Gaetano Maurizio Grippi

FILO-ONTO-MORFOGENESI "SISTEMICA" COMPARATA MANO-PIEDE CON REPLICAZIONE NELLA PATOLOGIA DISMORFICA E POST-TRAUMATICA E IMPLICAZIONI CHIRURGICHE DERIVATE

Ossia: Chirurgia della Coxa Manus versus Chirurgia Sistemica del Piede

RIASSUNTO

INTRODUZIONE – In questo studio sono discusse le correlazioni sistemiche della Mano e Piede danneggiati nell'anatomia - "dismorfici" in senso lato; per patologia congenita, degenerativa o post-traumatica - considerate nell'ottica della Morfogenetica di Goethe e del Principio di Regressione (di derivazione Sistemico-Cibernetica) secondo cui "nelle strutture biologiche, l'insulto anatomico tende a configurarsi come rievocazione della filo-onto-morfogenesi, in senso adattativo".
Lo studio anche espone le applicazioni clinico-diagnostiche e chirurgiche derivate. Per cui, nella Mano il danno anatomico tende ad esprimersi nel c.d. Carpo Adattativo, con Instabilità, fino al Collasso Carpale; mentre, nel Piede coi vari gradi e multiformi manifestazioni cliniche dismorfiche dell'Avampiede Triangolare (AT) e/o del Piattismo Plantare (PP). Nella pratica clinica, essendo tali patologie conseguenza di fenomeni "adattativi" ne deriva che allo stesso modo e ottimizzando può agire il Chirurgo, con interventi ad "imitazione" della Natura.
Nella Mano mediante la "elementarizzazione del massiccio carpale con concentrazione di tutto il movimento nella Coxa Manus " (c.d. Graal di Chirurgia del Polso). Nel Piede, con interventi in grado di correggere la struttura alterata - principalmente, le dismorfie AT e PP - in direzione della norma anatomica - ossia, verso l'attuale standard filogenetico.

MATERIALI E METODI - Cardine delle argomentazioni è l'esposizione, affatto originale, della Filo-Onto-Morfogenesi comparata dell'Autopodio Anteriore e Posteriore dei Primati, fino alla costituzione, rispettivamente, della Mano e del Piede dell'Uomo. Con l'obiettivo di evidenziare le similarità anatomo-architetturali delle strutture ed i condizionamenti filo-ontogenetici ambientali che ne hanno definito la morfogenesi e le rispettive funzioni, nell'economia sistemica dell'Organismo.

Partendo dai suddetti presupposti concettuali, nella Mano è stata innovata la Chirurgia della Coxa Manus, con interventi che ottimizzano il naturale processo di adattamento e con l'obiettivo di recuperare (nel carpo altrimenti irreparabile) la stabilità e propriocezione del Centro di Rotazione (localizzato nella testa del capitato) e (quantomeno) dell'articolarità base del c.d "Dart-Trowing Motion"
Particolarmente utile e versatile nelle specificità cliniche di Carpo Adattativo è la Ricostruzione della Coxa Manus, consistente in un'artrodesi radio-carpica con resezione dello scafoide distale (artrodesi radio-luno-emiscafoidea), e anche la Ricostruzione Sostitutiva della Coxa Manus consistente in una Resezione della prima filiera con protesizzazione cefalica del capitato - nel caso di danno cefalo-capitato irreversibile.
Analogamente, nell'arto inferiore è stata innovata la Chirurgia Sistemica del Piede con queste direttive:
1)-Ottimizzazione dell'iter filogenetico;
2) - Trattamento contemporaneo di tutte le deformità;

3) - Ricerca della stabilità, per cui la correzione migliore si ottiene a livello osseo;
4) - Correzione “in regressione” del danno estremo; e con specifici interventi - nell’AT e PP - diversificati in base all’età del soggetto, volti al recupero duraturo del migliore assetto morfologico ancora possibile.

RISULTATI - Ad esemplificazione, vengono esposti alcuni casi di danno carpale estremo trattati con la Chirurgia della Coxa Manus e, corrispondentemente di dismorfie AT e PP trattate secondo i dettami della Chirurgia Sistemica del Piede; anche, riportando i risultati comparativi delle corrispondenti casistiche.

CONCLUSIONI - Quanto discusso e comparato, rappresenta un ponte euristico che collega con un filo concettuale unitario la Chirurgia della Mano alla Chirurgia del Piede: per la prima volta, a partire dai fondamentali biologici, con l’offerta di un più alto e comune punto di vista da cui è certo possibile derivare nuovi spunti chirurgici e travasi di esperienza.
Crediamo, che questa positiva esperienza della Chirurgia della Coxa Manus e Sistemica del Piede siano da condividere. Al contempo, suggeriamo l’utilizzo del paradigma Sistemico - alla luce della Morfogenetica di Goethe e del Principio di Regressione - per cercare nella Filo-Ontogenesi eventuali opportunità chirurgiche innovative in altri distretti dell’Organismo, quale campo fecondo di attenzione e ricerca.

SUMMARY

INTRODUCTION - In this study, we discuss the systemic correlations of the hand and foot damaged in anatomy - "dysmorphic" in the broad sense; for congenital, degenerative or post-traumatic pathology - considered in the perspective of Goethe's Morphogenetics and of the Regression Principle (of Systemic-Cybernetic derivatives) that " in biological structures, anatomical insult tends to be a re-evocation of the philo-onto -morphogenesis, in an adaptive way. "
The study also exposes the derived clinical-diagnostic and surgical applications. So, in the Hand, anatomical damage tends to be expressed in s.c. Adaptive Carpus, with instabilities, up to the Carpal Collapse; while in the Foot with the various degrees and multiform dysmorphic clinical manifestations of the Triangular Forefoot (TF) and/or Splay Foot (SF). In clinical practice, since such pathologies are the consequence of "adaptative" phenomena, it follows that the surgeon can act in the same way and optimize, with surgery "in imitation" of Nature.
In the Hand through the "simplification of the carpus with concentration of the whole movement in the Coxa Manus" (s.c. Grail of Wrist Surgery). In the Foot, with surgery that can correct the altered structure - mainly the TF and SF - in direction of the anatomical norm - that is, towards the current phylogenetic standard.

MATERIALS AND METHODS - Cornerstone of the arguments is the exposure, all original, of the Primates Autopodial Fhylo-Onto-Morfogenesis up to the constitution of Man's Hand and Foot, respectively. With the aim of highlighting the anatomical-architectural similarities and environmental philo-ontogenetic

conditioning that have defined their morphogenesis and functions in the human body systemic economy.
Starting from these assumptions, Coxa Manus's Surgery has been innovated in the Hand with surgery that optimize the natural adaptive processes and with the aim of recovering (in the irreparable carpus) the stability and proprioception of the Center of Rotazion Carpus (located in the capitate head) and (at least) the basic range of motion s.c. "Dart-Trowing Motion"
Particularly useful and versatile in the clinical specifics of Adaptive Carpus are the Coxa Manus Reconstruction, consisting of a radiocarpal joint arthrodesis with resection of the distal scaphoid (radius-emiscaphoid arthrodesis); and also the Substitutive Replacement of Coxa Manus consisting of a First carpal row Resection with cephalic capitate prosthesis, in serious and irreparable damage. Similarly, the Systemic Foot Surgery has been innovated in the lower limb with these directives: 1) - Optimization of the phylogenetic process; 2) - Contemporary treatment of all deformities; 3) - Search for stability, whereby the best correction is obtained at the bone; 4) - "Regression" correction of extreme damage; and with specific interventions - in the TF and SF - diversified according to the age of the subject, aimed at the long-lasting recovery of the best still morphological fit.

RESULTS - Exemplification shows some cases of extreme carpal damage treated with the Coxa Manus Surgery and, correspondingly, TF and SF disorders treated according to the Systemic Foot Surgery dictates; also, returning the comparative results of the corresponding cases.

CONCLUSIONS - As discussed and compared, it represents an heuristic bridge that connects Hand and Foot Surgery: for the first time, starting from the biological bases, with the offer of a higher and common point of view from which it is possible to derive new surgical points and experience. We believe that this positive experience of Coxa Manus and Systemic Foot Surgery is to be shared. At the same time, we suggest using the Systemic Paradigm - in the light of Goethe's Morphogenetics and the Regression Principle - to look for possible innovative surgical opportunities in the Philo-Ontogenesis in other districts of the human body, as a fruitful field of attention and research.

INTRODUZIONE

In questo studio è esposto e comparato l'iter Filo-Onto-Morfogenetico dello scheletro appendicolare e discussi i corrispondenti "regressa" alle estremità degli arti; ossia, quegli assetti conformazionali ed anatomo-patologici rievocanti tappe precoci dell'Ontogenesi – più spesso emergenti nell'occorrenza del danno anatomico, per patologia congenita, degenerativa o post-traumatica nella Mano e/ o nel Piede: "Dismorfie", in senso lato.

Il tutto è rivisitato in un'ottica Olistico-Cibernetica – moderna, soltanto in apparenza: essendo già preconizzata nella Scienza Greca di 2000 anni addietro e

nella Filosofia della Natura del XVIII-XIX secolo – con chiari concetti rieditati, assurti a fecondo paradigma esplicativo di molte discipline e orientamenti scientifici del nostro tempo; compresa la Fisica e la Biologia, in ogni loro branca.
Da tale matrice, vengono tratte e riproposte *le leggi della Forma e "cosa" la Natura ha espresso nella strutturazione degli Arti, prendendo spunto da Wolfang von Goethe* (Francoforte sul Meno, 28 agosto 1749 - Weimar, 22 marzo 1832) – uno dei più grandi spiriti tedeschi, ritenuto il fondatore della Morfogenetica.

Allo stesso modo, viene derivato ed utilizzato lo strumento concettuale del *Principio di Regressione* (PR) - inerente la cibernetica della Teoria dei Sistemi, secondo cui "*nelle strutture biologiche, l'insulto anatomico tende a configurarsi come rievocazione della filo-onto-morfogenesi, in senso adattativo*" – per spiegare razionalmente la fisio-patogenesi di quelle alterazioni della Mano (p.e. Carpo Adattativo, Instabilità Carpali, etc.) e del Piede (p.e. Piattismo, deformità dell'Avampiede, etc.); ossia, di tutti i "regressa" e corrispondenti "Dismorfie" di comune riscontro e diagnosi nella consueta pratica clinica.
Da rimarcare che tali presupposti sono tutt'altro che divagazioni intellettuali; ma, viceversa, forniscono solida base teorica a concrete applicazioni chirurgiche, da impiegare nel danno estremo. Rispettivamente, con la *Chirurgia della Coxa Manus* (1,2) e la *Chirurgia Sistemica del Piede* (3 - 5), di cui saranno mostrati e discussi taluni casi clinici esemplificativi.

MATERIALI E METODI

L'ottimale comprensione dell'oggetto dell'Ortopedia: "*gli organi di movimento e dell'apparato locomotore*", oltre che riguardarne l'anatomo-fisiologia, dovrebbe anche estendersi alla conoscenza della loro *"Origine"*, in termini storico-strutturali.
Ossia, il "processo" del come ed il perché la Natura li ha potuto fabbricare. Nello specifico, interessa quella degli Arti in generale e (nel nostro particolare) quella della Mano e del Piede dell'Uomo, in termini di Morfogenesi.

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

Alla ricerca quindi delle fonti, citiamo Goethe che considerava lo *Scheletro come il disegno fondamentale dell'Uomo* e che molto aveva indagato sul significato delle trasformazioni del Vivente. Ossia, sulla Metamorfosi: il

"cosa" e il "divenire" delle forme degli organismi (6 - 8).
"… 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 (9), Goethe accenna alla sua intuizione della Metamorfosi.**

Per coglierne 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-organicistiche (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 (10) -

"…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).
E' 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

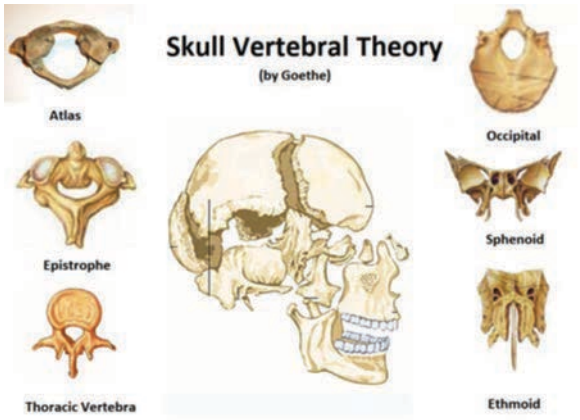

Fig. 1 - La Teoria Vertebrale di Goethe sostiene che le ossa craniche sono vertebre trasformate.

momento della metamorfosi di tale entità che come pulsione spinge dall'interno affinchè (la materia inorganica si auto-organizzi e assuma una certa forma, e che incontrando la resistenza delle circostante 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. E' 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, rispetto dell'identità una ed immanente.

Osserva Goethe che *…nella Natura vivente* (tale, perché in continua auto-metamorfosi); *nulla accade che non sia in rapporto col tutto*.

