico) non può essere altrimenti che un *input informativo* (deliberato dalla mente consapevole del medico-chirurgo-terapeuta) introdotto nella gerarchia sistemica dell'organismo con l'obiettivo di (in)formare la struttura sofferente *in direzione di una norma (accettabile)*. Problematico è quindi stigmatizzare la norma, perché sempre relativa al contesto mutevole dell'ambiente. A ciò deve supplire la nozione della forma e del suo divenire filontogenetico, che nel nostro essere ortopedici significa approfondita conoscenza dell'anatomia e fisiologia degli Organi di Movimento, in termini di Morfogenesi. Così, allora è possibile una chirurgia ortopedica "sistemica" capace di "informare" la parte danneggiata perché "divenga" coerentemente alla Totalità dell'organismo-paziente-(ambiente in cui vive e lavora).

Così, nello specifico di questo studio sul polso umano (a districare il dedalo del possibilismo empirico) esiste adesso il nuovo filo di Arianna del Principio di Regressione e della Legge Dismorfogenetica, per cui la CCM (come mostrato) comporta *l'ottimizzazione funzionale in senso sistemico* di una regressione strutturale del carpo, al più alto livello filogenetico, ancora compatibile.

## BIBLIOGRAFIA

1. Siegel JM, Ruby LK: A critical look at intercarpal arthrodesis: review of the literature. *J Hand Surg (Am)* 21:717-723,1966.
2. Grippi G.M.: Cinematica del condilo carpale con introduzione al Modello Carpale Biarticolare Concentrico (MBC) e sua applicazione al problema dell'instabilità carpale. *Riv. Chir. Riab. Mano Arto Sup.*, 34 (3), 389-401, 1997.
3. Grippi G.M.: La ricostruzione della "Coxa Manus" Indicazioni e tecnica chirurgica. *Riv. Chir. Mano – Vol. 40 (3)* 2003.
4. Grippi G.M.: La Chirurgia della Coxa Manus: avvero, applicazioni chirurgiche della Meccanica Biarticolare Concentrica ai problemi del polso danneggiato: *G.I.O.T. 2002; (Suppl.1): 5147-53*
5. Grippi G.M., Pompilio D: Surgery in the Outcomes of Traumatic Wrist: Coxa Manus Surgery: *Proceedings of 8<sup>th</sup> Congress of the Federation of the European Societies for Surgery of the Hand. Amsterdam, May 22-25,2002;*

57- 64 – Editor Steven Hovius – 2002 by Monduzzi Editore SPA in Bologna, Italy.

6. Grippi G.M.: La protesizzazione del capitato – indicazioni e tecnica chirurgica. Riv. Chir. Mano – Vol. 43 (1) 2006
7. Grippi G.M: Patomeccanica regressiva delle fratture articolari del radio distale e salvataggio con l'intervento di ricostruzione della Coxa Manus. Riv. Chir. Mano – Vol. 45 (1) 2008
8. Grippi G.M.: La Chirurgia della Coxa nabus nel salvataggio del polso post-frattura dell'EDR. LO SCALPELLO, Vol. 22 – N° 2 – dic. 2008, 107-113.

## DISMORFISMI DELLA “COXA PEDIS” (PIEDE CAVO-VALGO) E DISASSETTI ROTATORI (PATOLOGIA FEMORO-ROTULEA) E TORSIONALI (ANTIVERSIONE D’ANCA) DEGLI ARTI INFERIORI

*Giacomo Pisani*

Centro di Chirurgia del Piede “Prof. G. Pisani”, Clinica “Fornaca di Sessant”  
C.so Vittorio Emanuele II, 91 – 10128 Torino

A premessa alcuni concetti generali quali la definizione di coxa pedis, di torsioni e rotazioni e di astragalo osso del piede ed osso della gamba.

La “*coxa pedis*”<sup>(1)(2)</sup> (fig. 1a) corrisponde alla “*articulatio talo-calcaneo-navicularis*” descritta da Testut e Jacob (3) nel loro classico “Trattato di Anatomia Topografica”. Strutturata come enartrosi, è possibile definire in essa un’epifisi rappresentata dalla testa e dal collo dell’astragalo ed un cotile strutturato quale cavità osteo-fibro-cartilaginea alla cui costituzione concorrono, come elementi scheletrici, la superficie articolare posteriore dello scafoide e le superfici articolari della piccola (*sustentaculum tali*) e della grande apofisi del calcagno (sottoastragalica anteriore); più spesso in unica formazione articolare, talora tra loro suddivise da un solco (4).

Nel preparato fresco (fig. 1b) la zona articolare compresa tra lo scafoide, il *sustentaculum tali* e la grande apofisi del calcagno è completata da una fibro-cartilagine glenoidea rinforzata plantarmente dal legamento calcaneo-scafoideo-plantare; fascio di rinforzo della capsula astragalo-calcaneo-scafoidea. Medialmente concorre il legamento calcaneo-scafoideo supero-mediale (fig. 2b).

Il legamento calcaneo-scafoideo plantare (fig. 2a) corrisponde al fondo del cotile pedis e sottende una vera gle-

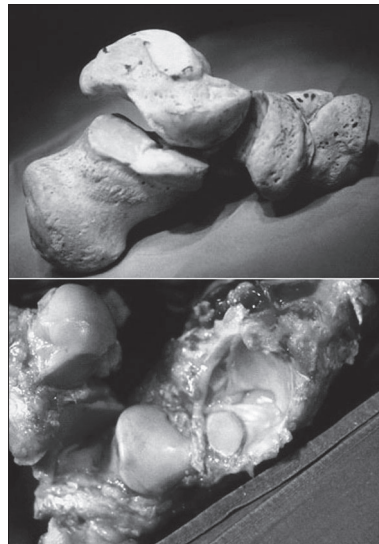


Fig. 1 - La coxa pedis: preparato secco (in alto), fresco (in basso).

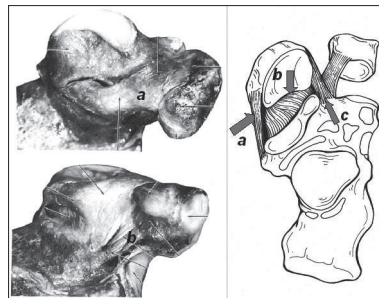


Fig. 2 - Apparato legamentoso peritalare: a) legamento calcaneo-scafoideo supero-mediale; b) legamento calcaneo-scafoideo plantare; c) legamento calcaneo-scafoideo laterale (branca mediale del legamento di Chopart).

noide, a rivestimento cartilagineo, in rapporto articolare col versante inferomediale della testa dell'astragalo compreso tra i versanti scafoideo e calcaneale.

Il cotile ha struttura a mosaico (5) con un batuffolo adiposo al centro della cavità, una componente scheletrica, una legamentosa ed una fibro-cartilaginea. Quest'ultima, che sottende a mo' di ventaglio la testa dell'astragalo, poggia al di sopra del chiasma tendineo dei flessori ed è rinforzata nella porzione distomediale dal tendine del tibiale posteriore. Dal lato esterno la cavità è completata dal fascio calcaneo-scafoideo del legamento ad "Y" o di Chopart.

La presenza (6) di corpuscoli propriocettivi nel legamento calcaneo-scafoideo plantare fa pensare ad una funzione anche recettoriale, cibernetica, del cotile pedis in ambito di un sistema propriocettivo peritalare.

In fasi embrionali precoci (16<sup>a</sup>-17<sup>a</sup> settimana; (fig. 3a) le articolazioni astragalo-scafoidea e sottoastragale anteriore sono chiaramente differenziate in una unica struttura articolare a caratteristiche morfologiche di enartrosi; aspetto questo ben evidente, con significato regressivo, nelle sinostosi calcaneo-scafoidee (fig. 3b).

Il concetto ed il nome di "cotile pedis" non sono nuovi agli anatomici; in letteratura vengono riferiti a Mc Conaill (1945)<sup>(7)</sup>.

Con significato più ampio "*coxa pedis*" vuol definire il particolare significato funzionale di una struttura che per dati anatomici, evolutivi e clinici può essere analogicamente comparata all'articolazione coxo-femorale"<sup>(8)(9)</sup>.

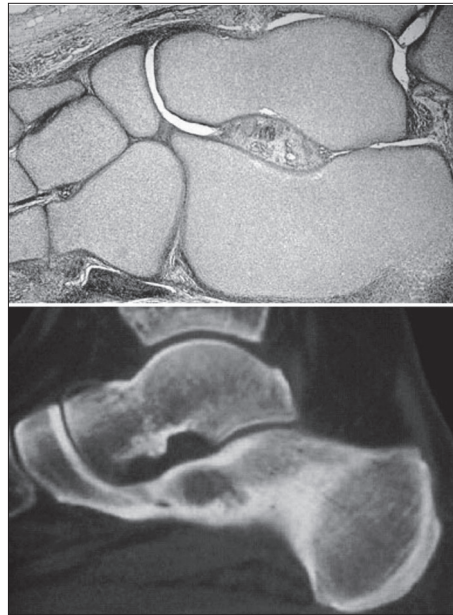


Fig. 3 - In alto feto di 11-12 settimane: le articolazioni astragalo-scafoidea e sottoastragale anteriore sono chiaramente differenziate in un'unica struttura articolare a caratteristiche morfologiche di enartrosi (Oss. De Palma, Coletti, Santucci, Tulli); in basso: aspetto enartrosico in sinostosi astragalo-scafoidea.

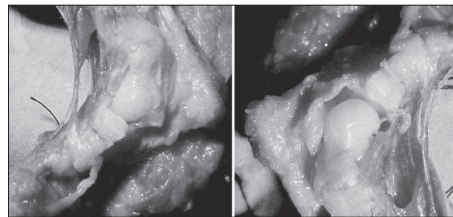


Fig. 4 - A sinistra preparato anatomico dell'articolazione astragalo-calcaneo-scafoidea in neonato ("*coxa pedis*") (Oss. Bachechi); a destra la stessa immagine ribaltata di 180° in posizione di "anca": evidente analogia anatomica tra le due strutture enartrosiche prossimale e distale dell'arto inferiore.

Per quanto riguarda le corrispondenze anatomiche, (figg. 4a, 4b) il profilo ileo-pubico del cotile prossimale ha corrispondenza analogica nel profilo calcaneo-scafoideo del cotile distale e l'interposta fovea del primo corrisponde alla componente fibro-glenoidea del secondo. Testa e collo del femore corrispondono a testa e collo astragalici, diafisi femorale a diafisi tibiale. E proiettando sulla sezione prossimale grande e piccolo trocantere, questi hanno corrispondenza proiettiva distale nei malleoli peroneale e tibiale.

Dal punto di vista evolutivo (fig. 5), partendo da valori approssimativi alla nascita di 50° di declinazione (retroversione) astragalica e di 40° di declinazione (antiversione) femorale, si raggiungono i valori medi definitivi di 25° per la prima verso i 6-7 anni e di 15° per la seconda verso i 12-14 anni.

Per quanto riguarda la patologia malformativa (fig. 6) sono note all'anca la lussazione e la protrusione, displasie estreme tra le quali sono comprese displasie intermedie quali la sublussazione e la prelussazione; anche per la "coxa pedis" si possono definire delle displasie intermedie (piede valgo evolutivo dell'infanzia: PVEI) comprese tra le due estreme rappresentate dalla lussazione espressa nel piede torto congenito e dalla protrusione corrispondente all'astragalo verticale (8) (9).

Note le caratteristiche cliniche del piede torto (fig. 7a) con le sue tre componenti in equino, supinazione ed adduzione; e del pari sono note le caratteristiche cliniche dell'astragalo verticale (fig. 7b) col suo inconfondibile aspetto a dondolo: di rilievo il fatto che, clinicamente, è possibile apprezzare la testa dell'astragalo lussata dorsalmente e lateralmente nel piede torto, mentre è protrusa in basso e medialmente nell'astragalo verticale. Pure noti ne sono gli aspetti radiografici (figg. 8a, 8b) già definibili anche in periodo neo-natale e che confermano le caratteristiche della displasia cotiloidea.

In ambito di patologia degenerativa, vi è corrispondenza radiografica (figg. 9a, 9b) di quadri artrosici della "coxa pedis" con le tipiche lesioni strutturali interessanti l'articolazione coxo-femorale: talora essenziali, più spesso nel contesto di una patologia degenerativa su base displasica\*.

*La differenziazione enartrosica prossimale e distale all'arto inferiore, con l'interposto giunto rappresentato dal ginocchio, è presupposto biomeccanico ai meccanismi rotatori (piano ortogonale agli assi segmentari dell'arto) indispensabili ad avviare la stabilizzazione dell'arto stesso in fase portante (catena cinetica chiusa); inoltre alla successione dei meccanismi intercorrenti nel piano frontale (traslazione laterale del carico in avvio di fase portante) e nel piano sagittale (fase oscillante)<sup>(10)</sup>.*

*Recente riferimento alla "coxa pedis" (1999) in aggiornamento ad Encyclopédie Medico-Chirurgicale redatto da Biga, Moulies e Mabit<sup>(11)</sup>.*

*Torsione* (fig. 10 a) è la modificazione dei rapporti spaziali tra le due epifisi di un osso lungo sul piano ortogonale all'asse dell'osso stesso (continuità del sistema; problema scheletrico). In quanto problema scheletrico le torsioni esprimono una situazione strutturata e quindi evidenziabile sia in catena cinetica chiusa (stazione eretta, arto in fase portante nella deambulazione) che in catena cinetica aperta (posizione sdraiata, esame TAC).

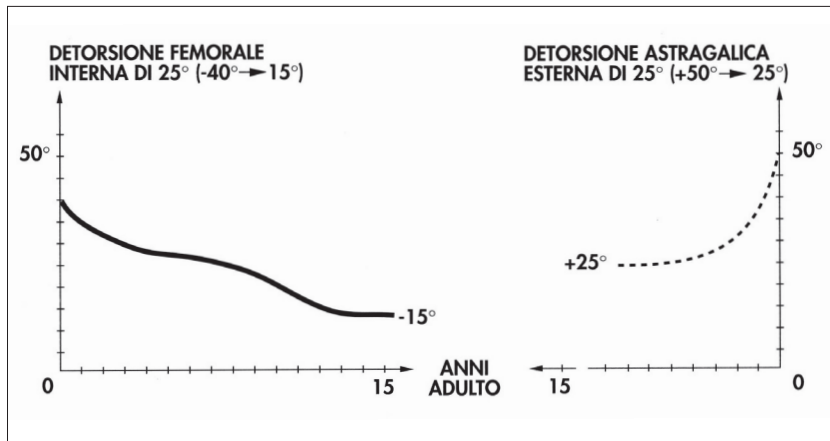


Fig. 5 – Le detorsioni del collo astragalico e del collo femorale sono opposte per direzione, ma sovrapponibili, evolutivamente, per i relativi valori angolari: partendo da valori approssimativi alla nascita di 50° di declinazione (retroversione) astragalica e di 40° di declinazione (antiversione) femorale, si raggiungono i valori medi definitivi di 25° per la prima verso i 6-7 anni e di 15° per la seconda verso i 12-14 anni.

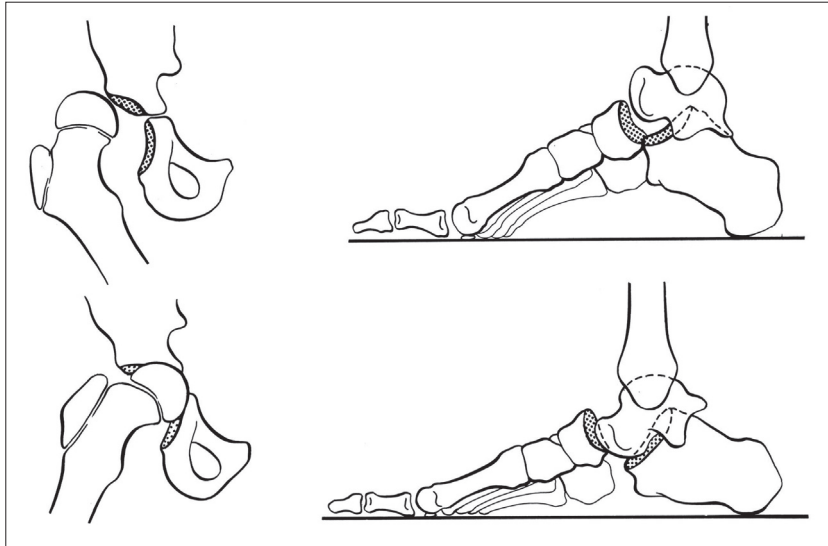


Fig. 6 – Corrispondenze malformative tra anca e “coxa pedis”: lussazione (in alto) e protrusione (in basso) rappresentano le displasie estreme tra le quali sono comprese displasie intermedie in sublussazione e pre-lussazione per l'anca che corregge un'iniziale antiversione, in sub-protrusione e pre-protrusione (piede valgo evolutivo dell'infanzia) per la “coxa pedis” che corregge una iniziale retroversione.



*Rotazione* (fig. 10 b) è la rotazione di un osso lungo sul suo asse in rapporto ad un osso lungo contiguo senza modificazioni spaziali delle epifisi delle due ossa (contiguità del sistema; problema articolare). A differenza delle torsioni, le rotazioni sono un problema articolare ed intervengono funzionalmente solo a catena cinetica chiusa, mentre si risolvono, senza più essere documentabili, a catena cinetica aperta. Questo ha un importante significato clinico in quanto non sono rilevabili a paziente disteso sul lettino da visita, né la TAC (esame in catena cinetica aperta) potrà essere a documentazione. Solo potranno essere clinicamente definite a paziente in stazione eretta e durante la deambulazione.

In anatomia descrittiva (catena cinetica aperta; fig. 11 a) l'astragalo è *osso del piede* con libertà di movimento alla tibio-tarsica; in anatomia funzionale invece (catena cinetica chiusa; fig. 11 b) l'astragalo è *osso della gamba* in quanto vincolato alla tibio-tarsica senza possibilità di movimento in sua corrispondenza.

In avvio della mia carriera ortopedica, nei primi anni '50, presso la Clinica Ortopedica dell'Università di Torino allora all'Ospedale Infantile Regina Margherita (Direttore Prof. Ugo Camera), una delle prime cose che appresi fu che il piede "piatto" del bambino poteva essere conseguente ad una antiversione d'anca a compenso del disassetto in intrarotazione dell'arto con corteo sintomatologico anche rappresentato da strabismo convergente di rotula (fig. 12). È indubbio che la destabilizzazione peritalare della "coxa pedis" con eversione del piede in un bambino portatore di antiversione di anca consente al bambino stesso una deambulazione più coordinata.

Il concetto era pertanto di una cronologia prossimo-distale nell'evoluzione di eventuali disassetti dell'arto inferiore.

Gli anni '50 erano però anche gli anni della poliomielite e della statica passiva degli arti inferiori per stabilizzare gli arti in carico nelle frequenti paraplegie.

Il concetto della statica passiva, proposta da Putti<sup>(15)</sup>, è semplice (fig. 13): stabilizzando la tibio-tarsica in lieve equino, ad arto in carico si ha recurvato

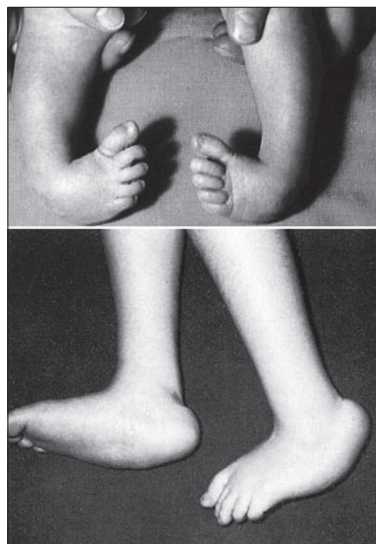


Fig. 7 – In alto: le tre componenti della deformità (equino, supinazione, adduzione) in piede torto di neonato. L'epifisi astragalica si apprezza, clinicamente, sublussata dorsalmente ed all'esterno e presupposto del trattamento chirurgico è la sua riduzione con lisi cotiloidea (bimbo di 2 mesi). In basso: aspetto a dondolo del piede nell'astragalo verticale. L'epifisi astragalica si apprezza, clinicamente, protrusa in basso e medialmente e presupposto del trattamento chirurgico è la sua riduzione con stabilizzazione cotiloidea (bimbo di 4 anni).

di ginocchio e procurvato di anca mettendone in tensione rispettivamente i legamenti posteriori ed anteriori stabilizzando quindi passivamente in carico le due articolazioni ad arto privo dei sovra-meccanismi antigravitari attivi.

È questo un evidente esempio di interdipendenza funzionale disto-proximale dell'arto inferiore che metteva in conto, pertanto, la possibilità di interdipendenze anche patologiche a cronologia disto-proximale (piede, ginocchio, anca). Da questo fu posta maggiore attenzione nell'esaminare i piedi di quei bambini, in particolare femmine, che si presentavano con piede "piatto", strabismo convergente di rotula e presupposta antiversione d'anca (fig. 12).

Ad una osservazione più accurata questi piedi, definiti "piatti" (fig. 14), il più delle volte presentavano sì valgo di calcagno e affrontamento al suolo del versante mediale, ma, oltre al dato ispettivo di concavità del profilo esterno del piede, all'immagine



Fig. 8 – Radiograficamente sono ben definibili le caratteristiche displasiche della "coxa pedis" nel piede torto (in alto) e nell'astragalio verticale (in basso).