Insomma, nell'infinità 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 irriconoscibili 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. In cui, *il ritrovamento di un cranio di montone frammentato nelle ossa costituenti gli fa intuire che trattasi di vertebre trasformate*, da cui l'enunciazione della *Teoria Vertebrale del Cranio* (Fig 1).

Interpretazione moderna della Metamorfosi Goethiana

In sintesi moderna, la Metamorfosi Goethiana si potrebbe compendiare (e 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 (ossia, la comparsa e differenziazione dei viventi e delle loro strutture, nel corso dell'Evoluzione Darwiniana, a partire da un'origine comune) e della Ontogenesi secondo la legge Biogenetica di Haechel (per cui, lo sviluppo dell'individuo rappresenta una ripetizione della storia della specie (11 - 14).
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.
Infatti, oggi l'*Epigenetica ha ampiamente riconosciuto il ruolo dialettico dell'ambiente nell'espressività dei genoma*.
Pertanto, come anticipato innanzi, riconsidereremo ogni argomentazione con il *moderno paradigma della Teoria dei Sistemi,* alla base della moderna Epigenetica (15 - 27).

Goethe in Ortopedia e interazione complementare geni-ambiente nella onto-morfo-genesi degli arti

Applicando il pensiero goethiano ai fondamenti dell'Ortopedia, ne deriva che:

1)- Bisogna ritenere che i segmenti ossei dello scheletro appendicolare e relativi giunti articolari *sono tutti formalmente identici*, per cui ogni diversità apparente risulta derivata dal diverso impatto occorso nell'iter Filogenetico; comprensibile nei termini di un progressivo adattamento e rimaneggiamento strutturale acquisito nei predecessori verso l'ottenimento di un *"X"* vantaggio evolutivo. In altri termini, la loro forma è funzione concretizzata: ossia, protoplasma vivente strutturato in foggia tale da esibire una modalità comportamentale, utile per la sopravvivenza.

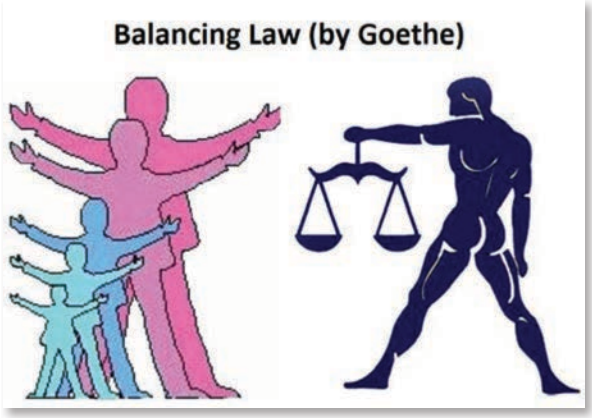

Fig. 2 - La Legge del Bilanciamento di Goethe afferma che (in un organismo biologico) nulla può aggiungersi o modificarsi da una parte senza che qualcosa venga tolta o modificata da qualche altra parte, e viceversa.

2) – Da questa identità iniziale, anche deriva la consapevolezza *a priori* che *tutte le ossa e relativi distretti articolari degli Arti, posseggono il medesimo piano organizzativo* macro e/o microscopico e che ogni differenza morfo-architetturale locale è stata dettata dal contesto meccanico di utilizzo specifico *"X"*, fuori l'organismo.

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 meccano-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, e *riconfermando le attuali moderne tesi dell'Epigenetica*, 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.

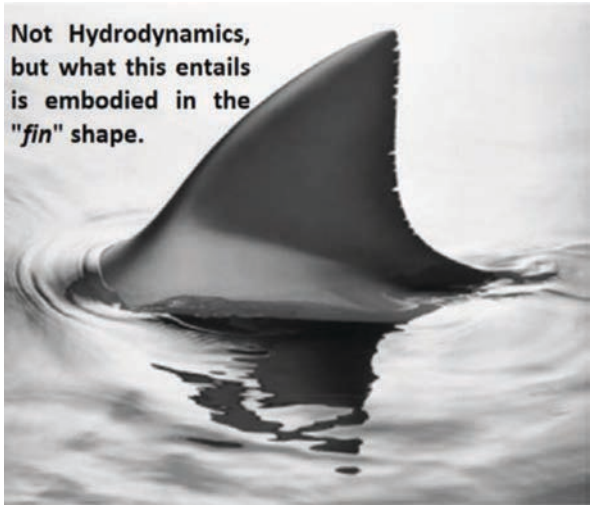

Fig. 3 - Le pinne dei pesci riproducono nel corpo animale una struttura complementare (copia negativa) dell'ambiente acqueo. Cioè, non l'idrodinamica, ma ciò che questa comporta è concretizzata nella forma "pinna".

In particolare, alcune regole operative della morfogenetica goethiana, che ritroveremo esemplificate nel processo filo-ontogenetico e dis-morfogenetico sono altresì da puntualizzare:

1) - il processo metamorfosico è un *continuum* alternato in due fasi fondamentali: una di *Sistole*, cioè di concentrazione energetica, accumulo e ripiegamento di se; l'altra di *Diastole*, cioè di spesa energetica, espansione e sviluppo.

2)- relativamente l'intero organismo, vale la *Legge del Bilanciamento* secondo cui nulla può aggiungersi o modificarsi da una parte senza che qualcosa venga tolta o modificata da qualche altra parte, e viceversa. (Fig. 2).

3) - il contesto ambientale (coi suoi input) è decisivo nel determinare e dirimere i suddetti processi.

Filogenesi dell'arto Tetrapode e Morfogenesi (Goethiana) della Mano e del Piede.

Assodato che la "forma" degli arti è da ricercare nelle cause ambientali (principalmente input meccanici) che hanno operato sul protoplasma vivente nel corso dell'Evoluzione, esamineremo adesso quelle (principali) responsabili della Filogenesi e relativa

morfogenesi della loro anatomia. 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 acqueo. Cioè, non l'idrodinamica, ma ciò che questa comporta è concretizzata nella forma "pinna". (Fig. 3)

Poi, nel Devoniano (410-355 MAF) quando i pesci ossei (Crossopterigi 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.
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 Antigravitaria ma ciò che questa comporta è concretizzato nella forma "arto tetrapode"*.

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

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 dai Primati fino all'Uomo si plasmano due strutture simili e tuttavia con diversificato assetto meccanico:

La Mano ed il Piede

Nell'iter di 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 e (e poi, anche prensile) 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 Melagalancosauri *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) (28).

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 (29).

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 (1,2).

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.

E' 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.
Con ogni probabilità, qualcosa di analogo è accaduto nell'assunzione eretta dell'Uomo, per cui il dimorfismo sessuale del bacino - essendo più ampio nelle femmine per la gestazione - ha

rallentato la morfosi adattativa dell'arto posteriore, con potenziali risvolti pato-meccanici (quale - ad esempio e come innanzi dettagliato - la maggiore incidenza di dismorfie (più o meno, relativamente acquisite) come l'Alluce Valgo e/o l'Avampiede Triangolare, nella donna).

***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 Cinodonti: 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 c.d. *Brachiazione* (30) al seguito e conseguente 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 e mangiare il frutto; mentre quello posteriore nella locomozione saltatorio-rampicante nel nuovo habitat, fitto di tronchi, rami e liane.

A questo punto dell'evoluzione, 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.
Di fatto, il menisco radio-ulnare distale del carpo mono-filiera dei rettili

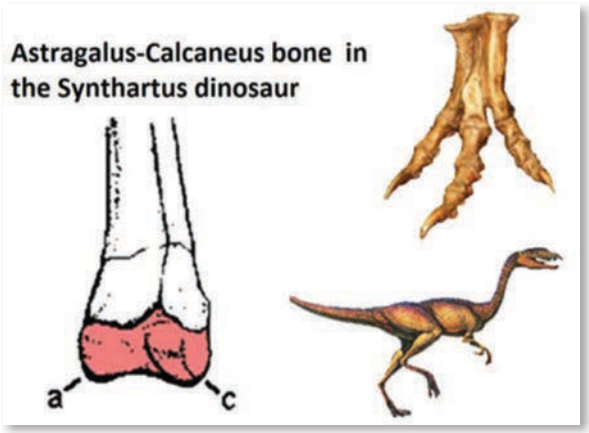

Fig. 4 - Il primitivo menisco rettiliano tibio-fibulo-tarsale da cui origina l'astragalo e il calcagno dei Primati, nei Terapsidi digitigradi è ossificato e disposto frontalmente (in continuità di tibia e perone), come puleggia dei flessori nella locomozione terrestre. Nei veloci predatori, come il Syntarsus del Giurassico, si può ritrovare come unico osso astragalo-calcagno fuso a tibia e perone.

metamorfosizza nelle ossa delIa I filiera carpale.

Effettivamente, nelle proscimmie e scimmie antropomorfe attuali, la I filera (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).
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, invece (in analogia al carpo), si assiste alla comparsa di una ulteriore filiera ossea derivata dal primitivo menisco rettiliano tibio-fibulo-tarsale.
Quest'ultimo nei Terapsidi digitigradi, è disposto frontalmente (in continuità 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. 4)

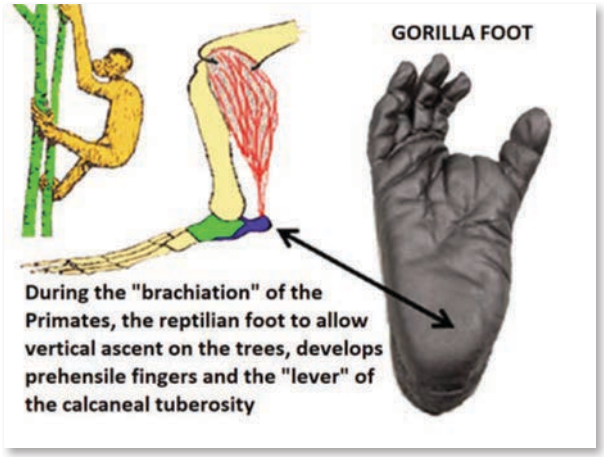

Fig. 5 - Durante la Brachiazione dei Primati, il piede amplifica la prensilità mentre il menisco rettiliano tibio-fibulo-tarsale metamorfizza l'astragalo ed il calcagno col significato di leva e fulcro sesamoideo dell'apparato achilleo-plantare; al contempo, nel suo viaggio sotto l'astragalo il calcagno assume (anche) il ruolo di scudo di protezione della tibio tarsica.

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 retropiede, 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 avvitamento 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 (in animali che vivendo sugli alberi, erano soggetti a frequenti cadute). (Fig. 5)

Alla fine l'autopodio posteriore struttura *l'Elica Podalica di Paparella Treccia* (*3*) – architettura dal variabile rapporto spaziale fra retropiede (nel piano verticale) e mesopi-avampiede (nel piano orizzontale) – compromesso di esigenze prensili-propulsive, di difesa etc.; che - in termini di struttura e forma vivente – concretizza nel protoplasma animale il complemento negativo delle forze meccaniche positive 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 gravitario obbliga al generale cambiamento posturale con relative revisioni metamorfiche, principalmente

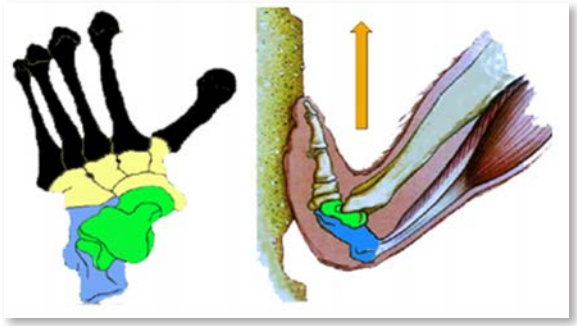

Fig. 6 - Il piede arboreo è troppo lasso per tollerare la locomozione a terra. Pertanto, nell'iter evolutivo che condurrà all'Uomo si assiste al progressivo irrigidirsi dell'Elica Podalica in senso antigravitario con recessione dall'assetto prensile, ormai inutile.

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. 6).
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.

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

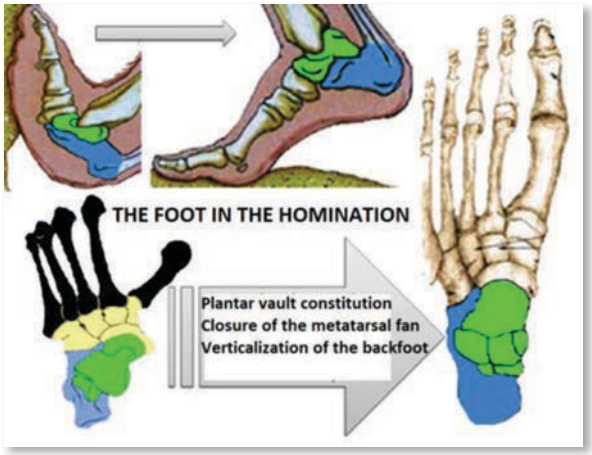

Fig. 7 - La metamorfosi che il piede arboreo subisce nel ritorno a terra, corrisponde alla strutturazione complementare (copia in negativo) degli input meccanici della corsa e del salto bipede, sollecitati dalla caccia e fuga nella savana.

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 (rin)chiude il ventaglio* metatarsale, scompare 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

Fig. 8 - Nell'Ominazione - a differenza della zampa anteriore rimpicciolita del dinosauro bipede: prensile, ma priva di capacità manipolativa - l'arto superiore conserva il trofismo delle scimmie e nella Mano sviluppa la sofisticata muscolatura intrinseca. Ciò denuncia il ruolo morfogenetico degli input meccano-culturali originati dall'utilizzo di strumenti.

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. 7)

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.
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 - a differenza della zampa anteriore rimpicciolita del dinosauro bipede: prensile, ma priva di capacità manipolativa - l'arto superiore conserva il buon trofismo delle scimmie, e nella Mano si sviluppa la sofisticata muscolatura intrinseca che consente più fini movimenti ed il possente utilizzo del Pollice.

Tutto ciò a denuncia del *ruolo morfogenetico degli input meccano-culturali agenti sulle braccia e le mani, originati dall'utilizzo di strumenti*. In particolare, quelli riconducibili all'utilizzo di armi, alla veicolazione di oggetti e con la

Civiltà l'avvento e diversificazione del Lavoro, etc. (Fig. 8)

Immanenza dell'iter morfogenetico nell'architettura della Mano e nel Piede e rievocazione nel danno strutturale: c.d. "Principio di Regressione ".

Tracciata la morfogenesi evolutiva degli arti in chiave Goethiana. E' 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, nominato:

"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 argomentazione della Cibernetica della Teoria dei Sistemi 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).

NOZIONI DI CIBERNETICA E TEORIA GENERALE DEI SISTEMI

I1 termine Cibernetica fu coniato da Wiener in un suo libro del 1948 (15), 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, mente, 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.
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 cosi via.

L'ultima proposizione deriva dalla *Teoria Generale dei Sistemi (TGS)* (26,27), secondo la definizione data dal suo autore Von Bertalanffly: *...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 proposizioni 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 I'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 feedback negativo. Cioè, ogni modifica insorta nello stato del sistema comporta un aggiustamento di ritorno che permette di regolare in qualche modo 1'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 i servomeccanismi retroattivi vengono chiamati omeostatici, mentre si indica con Omeostasi il loro complesso***

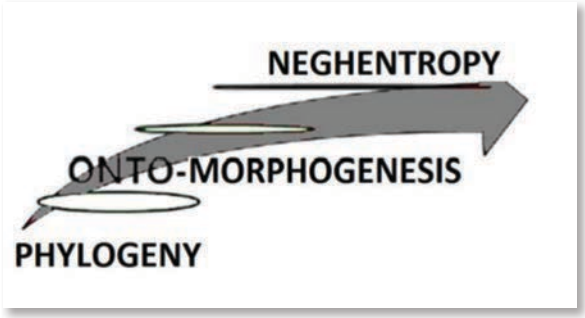

Fig. 9 - La complessità strutturale di un sistema esprime il suo contenuto informativo o Neghentropia. Nel tempo geologico dell'ecosistema terrestre, la neghentropia è progressivamente aumentata col processo della Filogenesi e analogamente (in ogni nascita) viene riprodotta durante l'Epigenesi dell'individuo, secondo la Legge Biogenetica fondamentale di Haechel. Per cui, "l'Ontogenesi ricapitola la Filogenesi".

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 Onto-morfogenetico (Epigenesi), in cui, a partire da una singola cellula fecondata (zigote), un intero organismo si sviluppa. Filogenesi ed Epigenesi, come già detto, sono collegate dalla c,d. ***Legge Biogenetica fondamentale di Haechel secondo il noto aforisma "l'Ontogenesi ricapitola la Filogenesi"*** (13,14) (Fig. 9).

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

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" microsistemi e cosi 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 interdipendente 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 I'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 feedback 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. Nel nostro specifico, tale isomorfismo ha consentito di assimilare la Sistemica Cibernetica con le idee di Goethe.
Per esempio, *la funzione che mantiene "vivo" l'organismo* è riconducibile al:

Sistema di Mantenimento e Trofismo Architetturale (SMTA)

Questo sistema (4) 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, 1'energia per i processi vitali (input).

In tutto l'organismo, compito del sistema e realizzare la forma delle parti anatomiche sia durante l'onto-morfogenesi che nello sviluppo postnatale. 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 dell'individuo (output).

Il sistema inizia a funzionare dopo il costituirsi dello zigote, all'atto della fecondazione; e ne coordina 1'ontogenesi. I1 suo scopo è quello di accrescere e mantenere il più a lungo possibile l'organizzazione architetturale dell'organismo in sviluppo. *Di accrescerne e mantenerne, cioè, il contenuto informativo o neghentropia.*
Perchè ciò avvenga, i *nutroliti 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 nutroliti concretizzando una certa forma organica.
Questa duplice fonte informativa, capace di implementare le molecole inorganiche in struttura organica (protoplasma), è costituita:

***1) - dall'informazione genetica* - nel DNA-RNA cromosomico (e probabilmente, anche nelle proteine) - del genoma**

***2) - dall'informazione ambientale*, rappresentata da tutti gli eventi del mondo esterno (input) in grado di**

provocare una reazione nel protoplasma.

Relativamente al trofismo degli arti, la componente ambientale si identifica in gran parte con le forze tenso-meccaniche *(c.d. "carico" o "sforzo" ingegneristico)*: corrispondente ad una specifica forza fisica misurabile) che su di essi agiscono (c.d. effetto biomeccanico).
Come meglio sarà discusso e illustrato innanzi, il carico viene generato dal un sovrasistema gerarchicamente correlato: Il Sistema di Trasmissione del Carico .
I1 morfo-fenotipo individuale ossia l'aspetto e il divenire delle parti anatomiche dell'organismo - è nel corso della vita, la risultante del concorso complementare 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 (Fig. 10) 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.

Inoltre, durante il ciclo dell'esistenza individuale il rapporto fra i geni c I'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.

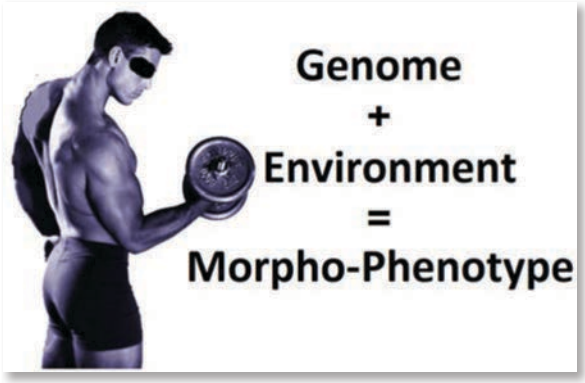

Fig. 10 - Il morfo-fenotipo individuale ossia l'aspetto e il divenire delle parti anatomiche dell'organismo - è nel corso della vita, la risultante del concorso complementare fra l'informazione ambientale e l'informazione genetica. Ossia: Genoma (G) Ambiente (A) = Morfotipo (G*A)*

In termini clinici, questo significa che il morfotipo varia nel tempo e che I'anatomia macroscopica e microscopica (ultrastruttura) del complesso

sistemico è in perenne metamorfosi.

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 informazionali 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)*.**

Come vedremo, questi concetti esprimono il fondamento e-ziologico generale (le cause) delle dismorfie in particolare nell'arto inferiore e particolarmente nel piede, più o meno sempre meccanicamente sollecitato dall'ambiente, nel contrasto al suolo.

Noxa destabilizzante e riserva funzionale.

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. I1 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 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 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 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 siste-

mico 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, cosi 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. *E' 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.

L'adattamento cibernetico ed il Principio di Regressione.

Poiché il sistema biologico è la conseguenza del processo storico filo-ontogenetico - *per cui il suo essere concretizza l'iter della stratificazione morfogenetico-informazionale 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" (PR)*: 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 il PR 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

Fig. 11 - Nel sistema vivente destabilizzato da una noxa, il Principio di Regressione si manifesta con il riemergere di assetti che rievocano una fase precedente il loro sviluppo filogenetico. Ciò è perfettamente logico: così come costruendo si inizia dalle fondamenta e si edifica fino al tetto; nella demolizione si procede al contrario

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 appianamento 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.
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. 11).

Inoltre, 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 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 sembrerebbe (anche) determinare 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, cosi 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 in-formativo.* 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 imput 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 (o livelli sistemici) in contemporanea; - *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 informazionali, omeostatici, etc.) che la gerarchia sistemica dell'organismo attua (e subisce) nell'opporsi 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 (*epigenesi*), 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.

La patogenesi dell'evento dismorfico e le implicazioni metodologiche
Verso la "Chirurgia Sistemica"

Comunque, nel nostro specifico, l'assunto del principio di Regressione è la base concettuale per la

comprensione della patogenesi generale dell'evento dismorfico (cioè la logica con cui si esprime clinicamente) nelle strutture biologiche e, relativamente allo scopo di questo lavoro, delle dismorfie del piede congenite e/o acquisite; e anche nella mano, del c.d, "*carpo adattativo*" congenito e/o acquisito post-trauma.
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) 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.

ONTOGENESI "SISTEMICA" DELLA MANO E DEL PIEDE E REPLICAZIONE NELLA PATOLOGIA DISMORFICA E META-TRAUMATICA

Nel taglio espositivo che abbiamo adottato 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. Nel proseguio, 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 patogenesi.
Ad esemplificare saranno casi di comune riscontro clinico, con l'avvertenza che le dismorfie acquisite della Mano e del

Piede - rispetto quelle congenite, - sono determinate soprattutto da fattori ambientali, con diversi input agenti. Rispettivamente:
***1)- nell'arto superiore*, in primo luogo l'input traumatico ad alta-media energia e secondariamente quello meccano-micro-traumatico (over-use occupazionale, etc.) e/o degenerativo-flogogeno (reumo-artropatie, etc.)**
***2)- nell'arto inferiore*, in primo luogo l'input meccano-micro-traumatico del "carico" e secondariamente quello traumatico ad alta-media energia e/o degenerativo-flogogeno (reumo-artropatie, etc.).**

Ontogenesi degli Arti e comparazione epigenetica della Mano e del Piede.

E' da 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 del bambino), da cui:

***1) - il Turgor I* di aumento ponderale (2-4 anni);**
***2) - la Proceritas I* di allungamento (5-7 anni);**
***3) - il Turgor II* di aumento muscolare (8-10 anni);**
***4) - la Proceritas II* di ulteriore allungamento (12-14 anni);**

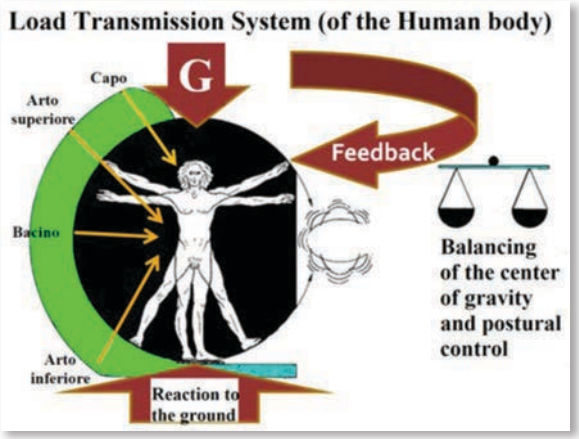

Fig. 12 - Il Sistema di Trasmissione del Carico (STC) comprende tutte le strutture dell'organismo deputate alla trasmissione ed utilizzo meccanico del carico. L'attività del sistema si avvia nel contatto piede-suolo con la c.d. reazione d'appoggio. Questa genera il "carico" (analogo dello "sforzo" ingegneristico), che può essere definito come "la forza esercitata dal corpo di massa (m) sottoposto all'accelerazione di gravità (G) sulla superficie plantare (S). Ossia: Carico = mG/S".

***5) - il Turgor III* di ulteriore aumento volumetrico (14-17 anni),**
***6) - 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.
Per evidenziare questo fenomeno 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 sul concetto di "carico" e correlati anatomo-funzionali, nella corrispondenza Sistemica dell'Organismo:

Sistema di Trasmissione del Carico (STC) (del corpo Umano)

Questo sistema (Fig. 12) 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 una 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)*, che può essere definito come *"la forza esercitata dal corpo di massa (m) sottoposto 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.)
E' 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 si è "concretizzato" nella forma "arto tetrapode"*.

Comunque, in Fisica *il carico corrisponde all'energia di deformazione elastica accumulata fra le molecole della materia quando sollecitata da una forza* (31).

Mentre i*n termini cibernetici*, per il fatto di modificare (reversibilmente) l'organizzazione molecolare, è da considerare 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 (SMTA),* precedentemente illustrato.

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 del sistema, è invece 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, reumopatie etc.) o congenite (es. malattia di Marfan, o di 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 sotto-segmentari. 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.