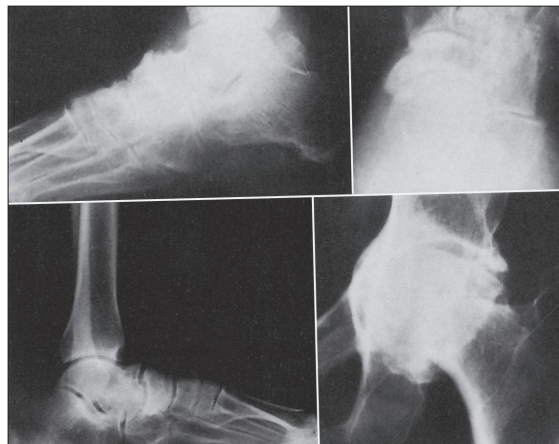


Fig. 9 – Quadri radiografici di patologia degenerativo-strutturale di tipo artrosico della "coxa pedis": similmente all'anca, accanto ai quadri definibili essenziali (in alto) altri sono definibili in ambito di patologia displasica (in basso).

podoscopica presentavano il salto di carico al mesopiede tipico del piede cavo; quadro d'insieme che caratterizza il piede cavo-valgo in ambito di piede valgo evolutivo dell'infanzia (PVEI). Era pertanto un apparente piattismo per coricamento all'interno di un piede cavo come il ponte che si corica di lato affrontando al suolo la sua volta, ma mantenendo la struttura a ponte (fig. 15 a). Questo a differenza del vero piede piatto che è il ponte che crolla sagittalmente venendo meno la sua struttura a ponte (fig. 15 b).

È evidente che il ponte che crolla sul piano sagittale non comporta alcun movimento rotatorio il che avviene invece se il ponte si corica di lato.

Se consideriamo l'astragalo osso della gamba nella sua stabilizzazione alla tibio-peroneo-astragalica (fig. 11) e se teniamo in conto che, sul piano orizzontale, l'adduzione dell'astragalo corrisponde a una rotazione interna, è evidente che questa rotazione verrà trasmessa a tutto l'arto inferiore con, di necessità, strabismo convergente di rotula e disassetto funzionale femoro-rotuleo. Adduzione dell'astragalo da destabilizzazione peritalarare supero-mediale per probabile meiopragia del corrispondente legamento calcaneo-scafoideo plantare.

A differenziare se lo strabismo convergente rotuleo dipende dall'anca o dal piede, valgono semplici manovre cliniche.

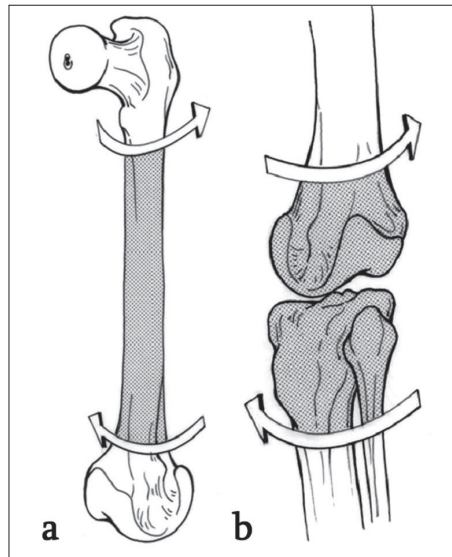


Fig. 10 - a) torsione: modificazione dei rapporti spaziali tra le due epifisi di un osso lungo sul piano ortogonale all'asse dell'osso stesso (continuità del sistema: problema strutturale scheletrico; presente in catena cinetica aperta e chiusa); b) rotazione: rotazione di un osso lungo sul suo asse in rapporto a un osso lungo contiguo senza modificazioni dei rapporti spaziali relativi delle epifisi delle due ossa (contiguità del sistema: problema funzionale; presente solo a catena cinetica chiusa).

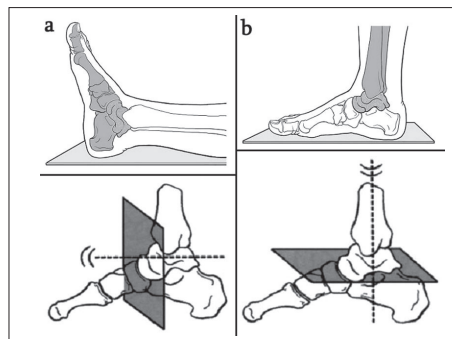
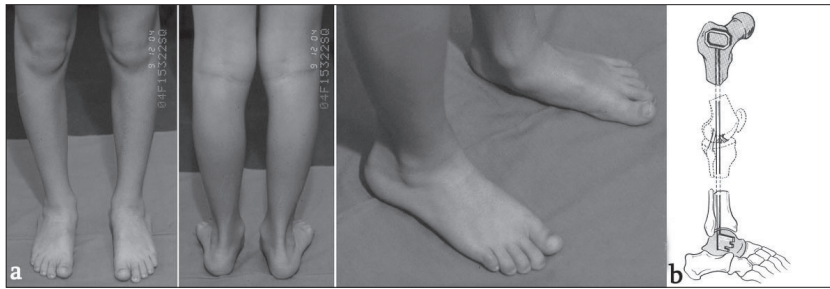
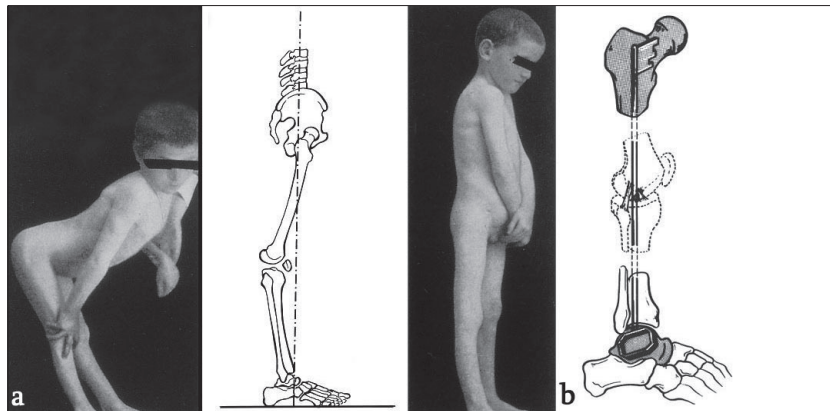


Fig. 11 - a) in anatomia descrittiva l'astragalo, non vincolato alla tibio-peroneo-astragalica (catena cinetica aperta), è da considerare osso del piede; b) in anatomia funzionale l'astragalo, vincolato alla tibio-peroneo-astragalica (catena cinetica chiusa), è da considerare osso della gamba solidarizzandosi ad essa.



**Fig. 12 - Strabismo convergente di rotula e piede "piatto".** Da notare, oltre al valgo di retro piede ed all'affrontamento al suolo del versante mediale del piede, la concavità del profilo esterno del piede stesso. Si può pensare al dismorfismo del piede come secondario all'antiversione dell'anca. Cronologia patologica prossimo-distale.



**Fig. 13 - Statica passiva di arto inferiore paralitico.** Stabilizzando in modesto equino il piede, in carico si ha recurvato di ginocchio e procurvato di anca mettendo in tensione rispettivamente i legamenti posteriori e anteriori con stabilizzazione passiva delle due articolazioni; la linea di carico viene trasferita anteriormente all'anca e posteriormente al ginocchio. Cronologia funzionale disto-prossimale.

Se dipendente da dismorfismo del piede (piede cavo-valgo) lo strabismo rotuleo si corregge riassetto manualmente il retro piede (fig. 16a), mentre rimane invariato se dipende dall'anca; oppure facendo assumere la posizione digitigrada in cui viene disimpegnato il retro piede eliminandone i condizionamenti sovrasedimentari (fig. 16b). Ancora ponendo il paziente in monopedestazione lo strabismo rotuleo dell'arto portante si corregge se dipende dall'anca in quanto il bacino, svincolato dall'arto controlaterale in catena aperta, può flettere anteriormente e abdure centrandosi sulla testa femorale antiversa che non dovrà così retrocedersi con intrarotazione dell'arto; si mantiene invece se in rapporto a disassetto del retro piede.

A documentazione (figg. 17, 18) con operati ad un piede in cui è evidente monolateralmente la correzione dello strabismo convergente rotuleo.



Disassetto femoro-rotuleo che può tradursi soggettivamente in gonalgie anteriori ed evolutivamente in una migrazione laterale della tuberosità tibiale che in questo caso non va interpretata (lateralizzazione) come dismorfismo primitivo (fig. 19).

Per quanto riguarda le gonalgie anteriori di interesse quadricipitale ad insorgenza adolescenziale, queste si risolvono spontaneamente nel volgere di 1-2 anni.

Più frequenti in ragazze verso i 12-14 anni vengono molto spesso riportate a patologia da sovraccarico in occasione di attività sportive che molto spesso hanno il loro avvio proprio a quest'età. Nella loro interpretazione occorre tenere conto evolutivamente delle fasi di accrescimento tibiale e peroneale cui, alternativamente, va incontro il piede (fig. 20)<sup>(16)(17)</sup>.

Conclusa alla nascita la fase di accrescimento tibiale che porta ad un disassetto in valgo del retro piede, si riavvia una fase di accrescimento peroneale con progressiva parametrizzazione del valgo di retro piede ai parametri di normalità dell'adulto ( $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$ ) verso i 6-7 anni. In presenza di una dismorfogenesi evoluta in residuo piede calcaneo-valgo e che ha portato ad un piede cavo-valgo in età adolescenziale, il dismorfismo il più delle volte si corregge in periodo successivo per il proseguire, oltre la pubertà, della fase di accrescimento peroneale che porterà a correzione del valgo di retro piede e del disassetto avampiede retro piede. Questo chiarisce perché il piede cavo-valgo sia frequente in ragazze adolescenti, mentre sia eccezionale in giovani donne con solo residuo cavismo da consi-



Fig. 14 - Piede "piatto" (?) in adolescente. All'apparenza di piatto per affrontamento al suolo del versante mediale del piede e valgo di calcagno, fa riscontro il profilo esterno concavo del piede e, all'immagine podoscopica, il salto di carico al mesopiede tipica del piede cavo. È uno pseudopiattismo in piede che, per le sue caratteristiche dobbiamo definire cavo-valgo. Ed è il piede di più frequente riscontro in adolescente con il quadro d'insieme alla fig. 3.

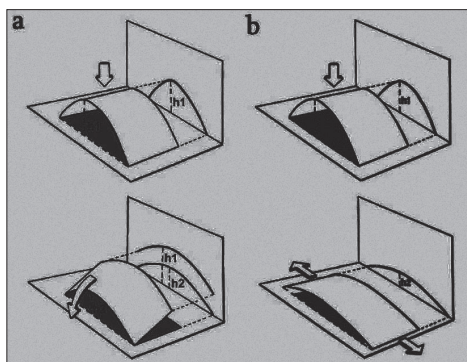


Fig. 15 - a) ponte che crolla sul piano sagittale con perdita della struttura a volta e senza comportare momenti rotatori: piede piatto; b) ponte che si rovescia di lato affrontando con l'arcata il suolo, senza perdere la struttura a volta, e comportando un movimento rotatorio: piede cavo-valgo.

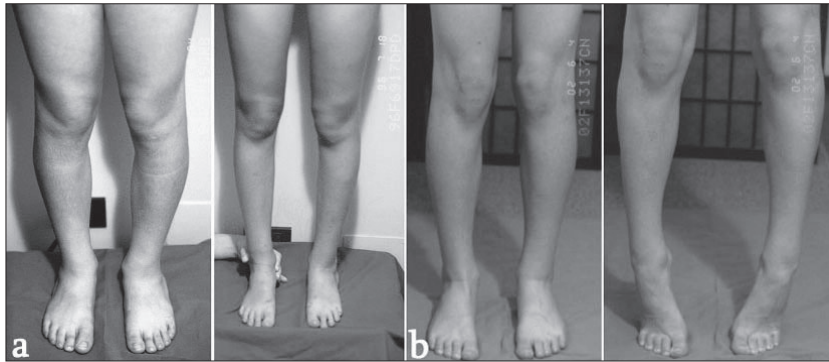


Fig. 16 - Strabismo convergente di rotula: se secondario a piede cavo-valgo si corregge (a) riassetto manualmente il retro piede o (b) facendo assumere la stazione eretta digitigrada in cui viene annullata l'influenza sovrasedgmentaria del retro piede. Lo strabismo rotuleo si mantiene nelle due situazioni se secondario ad antiversione d'anca.

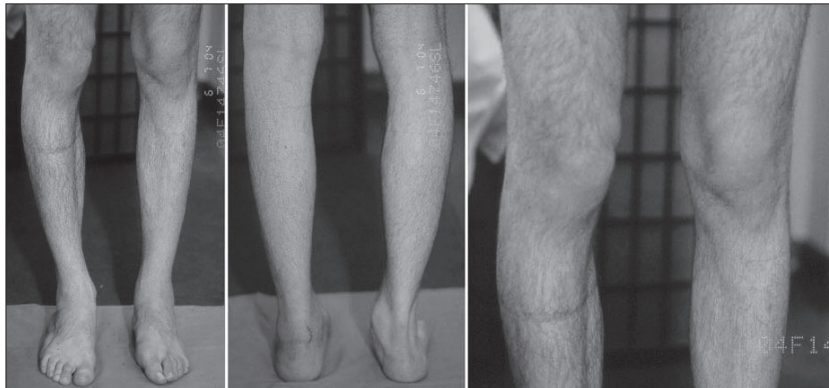


Fig. 17 - A destra strabismo convergente di rotula in piede cavo-valgo. A sinistra rotula in asse a correzione del retro piede.

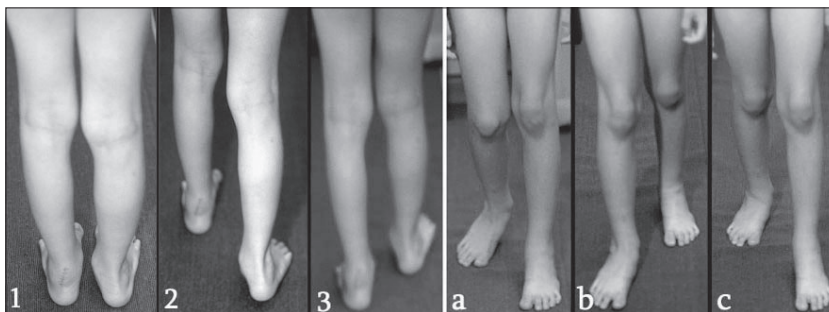


Fig. 18 - A destra evidente (catena cinetica chiusa) disassetto in intrarotazione dell'arto inferiore (strabismo convergente di rotula) in piede cavo-valgo. A sinistra riassetto rotatorio dell'arto dopo correzione chirurgica del cavo-valgismo del piede (risolto lo strabismo rotuleo).



derare paramorfico; e rende altresì conto del perché gonalgie giovanili da disassetto femoro-rotuleo in piede cavo-valgo, possano nel prosieguo risolversi spontaneamente per il riassetto del retro-piede e la risoluzione del disassetto funzionale femoro-rotuleo e della gonalgia. Sempreché il disassetto femoro-rotuleo intervenuto in periodo di accrescimento a tuberosità tibiale ancora connessa alla tibia per interposta struttura cartilaginea, non abbia già portato, per sollecitazioni eccentriche (leggi di Roux e di Delpech), ad una migrazione laterale della tuberosità con anche possibile dimorfismo trocleare (fig. 21); dimorfismi da considerare pertanto, pure in questi casi, come secondari e non primitivi.

Che variazioni direzionali delle forze possano influenzare la morfogenesi, sono a documentazione casi di ginocchio e retro piede valghi in cui l'assetto del ginocchio si è normalizzato dopo il riassetto del retro piede.

Con lo stesso meccanismo morfogenetico indotto da modificazione della direzionalità delle forze, quadri di antiversione d'anca possono essere riportati, secondariamente, ad un piede cavo-valgo: la intrarotazione dell'arto, indotta dal dimorfismo del piede, comporta in carico la centrazione funzionale della testa femorale antiversa riducendo, sul suo collo, l'azione devalgizzante del tendine dell'ileo-psoas ad esso a cavaliere (fig. 22). Perdurando in corso di devalgizzazione il patologico assetto rotatorio dell'arto, viene così meno, o ridotta, la fisiologica devalgizzazione con residua antiversione apparentemente essenziale.

A conclusione, in presenza di un disassetto femoro-rotuleo con strabismo convergente di rotula e di una antiversione femorale occorre fare riferimento non solo ad una loro essenzialità. Secondarietà può essere in rapporto a primitivi dimorfismi del piede, in particolare piede cavo-valgo, a monte di disassetto rotazionale dell'arto inferiore.

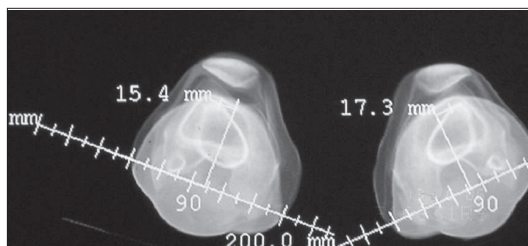


Fig. 19 - Dismorfismo tuberositario e trocleare da sollecitazioni eccentriche in corso di ontomorfogenesi per disassetto funzionale femoro-rotuleo in piede cavo-valgo. TAGT patologico.

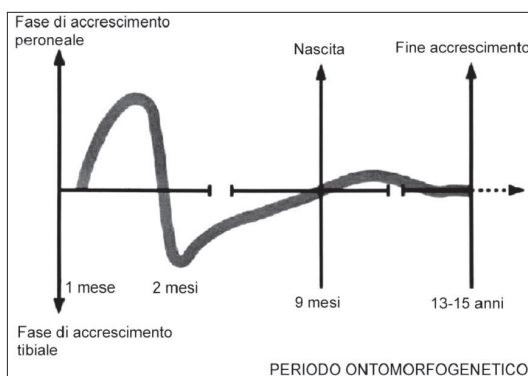


Fig. 20 - Evoluzione delle fasi di accrescimento peroneale e di accrescimento tibiale. In periodo post-natale si ha un'ulteriore fase di accrescimento peroneale che si esaurisce dopo la pubertà.



Fig. 21 - A sinistra correzione del valgo di ginocchio dopo otto mesi da correzione di valgo del retropiede in piede piatto-valgo da protrusione astragalica.

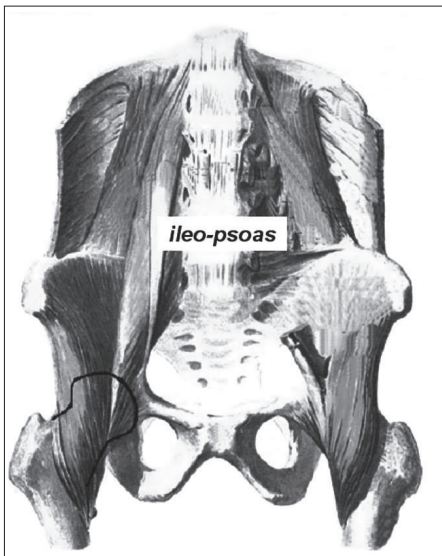
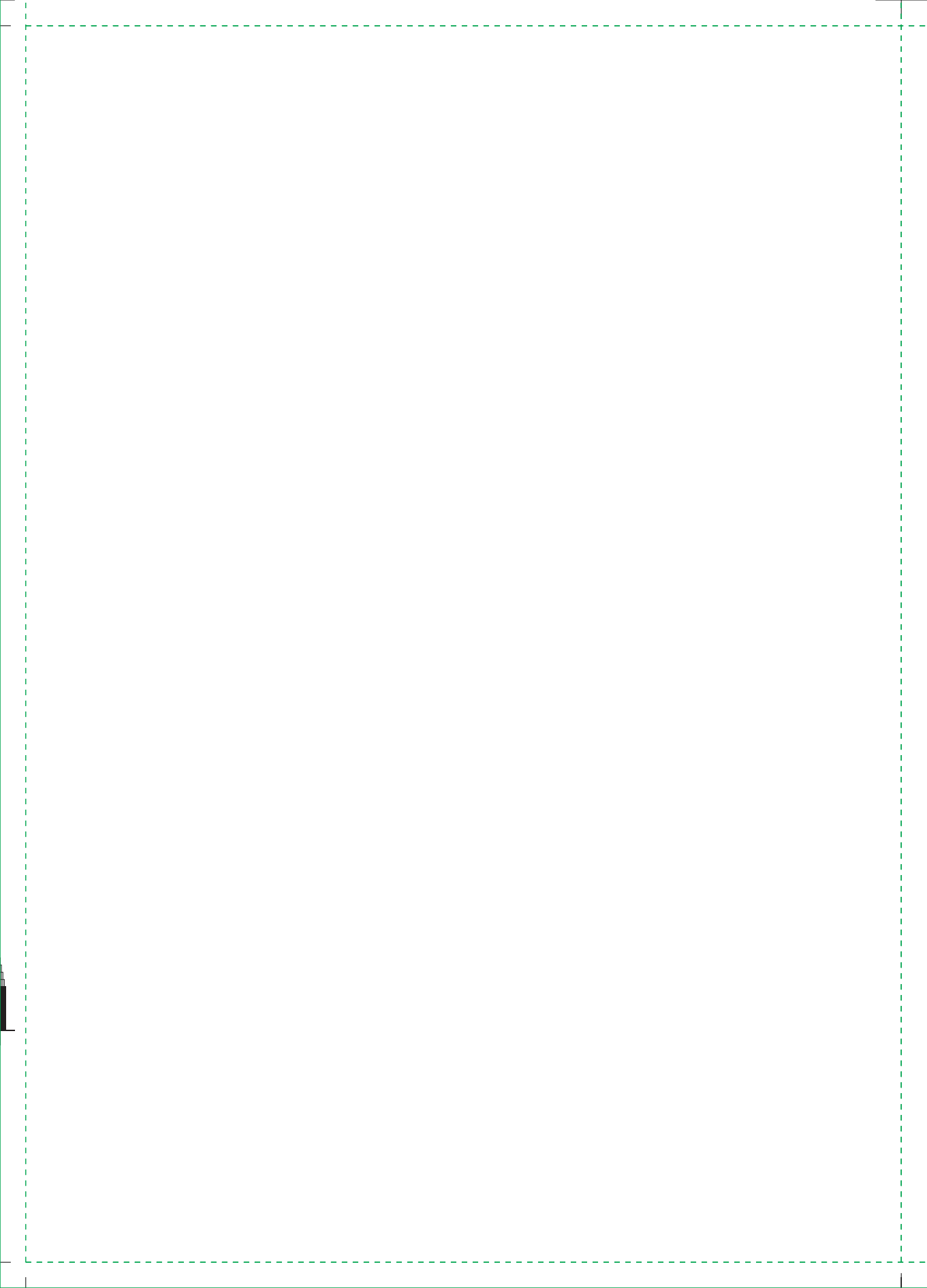