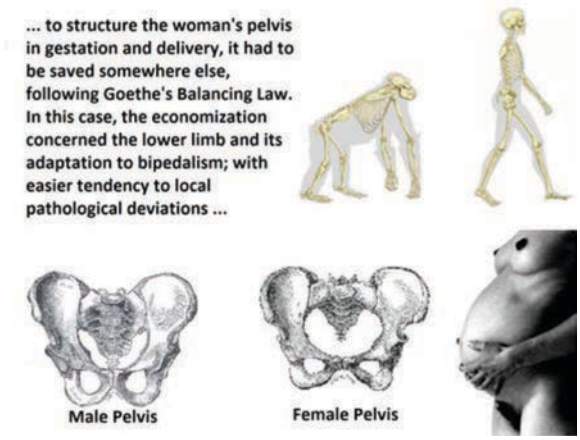

Fig. 13 - Nella Donna, il bacino quale elemento del sistema di Trasmissione del Carico è, a fine crescita, di conformazione e dimensioni relativamente maggiori che non nell'uomo con la stessa mole corporea. Tale dimorfismo deriva dalla selezione naturale che sul corpo femminile ha favorito in primo luogo la gestazione, come funzione collegata alla sopravvivenza della specie.

Tale dimorfismo è supportato da diversità endocrine e auxometriche; ma certamente

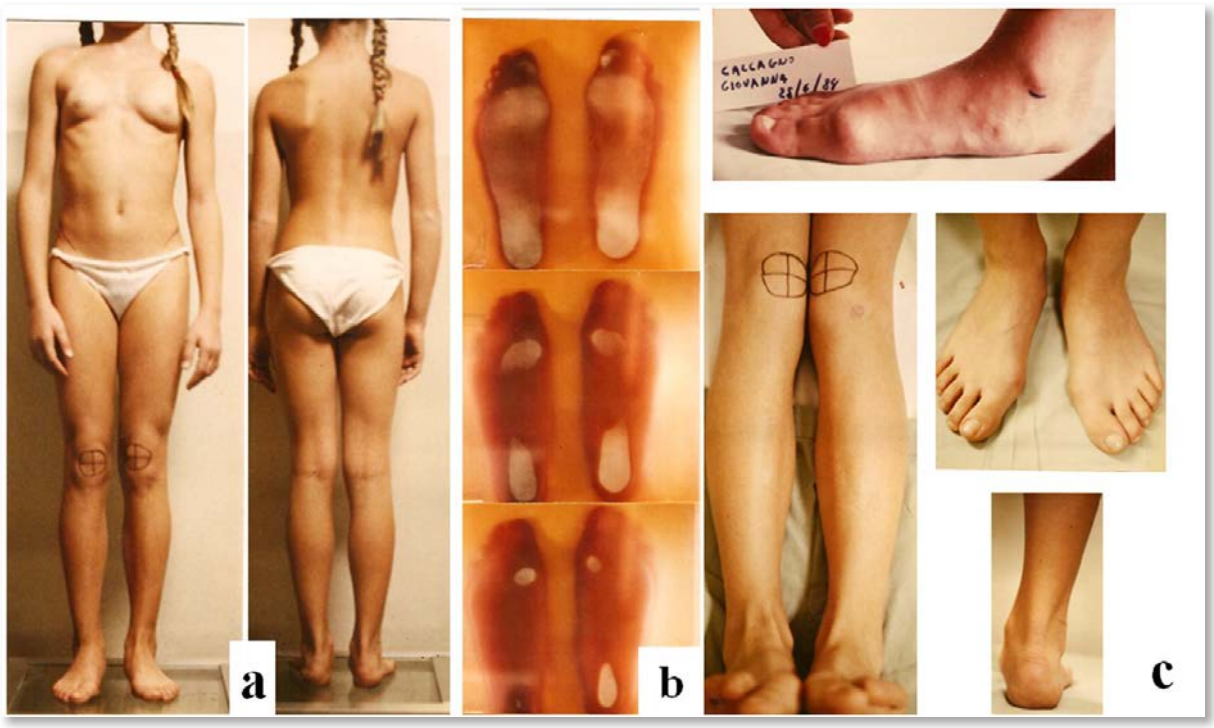

Fig. 14 - Influenza del Sistema di Trasmissione del Carico (STC) sul Morfo-fenotipo in bambina pre-pubere di 12 aa:
a) - In questo soggetto, con assetto di "valgo calcaneale" - cioè: " di insufficiente migrazione sotto-talamica del calcagno" - l'input del carico "sbilenco", costringe l'arto in intra-torsione e strabismo rotuleo convergente con relativa anti-versione delle anche. Conseguentemente, si produce il bascullamento in avanti del bacino e la lordosi lombare a compensare la sub-lussazione delle teste femorali.
b) - Al podoscopio evidente salto di carico al meso-piede, con assetto di pronazione statica. Ossia, il carico risulta patologicamente medializzato sul I raggio del piede a rievocarne la "prensilità ancestrale".
c) - Nel dettaglio, la suddetta disfunzione del sistema (STC) è "spalmata" nell'intero arto, con sollecitazioni anomale ad effetto sulla struttura più cedevole. In questo caso, l'adattamento sistemico si sfoga sopratutto nella "pronazione statica" - con azione dirompente sull'avampiede costretto a slargarsi nel ventaglio metatarsale - e relativa più o meno lenta subsidenza (sopratutto del I) - con "comparsa" del c.d. Hallux Valgus (quasi sempre evolutivo verso il c.d. Avampiede Triangolare, poi tipico nel soggetto adulto).

ogni differenza *deriva 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 goethiana del bilanciamento.
In questo caso, *l'economia ha riguardato l'adattamento nei confronti del bipedismo, con più facile* tendenza alle devianze patologiche nel sistema *(Fig. 13).*

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 antiversa che generalmente, si risolve spontanea nell'80% dei casi (32). 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 sottoastragalica lungo la linea di progressione della marcia o con la pronazione funzionale (statica) del complesso retroavampodalico (33), etc.

In particolare (anticipiamo), che *la pronazione statica del piede* (facilmente osservabile al podoscopio in entrambi i sessi, ma sopratutto nelle bambine adolescenti) 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, cosi 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 dismorfismi 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 del piede 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 fino al piattismo o allo sviluppo dell'Avampiede Triangolare (c.d. Sindrome dell'alluce valgo), etc. (Fig 14).*
Puntualizzato ciò, adesso passiamo a descrivere:

L'Onto-Filo-Morfo-Genesi (Goethiana) comparativa dello scheletro appendicolare

Consideriamo che nell'embrione il blastema mesenchimale degli arti è auto-differenziante (cioè, determinato esclusivamente dall'input locale fluente dell'Informazione Genetica) soltanto all'inizio e fino al costituirsi dell'abbozzo cartilagineo; invece, la maturazione in osso è successivamente innescata – principalmente - da input meccanici esterni, provenienti dall'ambiente placentare, già nel 2° mese di gravidanza, con movimenti intrauterini; e poi extrauterini che vieppiù

continuano dopo la nascita, incrementandosi con le attività motorie del bambino e dell'adolescente, fino alla completa maturazione scheletrica dell'adulto.

Nello sviluppo locale, *sono scandite due fasi spazio-temporali* che, seguendo la legge di Haechel, ricapitolano quanto avvenuto nella filogenesi nello sviluppo delle estroflessioni dei Cordati, fino alle pinne dei Pesci:

***1)- il primo gradiente prossimo-distale* per cui le strutture prossimali si formano prima di quelle distali (es. la spalla si sviluppa prima della mano).**

***2) - il secondo è cranio-caudale* per cui l'arto superiore appare, si differenzia e matura prima (con un gap ± di 24 h) dell'arto inferiore.**

Nell'utero materno, gli arti originano verso la 2ª-3ª 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* (12).

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 una unità (sempre la stessa) che semplicemente esprime – attuandosi, in strutture di

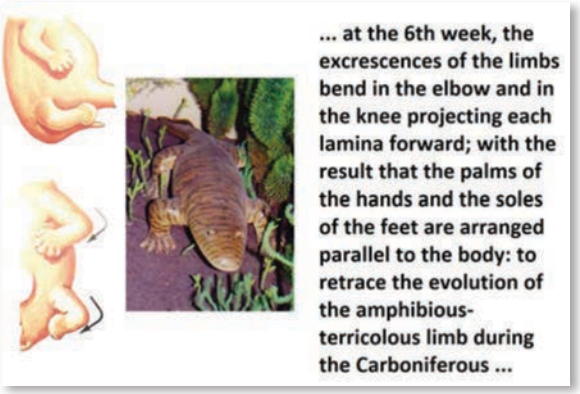

Fig. 15 - Onto-filo-morfogenesi degli arti: alla 5^ settimana.

progressiva complicazione - la sua potenza: *ossia, ciò che ha imparato ad essere nella filogenesi, per adeguarsi a sopravvivere negli ambienti attraversati*; di fatto, implementando progressivamente in quella unità strutturale iniziale, una *sommatoria di acquisizioni adattative (funzioni) complementari oppositive* (cioè corrispondenti, in negativo) a tutti i medesimi ambienti.

In tal senso, *la Morfogenesi di una data struttura anatomica in un certo animale* non rappresenta altro che la ricapitolazione video-storio-grafica (concreta) del particolare rapporto Genoma/ Ambiente esibito nella successione degli antenati, fino alla sua nascita.

Un altro aspetto è che lo sviluppo seriale delle ossa, si accompagna (è contiguo) a quello dei muscoli e dei tendini a questi inseriti. 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 pregnazione) 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

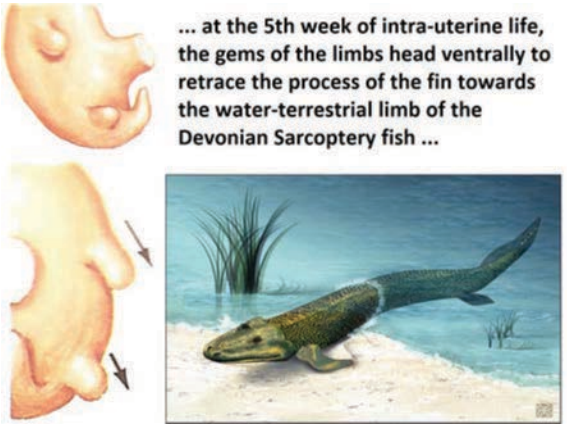

Fig. 16 - Onto-filo-morfogenesi degli arti: alla 6^ settimana

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 (anch'essi) tutti formalmente identici*. Così, alla 5ª 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 laminare *(Lamina Manus e Lamina Pedis, rispettivamente)* proiettandosi in fuori, quasi ad angolo retto rispetto al corpo (rievocazione della zampa palmata anfibia) (Fig. 15).

Alla 6ª 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. 16).

Alla 7ª 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 l'iter dei rettili terricoli, del Permiano Fig. 17). Alcuni aspetti particolare di questo sviluppo sono da porre in rilievo, poiché più sottilmente ripercorrono la filogenesi e perché poi, *rievocati nella patologia, come "regressa" saranno utili alla migliore considerazione di questa*.

Nell'arto superiore la scapola migra caudalmente da una iniziale posizione cervicale (come nei pesci fossili) e contemporaneamente (perdendo il cleitro, una struttura membranosa che negli anfibi l'unisce al cranio) 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,

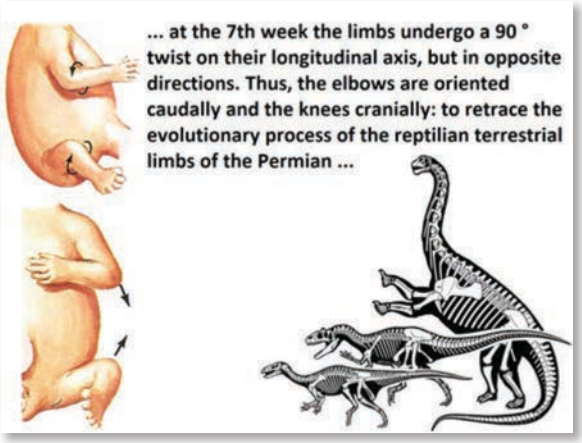

Fig. 17 - Onto-filo-morfogenesi degli arti: alla 7^ settimana.

in base alla specifica attività motoria del soggetto). Anche la coracoide si allarga progressivamente (ripercorrendo l'iter

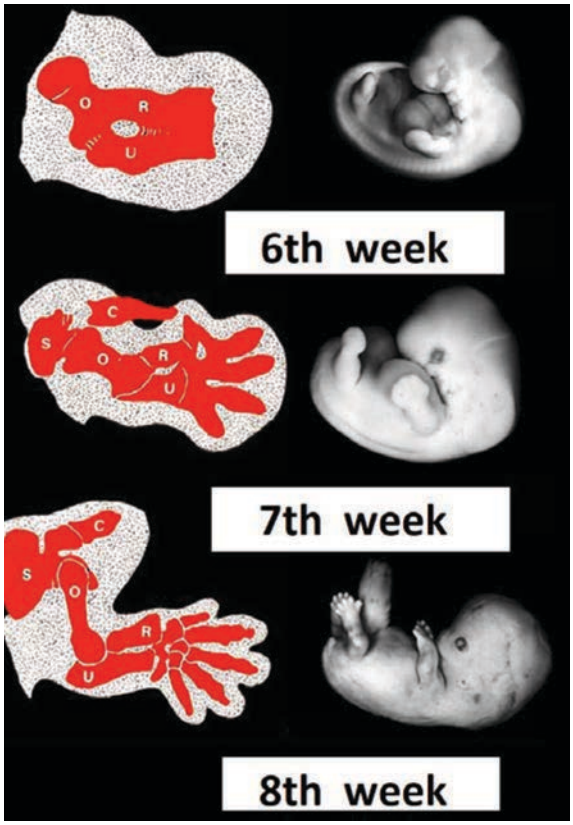

Fig. 18 - Nell'arto superiore la scapola migra caudalmente da una iniziale posizione cervicale; l'omero compare alla 7^ settimana tra C5-D1. Alla 5^ settimana compare l'avambraccio per partizione longitudinale di un'unica massa mesenchimale che poi si divide nel radio e nell'ulna. Nello stesso periodo, 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. Legenda: C, clavicola; O, omero; R, radio; U, ulna.

dell'assunzione della stazione eretta).
L'omero compare alla 7ª 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'8ª s. nel corpo diafisario si deposita osso periostale: là dove penetra un vaso nutritizio che (cosi, 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. 18).

E' importante sottolineare che ancora in tale periodo l'interzona del carpo risulta indifferenziata. Infatti, la comparsa degli abbozzi ossei avviene nella 7°s in contemporanea alla suddetta plicatura trasversa 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*.

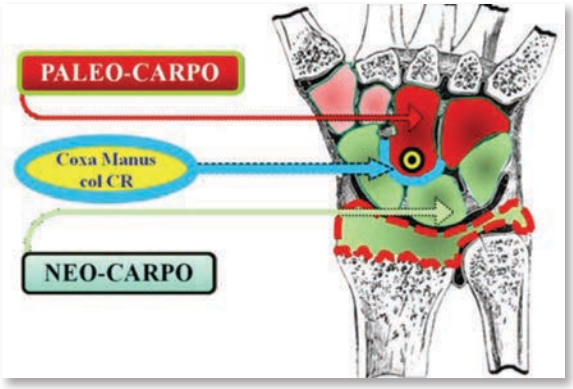

Fig. 19 - Nel carpo, la comparsa degli abbozzi ossei avviene nella 7^ settimana in contemporanea ad una plicatura trasversa del mesenchima: per cui, la porzione distale differenzia una parte filogeneticamente più antica (rettiliana): il Paleo-carpo che comprende la coppia capitato-uncinato e la mediocarpica; e una porzione prossimale più recente (primatile): il Neo-carpo che comprende la I filiera e la radiocarpica. Al centro verrà poi a strutturarsi la Coxa Manus.

In altri termini, si struttura il tipico carpo biarticolare a duplice filiera dei Primati, la cui definizione relativamente tardiva, si completerà (molto tempo dopo la nascita), oltre l'adolescenza (1) (Fig. 19). 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) (34 - 36). Inoltre, (personali) osservazioni microscopiche effettuate sul feto di 13 cm (3,5 mesi) hanno evidenziato che nel mesenchima carpale esiste un gradiente disto-prossimale di cavitazione articolare; per cui, la medio-carpica è (a quell'età) già completamente costituita, mentre la radio-carpica appare in gran parte obliterata (2).

Tutte le suddette sequenze di maturazione - alla luce della legge Biogenetica – ulteriormente denunciano la gerarchia di comparsa e meccano-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*, costituitesi ultime nel processo della Brachiazione dei Primati.**

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

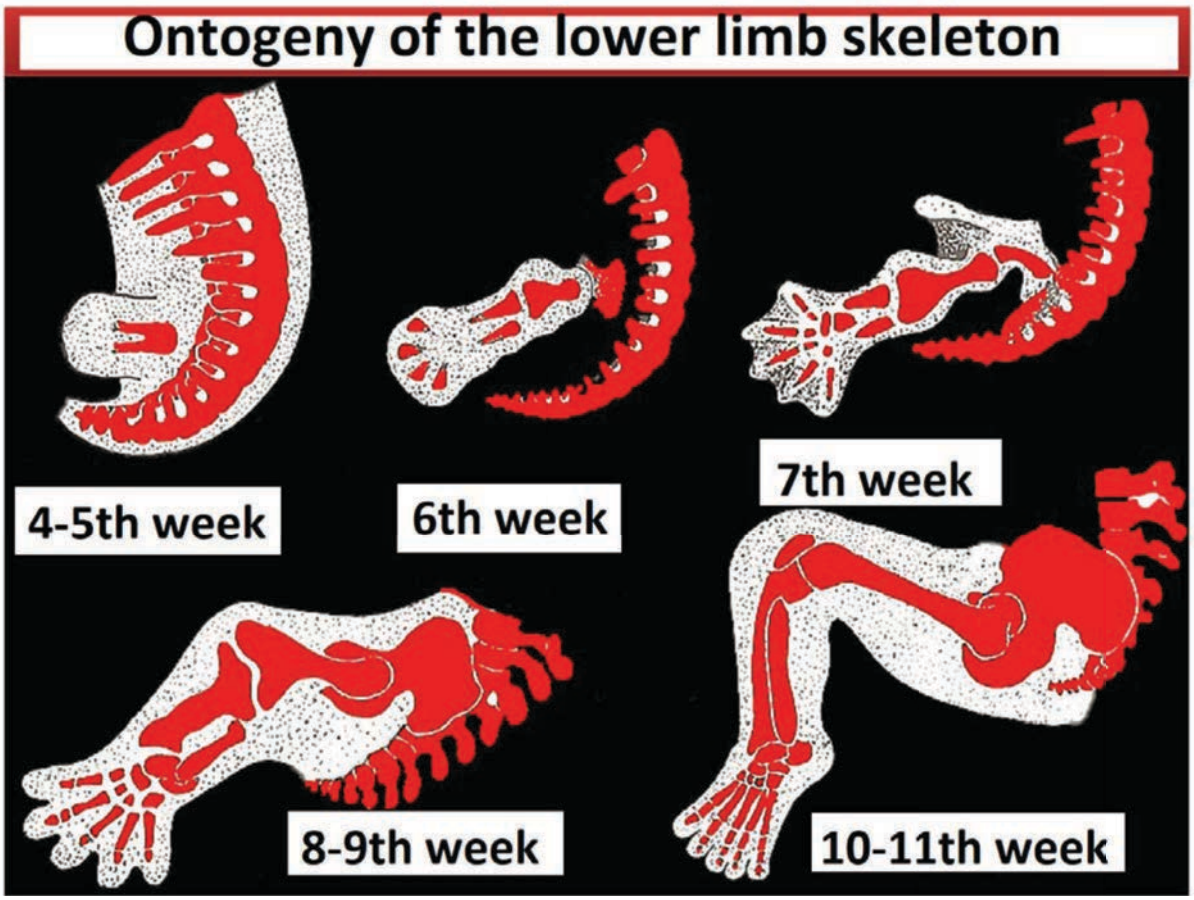

Fig. 20 - Nell'arto inferiore il femore compare alla 5^ settimana; a metà della 6^ settimana compaiono tibia e perone. Distalmente, la Lamina Pedis si suddivide in tre segmenti (a rievocare il piede tridattile dei rettili del Giurassico). Verso il termine della 7^ settimana il piede complessivamente supina per lo sviluppo della tuberosità e la migrazione sottoastragalica del calcagno (verticalizzazione del retropiede), contemporaneamente i 5 raggi metatarso-digitali si divaricano a raggiera (viene rievocata la salita sugli alberi e la strutturazione prensile dell'avampiede). Poi, dall'8 ^ - 11^ settimana in poi, l'avampiede si avvita in pronazione, 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.

(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 5ª s., sviluppandosi in senso prossimo-distale 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 anfibio-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 6ª s. compare lo scheletro della gamba per partizione longitudinale di un'unica massa mesenchimale (staccatasi dal femore nel costituirsi del ginocchio), che differenzia 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 (37).

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)* (5). 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 6ªs. il piede è in equino* **(ancora, a rievocare l'assetto rettiliano digitigrado).**

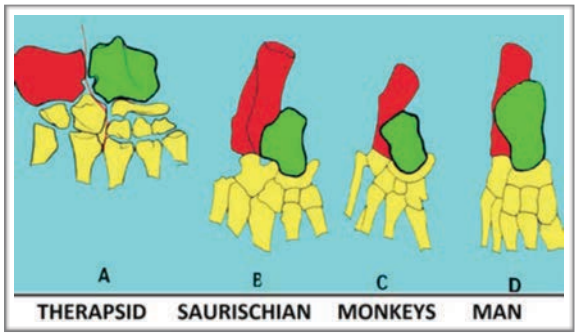

Fig. 21 - E' riprodotto il viaggio sotto-astragalico del calcagno nel corso della Filogenesi, per cui da una iniziale affiancamento planare, si realizza "per torsione" la sovrapposizione delle due ossa (costituzione dell'Elica Podalica di Paparella Treccia). Tale processo è ricapitolato nell'ontogenesi e prosegue fin dopo la nascita in età evolutiva, stimolato dalle attività motorie che - in tal modo - assecondano la suddetta torsione a conformare la volta plantare (c.d. verticalizzazione del retro piede).

Verso il termine della 7ªs. l'abbozzo del piede complessivamente supina per lo *sviluppo della sua tuberosità e migrazione sottoastragalica del calcagno* (c.d. verticalizzazione del retropiede); al contempo, i *5 raggi metatarso-digitali si divaricano a raggiera* **(viene rievocata la salita sugli alberi e la strutturazione prensile dell'avampiede) (Fig. 20).**
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 ri-configurazione dell'Elica Podalica (3) in senso antigravitario.*

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. 21).

A questo proposito, va riconosciuto a Paparella Treccia (3) l'intuizione che *nelle fasi temporali dell'atto deambulatorio l'arto inferiore scandisce, rievocandola, la sua filogenes*i. E questo non è altro che l'ennesima manifestazione sistemica del ciclo goethiano di espansione (diastole) e contrazione (sistole) alterna. Infatti, il passo è compreso fra i due appoggi calcaneali dello stesso piede ed è *costituito dalla 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 gravitario 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 controllata, verso una deliberata direzione di marcia. A fermare la caduta, soccorre l'arto controlaterale in una nuova fase portante e così via... ciclicamente.

LA STRUTTURAZIONE PATO-MECCANICA SECONDO IL PRINCIPIO DI REGRESSIONE

Per la migliore comprensione, è utile rimarcare alcuni *concetti chiave della Cibernetica Sistemica*, precedentemente accennati:

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

2)- Il sistema cibernetico comprende i concetti* di input, output, feedback, 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'Onto-morfo-genesi.

3)- 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.

4)- **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".**

5)- **Negli *"Organi di Movimento e dell'Apparato Locomotore" è possibile individuare una gerarchia sistemica* che comprende i due Sistemi cibernetici, specifici in questo studio:**

a)- Il Sistema di Mantenimento e Trofismo Architetturale (SMTA)

***b)- Il Sistema di Trasmissione del Carico (STC)*.**

Ribadiamo che - nel rispetto dell'Epigenetica – l'attività dell'SMTA nella strutturazione del Morfotipo si realizza *dal concorso complementare fra l'informazione genetica del Genoma e l'informazione ambientale* (in prevalenza, input meccanici) proveniente dall'STC. Ossia, nel corso dell'esistenza, *la forma degli arti non rappresenta la libera espressione del genotipo ma ciò che l'ambiente ha indotto ad 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 condizionato 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, 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 crescita residua. Così, se da qualche parte è perduta la corrispondenza fra l'anatomia e la funzione, entro certi limiti cambia l'espressività genetica della morfogenesi 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 (p.e. incrementi di peso, gravidanze, attività e sollecitazioni sportive etc.) - questi potranno realizzarsi da adeguamenti trofici locali che sfruttano il fisiologico turnover metabolico (come, p.e. l'apposizione e il rimaneggiamento osseo, ipertrofia muscolare etc.).**
Con questi processi, nel tempo, può mutare I'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;