Fig. 22 - Il tendine dell'ileo-psoas, a cavaliere del collo femorale, è elemento meccanico di correzione in corso di accrescimento della fisiologica anti-vertione d'anca; la sua azione viene ridotta dall'intrarotazione dell'arto in piede cavo-valgo che comporta funzionalmente un compenso all'anti-vertione.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Pisani G. - *The concept of the "coxa pedis"* - Rel. XVI Congr. SICOT, Monaco di Baviera 17 agosto 1987
2. Pisani G. - *La "coxa pedis" e i momenti torsionali astragalici* - Chir. Piede 1988, 11, 35
3. Testut J., Jacob O. - *Trattato di anatomia topografica* - Ed. Utet, Torino, 1946
4. Volpe A., Marconi F, Pozzi V, Spizzo L. - *La coxa pedis e le sue caratteristiche anatomiche: analogie e discordanze con la coxo-femorale* - Chir. Piede, 1986, 10, 401-7
5. De Palma L., Tulli A. - *Studio anatomico macroscopico sui legamenti del seno e del canale del tarso* - Chir. Piede, IX, 221,1985
6. Spagnolli G., Pasquali MP, Biscaglia R, Hacker GW - *L'innervazione propriocettiva del seno del tarso* - Chir. Piede 2001, 25, 93-97
7. McConail M.A. - *The postural mechanism of the human foot* - Proc Roy Irish Acad, 50-B, 265, 1945
8. Pisani G. - *La "coxa pedis" e i momenti torsionali astragalici* - Chir. Piede, XI, 35, 1988
9. Pisani G. - *The coxa pedis* - Foot Ankle Surg (EFAS) 1, 67-74, 1994
10. Pisani G. - *Trattato di Chirurgia del Piede* - Ed. Minerva Medica, Torino, 1990
11. Biga N., Mouliès D., Mabit C. - *Pied plat valgus statique (y compris les synostoses congénitale)* - Encycl. Méd. Chir. - Appareil Locomoteur 1999, Elsevier, Parigi, 14-110-A-10, 1:10
12. Pisani G. - *Trattato di Chirurgia del Piede* - III Ed., Edizioni Minerva Media, Torino, 2004
13. Pisani P.C. - *Glenopatia degenerativa della "coxa pedis". Trattamento chirurgico* - In Barca F. "Patologia del piede. Tecniche chirurgiche" Edizioni Timoteo, Bologna, 2009
14. Pisani G. - *La sindrome da destabilizzazione peritalare (piede piatto dell'adulto in glenopatia degenerativa)* - In corso di pubblicazione su Chir. Piede 2009
15. Putti V. - *Rapporti statici fra piede e ginocchio nell'arto paralitico* - Chir. Org. Mov., VI, 2, 1922
16. Pisani G. - *Dismorfismi del piede e diasseti sovrasegmentari* - Chir. Piede 1994, 18, 195:197
17. Pisani G. - *Dismorfismi del piede e gonalgie anteriori* - Chir. Piede 2007, 31, 61:69.



# APPENDICE





ESTRATTO DA:

**ATTI E MEMORIE DELLA  
SOCIETÀ DI ORTOPEDIA E  
TRAUMATOLOGIA DELL'ITALIA  
MERIDIONALE ED INSULARE**

Vol. XLIX - N. 2 - 1986

G. M. GRIPPI \*

LA TEORIA GENERALE DEI SISTEMI IN ORTOPEDIA  
SAGGIO MONOGRAFICO SU  
L'IPOTESI BIOCIBERNETICA DELL'ETIOPATOGENESI  
DELLE DISMORFIE DEL PIEDE,  
CON PARTICOLARE RIGUARDO ALL'HALLUX VALGUS



IDELSON — NAPOLI

Atti e Memorie della S.O.T.I.M.I. - Vol. XLIX N. 2 - 1986.

## LA TEORIA GENERALE DEI SISTEMI IN ORTOPEDIA

### SAGGIO MONOGRAFICO SU L'IPOTESI BIOCIBERNETICA DELL'ETIOPATOGENESI DELLE DISMORFIE DEL PIEDE, CON PARTICOLARE RIGUARDO ALL'HALLUX VALGUS

G. M. GRIPPI \*

#### INTRODUZIONE

In questo studio è proposto un approccio teoretico al problema etiopatogenetico delle dismorfie del piede ed, in primo luogo, dell'Hallux Valgus (AV), basato su argomenti della Cibernetica — con particolare riferimento ai concetti espressi nella Teoria Generale dei Sistemi (TGS) di Von Bertalanffy (10, 11) e alle indicazioni metodologiche di Miller (39).

A qualche ortopedico, il punto di vista considerato, potrà sembrare poco ortodosso e lontano forse dal panorama culturale della nostra Specialità. Tuttavia, in chiave col nostro tempo, riteniamo che le feconde prospettive concettuali rivelate dalla Teoria dei Sistemi in vari settori della scienza medica, possano avere fortuna anche nella nostra Disciplina.

Ai lettori sprovvisti di cultura specifica basterà riflettere sul fatto che i concetti e le idee guida della Cibernetica sono, in fondo, le stesse idee che, inconsapevolmente, ci guidano ogni giorno nelle nostre decisioni: i concetti del « senso comune », che la Cibernetica spiega con le parole della

Scienza. Ogni difficoltà nella comprensione di questi concetti dipende in gran parte dalla terminologia inconsueta utilizzata per spiegarli, e dal fatto che la loro ovvietà, appunto perché tale, non giunge quasi mai alla nostra coscienza.

Pertanto, il significato di alcuni termini, quando necessario, verrà esplicitamente riportato; in altri casi, invece, potrà dedursi dal contesto. Inoltre, la comprensione delle idee che verranno espresse sul tema specifico sarà più agevole se si chiariscono i presupposti teorici generali di partenza. Quindi, anche se ciò renderà meno scorrevole la lettura del testo, verranno riportati alcuni dei principi base della Cibernetica e della Teoria dei Sistemi e la loro applicazione ai temi ortopedici e al piede umano.

Chi, comunque, volesse conoscere le sole conclusioni potrà limitare la sua lettura agli ultimi due capitoli o al riassunto. Chi vorrà approfondire potrà consultare la bibliografia.

I lettori più interessati potranno rendersi conto che le argomentazioni partono dai Principi generali della Teoria dei Sistemi e poi, vengono riportate all'organismo, alla Medicina, all'Ortopedia e, quindi, al piede. Dal generale al particolare.

\* Ospedale Civile « San Lazzaro » - U.S.L. 65 - Alba (CN).

G. M. Grippi

L'evento disomorfico del piede è il filo conduttore di tutta l'analisi. I concetti chiave sono: l'isomorfismo delle Scienze e dei Sistemi, il Principio di Regressione e la Legge Dismorfogenetica.

Con lo stesso procedimento analitico possono essere studiate altre strutture dell'organismo o ad altre patologie, non necessariamente ortopediche. Basta applicare la metodologia che noi stessi abbiamo seguito.

In tal senso, questo studio vuole essere un lavoro sperimentale sulle procedure applicative della Teoria dei Sistemi. Speriamo di esserci avvicinati al nostro intento. In ogni caso, chiediamo venia per tutti gli errori che taluno ci vorrà attribuire.

A conclusione, come teorizzato da G. Bateson, (8, 9) — autore al quale, più di ogni altro, ci siamo ispirati — ci preme sottolineare l'identità formale che esiste fra la logica dei fenomeni della Natura e quella della nostra mente.

Da ciò il fatto che la logica del metodo scientifico conduca alla conoscenza razionale della Natura, in quanto fornisce alla mente i dati con cui elaborare dei costrutti simbolici molto vicini alla realtà fenomenica, delle « mappe concettuali »: le ipotesi.

Tuttavia, è solo con il « rigore », ossia con il confronto fra le ipotesi e i fenomeni, attraverso l'osservazione e la verifica sperimentale, che la fantasia della mente umana assurge a dignità di Scienza.

CONCETTI GENERALI DELLA CIBERNETICA  
E DELLA TEORIA GENERALE DEI SISTEMI  
(TGS)

1) *Cibernetica e strutture biologiche*

Il termine Cibernetica fu coniato da Wiener in un suo libro del 1948 (59, 60), derivandolo dal termine greco *kubernetiké* (timoniere). Con questo termine si fa riferimento ad un aggregato di idee che, sorte in luoghi diversi durante la seconda guerra mondiale, sono state chiamate: teoria della comunicazione, teoria dell'informazione, teoria dei sistemi etc. (3, 4, 5, 49, 50, 53, 58, 59, 60, 61).

Più in generale, la Cibernetica si è definita teoria del controllo e della comunicazione nell'animale (biocibernetica) e nella macchina (robotica), proponendo che diverse discipline scientifiche (tra cui quelle biologiche e mediche) venissero riformulate sugli schemi concettuali di « sistema », « feed-back », « informazione » etc.

In particolare, in campo biologico, la Cibernetica afferma che l'attività vitale degli animali e dell'uomo non è dovuta ad un principio vitalistico estraneo alla struttura organica (anima, spirito, mente etc.), ma dipende dalla specifica complessità e organizzazione della materia che è presente nell'organismo vivente: le proprietà peculiari di cui i viventi sembrano miracolosamente beneficiare, sarebbero dovute a qualità presenti allo stato potenziale nella materia non vivente, ed « emergenti » quando gli atomi elementari che la costituiscono si ritrovano insieme (in forma di molecole organiche, membrane biologiche, cellule, tessuti, organi etc.) disposti in configurazioni spaziali altamente ordinate e differenziate e, perciò, dotate di un'elevatissima « organizzazione », o « contenuto informativo » o « neghentropia », in grado di automantenersi e autorinnovarsi.

La materia vivente è solo apparen-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

temente diversa dalla materia non vivente (29); entrambe sono assoggettate agli stessi principi fondamentali che regolano nell'universo le trasformazioni fisico-chimiche e gli stati della materia e dell'energia, esistendo, in tali forme, proprio in virtù di essi. Detto in altri termini: gli organismi biologici, uomo compreso, sono la loro « *struttura* ». La struttura è materia organizzata, ossia:

STRUTTURA = Atomi e molecole +  
« Organizzazione »

In altre parole, materia dotata di elevata neghentropia o contenuto informativo.

Pertanto, gli esseri viventi sono un « *condensato di informazione* ». Ed, in assoluto, tutti i fenomeni che li riguardano da vicino si identificano coi processi di trasformazione che questa informazione subisce.

Con queste affermazioni, scompare ogni residuo metafisico dalla Scienza, si può gettare un ponte fra le discipline biologiche e le discipline sociali e, per la prima volta nella storia del pensiero, è possibile trattare in un unico corpo teorico sia i meccanismi della natura e della vita che quelli della storia e della tecnologia umana.

In conseguenza, gli attuali tentativi di riprodurre in automi le funzioni fisiologiche e psichiche degli animali (25) e dell'uomo e, corrispondentemente, di riformulare la biologia, lo sviluppo dei viventi, la medicina, la storia delle società umane, delle idee e della cultura coi medesimi schemi concettuali della Cibernetica e della teoria dei Sistemi. (6, 17, 39, 57).

## 2) La Teoria Generale dei Sistemi e l'isomorfismo delle scienze.

Nozione fondamentale della Cibernetica è il concetto di Sistema: « entità costituita da un insieme di elementi fra loro in interazione reciproca ed in interdipendenza, riuniti a realizzare un fenomeno, una funzione, un evento. Ogni elemento può essere esso stesso un sistema, costituito da altri elementi, essi stessi sistemi e così via ».

L'ultima proposizione deriva dalla Teoria Generale dei Sistemi che, secondo la definizione data dal suo autore Von Bertalanffy: « è una disciplina che considera le proprietà e le leggi dei sistemi, tendendo ad individuare i principi generali dei sistemi indipendentemente dalla natura di essi, dei loro componenti o delle loro specifiche relazioni ». Ciò sulla base di un generale « isomorfismo » delle scienze e dei sistemi, termini che indica il fatto che: « leggi formalmente identiche possono essere applicate a sistemi apparentemente affatto diversi ».

Più in generale, la Teoria dei Sistemi è un insieme coerente di definizioni, assunzioni e proporzioni che considerano la realtà come una gerarchia integrata di organizzazioni di materia ed energia sotto forma di sistemi.

La teoria del comportamento dei sistemi generali concerne uno speciale sottoinsieme di tutti i sistemi: i *sistemi biologici*.

## 3) Gli organismi come sistemi aperti

Gli organismi viventi possono essere considerati come dei sistemi « aperti ». Ossia, sistemi in grado di scambiare materia ed energia (informazione) con l'ambiente circostante e che fanno parte di una gerarchia di sistemi che comprende tutto l'universo:



G. M. Grippi

percorrendo la scala gerarchica dei sistemi, dall'atomo alle galassie, i sistemi viventi occupano una banda compresa tra il virus e l'intero ecosistema della biosfera terrestre. A loro volta, gli organismi biologici sono costituiti da una gerarchia di sottosistemi.

In quanto « aperti », i sistemi biologici sono soggetti a trasformazione. Infatti, la costituzione degli organismi viventi e la loro morfologia mutano nel tempo con processi di sviluppo, crescita, senescenza etc. La loro apparente stabilità è solo momentanea e realizzata da un continuo equilibrio dinamico che mantiene un'apparente « stato stazionario ».

L'equilibrio dinamico è ottenuto da meccanismi automatici di regolazione che operano secondo il principio della retroazione o feed-back negativo: cioè, ogni modifica insorta nello stato del sistema, comporta un aggiustamento di ritorno (feed-back) che permette di regolare in qualche modo l'entità della modifica stessa, affinché questa non superi certi valori critici già prestabiliti nel sistema; (è lo stesso principio su cui si basa l'azione regolatrice del termostato di una stufa).

Relativamente agli organismi, tali servomeccanismi retroattivi vengono chiamati omeostatici, mentre si indica con *Omeostasi* il loro complesso (15, 16).

La complessità strutturale di un sistema biologico può essere espressa in termini di « organizzazione » della materia che lo costituisce: *contenuto informativo o neghentropia*.

In genere, nello sviluppo del sistema biologico, sia che si consideri l'intero ecosistema o il singolo individuo, si constata il generale aumento della neghentropia: a livello di ecosistema

tale aumento è compendiato dal processo della *filogenesi*, (14, 29) che ha dato luogo, mediante l'azione della selezione naturale di Darwin, alla grande varietà di esseri viventi della biosfera. A livello individuale, tale aumento corrisponde al *processo ontomorfogenetico o epigenesi* (14, 40) in cui, a partire da una singola cellula fecondata (zigote), un intero organismo si sviluppa.

Filogenesi ed epigenesi sono collegate tra loro dalla legge biogenetica fondamentale. *Legge della Ricapitolazione di Haeckel* che afferma che un organismo nel corso del suo sviluppo ontomorfogenetico traccia una sintesi della filogenesi (34).

#### 4) *L'organismo umano secondo la Teoria dei Sistemi.*

L'organismo umano può essere rappresentato come un sistema biologico facente parte, a vario livello di partecipazione e contemporaneamente, di sistemi più importanti fra loro variamente embricati. Così, l'uomo è elemento del sistema della coppia, del sistema familiare, del sistema aziendale in cui lavora, del sistema sociale, del sistema nazionale e sovranazionale, del sistema ecologico etc.

A sua volta, l'organismo umano è costituito da gerarchie di sistemi costituiti, a loro volta, da « n » microsistemi e così via, a partire da macromolecole, organuli, cellule, tessuti, organi, apparati riuniti in complessi funzionali adibiti ad uno scopo: la percezione del mondo esterno, la nutrizione, la riproduzione, la locomozione etc.

Ognuno di questi sistemi è embricato, interdipendente, in intima relazione con tutti gli altri; e possono es-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

sere studiati separatamente solo a condizione che siano considerati parte di sistemi complessi che li inglobano e li rappresentano.

In ogni caso, l'attività funzionale di un sistema o di ogni singolo sottosistema è ulteriormente suddividibile in sottosistemi minori. L'attività funzionale di tali sottosistemi ne rappresenta l'aspetto qualitativo.

Più in generale, ad ogni funzione esplicita dall'organismo, nella sua totalità o specificatamente da qualche sua componente anatomica, corrisponde un sistema ciberneticamente dotato di un proprio *flusso informativo*, con un *input* (ingresso dei segnali) ed un *output* (uscita dei segnali) e servomeccanismi di *feed-back* diretti al controllo di qualche variabile fisiologica, anatomica o funzionale che si identifica con lo scopo, funzione o attività cui il sistema stesso è preposto.

Concepire l'organismo umano in chiave sistemica significa che, identificata una certa funzione, si può risalire ad un sistema, esaminarne gli aspetti costitutivi e funzionali, le interazioni con gli altri sistemi e l'ambiente e, applicando le leggi di interazione dei sistemi (in virtù dell'isomorfismo delle scienze), dedurne le implicazioni in ambito clinico per confronto con quanto già noto; se non, in qualche caso, consentire l'elaborazione di nuovi assunti teorici e ipotesi di lavoro da sottoporre alla verifica dell'osservazione clinica o della sperimentazione.

5) *Noxa destabilizzante e riserva funzionale. L'adattamento ciberneticamente ed il Principio di Regressione.*

La condizione che specifica la vitalità di un sistema biologico è che la sua omeostasi, perturbata dall'ambiente e-

sterno, possa confrontarsi ed opporsi validamente a questo. Il confronto, tuttavia, deve avvenire in giusta misura ed entro certi limiti, al di fuori dei quali l'omeostasi si sconvolge e il sistema rischia di decomporsi.

L'evento perturbante è, in genere, una qualche attività agente dal mondo fisico o biologico esterno (*informazione ambientale*, in senso lato). Questa attività è, per esempio, lo stimolo che attiva i recettori sensoriali nel processo percettivo, gli effetti della forza di gravità sul corpo, l'immissione degli alimenti etc.

In tutti questi casi, l'ambiente esterno, letteralmente, penetra nel sistema biologico promuovendone l'attività mediante adeguamenti fisiologici. Quando l'ambiente esterno irrompendo massimamente nel sistema, ne altera decisamente l'omeostasi, si configura invece come una *noxa destabilizzante* (agente patogeno, in senso lato). In tal caso il sistema reagisce con attività fisiopatologiche retroattive promosse nel tentativo di ripristino dell'omeostasi.

La somma di queste attività (tale è p.e., la febbre, la tosse, la zoppia etc.) rappresenta lo stato di malattia, e se la noxa supera queste risposte adattative, il complesso sistemico può esserne danneggiato irrimediabilmente, per lo più, col sovvertimento della struttura anatomica di qualche suo componente e, nei casi più gravi, finanche col blocco di qualche processo vitale. Questo evento, in termini ciberneticamente, corrisponde alla diminuzione del contenuto informativo o neghentropia del sistema: la necrosi cellulare dell'infarto, il disfacimento strutturale della gangrena, il degrado senile o la putrefazione della morte,



G. M. Grippi

rappresentano infatti varie possibilità di degradazione del contenuto informativo del sistema biologico.

L'entità della capacità reattiva di un sistema nei confronti di una noxa, può essere definito col termine di *riserva funzionale* di quel sistema.

L'azione della riserva funzionale consente al sistema di mantenere la sua stabilità ed il suo equilibrio dinamico mediante un adattamento alla noxa destabilizzante.

Il comportamento adattativo è di segno complementare ed opposto alla noxa: è la reazione ad un'aggressione. Il pericolo consiste nel degrado omeostatico verso la decomposizione. Pertanto, imperativo del sistema è allontanare la noxa; ma questo non sempre è possibile, in alternativa, il sistema utilizzerà la sua riserva funzionale nel tentativo di neutralizzarla.

Quando questo obiettivo riesce, si stabilisce un nuovo equilibrio e, come effetto finale, si ha la diminuzione della riserva funzionale che, dopo, con la convalescenza, verrà reintegrata. Se, invece, la riserva funzionale è sopraffatta dalla noxa la destabilizzazione coinvolgerà il sistema o i microsistemi gerarchicamente correlati, i quali reagiranno con la loro riserva funzionale e, così via, fino a quando la noxa verrà neutralizzata o, agli estremi, fino alla morte.

Nei casi risoltisi positivamente, alla fine del processo, potranno aversi dei microsistemi completamente destabilizzati, e la perdita definitiva di una quota parte della riserva funzionale dei sistemi neutralizzanti che potranno ritrovarsi con elementi strutturali compromessi. È questo il caso della guarigione con postumi.