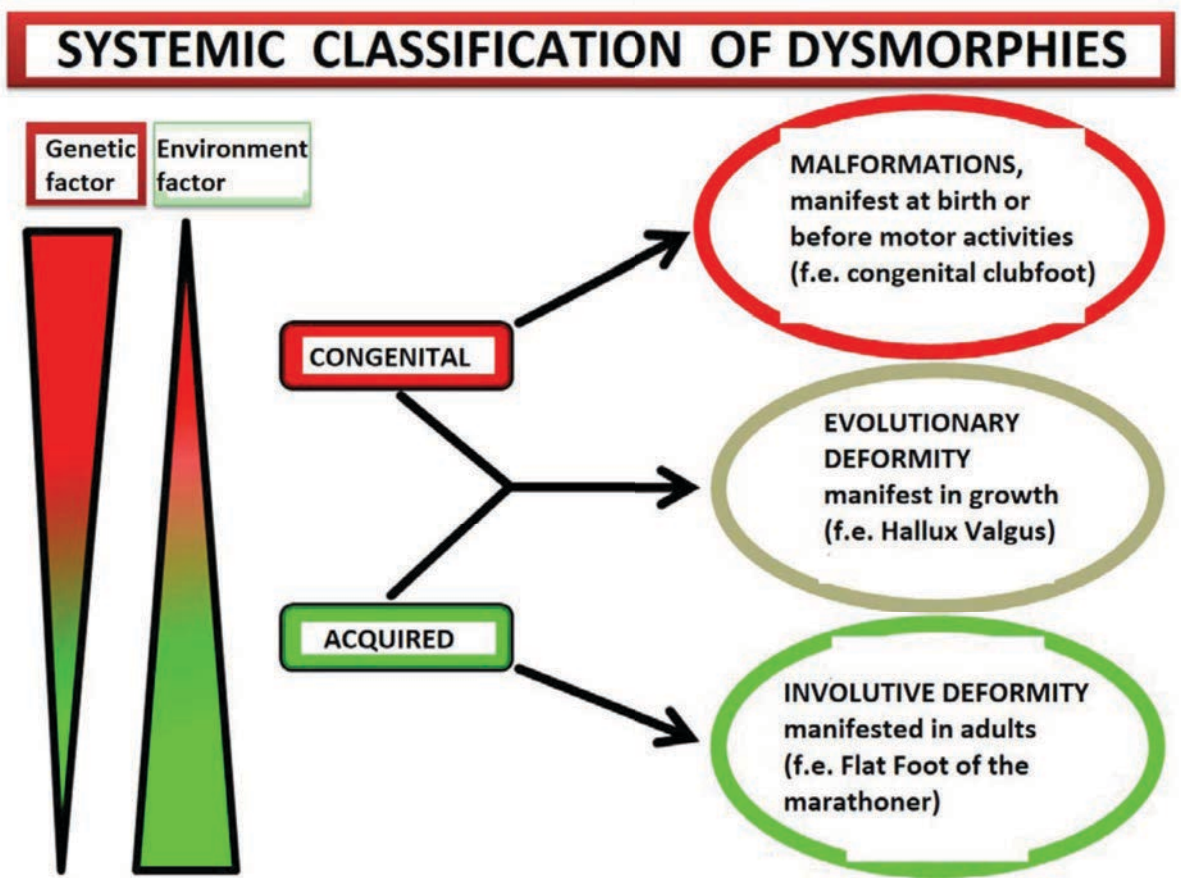

Fig. 22 - Le Dismorfie del piede possono essere inquadrate in due classi, congenite e acquisite; aggregate in tre gruppi, Malformazioni, Deformità Evolutive e Deformità Involutive, parametrizzati dai seguenti criteri:
- Cronologico; riferito all'esordio nella vita dell'individuo (nell'embrio-fetogenesi, nell'età evolutiva, nell'adulto)
- Funzionale; riferito alla presenza degli input meccano-ambientali, crescenti dopo la nascita con l'inizio delle attività motorie.
- Eziologico informazionale; riferito al ruolo causale svolto da anomalie degli input genetico e/o ambientale o alla loro variabile commistione.

o perché tale per infima meiopragia genetica, o perché compromesso da processi degenerativi, flogistici o post-traumatici o per naturale senescenza.
Sopratutto nel piede (ma anche nel polso e mano attaccati da flogosi reumatoide, etc.) può così essere spiegata la comparsa di dismorfie 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 dismorfica.

La classificazione sistemica delle Dismorfie (4) (Fig. 22)

Facendo seguito ai concetti suesposti *le Dismorfie 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'embrio-fetogenesi, 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 informazionale**; riferito al ruolo causale svolto dagli input informazionali, rispettivamente nella componente genetica o ambientale, e/o alla loro variabile commistione.**

I tre gruppi, presentano differenti caratteristiche cliniche. Rispettivamente:

1)- Le "Malformazioni" sono dismorfie 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 (oligoidramnios, 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 dismorfiche 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 (PTC), nei loro molteplici aspetti clinici.

2) - 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 meiopragico) la cui espressività fenotipica può essere normale per gran parte della crescita. Questa anomalia sommata agli effetti trofomeccanici 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, 1'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 subcliniche, 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'anello di congiunzione fra le dismorfie congenite e le acquisite*; e spesso, nel caso singolo è assai difficile dirimere 1'effettivo ruolo causale svolto dal fattore genico e/o dal fattore ambientale. *In questo gruppo rientrano gran parte dei piedi piatti e degli alluci valghi essenziali.* Concetto da tenere ben presente è che I'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*.**

3)- 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'affezione che è esclusivamente congenita nell'infanzia spesso si sovrappongono elementi acquisiti nell'adulto, e/o viceversa. A riguardo, basti considerare il Piede Torto Congenito: 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: I'Alluce Valgo 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 cumulato 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 1'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 1'esistenza individuale, *si rompe 1'equilibrio dinamico fra i geni e 1'ambiente* nella strutturazione e nel mantenimento del Morfotipo.

Dal Principio di Regressione alla "Legge Dis-morfogenetica" (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 meccano-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'onto-morfo-genesi del piede e le corrispondenze filogenetiche coi fenomeni destrutturanti che avvengono nell'SMTA durante lo sviluppo delle deformita 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 splayfoot o nel piede sinostosico, 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 Hemmungsbildug degli AA. tedeschi – per cui permangono caratteristiche schetriche 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 la norma. Per cui *il piede malformato, già alla nascita presenta una morfologia regredita che

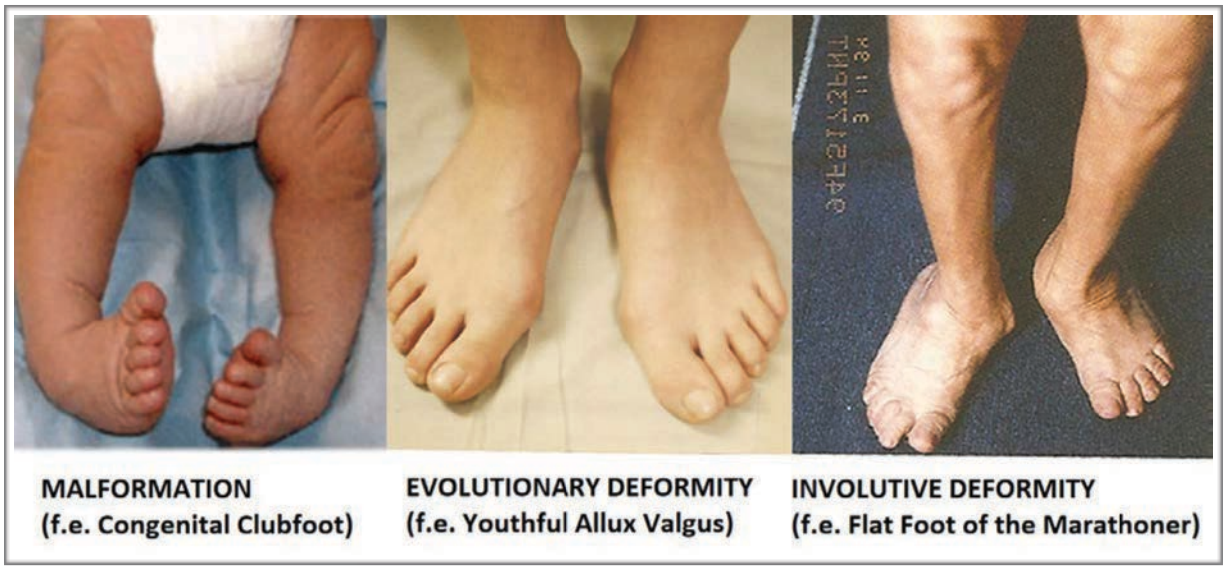

Fig. 23 – I tre prototipi dell'espressività anatomo-patologica della Legge Dismorfogenetica applicata al piede: Malformazioni - massivo ruolo del fattore genico ; Deformità Evolutive - mix variabile tra fattore genico e meccano-ambientale; Deformità Involutive - massivo ruolo del fattore meccano-ambientale.

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 strutturale di animali del passato filogenetico in cui quella specifica partizione ossea non esisteva (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 architetturale 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 architetturale lentamente si manifesta, variamente confusa con lo stesso processo di crescita, che intanto tende a regolarla e minimizzarla.**

***Nelle Deformità Involutive*, la regressione architetturale è sostenuta quasi del tutto dal fattore tenso-meccanico del carico antigravitario; 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. 23).

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 (fino al costituirsi del c.d. Avampiede Triangolare), che di fatto esprime tutta la clinica pertinente i tre gruppi dismorfici.

Infatti, fra le noxe destabilizzanti (concause e-ziologiche) 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, lega-mentose etc. che riguardano il 1° raggio e condizionanti singolarmente o in associazione cumulativa (in particolare nel retropiede 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.**

Se la sommatoria di concause locali e sovrasegmentarie supera un certo valore critico, la comparsa progressiva del valgismo dell'alluce sarebbe fenomeno secondario al

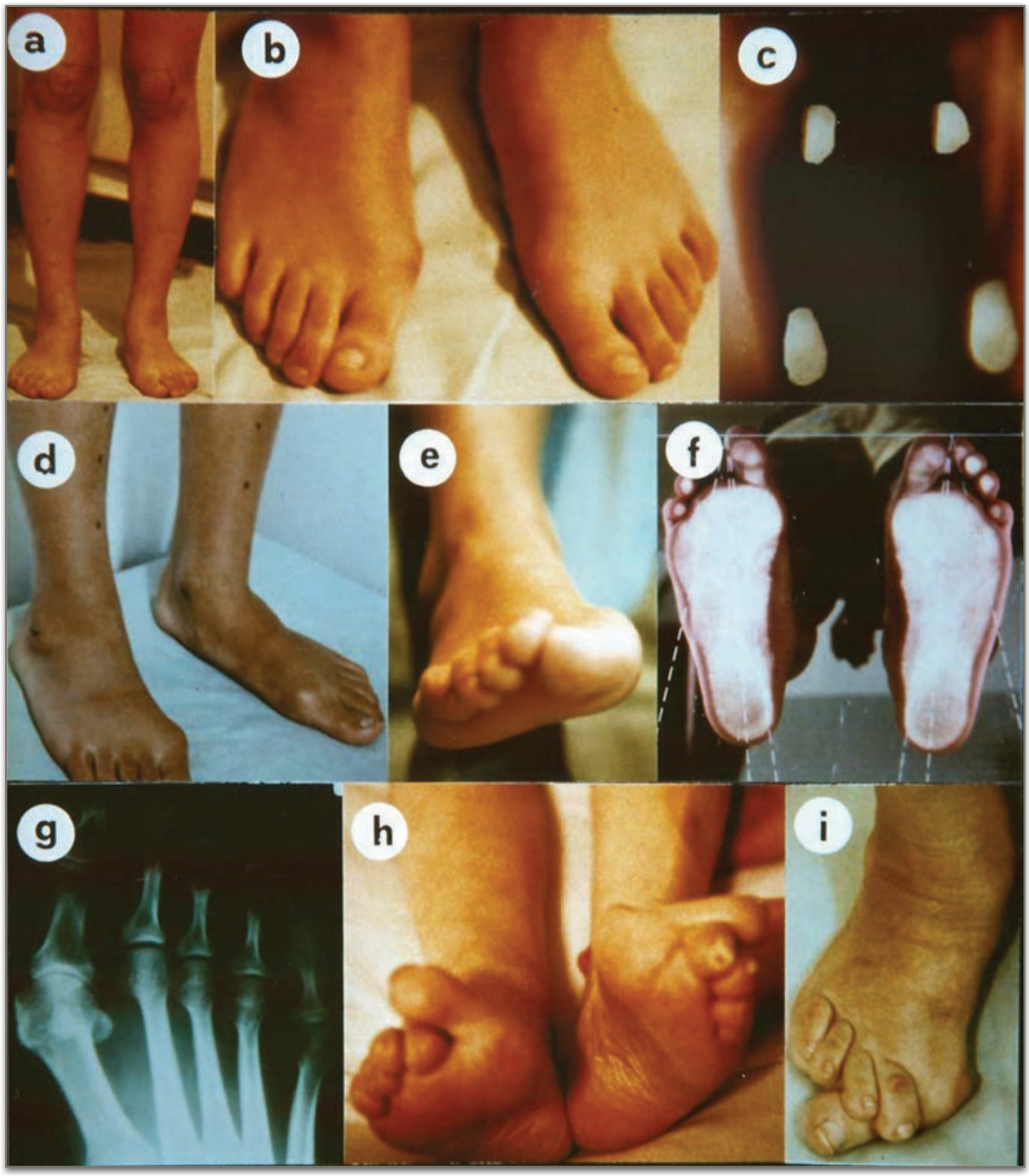

Fig. 24 - Esemplificazione patogenetica dell'Alluce Valgo e Piattismo Plantare secondo la Legge Dismorfogenetica per cui: l'evento dismorfico riproduce "a ritroso" assetti funzionali e/o strutturali che rievocano quelli presenti nella filogenesi, e ricapitolati nell'ontogenesi: a) - fanciulla 16enne: il modico strabismo rotuleo è sintomatico dell'incompleta detorsione femorale; il piede è cavo-valgo in pronazione statica. b) - nell'avampiede dx è incipiente lo slargarsi del ventaglio metatarsale, è comparsa la "cipolla" e l'alluce inizia a valgizzare. c) - al presso-podoscopio l'anomala medializzazione del carico sul I raggio nella bipede-stazione d)- stesso soggetto 18 mesi dopo: la "cipolla" è comparsa anche al piede sx, la volta plantare è collassata; e) - il metatarso comincia a deformarsi in supinazione (rievocazione plantigradia degli anfibi e rettili); f) - il podoscopio normale evidenzia un tipico piede piatto; g) - Rx-grafia del piede di un adulto con avampiede triangolare, notasi l'allargamento del ventaglio metatarsale; h) - altra paziente anziana con avampiede triangolare evoluto solo da un lato; i) - in altra paziente anziana, l'avampiede è del tutto slargato e l'alluce è infradotto (a rievocare la sua prensilità ancestrale), tutte le altre dita sono sub-lussate e in griffe.

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.

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

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 prensilità funzionale del 1° raggio* (corrispondente alla pronazione statica), *l'allargamento del ventaglio metatarsale, il disassiamento del I metatarsale, la supinazione del metatarso, la plantigradia etc.* (Fig. 24)

Ovviamente, la legge non significa che la struttura del piede ritorna effettivamente indietro. Il ritorno, infatti, è rievocato e non realmente riprodotto (38).
Innanzi, nell'esporre la Chirurgia Sistemica del Piede, vedremo quali sono le applicazioni pratiche derivate.

La Legge Dismorfogenetica (applicazione nella mano): Malformazioni e deformità del "Carpo Adattativo"

Nell'arto superiore, a differenza di quello inferiore, l'input antigravitario ha un ruolo relativamente trascurabile in senso trofico; viceversa è rilevante l'input dovuto alla movimentazione dei carichi e delle attività manuali, che (ad ulteriore differenza) mai conducono a situazioni dismorfiche (eccetto che in rari casi di Over-Use occupazionale, (p.e. nel lavoro minorile, che può produrre alterazioni scheletriche della crescita, etc.).

Ossia, nell'equazione: *Genoma*Ambiente = Morfotipo* (dell'arto superiore), l'informazione genetica morfosante risulta prevalente; limitandosi quella ambientale ad agire sul trofismo tessutale (p.e. nel conformare i muscoli secondo l'occupazione lavorativa; come esempio, si consideri le diversità di input ambientali in due gemelli monocoriali, di cui il primo contadino ed il secondo pianista, etc.).

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 (para e/o dismorfico di mal consolidazione e/o incongruenza-sub-lussazione degli elementi ossei (*nella c.d. Instabilità Carpale)*.
Ciònondimeno è tuttavia possibile, anche con severo danno residuo, che esiti una funzione carpale accettabile, ancora utile ad oltranza.
Tale situazione corrisponde al c.d. carpo adattativo (dèsaxation 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 (2).

La Meccanica Biarticolare Concentrica e la Patomeccanica Regressiva del carpo

Per entrare nei dettagli, è necessario sunteggiare la fisiologia articolare del Carpo secondo i moderni concetti della Meccanica Biarticolare Concentrica (MBC) (39):
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).**
2) **- Nell'articolarsi della radio-carpica 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*.**

3) **- La sconnessione della CM implica la divergenza asse-radiocarpica/asse-mano *e definisce anatomo-funzionalmente l'Instabilità Carpale***

4) **- Nella Filogenesi, il carpo biarticolare a due filiere dell'Uomo deriva dal carpo monoarticolare a unica filiera dei rettili Terapsidi e Teropodi.**

Iconografia del Carpo Dis-Morfico
secondo il Principio di Regressione

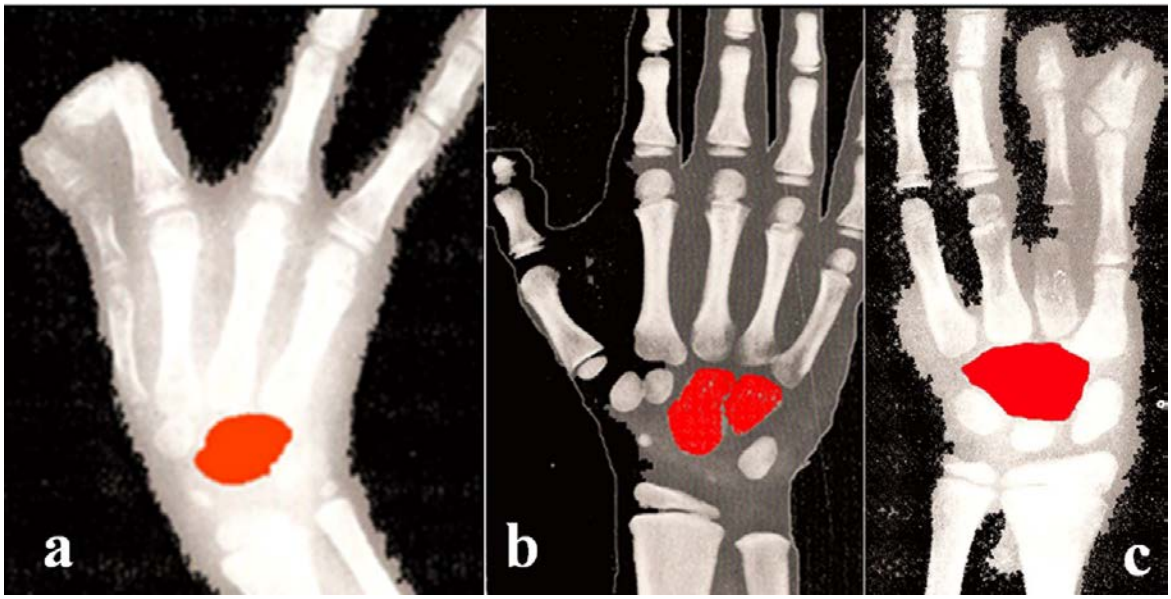

Fig. 25 - Esemplificazione della Legge Dismorfogenetica in Malformazioni della Mano da arresto locale dello sviluppo per patologie genetiche: a) - Oligosindattilia in bambina 6 aa; b) - picnodistosi in bambina 7 aa; c) - malformazione complessa in bambino di 10 aa. In tutti questi casi il Paleocarpo (capitato e uncinato) risulta fuso e più maturo del Neocarpo, a rievocare l'assetto carpale rettiliano.

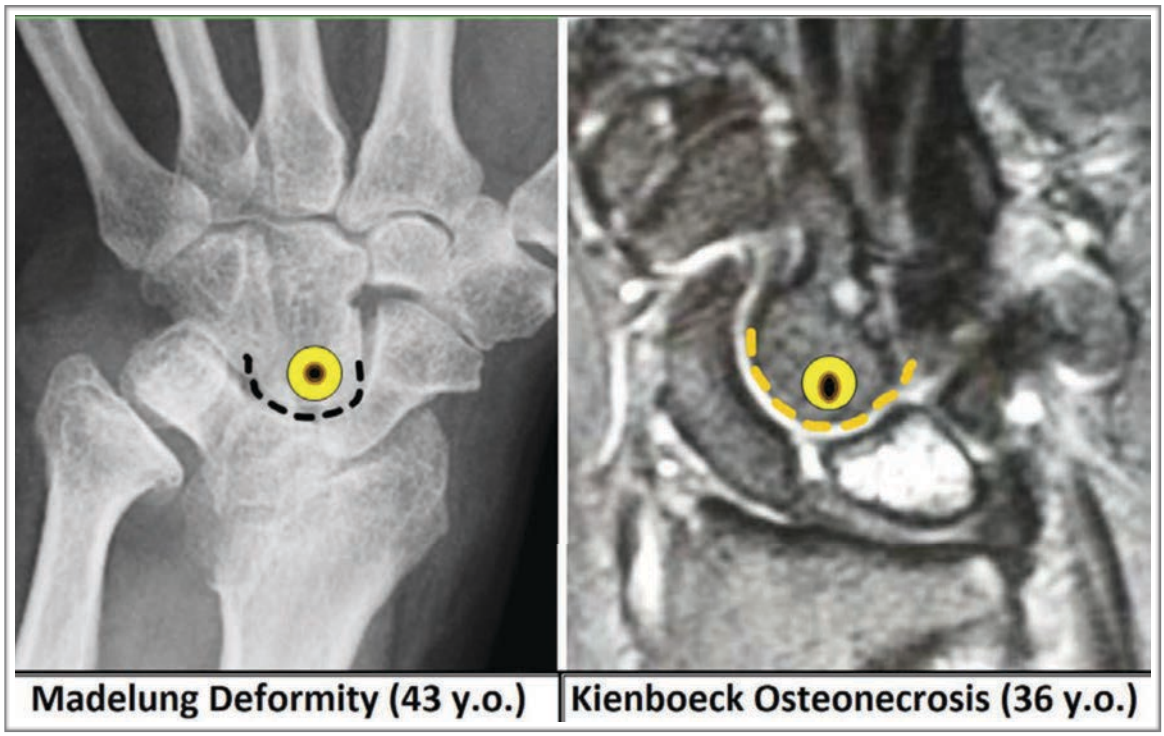

Fig. 26 - Esemplificazione della Legge Dismorfogenetica in talune Deformità Evolutive della Mano tipo il Madelung e il Kienboeck (da variabile mix patogeno genetico-ambientale), in cui è possibile evidenziare la perdita dell'assetto bi-articolare verso quello mono-articolare "regredito" incentrato sulla Coxa Manus (c.d. Carpo Adattativo).

5) **- Nel massiccio carpale è possibile distinguere due segmenti trasversali, dall'ontogenesi differenziata: distalmente una parte più antica, *il Paleocarpo* 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 affinare la presa e al contempo proteggere l'integrità della Coxa Manus (1,2).**

Espressione del Principio di Regressione nella Patomeccanica del Carpo Adattativo

Dal fatto che l'architettura del carpo è conseguenza dell'iter filogenetico - per cui l'anatomia concretizza la stratificazione morfogenetica del medesimo passato - è facile comprendere come il danno lesionale possa esprimersi con assetti anatomopatologici che rievocano a "ritroso" tappe del medesimo iter, secondo il Principio di Regressione e la Legge Dismorfogenetica già discussi; per cui, "L'evento dismorfico riproduce "a ritroso" assetti funzionali e strutturali che rievocano quelli presenti nella filogenesi, e ricapitolati nella onto-morfo-genesi"

In particolare nel polso, l'assetto meccanico delle malformazioni e dismorfie acquisite (traumatiche e/o degenerative), ancorchè 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.. Tale adattamento – *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 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*

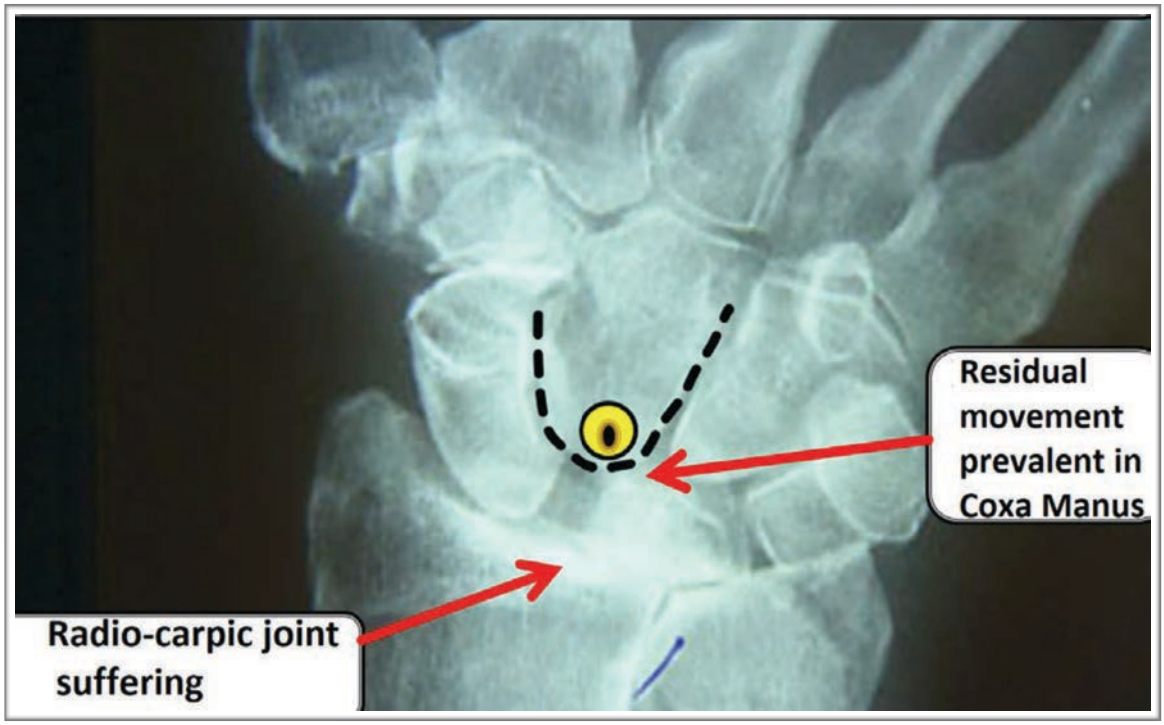

Fig. 27 - Esemplificazione della Legge Dismorfogenetica in talune Deformità Involutive della Mano tipo il polso SNAC - SLAC - SCAC, conseguenti ad input traumatico e/o degenerativo, in cui è possibile riscontrare la perdita dell'assetto bi-articolare verso quello mono-articolare "regredito" incentrato sulla Coxa Manus (c.d. Carpo Adattativo).