Nella clinica ciò corrisponde al dan-

no anatomico ed alla limitazione funzionale. In tali casi, non è avvenuta la morte del sistema ma è, comunque, diminuito il suo contenuto informativo globale, specialmente nelle componenti che hanno direttamente fronteggiato la noxa.

Questa diminuzione del contenuto informativo avviene secondo un *Principio di Regressione*: ossia, « in un sistema il cui sviluppo, in termini di strutture e funzioni, è avvenuto progressivamente nel tempo, la destabilizzazione dell'omeostasi, comunque determinata, comporta il riemergere di attività funzionali e assetti strutturali appartenenti al passato del sistema stesso ».

Nei sistemi biologici destabilizzati questo principio generale si manifesta con il riemergere di assetti anatomofisiologici che rievocano assetti e funzioni simili a quelli che il sistema o i microsistemi, specificamente interessati dall'azione della noxa, hanno presentato in una fase precedente quella del loro attuale sviluppo filogenetico.

Così, ogni stato adattativo è fondamentalmente una « regressione » che, nelle parti coinvolte e relativamente ai sistemi interessati, potrà manifestarsi sotto forma di assetti anatomofisiologici anomali a minore contenuto informativo, che « rievocano » assetti e funzioni già percorsi nell'epigenesi e presenti, quindi, nell'iter filogenetico.

Questo assunto è la base concettuale per la comprensione della patogenesi generale dell'evento dimorfico nelle strutture biologiche e, relativamente allo scopo di questo lavoro, delle dimorfie del piede e dell'AV, come discusso in dettaglio negli ultimi capitoli.

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

LA TEORIA DEI SISTEMI IN MEDICINA E  
CHIRURGIA1) *Approccio a temi dell'Ortopedia*

La Teoria Generale dei Sistemi è applicabile a tutte le entità che siano interpretabili come sistemi cibernetici.

Considerando l'organismo umano come un sistema cibernetico aperto, è possibile riconoscere, nelle varie attività che vi si svolgono, altrettanti sistemi fra loro gerarchizzati, ulteriormente suddivisibili in sottosistemi minori correlati da principi e leggi generali universalmente validi per tutti i sistemi biologici.

Una delle attività che l'organismo umano condivide con altri esseri viventi è la funzione antigravitaria e locomotoria.

Questa funzione può essere considerata come la manifestazione visibile dell'attività di un sistema cibernetico costituito da una gerarchia di microsistemi. Le parti anatomiche del corpo rappresentano gli elementi strutturali del sistema. In particolare, gli oggetti di studio dell'Ortopedia: « gli organi di movimento e dell'apparato locomotore » (rachide, arti, muscoli, nervi periferici etc.) ne costituiscono gli elementi più rappresentativi. Ciò si appalesa chiaramente nella struttura e nella funzione degli arti, in particolare degli arti inferiori; per cui si può affermare che la funzione prevalente dell'arto inferiore, nell'economia dell'organismo, è quella di sostenere il corpo e di consentirne lo spostamento nello spazio. L'arto inferiore è, pertanto, elemento della funzione antigravitaria e locomotoria.

Ma è soltanto questa la funzione dell'arto inferiore?

Da un punto di vista generale, ridurre a qualche organo o struttura anatomica una certa funzione è relativamente artificioso. Nella realtà, ogni parte dell'organismo assolve un certo spettro di funzioni ognuna delle quali corrispondente ad un certo sistema cibernetico. Ma, generalmente, nella descrizione di una porzione anatomica sono le funzioni prevalenti e le analogie strutturali delle parti che stabiliscono il criterio espositivo. Ma ciò è solo una convenzione che ha, per l'appunto, finalità descrittive.

Così, quando è descritto il sistema digerente, circolatorio, respiratorio etc., sembrerebbe che i loro organi costitutivi siano solo quelli descritti. In realtà, sono le somiglianze funzionali che il fisiologo o l'anatomico arbitrariamente distaccano dal contesto generale per dare ordine alla loro descrizione. Così, affermare che l'attività muscolare o quella respiratoria partecipano al sistema circolatorio è corretto, ma l'apparato muscolare e respiratorio non sono descritti col sistema circolatorio, perché la funzione « prevalente » dei muscoli e degli organi del cavo pleurico è un'altra. Analogamente, il sistema di mantenimento dell'omeostasi idro-elettrolitica ha i suoi centri funzionali nel cervello, nei polmoni, nei reni, nelle ghiandole endocrine etc., organi tutti, apparentemente ben distinti, con funzioni prevalenti molto diverse fra loro. E così, anche il sistema di eliminazione delle scorie, localizzato nei polmoni, nei reni nell'intestino, nella pelle etc.

Il modello sistemico, invece, prescinde da queste convenzioni e accomuna nella stessa descrizione la struttura e la funzione, la forma ed il processo, l'anatomia e la fisiologia; risultando-

G. M. Grippi

ne un contesto ben più ampio in cui l'organo o l'elemento strutturale è considerato come la « sommatoria » di attività funzionali preposte a certi scopi (propriamente, sommatoria di gerarchie di sistemi cibernetici), includendo nella descrizione, oltre che gli elementi strutturali costitutivi, le interazioni che fra di essi si svolgono secondo i principi generali dei sistemi.

2) *Concetti sistemici sull'arto inferiore ed il piede umano.*

Descrivendo in chiave sistemica l'arto inferiore è possibile affermare che il piede è coinvolto tramite il tessuto spugnoso delle sue ossa nella funzione eritropoietica, nella funzione circolatoria tramite il sottocutaneo plantare e la pompa venosa che vi risiede, o nella funzione emuntoria e termoregolatrice attraverso le numerose ghiandole sudoripare della sua pelle. Queste, certamente, non sono le funzioni prevalenti del piede, ma, nell'ambito anatomico-fisiologico tradizionale, si trascura che nel piede esistono « anche » queste altre funzioni.

Secondo la teoria dei sistemi, invece, si riconosce che nel piede sono presenti attività del sistema eritropoietico, del sistema emuntorio, del sistema termoregolatore e circolatorio che sono funzioni gerarchicamente subordinate rispetto quella prevalente *antigravitaria e locomotoria*.

Pertanto, analogamente agli altri segmenti costitutivi dell'arto inferiore, il piede (cui d'ora innanzi limiteremo la nostra esposizione) può essere definito come una « sommatoria di peculiarità funzionali appartenenti a gerarchie di sistemi cibernetici estesi a tutto l'organismo! » (30). Il che, è come dire

che nella parte (il piede) il tutto è rappresentato.

Ad identificare la parte sarà la descrizione delle funzioni prevalenti da questa esibite.

L'INTERPRETAZIONE SISTEMICA DEL PIEDE UMANO.

1) *I sistemi cibernetici del piede.*

Attualmente, come funzioni prevalenti esibite dal piede umano si possono individuare la funzione antigravitaria e quella locomotoria. Queste funzioni possono essere rappresentate da un sistema gerarchico di sistemi: (fig. 1)

- 1) Sistema locomotore (SL)
- 2) Sistema Antigravitario (SA)
- 3) Sistema di Trasmissione del Carico e di Deambulazione (STCD)
- 4) Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale (SMTA)
- 5) Sistema Senso-Motorio Antigravitario e di Locomozione (SSMAL)

Gli elementi di questa gerarchia sistemica rappresentano funzioni svolte dappertutto nell'organismo, con vario grado d'importanza (prevalenza) nei vari distretti che lo costituiscono.

Così, il Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale è attivo, pur se con modalità localmente differenziate, nel piede, nel braccio, nell'occhio etc. Analogamente, il Sistema Senso-Motorio della mano, la cui attività sensitivo-motoria è maggiormente finalizzata a funzioni discriminatorie e gestuali che non antigravitarie e locomotorie, come è nel piede.

Ognuno di questi sistemi ha, quindi, prevalenza funzionale variabile nei vari distretti, intersecandosi con altre prevalenze presenti localmente in com-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

plessi sistemici peculiari per quel distretto etc. Nel contesto sistemico del piede, la prevalenza delle prevalenze di questi sistemi si identifica con la funzione antigravitaria e di locomozione.

Inoltre, nella gerarchia, ogni sistema comprende quelli che lo seguono ed è, a sua volta, compreso da quelli che lo precedono. Ognuno, possiede un input, un output, un proprio equilibrio di-

ordine gerarchico crescente, sono così riassumibili:

2) *Il Sistema Senso-Motorio Antigravitario e di Locomozione (SSMAL)*

Nel piede questo sistema è rappresentato, esclusivamente, dal complesso di funzioni svolte localmente dai recettori sensitivi, dalle placche e dai

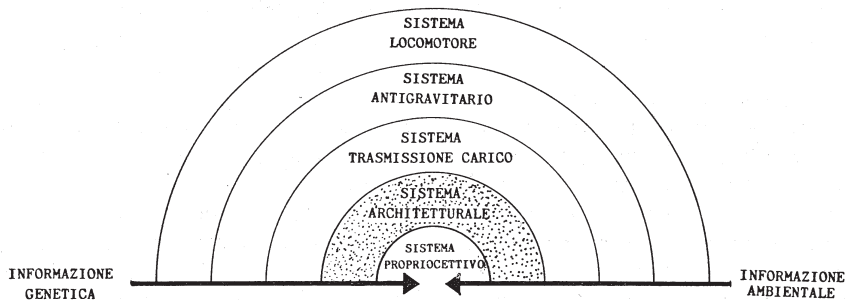


Fig. 1. — L'attività antigravitaria e locomotoria dell'organismo può considerarsi come l'aspetto qualitativo di un Sistema Ciberneticò costituito da una gerarchia di sottosistemi. Gli elementi di sostegno del corpo, dal rachide agli arti inferiori, fanno parte degli elementi cibernetiche strutturali di questa attività.

Il complesso sistemico è attivato dal concorso complementare fra l'informazione genetica del DNA cromosomico e l'informazione ambientale, rappresentata (relativamente a questo sistema) dagli effetti morfogenetici e di attivazione nervosa scaturiti nel corso della biomeccanica antigravitaria, principalmente per effetto del carico.

In questo contesto, l'elemento «piede» può essere assimilato ad una «sommatoria di peculiarità funzionali appartenenti a gerarchie di sistemi cibernetiche estesi a tutto l'organismo».

namico, un'omeostasi che controlla taluni parametri anatomici o fisiologici e una riserva funzionale caratterizzata da peculiari potenzialità adattive, è ulteriormente suddivisibile in sottosistemi minori e fa capo a macrosistemi maggiori che attendono ad altre necessità omeostatiche superiori dell'organismo.

Le loro caratteristiche principali, in

fusi neuromuscolari, dai plessi nervosi perivascolari e dalle diramazioni nervose afferenti ed efferenti che si connettono ai nervi periferici diretti al nevrasso.

Al sistema, diffuso a tutto l'organismo, competono sia le funzioni sensitive e autonome efferenti sia le motorie e autonome afferenti la cui funzione «prevalente» riguarda l'at-

G. M. Grippi

tuazione ed il controllo dell'antigravità e della locomozione. Comprende, pertanto, vie e centri di integrazione del nevrasso e dell'encefalo che, pur lontani dal piede, spettano funzionalmente al sistema stesso (20).

Le caratteristiche morfo funzionali degli elementi nervosi che lo costituiscono, ripropongono tutti gli elementi classici che l'informatica afferma necessari per consentire un flusso informativo: recettori, trasduttori, reti di collegamento, elementi nervosi emittenti, riceventi, di amplificazione, di inibizione, circuiti di retroazione etc.

I messaggi che attraversano il sistema sono soggetti a controlli e regolazioni fra le più varie, provenienti praticamente da ogni evento significativo che riguarda l'organismo. In particolare, eventi patologici affatto diversi, dai traumi alle nevrosi possono condizionarne il buon funzionamento.

Nel piede, compito del sistema è assumere informazioni dall'ambiente esterno, per lo più nel contatto col suolo, e dall'ambiente interno (dal corpo) durante l'atto biomeccanico (input), trasferire il messaggio a vari centri di ricezione, integrazione, coordinazione e regolazione motoria (elaborazione) dislocati nel nevrasso e, di ritorno, promuovere risposte motorie adeguate e attività comportamentali coinvolgenti, a vario livello, i sistemi correlati gerarchicamente (output). Fra questi, in particolare, il Sistema Antigravitarario.

Nel piede, i recettori e gli altri elementi nervosi appartenenti al sistema sono mantenuti efficienti dall'azione di mantenimento trofico esercitata dal sistema gerarchicamente correlato:

### 3) *Il Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale (SMTA)*

Questo sistema si identifica con la sommatoria di attività metaboliche e procedure funzionali necessarie al protoplasma vivente per organizzare e mantenere nel tempo la sua struttura e architettura anatomica. I mattoni di edificazione provengono dagli alimenti che forniscono, inoltre, l'energia per i processi vitali.

In tutto l'organismo, compito del sistema è realizzare la *forma* delle strutture anatomiche, sia durante l'ontomorfogenesi che nell'accrescimento e sviluppo post-natale. Dopo la crescita continua ad agire sulle formazioni corporee, mantenendo la loro efficienza con continui processi omeostatici di rimaneggiamento e di mantenimento trofico, oltre che di riparazione nel corso di offese degenerative o traumatiche insorte durante l'esistenza individuale.

Il sistema comincia a funzionare dopo il costituirsi dello zigote, all'atto della fecondazione; e ne coordina l'epigenesi.

Il suo scopo è quello di accrescere e mantenere il più a lungo possibile l'organizzazione architettuale dell'organismo in sviluppo. Di accrescerne e mantenerne, cioè, il contenuto informativo o neghentropia. Perché ciò avvenga, i nutrienti alimentari vengono smontati in molecole semplici e *riorganizzati* in cellule, tessuti, organi etc., per effetto di una duplice fonte informativa che si esprime con un programma morfogenetico che può identificarsi col sistema stesso.

Questa duplice fonte informativa, capace di fornire alle molecole l'*organizzazione necessaria a costituire la*



## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

« *struttura* » (v. par. I - Cap. I), è costituita:

1) dall'*informazione genetica del genoma*, codificata in catene nucleotidiche nel DNA dei cromosomi cellulari;

2) dall'*informazione ambientale*, rappresentata da tutti gli eventi del mon-

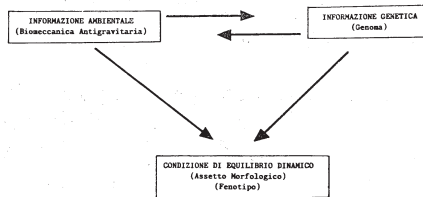


Fig. 2. — La morfologia di ogni elemento strutturale del complesso sistemico è una variabile che si mantiene in continuo equilibrio dinamico per tutto il corso della vita.

La somma di tutti i cambiamenti anatomici avvenuti dal concepimento alla morte dell'individuo, rappresenta la storia del Sistema.

L'aspetto anatomico e/o clinimo momentaneo di un dato elemento è la risultante fra ciò che i geni hanno espresso strutturalmente e ciò che l'elemento fa o è stato adibito a fare (assetto morfologico del fenotipo).

Nello sviluppo del Sistema di Trasmissione del Carico, il genoma dismette istruzioni (informazioni) che sono il complemento dell'informazione ambientale.

do esterno in grado di *interagire* col protoplasma vivente provocandone un cambiamento.

Relativamente all'arto inferiore ed al piede, la componente ambientale si identifica in gran parte con gli *effetti meccanici del carico* (effetto biomeccanico).

Il morfotipo individuale, ossia l'aspetto clinico e il divenire delle for-

mazioni anatomiche che costituiscono l'organismo, è, durante tutto il processo dello sviluppo, la risultante del concorso complementare fra l'informazione ambientale e l'informazione genetica. Ossia: (52).

$$(*) \text{ Genoma (G) } \circ \text{ Ambiente (A) } \rightarrow \\ \rightarrow \text{ Morfotipo (G}^\circ\text{A)}$$

Questa equazione rappresenta il fatto che il genoma normale ha bisogno di normali sollecitazioni ambientali perché si determini un morfotipo normale (fig. 2).

Pertanto, relativamente all'arto inferiore ed al piede, normali sollecitazioni di carico *cooperano* al normale processo di sviluppo morfologico nella crescita.

Inoltre, durante il ciclo dell'esistenza individuale, il rapporto fra i geni e l'ambiente è soggetto a variazioni relative nei rispettivi termini: infatti, il programma genetico è molto più attivo nel soggetto in accrescimento che non nell'adulto; nell'anziano, infine, è praticamente silente. Analogamente, le attività motorie, tumultuose nell'infanzia e nella giovinezza, si stabilizzano nell'adulto; ma sono limitate, in vario grado, nell'anziano per la sopravvenuta debolezza delle strutture.

In termini clinici, questo significa che il morfotipo varia nel tempo e che l'anatomia macroscopica e microscopica (ultrastruttura) del complesso sistemico è in perenne evoluzione. A questo proposito, si considerino le im-

(\*) Il prodotto (G<sup>°</sup>A) si sviluppa col passare del tempo ed il modo con cui G ed A sono correlati è rappresentato da un asterisco e non da un segno di addizione o moltiplicazione, poiché l'interazione tra fattori genetici ed ambientali non è lineare (Tanner).



G. M. Grippi

ponenti trasformazioni che, in alcune parti dell'embrione, comportano lo sviluppo degli arti; o, nello stesso individuo, le modifiche che il piede subisce durante la crescita o con l'invecchiamento etc.

Queste incessanti trasformazioni sono la manifestazione tangibile di uno stato di « equilibrio dinamico » e indicano, appunto, la presenza di un sistema cibernetico dalla cui omeostasi dipendono lo sviluppo, il mantenimento trofico, la « forma » delle strutture di sostegno, dal rachide al piede.

Dall'equazione surriportata si deduce, inoltre, che il morfotipo può non essere corretto (cioè, non statisticamente normale) se uno dei due termini informativi è anomalo.

Così, le anomalie genetiche ma anche, in minor misura, le anomalie del carico possono contribuire allo sviluppo di anomalie strutturali (assetti dismorfici in senso lato).

Questo concetto è il fondamento eziologico dell'ipotesi biocibernetica delle dismorfie del piede e specificamente dell'AV. (31, 33). Anzi, relativamente agli aspetti eziologici dell'AV, in particolare e come esposto nell'ultimo capitolo, vi è un altro aspetto dell'attività del sistema che riguarda le nostre tesi: il *dimorfismo sessuale* della nostra specie.

Infatti, il Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale è responsabile delle diversità morfologiche presenti nei due sessi, condizionandone inoltre importanti differenze auxometriche.

Secondo la nostra opinione, queste differenze rappresentano il substrato biologico causale della maggiore incidenza della deformità nelle donne rispetto agli uomini.

#### 4) *Il Sistema di Trasmissione del Carico e di Deambulazione (STCD)*

Questo sistema comprende tutte le strutture dell'organismo deputate alla ricezione, ammortizzazione, trasmissione, controllo ed utilizzo meccanico del carico (fig. 3).

Ne sono componenti strutturali:

##### I) *Elementi prevalentemente sollecitati in compressione*

a) Strutture scheletriche portanti: ossa del piede, della gamba, della coscia, del bacino, del rachide; che, a questo scopo, presentano una notevole resistenza meccanica, realizzata da una organizzazione ultrastrutturale in trabecole e lamelle ossee disposte secondo linee di forza.

b) Le articolazioni del rachide, del bacino, e degli arti inferiori che, nel mentre realizzano il reciproco movimento dei segmenti ossei portanti, consentono la trasmissione e la ripartizione adeguata del carico nella statica e nella dinamica.

c) Il complesso dei tessuti plantari di appoggio del piede.

##### II) *Elementi prevalentemente sollecitati in trazione.*

a) Elementi di stabilità attiva: haubans muscolari del rachide, del cingolo pelvico, della coscia e dell'anca, della gamba ed, al piede, i tendini che vi si inseriscono.

b) Elementi di stabilità passiva: strutture legamentose e capsule articolari del rachide, dell'anca, del ginocchio, della caviglia, del tarso, le aponeurosi dei muscoli, i retinacula, i connettivi interstiziali etc.

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

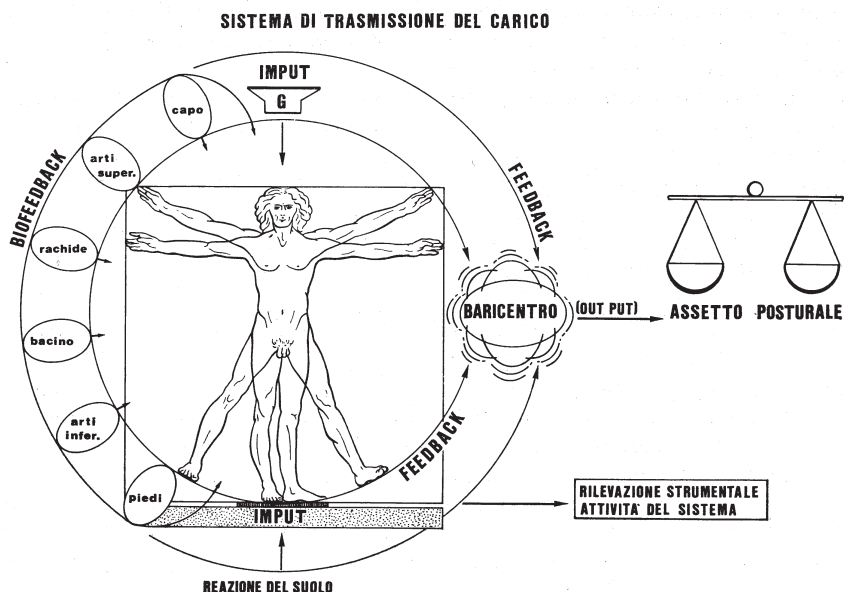


Fig. 3. — Nella gerarchia sistemica è individuabile il Sistema di trasmissione del Carico. Questo sistema comprende tutte le strutture dell'organismo deputate alla ricezione, ammortizzazione, trasmissione, controllo ed utilizzo del carico. L'attività del Sistema prende avvio dal contatto fra il piede ed il suolo nella cosiddetta reazione d'appoggio, per opera della forza di gravità (G) (input del sistema). Tale reazione genera il carico. Ogni componente strutturale del sistema (piede compreso) è interdipendente con altre componenti a mezzo di meccanismi tipo feed-back. Lo scopo (output) del sistema è mantenere lo stato di equilibrio dinamico del baricentro per ogni assetto posturale che il corpo è in grado di assumere nella statica e nella dinamica.

L'attività del sistema prende avvio dal contatto fra il piede ed il suolo nella cosiddetta *reazione d'appoggio*. Questa genera il carico.

Il carico è l'analogo dello « sforzo » ingegneristico, e può essere definito come la forza esercitata dal corpo di massa (m) sottoposto all'accelerazione di gravità (G) sulla superficie plantare (S).

Dal punto di vista fisico, il carico è l'energia di deformazione che si accumula fra le molecole della materia

quando questa è sollecitata da una forza (28).

In termini cibernetici, per il fatto di modificare reversibilmente *l'organizzazione spaziale* delle molecole, il carico può essere considerato un'informazione proveniente dall'ambiente, che percorre il canale e la rete di trasmissione rappresentata dalla successione di elementi anatomici, dianzi citati, costitutivi il sistema di trasmissione del carico.

Le forze impulsive prodotte nel cor-

G. M. Grippi

po dall'attività muscolare e dall'inerzia, sono la sorgente energetica del sistema (35). Queste, mentre contrastano la forza di gravità, producono nella reazione d'appoggio il carico (38).

Il carico, così generato, rappresenta l'input del sistema; l'output è lo stato di equilibrio dinamico che si realizza fra la microdeformazione meccanica indotta sulle strutture sollecitate e la loro tenuta.

Dalla perdita di questo equilibrio, nei rispettivi termini, deriva la possibile azione patogena del carico: se il carico è eccessivo nei confronti di una struttura normale, questa può rompersi o deformarsi; viceversa se la struttura è debole, per alterazioni congenite o acquisite, anche il carico normale può deformarla.

Ogni componente portante del sistema è interdipendente tramite le articolazioni con le altre componenti. Pertanto, la reazione al carico esibita da un dato elemento dipende oltre che dalle caratteristiche strutturali e funzionali dell'elemento stesso, anche da quelle presenti in altri elementi sovra e sottosegmentari. In tal senso, assume rilevanza il Dimorfismo sessuale fra i maschi e le femmine della nostra specie, essendo la funzione del sistema strettamente correlata alla forma delle sue strutture.

Nella donna, infatti, il bacino, quale elemento strutturale del sistema è, a fine crescita, di conformazione e di dimensioni relativamente maggiori che non nell'uomo con la stessa mole corporea. Queste differenze morfologiche indicano che, nei due sessi, l'attività del sistema è, nel complesso, differente e che le sollecitazioni del carico agli arti inferiori ed al piede pur essendo simili non sono identiche.

##### 5) *Il Sistema Antigravitario (SA) ed il Sistema Locomotore (SL).*

Questi sistemi, correlati ai precedenti, realizzano la funzione antigravitaria e locomotoria; cioè, il mantenimento del tono posturale, della stazione eretta e lo spostamento del corpo nello spazio.

Del sistema antigravitario fanno parte attività e centri dislocati nel midollo e nell'encefalo: fra questi, i centri vestibolari, alcuni dei centri cerebellari, del mesencefalo della base encefalica e del midollo spinale. A questi centri fanno capo i terminali in entrata ed in uscita del Sistema Senso-Motorio, l'output integrato di queste funzioni, realizza l'antigravitarietà; ossia, tutta la serie di attività ed adattamenti fisiologici che il corpo mette in atto per opporsi alla forza di gravità ed utilizzarla quale fattore di spostamento.

Il Sistema Antigravitario è controllato dal Sistema Locomotore che comprende alcune funzioni di elaborazione della corteccia cerebrale, collegate ai centri del sistema antigravitario, agli organi di percezione sensoriale (occhi, orecchi etc.) ad alcune ghiandole endocrine.

Al sistema fa capo il flusso informativo proveniente dai sistemi subordinati, quello proveniente dalla percezione del mondo esterno e dalla cenestesi ed, inoltre, dalla sfera cognitiva e dalla volontà. Possiede, pertanto, attività decisionale complessa, capace di modificare funzionalmente e « deliberatamente » gli elementi del corpo per consentirne lo spostamento nello spazio.

A monte, il sistema è gerarchicamente correlato a catene sistemiche più

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

importanti che fanno capo ad altre necessità omeostatiche dell'organismo (ricerca del cibo, protezione dal freddo etc.) o a bisogni biologici e sociali della specie (attività sessuale, associazionismo intraspecifico etc.).

6) *L'interpretazione sistemica della patologia del piede.*

A scopo di esemplificazione, riportiamo esempi paradigmatici di patologia del piede, di comune riscontro clinico, delineati ed interpretati secondo l'ottica della Teoria dei Sistemi.

1° caso: l'applicazione erronea di scarpe correttive per piede piatto ad un bimbo sano, può limitare gli effetti della stimolazione ambientale. In particolare, si diminuisce l'attivazione dei recettori del Sistema Senso-motorio e si modifica la trasmissione del carico. Il perdurare di questa condizione, durante la crescita, può inibire l'attività del Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale, con possibili risentimenti sul morfotipo. Il piede con piattismo fisiologico del bambino può, così, stabilizzarsi in piede piatto « iatrogeno » nell'adolescenza.

Con gli scatti di crescita ed il corrispondente aumento della mole corporea, la presenza di questa anomalia dell'assetto strutturale del piede destabilizza l'omeostasi del complesso sistemico che reagisce con gli adeguamenti adattativi della riserva funzionale: gli elementi scheletrici sopporteranno carichi relativamente maggiori, le epifisi di accrescimento potranno saldarsi precocemente o « distarsi », i legamenti ed i tendini potranno aumentare il loro impegno funzionale per mantenere la congruità delle articolazioni etc. Ognuno di questi

adattamenti può essere del tutto asintomatico.

Tuttavia, in caso di aumento cronico delle sollecitazioni biomeccaniche non controbilanciate da efficaci adattamenti, l'equilibrio finora raggiunto può saltare. Così, i muscoli, se troppo affaticati, cedono in contrattura, l'instabilità articolare da potenziale diventa attuale e, a scopo protettivo, archi nervosi riflessi vengono ad attivarsi: Il piede piatto si contrattura, viene sottratto al carico, non partecipa alla funzione antigravitaria, non consente più la deambulazione.

La messa a riposo del Sistema Locomotore è, tuttavia, grandemente antieconomica per l'organismo. Così, nel tempo, adattamenti più economici vengono attuati nei sistemi subordinati.

Gli adattamenti migliori sono realizzati dalla lenta opera di rimaneggiamento effettuata dal Sistema di Mantenimento e di Trofismo architettuale sulle strutture anatomiche.

Così, i muscoli più impegnati tenderanno all'ipertrofia; le ossa, ancor di più se le epifisi di accrescimento sono aperte, si deformeranno, le corticali ossee si addenseranno; i nuclei di ossificazione potranno essere riassorbiti e ristrutturati con fenomeni osteocondritici; la cute potrà ispessirsi con zone di ipercheratosi; formazioni osteofitose limiteranno l'incongruità articolare (oltre che l'articolarietà) etc.

Con tali adattamenti, alcuni dei quali non propriamente fisiologici, la deformità, ormai strutturata, può spesso tollerarsi. E, pur se presente la deviazione dalla norma, solo episodicamente si ha « malattia » con sintomatologia clinica da « curare ».

Si tratta di adattamenti parafisio-

G. M. Grippi

logici suscettibili di dare sintomi solo quando la prestazione funzionale va oltre le possibilità adattative residue del complesso sistemico, o quando viene meno un adattamento relativo già stabilizzato. Come ad esempio nel piede piatto artrosico che spesso da scarsi sintomi di sé, fino a quando uno sforzo improvviso rompe un'osteofita o fessura la corticale ossea ipertrofica non più protetta da un soffice mantello di cartilagine.

2° caso: Un trauma del piede esitato in una frattura di un osso metatarsale determina, immediatamente, il danno di un elemento del sistema di trasmissione del carico, mentre l'edema e la flogosi post traumatica scatenano sintomi dolorosi attivando i recettori del Sistema Senso-motorio.

Il riposo e l'immobilizzazione alleviano il dolore, ma con il carico il dolore si ripresenta. Così, fino a quando il Sistema di mantenimento e di Trofismo Architeturale non ripari il danno con il callo di frattura, il Sistema di Trasmissione del Carico e Senso-motorio sono messi a riposo.

Se l'individuo vuole camminare può farlo solo poggiando il tallone, con evidente zoppia. Ossia, i sistemi Antigravitario e Locomotore hanno impiegato la loro riserva funzionale con adattamenti costituiti dal ricorso a nuovi schemi motori. Così si realizza un diverso equilibrio omeostatico rappresentato dalla limitazione funzionale, residua e transitoria, nell'attesa della guarigione.

Lentamente, con la consolidazione della frattura, il Sistema Locomotore riacquisterà il precedente equilibrio dinamico.

Ma, se il metatarsale fratturato con-

solida in equinismo, si ha il danno permanente di un elemento del Sistema di Trasmissione del Carico. La riserva funzionale di questo sistema potrà riportare l'equilibrio attraverso la elasticità dei legamenti e delle strutture capsulari alla Linsfranc, ma ciò ne condizionerà le potenzialità adattative future e pertanto, pur potendo considerare avvenuta la guarigione, permane un danno funzionale residuo ed asintomatico.

Infatti, se eventi occasionali richiedono il maggiore impegno meccanico del sistema (p.e. a causa di un aumento ponderale, o del trasporto di un peso etc.) si esaurisce la riserva funzionale residua delle strutture legamentose precedentemente impegnate a compensare l'equino del metatarsale; in conseguenza, la gerarchia sistemica reagisce con l'attuazione di ulteriori adattamenti: il soggetto limiterà la stazione eretta e la deambulazione, magari adottando diversi schemi motori (Sistema Antigravitario e Locomotore); se costretto al carico totale solleciterà maggiormente il lato sano (Sistema di Trasmissione del Carico) e, mentre sulla pelle al di sotto del metatarsale sofferente si sviluppa l'ipercheratosi e l'apposizione ossea ipertrofica le corticali dei metatarsali vicini (Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architeturale), avrà dei riflessi posturali più accentuati con iperestesie, episodiche crisi dolorose, fino alla causalgia (Sistema Senso-motorio). Nei casi non trattati, alla fine, potrà manifestarsi la zoppia e la perdita della funzione. Quel piede, sottratto al contatto dell'ambiente, non carica, non partecipa alla funzione antigravitaria, non consente più la deambulazione.



## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

## L'INTERPRETAZIONE SISTEMICA DELLE DISMORFIE DEL PIEDE.

Prima di esporre l'ipotesi biocibernetica dell'etiopatogenesi dell'alluce valgo, va discussa l'interpretazione sistemica generale delle dismorfie del piede. In quanto, l'AV è, nelle sue varie manifestazioni, l'evento dismorfico del piede a maggiore incidenza clinica e che sembra, per molti versi, riassumere in se gli aspetti più generali di questo gruppo di affezioni. Tanto che, al capitolo IV, sarà discusso in dettaglio come esempio dismorfico paradigmatico.

Precisiamo che, in generale ed in questo contesto, con il termine di assetto dismorfico o « dismorfia » intendiamo assetti strutturali anatomici del piede non corretti; ossia non « statisticamente normali » secondo la classica curva di distribuzione di Gauss.

Inoltre, data l'impostazione concettuale su cui si articoleranno le nostre argomentazioni, a scopo propedeutico, esporremo brevemente sulla filo-ontogenesi del piede.

1) *Cenni di filo-ontogenesi dell'arto inferiore e del piede.*

Gli arti originano, verso la 2<sup>a</sup>-3<sup>a</sup> settimana di vita endouterina, dall'estremità di due creste mesenchimali decorrenti ai lati dell'embrione e ricoperte dall'ectoderma: le creste di Wolff.

L'abbozzo dell'arto inferiore si costituisce dopo quello dell'arto superiore ed inizialmente, ha la forma di una semplice gemma (embrione di 5 mm), poi di una paletta « lamina pedis », che presenta alla base un rigonfiamento cilindrico, abbozzo delle ossa del

cinto. Poi, allungandosi, l'arto si divide in due, indi in tre segmenti: prima ancora che compaiano la piega del ginocchio e della cavaglia (5 settimane) è evidente il piede, ancora privo di dita.

Compaiono poi quattro solchi che, accentuandosi, separano le dita.

Durante il suo allungamento, tutto l'arto, che inizialmente è ruotato all'esterno, va in intrarotazione.

Nella lamina pedis, gli abbozzi delle ossa in formazione giacciono tutti sullo stesso piano: il calcagno è laterale all'astragalo e i raggi metatarsali, di uguali dimensioni fra loro, sono aperti come un ventaglio. Equinismo e varismo del piede e adduzione dell'avampiede caratterizzano queste prime fasi.

Nelle fasi successive, il calcagno si porta al di sotto dell'astragalo, i metatarsali modificano le loro dimensioni relative (iniziale ipertrofia del 2° metatarsale che presto recede seguita dalla ipertrofia del 1°) e si accostano fra loro, mentre tutto l'avampiede pro-na.

Si determina, in tal modo, la « dissociazione retro-avampodolica » per cui, l'iniziale formazione laminare si torce (come avviene in un panno bagnato, strizzato fra le mani per allontanarne l'acqua) e si trasforma in un retropiede verticale (verticalizzazione del retropiede) ed in un avampiede orizzontale (orizzontalizzazione dell'avampiede) congiunti dal mesopiede (costituzione dell'elica podalica di Papparella Treccia).

Ognuna di queste tappe dell'ontogenesi segue la legge di ricapitolazione di Haeckel; ossia, ha delle corrispondenze con analoghe fasi presenti nella filogenesi.



G. M. Grippi

Citando Paparella Treccia: « le due vie, la filogenetica e la ontogenetica hanno un'analoga fisionomia. È possibile accostare la struttura scheletrica della pinna dei crossopterigi (pesci ossei del Devoniano superiore: 400 milioni di anni fa) all'impalcatura del piede dell'embrione umano di 5 settimane. Il piede degli anfibi fossili del basso Devoniano (360 milioni di anni fa) a quella del piede embrionale di 6 settimane, quello dei rettili « simili ai mammiferi » del Triassico (200 milioni di anni fa) al piede embrionale di 7-8 settimane, e quello dei mammiferi primitivi (70 milioni di anni fa) al piede dell'embrione umano di 10 settimane ».

Analoghi dati riporta Florio che così si esprime:

« la filogenesi del piede passa dalla fase di supinazione che è la più primitiva, attraverso quella del piattismo rigoroso con appoggio totale della pianta al suolo, e giunge infine alla fase di pronazione che è quella definitiva: si ha così la regressione filogenetica degli ultimi due raggi e della parte corrispondente del tarso (cuboide) a vantaggio del 1° raggio su cui, con la pronazione, viene a gravare buona parte del carico, e che in fase evolutiva si ipertrofizza.

Ma oltre questo aspetto morfologico, il primo raggio ne presenta uno direzionale, non meno importante funzionalmente: prima di rendersi parallelo agli altri quattro, come è nel piede umano, il primo raggio resta, ancora a lungo, durante l'evoluzione filogenetica, divergente dall'asse del piede verso l'interno; esso è inoltre prosimalizzato e ruotato intorno al proprio asse longitudinale, similmente a quanto avviene per il primo raggio

della mano, in modo da potersi opporre alle altre dita: il piede in queste condizioni è *prensile* ».

Accennando all'ontogenesi riferisce, inoltre:

« a 50 giorni di vita fetale, oltre la maggiore lunghezza dei raggi metatarsali-falangei rispetto alla lunghezza del tarso, ed alla divergenza dei raggi esterni a vantaggio dell'asse del piede, si osserva l'ipertrofia del 2° metatarsale rispetto al 1°: il piede attraversa, infatti, in questo periodo, la fase del piattismo (filogeneticamente con carico prevalente sul 2° metatarsale, nei rettili fossili) che segue quella primitiva della supinazione (carico prevalente sugli ultimi due raggi, nei pro-

TABELLA 1. — *Tappe fondamentali della ontomorfogenesi del piede.*

---

*Tarso*

Migrazione sottoastragale del calcagno (verticalizzazione del retro piede).

*Metatarso*

Rotazione pronatoria dei segmenti anteriori dell'astragalo

(orizzontalizzazione dell'avampiede)

— Attenuazione della disposizione a vantaggio dei metatarsei.

— Deadduzione ed irrobustimento del 1° metatarso.

— Diminuzione dello spessore del 2° metatarso.

---

toanfibi) e precede quella della pronazione definitiva (maggiore impegno meccanico del 1° metatarsale nella prensione delle protoscimmie - carico deambulatorio prevalente sul 1° metatarsale, negli ominidi).

Queste fasi ontogenetiche del piede ripetono fasi identiche dell'evoluzione filogenetica. La pronazione si rag-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

giunge a 55 giorni di vita intrauterina, e con essa si ha la definitiva ipertrofia del 1° metatarsale.

La divergenza metatarsale, inoltre, si riduce nei primi mesi di vita fetale fino a scomparire nell'adulto ».

Le tappe principali della ontogenesi del piede e le corrispondenze filogenetiche sono riportate, schematicamente, nelle Tabelle 1 e 2.

TABELLA 2. — *Corrispondenze filogenetiche.*

Durante il costituirsi e l'avvolgimento della lamina pedis sono riconoscibili caratteristiche di tipo:

*Acquatico:* equino varismo dell'autopodio (pesci ossei).

*Quadrupede:* plantigradia degli anfibi e dei rettili.

*Prensile:* mammiferi primitivi.

*Arboricolo-terrestre:*  
(Scimmie antropomorfe).

*Bipede terrestre:* specie uomo.

2) *L'evento dismorfico come anomalia dell'informazione.*

Come accennato, lo sviluppo morfogenetico del piede è attuato dal Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale col concorso di un doppio flusso informativo: l'informazione genetica e l'informazione ambientale.

L'informazione ambientale svolge nei confronti di quella genetica il ruolo di « istruzione complementare »: la forma finale assunta dalle strutture di sostegno nel corso dell'accrescimento, ed il suo mantenimento, non rappresentano soltanto la libera espressione

del genoma ma, entro certi limiti, ciò che l'ambiente ha permesso e suggerito che il genoma esprimesse.

L'arto inferiore dell'uomo è perfettamente conformato per muoversi sulla terraferma, ma certo, il genoma umano non contiene informazioni dirette sulla biomeccanica antigravitaria. Si deve piuttosto supporre, che il genoma contenga informazioni o istruzioni che sono il complemento dell'informazione ambientale. Non la biomeccanica, ma ciò che la biomeccanica richiede è stato strutturato nel genoma.

In un certo senso, l'organismo per effetto della sola istruzione genetica produrrebbe delle deformità se, di concerto, le strutture non venissero « modellate » dalle forze presenti nell'ambiente: è noto, ad esempio, che, la detorsione del femore e quella dell'astragalo, si realizzano col concorso di fattori legamentosi e muscolari che divengono operanti con l'inizio dell'attività motoria. Analogamente, l'ambiente, mediante le sollecitazioni meccaniche del carico, può favorire lo sviluppo di deformità se le strutture non sono geneticamente resistenti o se sono state indebolite da processi patologici.

In particolare, per quanto concerne le anomalie dell'informazione:

1) *Nel versante genetico:* la dismorfia del piede può essere prodotta oltre che da anomalie locali anche da altre presenti in altri elementi del complesso sistemico. Se, per esempio, queste anomalie comportano lo sviluppo di assetti morfologici sovrassgmentari capaci di modificare stabilmente la trasmissione del carico, può essere condizionato il viraggio dismorfico in piedi altrimenti normali. Ana-

G. M. Grippi

logamente è possibile anche il contrario; cioè che, malformazioni del piede finiscano col condizionare lo sviluppo e lo stato trofico di strutture sovrasegmentarie tanto, da modificarne la morfologia.

2) *Nel versante ambientale*: gli effetti di un'anomalia nella funzione di carico, comunque determinatasi, sono diversi se insorti durante l'accrescimento in età evolutiva, o a fine crescita. Essi, inoltre, sono relativamente condizionati dalle differenze individuali di crescita (fattore auxologico). Specificamente:

a) *nel soggetto che cresce*, la presenza di anomalie nella trasmissione del carico comporta l'impiego ai vari livelli sistemici degli adattamenti della riserva funzionale. In particolare, il Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architeturale è indotto a modellare le strutture in crescita modulando, opportunamente, lo stesso processo di crescita. Così, se da qualche parte si perde la corrispondenza fra le esigenze biomeccaniche e la « forma » attuale della struttura, questa, entro certi limiti, subisce modifiche nel progetto genetico di sviluppo con nuovi, corrispondenti, adeguamenti morfologici.

Nel compito vengono interessate tutte le strutture portanti del sistema, sia nel piede che nei distretti sovrasegmentari; in genere in un locus minoris resistentia. Laddove è ancora possibile o più facile trovare il compenso adattativo. Per fare qualche esempio: la displasia torsionale dei femori può indurre, come epifenomeni di adattamenti: 1) - l'iperlordosi lombare da basculamento sul piano sagittale del bacino; 2) - l'extratorsione tibiale o l'abduzione degli avampiedi per stimolo

delle epifisi di accrescimento, rispettivamente, della tibia o delle ossa del piede.

Nei vari individui questi ed altri adattamenti potranno variamente associarsi o esprimersi singolarmente, tendendo a manifestarsi, in particolare, durante gli scatti di crescita, specialmente in quello che accompagna la pubertà.

Relativamente all'arto inferiore, ciò a volte si esprime con assetti morfologici clinicamente indefinibili: non propriamente normali ma neppure francamente patologici (paradismorfismi borderline). In questi casi, tuttavia, il morfotipo risultante è (almeno nel momento considerato) il compromesso adattativo migliore ed, in termini omeostatici, il più economico che il programma genetico guidato dalle sollecitazioni antigravitarie del carico e dall'attività motoria ha potuto realizzare. Nei relativi sistemi, quello capace di garantire col minore spreco energetico la trasmissione del carico, la funzione antigravitaria, la locomozione.

b) *Nel soggetto che sta completando o che ha completato la crescita*, in caso di anomalie della funzione di carico, non è più possibile il ricorso al rimodellamento delle strutture. Col termine dello sviluppo somatico ciò è impedito.

Se necessitano altre modifiche adattive, in quanto quelle precedenti la fine della crescita erano state insufficienti o lo sono, adesso, diventate per la comparsa di nuove sollecitazioni (incrementi di peso, gravidanze, attività sportive etc.), queste potranno essere realizzate da adeguamenti trofici locali che sfruttano il fisiologico turnover metabolico (apposizione e rima-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

neggiamento osseo, ipertrofia muscolare etc.).

Con questi processi, nel tempo, può mutare l'aspetto macroscopico di quelle strutture maggiormente sollecitate, ma in modo tanto lento da essere scarsamente efficaci. Pertanto, possono manifestarsi fenomeni adattativi ben

più risolutivi e non del tutto fisiologici.

Questi implicano che, in presenza di sollecitazioni di carico anomale e persistenti, la struttura più debole del complesso sistemico finisce col cedere. Il cedimento è tanto maggiore quanto più il segmento interessato è de-

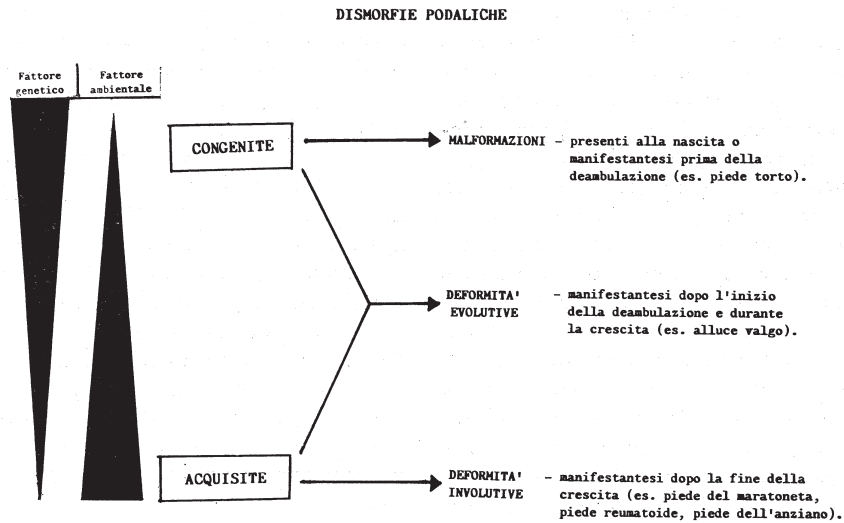


Fig. 4. — L'organismo produrrebbe spontaneamente delle deformità se le sue strutture non venissero modellate opportunamente, durante la crescita, dalle sollecitazioni ambientali del carico. Analogamente, il carico può produrre delle deformità se il genoma non è in grado di realizzare strutture meccanicamente resistenti.

Su questi concetti guida, le dismorfie del piede possono così essere classificate (v. fig.); con questi criteri:

— *cronologico*: riferito al momento di esordio dell'evento dismorfico nell'iter di sviluppo dell'individuo (durante la vita embrio-fetale, dopo la nascita e durante la crescita, nell'adulto);

— *funzionale*: riferito o meno alla presenza dell'informazione ambientale (carico) sulla struttura e che, in genere, comincia massivamente con l'inizio della deambulazione;

— *eziologico informazionale*: riferito al ruolo eziologico svolto da anomalie dell'informazione; rispettivamente, nel versante genetico e nel versante ambientale, o alla loro relativa variabile associazione.

In generale, il ruolo eziologico svolto dal fattore genetico diminuisce dalle forme congenite a quelle acquisite; l'opposto avviene per il fattore ambientale.

Figura 4. G.M. Grippi

bole; o a causa del fisiologico processo di senescenza, o perché compromesso da processi degenerativi, flogistici o post traumatici, o perché tale per meiotragia genetica.

Relativamente al piede, può così essere spiegata la comparsa di distorfie in età adulta (deformità involutive) causate da un vero e proprio *collasso architetturale* della sua struttura. In questi casi è la sollecitazione del carico ad avviare e determinare l'evoluzione distorfica.

Facendo riferimento al contesto di idee e ai concetti suesposti, proponiamo la seguente classificazione delle distorfie del piede:

### 3) La classificazione sistemica delle distorfie del piede.

Le distorfie possono essere suddivise in due classi principali: distorfie congenite e distorfie acquisite, ulteriormente suddivise in tre gruppi: *malformazioni, deformità evolutive, deformità involutive*. Secondo questo schema: (fig. 4).

e con questi criteri di riferimento:

1) *Cronologico*: riferito al momento di esordio dell'evento distorfico nell'iter di sviluppo dell'individuo (durante la vita embrio-fetale, dopo la nascita e durante la crescita, nell'adulto).

2) *Funzionale*: riferito o meno alla presenza dell'informazione ambientale (carico) sulla struttura e che, in genere, comincia massivamente con l'inizio della deambulazione.

3) *Eziologico informativo*: riferito al ruolo eziologico svolto da anomalie dell'informazione; rispettivamente, nel versante genetico e nel versante ambientale. O alla loro, relativa variabile associazione.

In base ai criteri di questa classificazione, ai tre gruppi possono essere attribuite le seguenti caratteristiche cliniche:

#### 4) Le malformazioni.

Le malformazioni sono distorfie presenti alla nascita (congenite), ad e-

CONGENITE	<i>Malformazioni</i> : presenti alla nascita o manifestantesi prima dell'inizio della deambulazione e del carico (es. PTC, artrogriposi, etc.).
DISMORFIE	<i>Deformità evolutive</i> : non chiaramente presenti o assenti alla nascita. Manifestantesi durante la crescita e con l'inizio dell'attività motoria e del carico (es. AV essenziale, piede piatto, etc.).
ACQUISITE	<i>Deformità involutive</i> : non presenti alla nascita o nella crescita, manifestantesi nell'adulto. Spesso in rapporto anamnestico con fattori micro/macro traumatici o degenerativi (es. AV sintomatico, piede piatto sintomatico, piede del maratoneta, dell'anziano, etc.).

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

sordio clinico durante la vita endouterina o nella prima infanzia, indipendentemente dall'attività motoria o dal carico. Queste affezioni riconoscono, quasi esclusivamente un'eziologia da anomalie dell'informazione genetica; eccetto quei casi, rari, indotti da fattori esogeni ambientali di natura meccanica, che hanno agito, dentro l'utero materno, sul prodotto del concepimento (oligoidramnios, gemellaggio, vizi di posizione etc.).

In genere, il danno al genoma è stato causato da noxe ambientali che hanno agito sulle cellule germinali dei genitori o, anche prima, nei progenitori di questi con mutazioni del DNA; o sui tessuti del prodotto del concepimento durante l'embriogenesi (farmaci, infezioni, tossici, radiazioni etc.).

Ciò che qualifica le malformazioni è il *danno permanente e potenzialmente trasmissibile del genoma* e che da solo o con l'eventuale, occasionale, concorso di fattori ambientali agenti nell'utero materno prima della nascita o, dopo la nascita, attivati dall'attività motoria, manifesta la tendenza costante all'automantenimento per tutta la vita dell'individuo.

Le malformazioni possono presentarsi nell'ambito di sindromi dismorfiche ad interessamento pluridistrettuale (es. malattia di Marfan, artrogripoti, sindrome di Down etc.) oppure interessare esclusivamente il piede; manifestandosi in maniera più o meno grave in riferimento alla precocità, alla estensione, alla selettività ed espressività del danno al programma genetico.

Esempio classico di malformazione del piede è il piede torto congenito, nelle sue diverse varianti cliniche.

5) *Le deformità evolutive.*

Le deformità evolutive sono dismorfie non presenti alla nascita, ad esordio clinico in età evolutiva, durante la crescita, e influenzate dall'attività motoria e dal carico. In queste affezioni, la commistione eziologica fra il fattore genico ed il fattore ambientale può essere, nei rispettivi termini, relativamente variabile (fig. 5).

Perché si sviluppi la deformità è necessaria la presenza di un fattore genico anomalo, a bassa espressività (genoma meiopratico) la cui espressione clinica (fenotipica) può essere normale per gran parte della crescita. Questa anomalia dell'informazione genetica sommata agli effetti meccanici del carico, in un dato momento della crescita, svelano e rendono clinicamente evidente la deformità, come se da questa stessa fosse stata indotta.

In realtà, senza l'impatto con l'informazione ambientale, la deformità probabilmente non si sarebbe manifestata.

In dipendenza del grado di compromissione genetica e dell'entità di sollecitazioni biomeccaniche, l'esordio dell'affezione può essere più o meno precoce, con tendenza evolutiva variabile e con espressioni cliniche diversificate in dipendenza della « storia esistenziale dei vari soggetti (modalità di crescita, attività sportive, preferenze nella scelta delle calzature etc.). »

La deformità può, addirittura, rimanere latente o manifestarsi in varianti sub-cliniche, ed il suo sviluppo al completo può avvenire « a posteriori » nell'adulto o nell'anziano in maggior misura se si associano processi degenerativi o flogistici locali.

Queste affezioni rappresentano l'a-



G. M. Grippi

nello di congiunzione fra le dismorfie congenite e le acquisite; e spesso, nei singoli casi, è assai difficile dirimere l'effettivo ruolo causale svolto dal fattore genico e dal fattore ambientale.

In questo gruppo rientrano gran parte dei piedi piatti e degli alluci valghi essenziali. Concetto da tenere ben presente è che l'azione del carico è necessaria per il loro manifestarsi.

Il riferimento clinico di queste affezioni rientra concettualmente, nella patologia da alterato carico di Pisani o in quell'insufficienza antigravitaria del piede di cui parla Paparella Treccia.

#### 6) *Le deformità involutive.*

Le deformità involutive sono dismorfie acquisite che si manifestano nell'adulto dopo il termine dei processi di accrescimento. L'informazione ambientale, rappresentata dal carico ne è, nella gran parte dei casi, la causa efficiente.

In queste affezioni, il cui esordio è relativamente tardivo, rientrano alcune deformità del gruppo precedente che continuano ad aggravarsi in età adulta (fig. 5).

In tutti i casi, il loro decorso clinico è caratterizzato dal lento *collasso architetturale* della struttura anatomica del piede. Possono considerarsi appartenere a questo gruppo: le deformità del piede reumatoide che ha caricato, le sequele evolutive nell'adulto dell'AV essenziale, le deformità insorte nel piede senile, il piede piatto del maratoneta, il piede valgo del tennista, il piede piatto statico etc.

Nei gruppi di questa classificazione sistemica delle dismorfie del piede, possono essere comprese gran parte delle forme congenite ed acquisite. Tut-

tavia, nella pratica clinica non è possibile porre nette distinzioni fra le prime e le seconde (43). Infatti, ad una affezione che è esclusivamente congenita nell'infanzia, spesso si sovrappongono elementi acquisiti nell'adulto. A riguardo, basti considerare il PTC: la dismorfia è certamente determinata da un'anomalia del genoma, ma, l'evoluzione dismorfica nel bimbo che cammina viene condizionata dalla funzione: infatti, l'aspetto clinico del piede torto congenito alla nascita è diverso da quello dell'adulto che ha sempre caricato e che non è mai stato trattato.

In generale, comunque, il ruolo causale svolto dal fattore genico è massimo nelle malformazioni, intermedio nelle deformità evolutive, minimo nelle deformità involutive. L'opposto avviene per il ruolo causale svolto dal fattore ambientale.

Per esemplificare: l'AV presente alla nascita o nella prima infanzia è una malformazione dovuta al fattore genico; se si manifesta durante gli scatti di crescita è una deformità evolutiva: in tal caso, al fattore genico predisponente ma inespresso, potrà essersi sommato l'effetto del carico o quello modellante delle calzature; un AV dei primi due gruppi che tende ad aggravarsi o è comparso ab initio dopo la fine della crescita è una deformità involutiva dovuta al carico, con l'eventuale incostante concorso di processi degenerativi o flogistici locali.

Analogamente, il piede piatto potrà considerarsi una malformazione, una deformità evolutiva o una deformità involutiva se manifestantesi, rispettivamente alla nascita, durante la crescita, o nell'adulto.

In ogni caso, ogni evento dismor-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

fico può ricondursi ad un disturbo informazionale che interessi, singolarmente o in commistione variabile, il versante genetico ed il versante ambientale, con manifestazioni cliniche d'esordio ed evolutive che dipenderanno sia dal luogo specifico della gerar-

7) *Dal Principio di Regressione alla Legge Dismorfogenetica.*

Mediante l'osservazione clinica è possibile constatare che molte dismorfie del piede tendono a manifestarsi con componenti dismorfiche elemen-

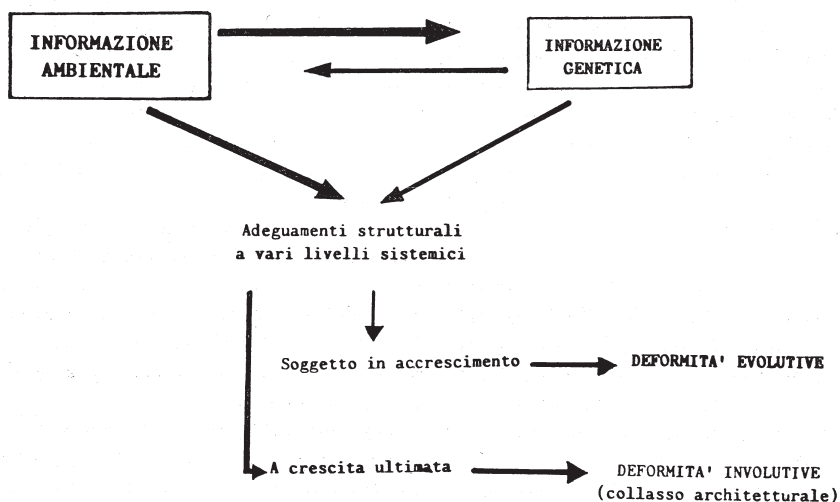


Fig. 5. — Il momento eziologico essenziale delle deformità evolutive, insorte durante la crescita, e le deformità involutive, insorte nell'adulto, corrisponde alla perdita di equilibrio sistemico fra l'informazione ambientale e l'informazione genetica.

Così, quando non vi è più la corrispondenza fra la «forma» ed il trofismo locale della struttura (geneticamente controllati) e le richieste biomeccaniche, il sistema è indotto a modifiche adattative (funzionali e/o strutturali) dei suoi elementi costitutivi. Con la differenza che mentre in età evolutiva le strutture sono soggette, nel caso di devianza patologica, al modellamento adattativo con *deformità evolutive*; a fine crescita, si attua il collasso architetturale con manifestazione clinica di *deformità involutive*.

chia sistemica in cui converge la noxa, sia dal momento e dalle modalità con cui, durante l'esistenza individuale, si rompe l'equilibrio dinamico fra i geni e l'ambiente nella strutturazione e nel mantenimento del morfotipo.

tari abbastanza stereotipate: valgismo calcaneare, supinazione del metatarso, piattismo, allargamento a ventaglio delle dita, valgismo del 1° dito etc.

La variabile associazione di queste componenti elementari in quadri cli-

G. M. Grippi

nici specifici consente, in genere, il riconoscimento e l'inquadramento nosografico delle varie dismorfie.

Questa constatazione implica che, indipendentemente dall'evento causale efficiente — sia che esso sia rapportabile ad una patologia del genoma, ad una patologia biomeccanica o ad entrambe, in variabile associazione — i meccanismi patogenetici con cui le dismorfie si realizzano, siano sostenuti da regole evolutive uniformi, capaci di replicarsi sempre allo stesso modo o con minime variazioni da un modello ideale di base.

La natura di questo modello si ricollegha al concetto di adattamento cibernetic ed al Principio di Regressione: infatti, si era accennato che il comportamento adattativo di un sistema destabilizzato da una noxa è orientato ad impedire la diminuzione della sua neghotropia o contenuto informativo.

Il comportamento del sistema è diretto principalmente ad allontanare la noxa. Ma, se questo non avviene, la noxa viene assimilata e neutralizzata con varie soluzioni che consistono in modifiche adative degli equilibri omeostatici dei sottosistemi della gerarchia. Ad ogni sottosistema secondo la sua capacità.

Pertanto, se la noxa si manifesta, ad esempio, in forma di un'anomalia persistente nella funzione di carico, fenomeni adattativi sistemici vengono attuati in tutti gli elementi strutturali del complesso.

Fra questi elementi, ve ne è sempre qualcuno meno resistente degli altri (*locus minoris resistentia*) sul quale, si concentra gran parte di tutto il processo di adattamento. Questo elemento perde, in conseguenza, una parte del suo contenuto informativo. La perdita

consiste, in genere, nel degrado della sua architettura anatomica.

Così, se la struttura più debole è il piede o una sua componente, la noxa biomeccanica induce nei sistemi fenomeni adattativi che si manifestano, ai gradi estremi, con la perdita della sua architettura.

Quest'evento, nella clinica, corrisponde allo *sviluppo dell'assetto dismorfico*. La perdita dell'architettura, o contenuto informativo nei sistemi coinvolti, segue il Principio di Regressione già citato.

In virtù di questo Principio, l'evento dismorfico è fondamentalmente una « regressione architetture » che, nelle parti coinvolte e relativamente ai sistemi interessati, potrà manifestarsi sotto forma di assetti anatomico-funzionali anomali, a minore contenuto informativo, che « rievocano » assetti e funzioni presenti nel passato del sistema.

In altre parole, la struttura del piede indotta a trasformarsi tende a ritornare indietro lungo la strada attraverso cui i suoi elementi costitutivi si erano prodotti durante l'ontomorfogenesi e, quindi (secondo la legge di Haeckel) nella filogenesi.

A verifica di questo assunto, si possono confrontare le tappe fondamentali dell'ontomorfogenesi del piede e le corrispondenze filogenetiche coi fenomeni adattativi destrutturanti che avvengono nel Sistema di Mantenimento e di Trofismo durante lo sviluppo delle *deformità evolutive ed involutive del piede* (Tabb. 1, 2, 3).

Taluni di questi aspetti sono presenti nel piede piatto, altri nell'alluce valgo, altri ancora sono presenti in sindromi intermedie tipo lo *play-foot* etc.

Relativamente alle *malformazioni*,

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

come nel piede torto, vale ricordare l'ipotesi proposta da Max Bohm nel 1935 che, rifacendosi alla teoria del vitium primae formationis, risalente al Medio Evo, ha sostenuto che « tale deviazione dal normale processo di sviluppo consista in un 'arresto' o 'inibizione germinativa' — Hemmungs-bildug, degli AA. tedeschi — per cui permangono caratteristiche scheletriche proprie di una determinata fase dell'embriogenesi ».

Questo punto di vista ben si ricollega al Principio di Regressione; nel senso, che la malformazione può essere effettivamente considerata come un assetto architetturale del piede a minore contenuto informativo rispetto il normale. Per cui, il piede malformato, già alla nascita, presenta un assetto morfologico « regredito » che rievoca quella determinata fase dell'embriogenesi rimasta inibita.

L'evento dismorfico, pertanto e indipendentemente dalla causa efficiente specifica, sembra sostenuto ed essere regolato da un denominatore comune: *la regressione architetturale verso assetti strutturali a minore contenuto informativo*. Con queste principali differenze nei tre gruppi clinici in cui abbiamo suddiviso le dismorfie:

1) nelle Malformazioni, rispetto lo standard di normalità, la regressione architetturale è solo apparente in quanto dipendente non dall'effettivo dietro-front dello sviluppo, ma da un suo arresto locale causato da un'anomalia genetica.

2) Nelle Deformità Evolutive, la struttura anatomica inizialmente è normale; in seguito, durante la crescita, causa la relativa inadeguatezza della spinta genica del sistema nei confronti delle esigenze biomeccaniche, la re-

TABELLA 3. — *Adattamenti biocibernetici sistemici presenti nelle deformità evolutive ed involutive del piede.*

*De-verticalizzazione del retro piede* (valgo di di calcagno, equinizzazione dell'astragalo, etc.): piede piatto.

*De-orizzontalizzazione dell'avampiede* (supinazione del metatarso): piede piatto, sindrome dell'alluce valgo.

*Disassiamiento in talo-varo-supinazione del 1° metatarsale*: sindrome dell'alluce valgo.

*Allargamento del ventaglio metatarsale*: sindrome dell'alluce valgo, splay-foot, etc.

*Ipertrofia dei metatarsali intermedi* (2°, in particolare): sindrome dell'alluce valgo.

« *Prensilità* » del 1° raggio (assetto di pronazione statica al pressopodoscopio): fasi iniziali della sindrome dell'alluce valgo e delle pousses evolutive del piede piatto infantile.

*Progressiva « opposizione » dell'alluce alle altre dita* (equino-valgo-pronazione dell'alluce): fasi avanzate della sindrome dell'alluce valgo.

*Plantigradia.*

gressione architetturale lentamente si manifesta, variamente confusa con lo stesso processo di crescita che, intanto, tende a regolarla e minimizzarla.

3) Nelle Deformità Involutive, la regressione architetturale, sostenuta quasi esclusivamente dal fattore biomeccanico, esordisce in età adulta e, spesso rapidamente, con evoluzione clinica verso il collasso architetturale della parte interessata.

Questa relazione comune che sottende il fenomeno dismorfico rappresenta il « rapporto costante che lega tra loro questi diversi fenomeni ed il modo costante con cui si svolgono »; per cui, in virtù dell'isomorfismo dei si-

G. M. Grippi

stemi, ha valore generale. Da ciò, l'enunciazione della *Legge Dismorfogenetica*:

« *L'evento dismorfo riproduce 'a ritroso' assetti funzionali e strutturali presenti nella ontomorfogenesi e, quindi, nella filogenesi* ».

La legge può essere facilmente verificata nel piede con esempi tratti dalla clinica. In particolare, nelle deformità evolutive ed involutive nelle quali, a partire da strutture normali, si realizzano assetti morfofunzionali « progressivamente acquisiti » che rievocano « a ritroso » l'ontogenesi. Infatti, come esposto in seguito in riferimento all'AV, la cronopatologia evolutiva « ideale » della deformità sembra rievocarne, particolarmente in corrispondenza dell'avampiede, le tappe più importanti.

Naturalmente, la legge non significa che la struttura del piede ritorni effettivamente indietro. Il ritorno, infatti, è solo rievocato e non realmente riprodotto.

Il comportamento sistemico enunciato dalla legge fornisce alla clinica un paradigma esplicativo generale sull'interpretazione dell'evento dismorfo e un reale riferimento predittivo nella valutazione prognostica.

#### ASPETTI BIOCIBERNETICI DELL'HALLUX VALGUS

##### 1) *Generalità*

Per Hallux Valgus si intende una « angolazione del I raggio che interessa insieme l'alluce ed il suo metatarsale. L'angolazione può essere isolata o associata ad una deformazione dell'insieme dell'avampiede » (Lelievre) (37).

Questa angolazione rappresenta il fe-

nomeno clinico più appariscente di un'alterazione morfofunzionale progressiva che comprende, almeno nelle manifestazioni più complete e tipiche: lo slargamento del ventaglio metatarsale, un certo grado di supinazione dell'avampiede, l'incostante appiattimenti della volta plantare e la perdita progressiva dei rapporti di congruenza anatomica fisiologici delle dita coi rispettivi metatarsali (deviazioni angolari e sub-lussazioni), in particolare del I dito (da cui il nome dell'affezione).

A queste *deformazioni* si accompagna variabilmente, un ricco corteo sintomatologico rappresentato fondamentalmente dal *dolore* riferito, di volta in volta, alle diverse strutture anatomiche del piede: artralgie (flogosi borsitiche sub-lussazioni, sesamoiditi, pericapsuliti etc.), algoparestesie digitali (nevromi, compressioni nervose etc.), metatarsalgie, tarsalgie etc.

Da ciò il termine di « *sindrome dell'alluce valgo* » attribuito al complesso di queste manifestazioni patologiche.

Tradizionalmente, a questa sindrome sono state date molteplici spiegazioni in tema di etiopatogenesi. L'ipotesi biocibernetica che proponiamo non è alternativa a queste, ma le comprende e le proietta nella dinamica dei sistemi dell'organismo, anche al di fuori del piede, riassumendole in un contesto più ampio in cui il *momento eziologico* generale è rappresentato dalla perdita, in un dato momento del ciclo dell'esistenza individuale, dell'equilibrio sistemico fra i geni e l'ambiente, mentre la *patogenesi* corrisponde all'instaurarsi di processi di adattamento che avvengono secondo la Legge Dismorfogenetica e



## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

che, indipendentemente dalla causa occasionale specifica, conducono al medesimo risultato; rappresentato per l'appunto dalla « sindrome dell'alluce valgo ».

2) *Etiopatogenesi*

Quale momento eziologico generale vi è la perdita dell'equilibrio dinamico (destabilizzazione) del Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architeturale nei confronti della strutturazione del morfotipo del piede. Ossia, dell'equazione:

$$\text{Genoma (G) } \circ \text{ Ambiente (A) } - \\ - \text{ Morfotipo (del piede)}$$

secondo quanto è stato detto nel paragrafo 2° del quarto capitolo: « l'evento dimorfico come anomalia dell'informazione ». La dinamica di destabilizzazione sistemica è schematizzata nella Fig. 6.

La sindrome dell'alluce valgo può essere avviata non solo da anomalie genetiche strettamente localizzate al piede, ma anche da anomalie morfofunzionali e dello sviluppo presenti in distretti sovrasegmentari e che, amplificate dagli effetti del carico, conducono allo sviluppo della deformità con quadri clinici ed evolutivi diversi in dipendenze dell'età del soggetto: AV come deformità evolutiva nel soggetto che cresce, AV come deformità involutiva nell'adulto.

Il complesso di queste cause può essere considerato come « *noxe destabilizzanti predisponenti* » (concause eziologiche), ulteriormente suddivisibili in *sovrasegmentarie e locali del piede*.

1) *Fattori sovrasegmentari*: in primo luogo è da segnalare il dimorfismo sessuale del Sistema di Trasmissione

del Carico (che, ricordiamo, comprende tutte le strutture scheletriche portanti), in particolare nel cingolo pelvico: nella donna, infatti, il bacino è (a fine crescita) più inclinato, più largo, meno alto e meno spesso che nell'uomo. Inoltre, a parità di mole corporea, la distanza interacetabolare è più elevata.

Il dimorfismo interessa anche la costellazione endocrina e lo sviluppo auxometrico.

Queste differenze anatomo-fisiologiche sono la conseguenza dei processi di selezione naturale che, nella nostra specie, hanno operato sul corpo della donna favorendo, in primo luogo, le funzioni collegate alla sopravvivenza della specie.

Ma, per strutturare la donna alla sessualità ed alla gestazione la selezione ha dovuto risparmiare da qualche altra parte, seguendo la legge della compensazione o equilibrio dell'accrescimento di Goethe, ossia: « per largheggiare da una parte la natura è costretta a risparmiare dall'altra ». In questo caso, l'economia sembra avere riguardato l'adattamento evolutivo del Sistema di Trasmissione del Carico della donna nei confronti della deambulazione bipodalica. Ciò in termini evolutivi significa che la specie umana, e la donna ancor più dell'uomo, stanno ancora pagando il prezzo biologico dell'acquisizione della stazione eretta con la più facile tendenza alle devianze patologiche nel Sistema.

A riguardo, è noto che nelle femmine è più facile la comparsa di anomalie detorsionali femoro-tibiali: ad esempio, nelle bambine la fisiologica detorsione femorale è spesso ritardata con la manifestazione subclinica di una coxa antversa che, in genere, nell'80%



G. M. Grippi

dei casi va incontro a risoluzione spontanea.

Tuttavia, tale risoluzione può essere incompleta o apparente, in quanto le strutture ossee possono rimanere « fissate » dalla relativa precocità di chiusura delle epifisi di accrescimento che si ha nelle bambine rispetto ai coetanei maschi.

In tal caso, il complesso sistemico del Sistema Locomotore può sfasarsi (destabilizzarsi) nei confronti delle richieste biomeccaniche. Se ciò avviene, la gerarchia sistemica, al fine di minimizzare ogni spreco energetico e nel tentativo di ottimizzare le prestazioni, mette in atto tutta una serie di fenomeni adattativi di compenso (di riequilibrio omeostatico) rappresentati da adeguamenti morfofunzionali sia nei distretti sovrasegmentari che nel piede (a dx. dello schema della Fig. 6), rappresentati dai meccanismi di riserva funzionale di ogni singolo sottosistema, secondo le sue competenze e le sue potenzialità. Fra questi, ad esempio, l'organizzazione di nuovi schemi motori, l'accentuarsi di una lordosi lombare, l'intrarotazione compensatoria dell'arto inferiore etc.

Questi adeguamenti funzionali possono risaltare anche sul piano clinico, per esempio: con la diminuzione dell'angolo di Fick, con lo strabismo rotuleo convergente etc. o, nel piede, con il disorientamento dell'asse di compromesso della sottoastraglica lungo la linea di progressione della marcia o con la pronazione funzionale del complesso retro-avampodalico.

A questo proposito, osservazioni strumentali del piede in carico condotte nella bipedestazione al pressopodoscopio (32, 45) (apparecchio che consente la visualizzazione della di-

stribuzione del gradiente di carico sulla superficie plantare) hanno rivelato che in soggetti giovani portatori di alluce valgo in evoluzione o in fase iniziale è presente un atteggiamento persistente di *pronazione statica* dell'avampiede con medializzazione del gradiente di carico verso la testa del I metatarsale secondo la formula:  $1 > 2 > 3 > 4 > 5$  (Fig. 9 c).

Secondo la nostra interpretazione, questo atteggiamento funzionale è anomalo rispetto la più frequente e normale distribuzione del gradiente di carico plantare verso i metatarsali laterali (il IV metatarsale, nella bipedestazione, sec. Pisani) (46), e rappresenta il segno più appariscente di un disturbo al sistema di Trasmissione del Carico indotto dall'allungamento in « torsione » dell'arto inferiore nel soggetto che cresce; o da residue incomplete « detorsioni » nell'adulto.

Quest'atteggiamento di pronazione statica che abbiamo riscontrato anche in bambini normali, come *atteggiamento reversibile*. Sembra che si manifesti dopo ogni *scatto di crescita*, ed è presumibile che nel soggetto normale funzioni da « starter meccanico » nel favorire il *fisiologico processo detorsionale* dell'arto che si allunga in *intratorsione*. In tal caso, effettivamente, l'informazione ambientale del carico completa l'azione del genoma.

Ma nei soggetti con insufficiente controllo genetico di questo processo si può deviare verso il patologico, con la destabilizzazione adattativa del Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architetture in alcuni elementi della struttura.

In altri termini: nel corso dell'assetamento biomeccanico della crescita, quelle componenti strutturali dell'ar-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

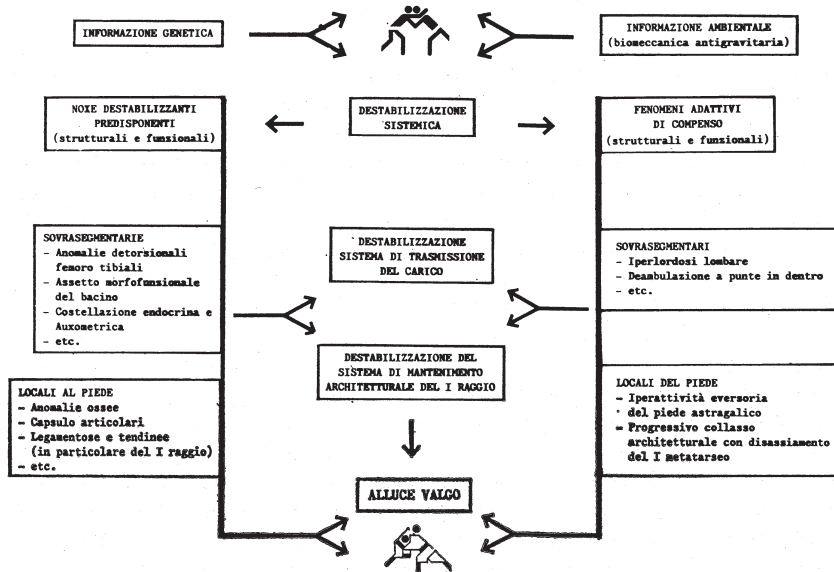


Fig. 6. — Biocibernetica dell'alluce valgo: la deformità è la conseguenza di un'alterazione morfofunzionale interessante il complesso sistemico ed, in particolare, il Sistema di Trasmissione del carico che si esprime, inizialmente, con lo sventagliamento dei metatarsali ed il disassiamiento del I, in particolare. Quest'evento è uno dei fenomeni adattativi, messo in atto dalla destabilizzazione della gerarchia sistemica, causata dal conflitto fra l'informazione genetica e l'informazione ambientale.

Fra le noxe destabilizzanti acquisirebbero particolare importanza i fattori auxometrici che controllano la strutturazione ed il dimorfismo sessuale del Sistema e che si sovrappongono variamente a fattori meiotragici locali del piede.

Se la sommatoria di concause locali e sovrasegmentarie supera un certo valore critico, la comparsa progressiva del valgismo dell'alluce sarebbe fenomeno secondario al collasso architetturale del piede. In tal senso, la deformità sarebbe un processo adattativo che riguarda tutto l'apparato di sostegno e deambulatorio del corpo.

to inferiore ancora suscettibili di modellamento, sollecitate dal carico oltre i limiti assegnati al controllo genetico, sono indotte a mutare forma così da minimizzare e ripartire lo sforzo sull'intera struttura.

Ciò, nel fisiologico, avverrebbe armonicamente in tutto l'arto, col risul-

tato finale di una conformazione « normale »; nel patologico, invece, avverrebbe disarmonicamente, con anomalie morfologiche spesso strettamente localizzate.

In quest'ultimo caso, fra le tante possibili manifestazioni cliniche si potrebbe, ad esempio, avere: la coxa an-

G. M. Grippi

tiversa, il ginocchio valgo, l'escurvato-varismo tibiale etc. o, nel piede, il disassiamiento retro-avampodalico (cavo-valgismo, o abduzione dell'avampiede), per stimolo sulle epifisi di accrescimento del piede o per modifica dei vettori di azione dei tendini sulle rispettive inserzioni ossee.

Il realizzarsi dell'uno o dell'altro adattamento strutturale dipende da quale locus minoris resistentia è presente nell'arto o nel piede per meiopragia genetica o patologica secondaria (es. rachitismo).

Nel caso del piede, se il locus è dislocato nell'avampiede o sul I raggio, e non è possibile ricorrere all'adattamento in distretti sovrasegmentari, si possono avviare quei processi deformanti capaci di condurre allo sviluppo di una sindrome dell'alluce valgo.

Al complesso di questi fattori di minore resistenza del piede, in passato è stato dato alterno rilievo quali agenti in causa nel determinismo dell'affezione. Probabilmente rappresentano soltanto delle concause eziologiche (fattori locali predisponenti) che, schematicamente si possono distinguere in:

2) *fattori locali del piede:*

a) *anomalie ossee:* eccessiva lunghezza del I dito o del I metatarsale, os intermetatarseo, assetto scheletrico ancestrale di Morton etc.;

b) *anomalie capsulo-articolari:* ipoplasie della cresta intersesamoidea, obliquità della cuneo-metatarsea, pronazione della sottoastragala etc.;

c) *anomalie legamentose e tendinee:* ipo-aplasie dei collateral, effetto corda dell'EPA, effetto del peroneo lungo o dei tibiali etc.;

d) *varie:* rachitismo, lue, TBC, osteocondrosi, affezioni reumatiche, affezioni degenerative, traumi, calzature etc.

In ogni caso, comunque, se la sommativa delle concause locali e sovra-segmentarie supera il valore critico di resistenza meccanica di « quel » piede, determinato dallo stato trofico e dalla programmazione genetica dell'individuo cui il piede appartiene, la comparsa progressiva della sindrome dell'AV sarebbe fenomeno concomitante al collasso architetturale condizionato dal carico.

Inizialmente si manifesterebbe la destabilizzazione del Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architetturale del I raggio, con il progressivo *disassiamiento* della testa del I metatarsale che si sposterebbe, globalmente e rispetto ai piani standards di riferimento, in talo-varo-supinazione.

Questo disassiamiento, se riprodotto e radiografato sul pezzo anatomico dello scheletro del piede (Fig. 7), dimostra che l'esostosi presente nel quadro clinico ed rx-grafico della deformità è, in realtà, il tubercolo plantare mediale della testa del I metatarsale che protude al di sotto della pelle e che è preso di profilo dai raggi X nelle proiezioni standards in dorso-plantare.

Il disassiamiento è, tuttavia, il fenomeno clinicamente più evidente del lento e progressivo allargamento del ventaglio metatarsale che contemporaneamente supina rispetto al tarso, con queste conseguenze: la plantigradia, la sub-lussazione di tutte le metatarsi-falangee (da cui, per l'intrinseca maggiore mobilità del I e V metatarsale, il valgismo del I ed il varismo del V dito), le metatarsalgie, le com-

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

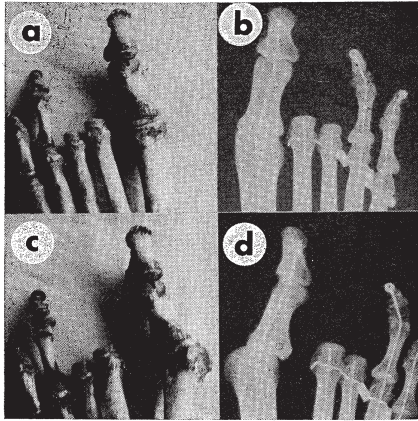


Fig. 7. — Dimostrazione rx-grafica del dissassiamento in talo-varo-supinazione del 1° metatarsale, presente nell'alluce valgo:

a) scheletro di un'avampiede normale;  
b) la sua proiezione rx-grafica in dorso-plantare:

c) il 1° metatarsale è stato spostato, rispetto agli altri metatarsali in talo-varo-supinazione, la posizione relativa assunta dall'alluce è in equino-valgo-pronazione;  
d) nella corrispondente proiezione rx-grafica è comparsa «l'esostosi», rappresentata dal tubercolo plantare mediale della testa del 1° metatarsale preso di profilo dai raggi X.

Il corrispettivo clinico della protusione della testa del 1° metatarsale, coi fenomeni flogistici e degenerativi di accompagnamento, è la cosiddetta «cipolla» dell'alluce valgo.

pressioni sui nervi digitali e le parti molli dell'avampiede, l'eventuale instabilità del retropiede, le manifestazioni artrosiche etc.

Tutte queste alterazioni patologiche seguirebbero in tempi differenti, isolatamente o in varia e mutevole associazione ed in vario grado nei diversi soggetti, a determinare la polimorfa obbiettività clinica e sintomatologica della sindrome.

La patogenesi di tutti questi feno-

meni clinici è dovuta alla « regressione » adattativa del Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale; ed avverrebbe secondo la Legge Dismorfogenetica.

Infatti, nell'evoluzione clinica « ideale » della deformità si può mettere in evidenza la progressiva comparsa di assetti morfofunzionali del piede « acquisiti » che rievocano assetti strutturali presenti nell'evoluzione filogenetica e durante l'ontomorfogenesi del piede (Fig. 8).

In particolare: la pronazione statica rivelata al pressopodoscopio nelle fasi iniziali della deformità, rievoca la *prensilità* del 1° raggio presente nelle scimmie antropomorfe e nei mammiferi primitivi; analogamente è per lo sventagliamento dei metatarsali e l'*opposizione dell'alluce* alle altre dita (non solo valgismo, quindi, ma nelle fasi più avanzate equino-valgo-pronazione dell'alluce).

La supinazione dell'avampiede, la plantigradia, l'ipertrofia ossea dei metatarsali intermedi e la relativa insufficienza del I raggio, rievocano la plantigrafia degli anfibi e dei rettili.

Ognuno di questi aspetti riproduce aspetti analoghi presenti nell'embrione, per cui sembra che l'evoluzione clinica della deformità avvenga con trasformazioni morfologiche che ripercorrono a « ritroso » le tappe dell'ontomorfogenesi del piede.

A scopo esemplificativo, un collage di casi clinici, in cui è documentata l'evoluzione della deformità secondo la Legge Dismorfogenetica, è mostrato nella Fig. 9.

### 3) Conclusioni

Per quanto esposto, la sindrome

G. M. Grippi

dismorfica dell'Hallux Valgus può essere considerata la risultante della sommatoria algebrica fra le noxe genetiche e/o ambientali destabilizzanti la gerarchia sistemica del Sistema Locomotore ed il contrasto attuato dai processi retroattivi ed equifinali di a-

bile così come variabili sono gli individui.

Causa il ruolo che l'evoluzione ha assegnato alla donna (gestazione e maternità, con gli adeguamenti strutturali e le divergenze morfo-psicologiche e di sviluppo sessuale, che queste

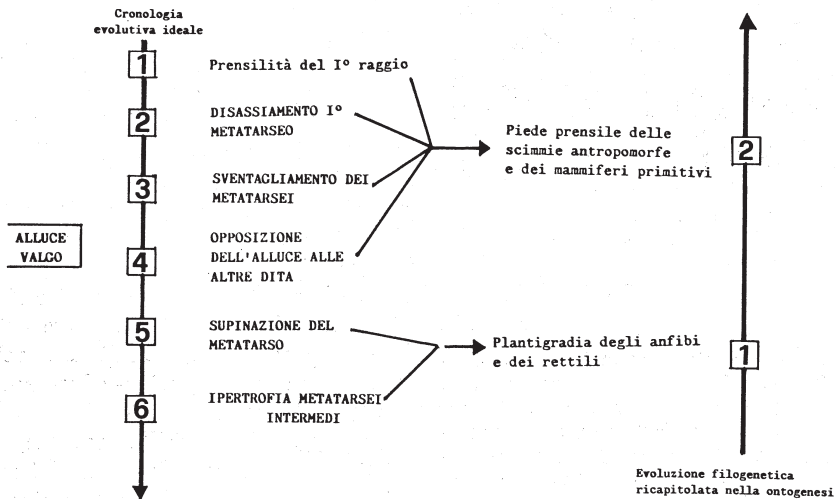


Fig. 8. — Legge Dismorfogenetica e alluce valgo:

« l'evento dismorfico riproduce 'a ritroso' assetti funzionali e strutturali presenti nella ontomorfogenesi e, quindi, nella filogenesi ».

Relativamente all'alluce valgo, sono riportate le corrispondenze morfologiche e funzionali della deformità con quelle presenti nella filogenesi delle specie.

Le due frecce hanno verso opposto. Ossia, nell'evoluzione clinica « ideale » della deformità, la struttura del piede sembra ripercorrere a ritroso le tappe del processo ontomorfogenetico e, quindi, della filogenesi.

dattamento (riserva funzionale) dei sistemi stessi.

Queste noxe possono prendere avvio da vari punti dei livelli sistemici dell'organismo. È la loro variabile associazione, sia come continuità cronologica che intensità d'azione, a far traboccare un vaso il cui limite di riempimento, fissato geneticamente è varia-

comportano) tale limite sembra particolarmente ristretto nel sesso femminile.

In tal senso, la « sindrome dell'alluce valgo » sarebbe solo l'epifenomeno appariscente di un più complesso e articolato processo di adattamento che riguarda per intero l'apparato di sostegno dell'organismo e che, a volte,



## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

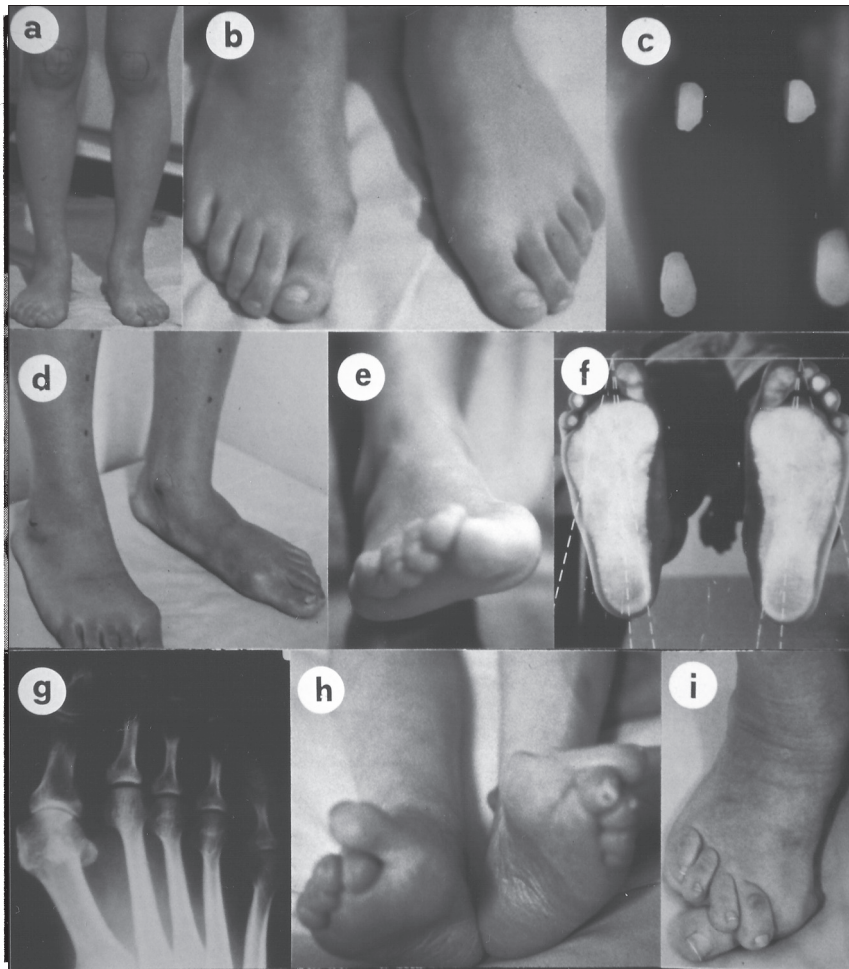
trova la sua risoluzione sistemica convergendo nel piede ed, in particolare, sul I raggio e nell'avampiede.

Questo processo sembra avvenire secondo il Principio di Regressione e la Legge Dismorfogenetica: con il lento collasso architetturale dell'anatomia del piede, in assetti morfofunzionali che, nel mentre rappresentano le « tappe » cliniche « ideali » della deformità, rievocano a « ritroso » analoghi assetti

presenti nell'embrione durante l'ontogenesi e corrispondentemente (secondo la legge di Haeckel) presenti nella filogenesi.

## RIASSUNTO

In questo studio, l'Autore propone l'applicazione della Teoria Generale dei Sistemi alla Ortopedia. L'interpretazione biocibernetica delle dismorfie del piede, con parti-





G. M. Grippi

colare riguardo all'Alluce Valgo, è riportata come esempio paradigmatico.

L'analisi comincia con l'ipotesi generale di Cibernetica. Secondo questa ipotesi, gli esseri viventi sono un condensato di « *informazione* » e tutti i fenomeni che li riguardano, compresi quelli patologici, si identificano coi *processi di trasformazione subiti dal loro contenuto informativo*.

Dopo l'esposizione dei concetti di *sistema cibernetico, feed-back, omeostasi, riserva funzionale* etc., viene riportata la nozione, che l'aumento del contenuto informativo dei sistemi biologici corrisponde al *processo della filogenesi* e che questo processo, secondo la *Legge di ricapitolazione di Haeckel*, si ripete nell'individuo durante il suo *sviluppo ontomorfogenetico*.

Gli organismi viventi possono essere considerati dei sistemi cibernetici aperti costituiti da gerarchie di microsistemi. Ogni funzione svolta dall'organismo corrisponde ad un sistema cibernetico.

Il comportamento dei sistemi e le rela-

zioni intersistemiche, indipendentemente dalla loro natura specifica, sono retti da principi generali comuni, sulla base del generale « *isomorfismo* » delle scienze e dei sistemi.

In ambito patologico, i fenomeni adattativi dell'organismo nei confronti delle noxe ambientali, avvengono secondo un *Principio di Regressione*; in base al quale: « la destabilizzazione dei sistemi dell'organismo comporta il riemergere di attività funzionali ed assetti strutturali presenti, nel passato della specie, durante la filogenesi; con corrispondenze, quindi, con analoghi assetti morfo-funzionali presenti nell'ontogenesi ».

In ambito ortopedico, è possibile individuare negli « *Organi di movimento e dell'apparato locomotore* » dei sistemi cibernetici che funzionano secondo regole e principi comuni alla generalità dei sistemi.

In base a questi concetti, l'arto inferiore ed il piede umano sono stati definiti come una « *sommatoria di peculiarità funzionali appartenenti a gerarchie di sistemi ci-*

Fig. 9. — Riferimenti clinici della Legge Dismorfogenetica, relativamente all'alluce valgo:

- a) fanciulla 16enne a termine della pubertà: il modesto strabismo rotuleo convergente è sintomatico dell'incompleta detorsione femorale;
- b) al piede dx è incipiente il disassiamiento del I metatarsale, l'alluce comincia a valgizzarsi;
- c) al pressopodoscopio si documenta l'anomala medializzazione del gradiente di carico sugli avampiedi (assetto di pronazione statica); quest'assetto è indotto da elementi sovrasegmentari, e rievoca la prensilità del I raggio presente nelle scimmie antropomorfe (piede prensile);
- d) lo stesso soggetto esaminato un anno dopo: il disassiamiento del I metatarsale è comparso anche al piede sx. La volta plantare comincia a collassarsi;
- e) il metatarso comincia a deformarsi in supinazione (plantigradia degli anfibi e dei rettili);
- f) al podoscopio si documenta un piede piatto di 3°;
- g) Rx-grafia del piede di un adulto con alluce valgo: il tubercolo plantare mediale della testa del I metatarsale è stato sottoposto ai processi filogenetici della « cipolla ». Le ossa metatarsali sono sventagliate, come durante l'ontogenesi, in particolare il I ed il V (piede prensile). I tre metatarsali centrali continuano a mantenersi più vicini ma, a causa del maggiore onere di carico sopportato, tendono all'ipertrofia, il II in particolare (plantigradia);
- h) paziente anziana con alluce valgo monolaterale: il disassiamiento del I metatarsale è notevole, tutto l'avampiede è supinato;
- i) altra paziente anziana: in fase evolutiva terminale, l'architettura dell'avampiede è collassata. L'alluce va in opposizione alle altre dita deviando in equino-valgo-pronazione, a rievocare la sua « prensilità » ancestrale.

### La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

*bernetici estesi a tutto l'organismo»* e la funzione antigravitaria e locomotoria svolta dalle strutture di sostegno del corpo può essere rappresentata dalla seguente gerarchia di sistemi:

- il *Sistema Locomotore*;
- il *Sistema Antigravitario*;
- il *Sistema di Trasmissione del Carico e di Deambulazione*;
- il *Sistema di Mantenimento e di Trofismo Architettuale*;
- il *Sistema Senso-Motorio Antigravitario e di Locomozione*.

Questa gerarchia sistemica è attivata dal concorso complementare fra *l'informazione genetica* del DNA cromosomico e *l'informazione ambientale* rappresentata, in gran parte, dagli effetti morfogenetici e di attivazione nervosa scaturiti, nel corso della biomeccanica antigravitaria, principalmente per *effetto del carico*.

Dopo aver discusso le principali caratteristiche di ognuno di questi sistemi, viene affrontata l'interpretazione sistemica generale della patologia del piede. Accennando all'evento dismorfo, questo viene interpretato come la conseguenza di anomalie dell'informazione sistemica che interessino, rispettivamente, il versante genetico ed il versante ambientale, singolarmente o in variabile associazione.

Sulla base di queste considerazioni, le dismorfie del piede vengono classificate in: *malformazioni, deformità evolutive, deformità involutive*, in relazione alla prevalenza del versante informativo (genetico o ambientale) maggiormente compromesso, ed in relazione al momento clinico d'esordio dell'affezione (alla nascita, durante la crescita, nell'adulto).

Per il fatto che tutte le dismorfie, nella clinica, tendono a manifestarsi con componenti dismorfiche elementari relativamente simili, che somigliano ad analoghi atteggiamenti morfofunzionali presenti nel piede durante l'ontomorfogenesi e, quindi, nella filogenesi; viene enunciata la *Legge Dismorfogenetica*, derivata dal Principio di Regressione: «*l'evento dismorfo riproduce a 'ritroso' assetti funzionali e strutturali presenti nella ontomorfogenesi e, quindi, nella filogenesi*».

In merito, vengono riportati esempi clinici, rispettivamente, sulle malformazioni,

le deformità evolutive, le deformità involutive.

Accennando al problema etiopatogenetico della «*sindrome dell'Alluce Valgo*», considerata esempio paradigmatico di evento dismorfo del piede, il momento eziologico di questa sindrome viene riferito alla perdita dell'equilibrio dinamico, fra i geni e l'ambiente, nella strutturazione del morfotipo.

Fra le noxe destabilizzanti (concause eziologiche) si considerano:

1) *fattori sovragegmentari al piede*; rappresentati, per lo più, da fattori auxologici, da anomalie del processo detorsionale degli arti inferiori e, nella donna, il particolare assetto morfofunzionale del bacino.

2) *Fattori locali del piede*; rappresentati da anomalie ossee, capsulo articolari, legamentose etc.; che riguardino, in particolare, il 1° raggio e l'avampiede.

Se la sommatoria di concause locali e sovragegmentarie supera un certo valore critico, la comparsa progressiva del valgismo dell'alluce sarebbe fenomeno secondario al *collasso architettuale* del piede. In tal senso, la deformità sarebbe un *processo di adattamento* che riguarda tutto l'apparato di sostegno e di deambulazione del corpo.

Per quanto concerne la patogenesi dell'alluce valgo, questa è ricondotta alla «*regressione adattativa*» della gerarchia sistemica, ed avverrebbe secondo la Legge Dismorfogenetica.

Infatti, nell'evoluzione clinica «*ideale*» della deformità, si possono mettere in evidenza la comparsa progressiva di assetti morfofunzionali del piede «*acquisiti*» che rievocano analoghi assetti presenti nell'evoluzione filogenetica e durante l'ontomorfogenesi del piede.

Fra questi: la «*premsilità del 1° raggio del piede*, l'allargamento del ventaglio metatarsale, il *disassiamiento* del 1° metatarsale, la supinazione del metatarso, la plantigradia etc.

A sostegno, vengono riportati esempi tratti dalla clinica e da osservazioni strumentali condotte al pressopodoscopio.

### BIBLIOGRAFIA

1. AIEVOLI E. — Nota complementare sulla patogenesi statico-meccanica dell'Hal-

## G.M. Grippi

- lux Valgus. Arch. Ortop., XIX, 431-435, 1902.
2. ALVAREZ R. e coll. — The Simple Bunion: anatomy at the Metatarso phalangeal joint of the Great Toe. Foot and Ankle, vol. 4, n. 5, 1984.
  3. ASHBY W.R. — Adaptiveness and equilibrium. In the Journal of Mental Scienze, vol. 86, 478, 1940.
  4. AHSBY W.R. — The Nervous Sistem as Phisical Machine: with special referen- ce to the origin of Adaptative Beha- viour. Mind, Edimbourg, N.S., 56, 44-59, 1947.
  5. ASHBY W.R. — Design for a Brain. E- lectronic Engeengering, London, 20, 378- 383, 1948.
  6. BADE P. — Der Hallux Valgus. F. Enke, Stuttgart, 1940.
  7. BAR J., HILLEL — An Examination of Information Theory. In: Philosophy of Scienze, vol. 22, 1955, by the William and Wilkins Co., Baltimore.
  8. BATESON G. — Verso un'ecologia della mente (Steps to an Ecology of Mind). Adelphi ed. S.p.A., Milano, 1976.
  9. BATESON G. — Mente e natura (Mind and Nature). Adelphi ed. S.p.A., Mila- no, 1984.
  10. VON BERTALANFFLY L. — The theory of Open Sistem in Phisies and Biology. Scienze, New York, 111, 23, 1950.
  11. VON BEETALANGGLY L. — Teoria genera- le dei Sistemi. Mondadori Studio, 1983.
  12. BOHM M. — Das menschliche Bein. En- ke, Stuttgart, 1935.
  13. BONNER J.T. — Le idee della Biologia. Biblioteca della EST., Milano, 1964.
  14. BROWDER L.W. — Biologia dello Svilup- po. Zanichelli ed., Bologna, 1983.
  15. BURTON A.C. — The properties of steady rate composed to those of equilibrium as shown in characteristic biology beha- viour. Journal of cellular and compa- rative phisiology, Philadelphia, 14, 327, 1939.
  16. CANNON W.B. — Self-regulation of the body. In the Wisdom of the body. W.W. Norton and Company Inc., New York, 1939.
  17. CIARANFI E., SCHLECHTER P., BAIRUTI A. — Automatismi biologici e malattia. Ed. Est Mondadori, 1978.
  18. DARWIN C. — On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or Pre- servation of Favoured Races in the Struggle for Life, Londra, 1859.
  19. DELITALA F., DE GENNARO R. — Trattato di tecnica ortopedica e traumatologica. Ed. Vallardi, Milano, 1950.
  20. DELMAS A. — Vie e centri nervosi. UTET- Masson & Cie., Torino, 1971.
  21. DURHAM D.C. — Metatarsus primus va- rus an Hallux Valgus. Arch. Surg., 74, 128-135, 1957.
  22. FABRY G., MAC EWEN, SHANDS R. — Tor- sion of the femur. J. Bone and Joint Surg., 55-A, 1726, 1973.
  23. FLORIO L. — Il piede ancestrale e l'allu- ce valgo. Clin. Ort., XVII, 113-126, 1965.
  24. FLORIO G. — Embriologia del tarso. Min. Ort., 17, 1966.
  25. GERARDIN D.E. — La bionica. Il Saggia- tore, Milano.
  26. GLUBER A., VIEKELETY T. — The influen- ce of the ileopsoas muscle an femoral anteversion. Arch. Orth. Unfol-Chir., 60, 71, 1966.
  27. GOETHE W. — Citato da Darwin.
  28. GORDON J.E. — Strutture: ovvero per- ché le cose stanno in piedi. Biblioteca EST, Milano, 1979.
  29. GRASSÉ P. — L'evoluzione del vivente. Ed. Adelphi, Milano, 1979.
  30. GRIPPI G.M. — Medicina e cibernetica: implicazioni metodologiche della Teoria dei Sistemi applicati al piede. Chir. del piede, vol. 7, n. 1, 1983.
  31. GRIPPI G.M. — L'ipotesi biocibernetica dell'etiopatogenesi dell'alluce valgo. Comunicazione XIII corso di agg. Chir. del piede. Alba, 24-29 ottobre 1983.
  32. GRIPPI G.M. — La pressopodoscopia. Chir. del piede, vol. 7, 3, 1983.
  33. GRIPPI G.M. — La Teoria dei Sistemi in ortopedia: le dismorfie del piede e la Legge Dismorfogenetica. Comunica- zione XVII corso di agg. in Chir. del piede. Alba, 4-8 novembre 1985.
  34. HAECKEL E. — Generelle Morphologie der Organismen. Berlino, t. II, 300, 1866.
  35. HOPKEN, LANDSBERGER A. — Il gioco mus- colare dell'uomo. Marrapese Editore, Roma, 1981.
  36. LELIEVRE J. — Hallux valgus. Enciclo- pedie Medico-Chirurgicale, 15735, A10, 1956.

## La teoria generale dei sistemi in Ortopedia

37. LELIEVRE J. — Pathologie du pied. Masson et C., Paris, 1961.
38. MARGARIA R. — Fisiologia e meccanica del movimento. Biblioteca EST, Milano, 1975.
39. MILLER J.G. — La Teoria Generale dei Sistemi Viventi. Collana Scientifica Franco Angeli, Milano, 1978.
40. MONTALENTI — Compendio di embriologia. Idelson, Napoli, 1981.
41. MORTON D.I. — The Human Foot. Hafner, New York, 1962.
42. MOUCHET A. — Allux valgus: congenital bil. Bull. Soc. de Pediatr. de Paris, 16, 298, 1919.
43. PAPARELLA TRECCIA R. — Il piede dell'uomo: profilo storico-strutturale. Verduci Editore, Roma, 1977.
44. PAPARELLA TRECCIA R. — Sviluppo del piede e deformità congenite. Agg. Ped., 2, 1-18, 1950.
45. PISANI G. — Nuova metodica di indagine strumentale del piede: «La Presopodostatirx-grafia». Min. Ort., 23, 343, 1973.
46. PISANI G. — Biomeccanica del piede in funzione del carico metatarsale IV. Min. Ort., 26, 75, 1975.
47. PISANI G. — La sindrome pronatoria dell'avampiede. Min. Ort., vol. 27, luglio-agosto 1976.
48. PISANI G. — Biomeccanica dell'Alluce Valgo. Chir. del piede, vol. 2, n. 3, luglio-settembre 1978.
49. ROSSI P.A. — Cibernetica e teoria dell'informazione. Editrice La Scuola, Brescia, 1978.
50. SHANNON C., MC CARTY J. — Automata Studies. Princeton Univ. Press., New York, 1956.
51. SOHIER R. — Les effects de la contraction psouique. Acta Orthop. Belg., 45, 341, 1979.
52. TANNER J.M. — Auxologia: dal feto all'uomo, la crescita fisica dal concepimento alla maturità. Ed. UTET, Torino, 1981.
53. TOMPSON A. — Cibernetics an Animal Integration. Irish Journal of Medical Science, Dublino, 1952.
54. TREVES A. — Traite de Chirurgie Orthopedique di Ombredanne e Mathie. Masson Ed., Parigi, 1937.
55. VERBRUGGE J. — Pathogenie et traitement de l'Hallux Valgus. Societé Belge d'Ortopédie, Bruxelles, 1933.
56. VILADOT A. — Anatomia del Hallux Valgus. Rev. de Ort. y Traum. ed. iber., vol. 4, fasc. 2, 245-254, 1960.
57. WADDINGTON H.C. — Strumenti per pensare, un approccio globale ai sistemi complessi, Biblioteca EST, Milano, 1977.
58. WIENER N., ROSENBLUETH A., BIGELOW J. — Behaviour, purpose and teleology. In: Philosophy of Scienze. W.W. Co., Baltimore, 10, 18, 1943.
59. WIENER N. — Introduzione alla cibernetica. Boringhieri, Torino, 1966 (The Human Use of Human Beings, Hugton a Mifflin Co., Boston, 1950).
60. WIENER N. — Cibernetica. Mondadori, Milano, 1968 (Cybernetics or control and Communication in the Animal and the Machine. MIT press, Cambridge Mass, 1948).
61. WISDOM J.O. — The Hipotesis of Cibernetics. In: The British Journal for Philosophy of Scienze, vol. II, 5, 1, may 1951.
62. ZANOLI R., CAMURATI C., LORENZI L. — Alluce valgo. Folia Orthopaedica, IOR, 103-108, 1959.