– 65 MAF), il cui carpo prensile possedeva un unico osso a mezzaluna, omologo al capitato-uncinato, direttamente articolato al radio distale.
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 carpali da arresto locale dello sviluppo per cause genetiche, con "regressa" che rievocano l'assetto del carpo rettiliano (Fig. 25).

Analogamente, ***nelle 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. 26).

Allo stesso modo, l'instaurarsi della patomeccanica regressiva del Carpo Adattativo è riscontrabile nelle c.d. ***Deformità Involutive del carpo*** conseguenti il danno traumatico del radio distale o nell'iter degenerativo del polso SNAC/SLAC/SCAC, etc. (Fig. 27).

Innanzi, ci soffermeremo sul trattamento chirurgico

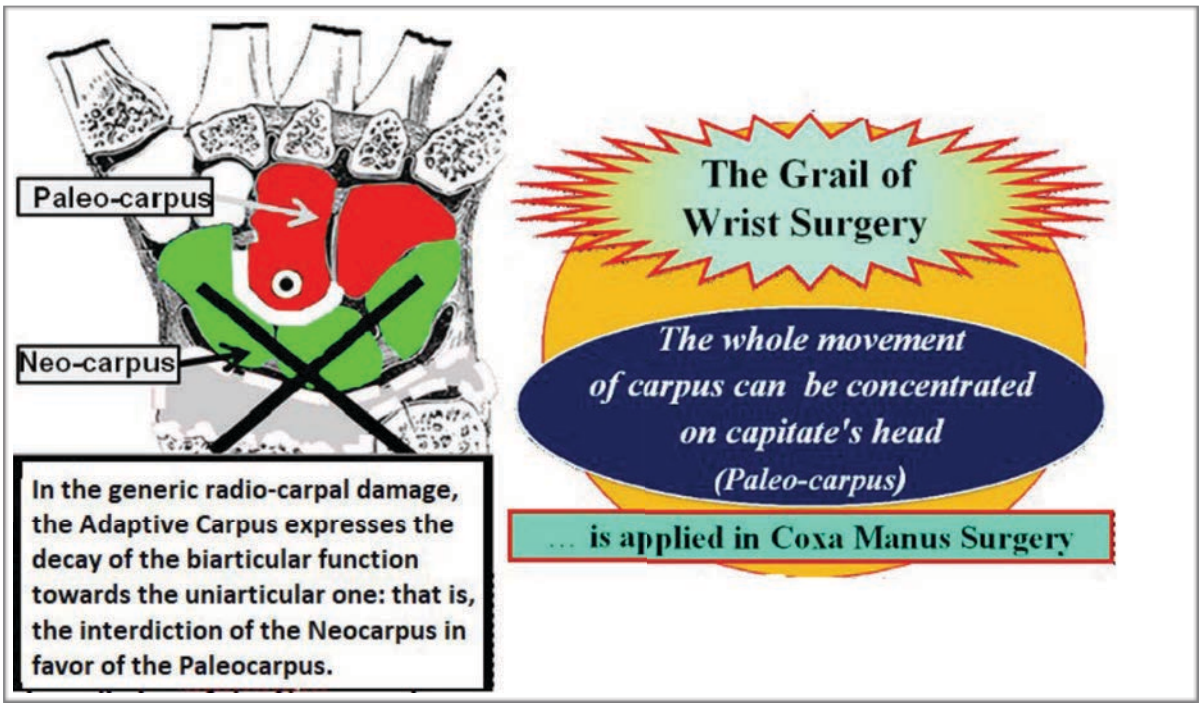

Fig. 28 - Il Graal della Chirurgia del Polso ridimensiona l'importanza del recupero della radio-carpica e/o della I filiera danneggiata che, al limite, possono essere sacrificate.

sistemico di tali "regressa" del carpo.

RISULTATI

CHIRURGIA DELLA COXA MANUS versus CHIRURGIA SISTEMICA DEL PIEDE

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 e fattibile, allora per riposizionare il CR potrà essere sufficiente l'osteosintesi e/o la riparazioni di eventuali lesioni legamentose (es. in una frattura e/o pseudoartrosi di scafoide, o in una dissociazione S-L, etc.). Viceversa, *quandonon 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 (40 - 45).

Il Graal 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.
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.
Quest'ultimo concetto rappresenta ***il "Graal" della Chirurgia del Polso***: con un principio metodologico fondamentale, che l'empirismo della chirurgia tradizionale aveva già inconsapevolmente applicato nella Carpectomia Prossimale, 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 (46) (Fig. 28).

La Chirurgia della Coxa Manus (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 (41). Rispettivamente:

1)- La Resezione Centrocarpica (RC): corrispondente alla Carpectomia Prossimale, 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): consistente in un'artrodesi radio-carpica con resezione dello scafoide distale (artrodesi radio-luno-emiscafoidea). L'intervento - indicato nel recupero della flesso-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.
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 controindicate 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.

INDICAZIONI DELLA CHIRURGIA DELLA COXA MANUS

Utilizzando gli interventi base della CCM (in particolare, la Ricostruzione della Coxa Manus) 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 destruenti, come la panartrodesi e/o la protesizzazione totale.

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 su accennato, 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'articolarità è ridotta oltre il 50%; con la RCM se l'articolarità è ridotta meno del 50%. Viceversa, nel danno cefalico-capitato si consiglia la protesizzazione negli*

corrispondenti interventi: la RCS se l'articolarità è ridotta oltre il 50%; la RSCM se l'articolarità è ridotta meno del 50%.

La nostra casistica e i dettagli tecnici della CCM sono riportati nei lavori pubblicati, e a questi si rimanda (40 - 48).

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

Caso 1: M. Madelung (pre-operatorio) (Fig. 29). **Controllo post-operatorio a distanza di 14 mesi dall'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus + Sauvè Kapandj, con valido recupero. (Fig. 30).**

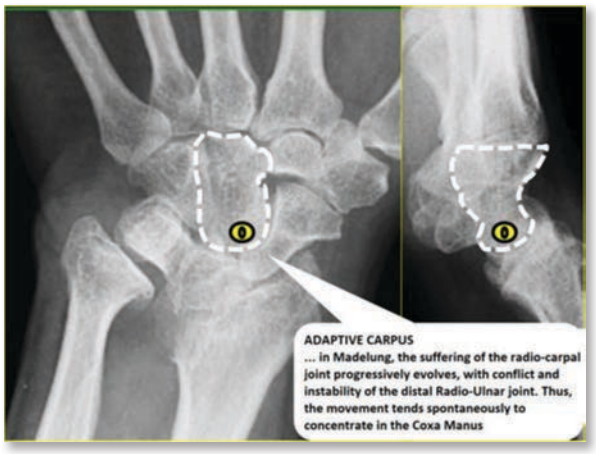

Fig. 29 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 1, pre-operatorio) - Madelung sintomatico in donna 40enne: nell'evoluzione della dismorfia carpale progressivamente evolve la sofferenza radio-carpica con conflitto, instabilità della RUD, limitazione della prono-supinazione e con il movimento che tende spontaneamente a concentrarsi al centro del carpo (c.d. Carpo adattativo).

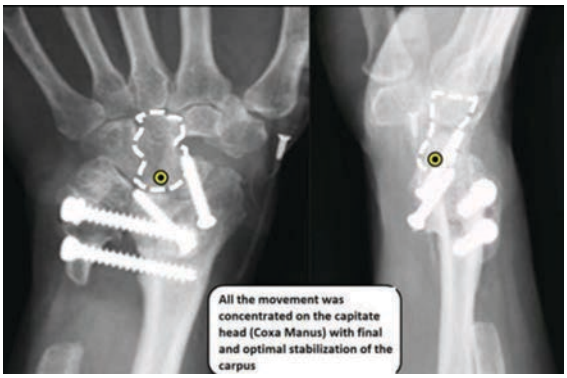

Fig. 30 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 1, post-operatorio): è stato effettuato l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus per eliminare il residuo movimento doloroso della radio-carpica e amplificare il movimento al centro del carpo, inoltre l'artrodesi di Sauvè-Kapandj per eliminare l'instabilità della RUD e recuperare appieno la prono-supinazione (controllo a 4 anni, con buon risultato).

Caso 2: M. di Kienboeck (pre-operatorio al IV stadio) **(Fig. 31). 66 Controllo post-operatorioa distanza dall'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus, con valido recupero. (Fig. 32)**

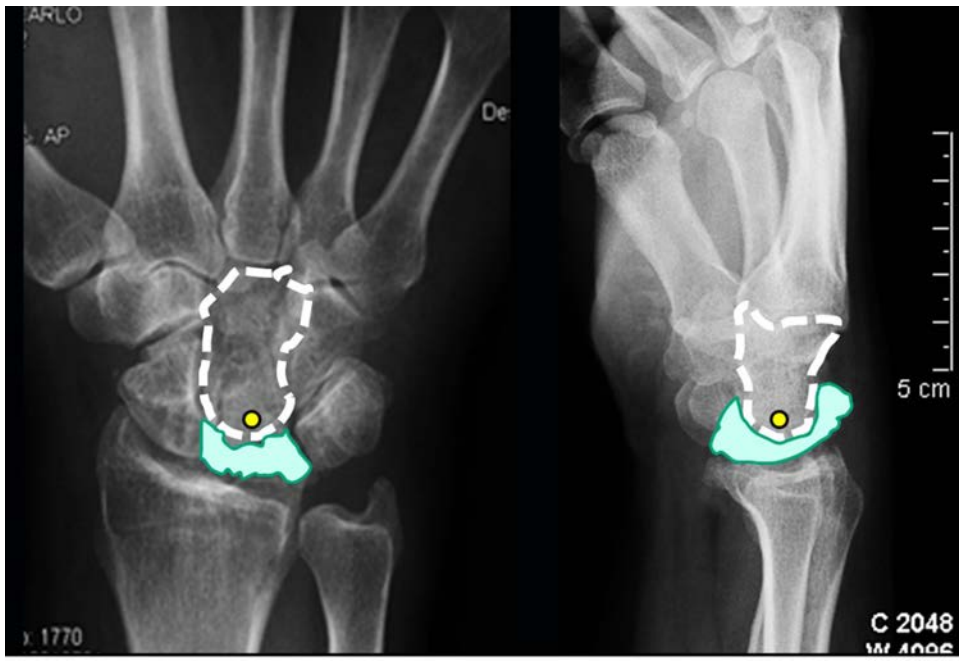

Fig. 31 – Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 2, pre-operatorio): Carpo adattativo in maschio 40enne da collasso carpale in Kienboeck IV stadio: causa l'instabilità KDAC (Kienböck Dissociative Advanced Collapse), il polso è in blocco algo-meccanico.

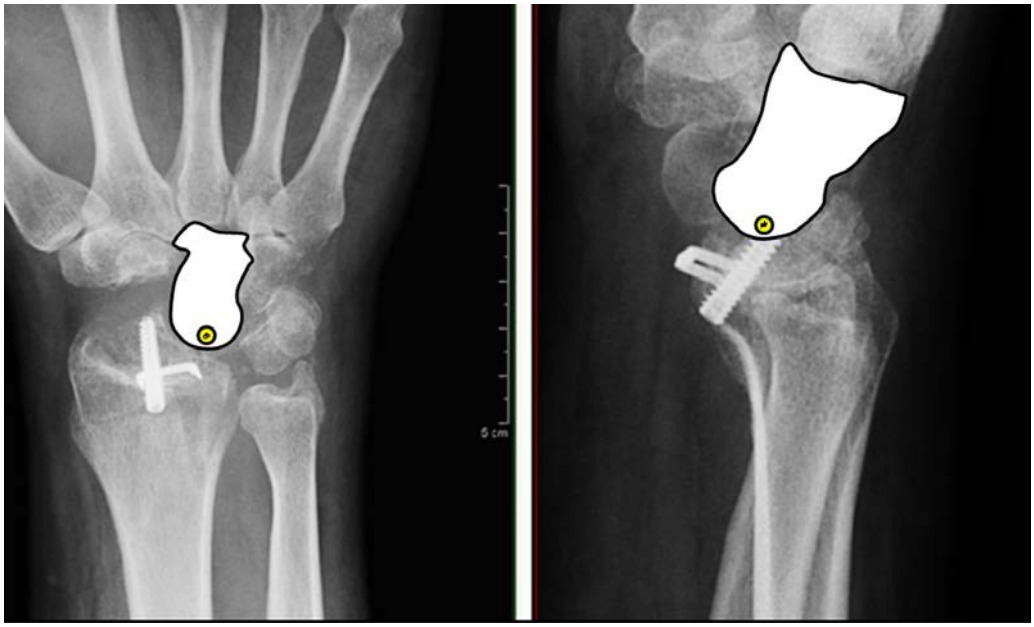

Fig. 32 – Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 2, post-operatorio): è stato effettuato l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus (variante Kienboeck) per eliminare il residuo movimento doloroso della radio-carpica, l'instabilità carpale e amplificare il movimento al centro del carpo (controllo a 6 anni, con buon risultato).

***Caso 3: In un caso di irrecuperabile pseudoartrosi dei scafoide post-sintesi di frattura-lussazione tran scafo-perilunare del carpo* (Fig. 33); valido recupero si è ottenuto con l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus (Fig. 34).**

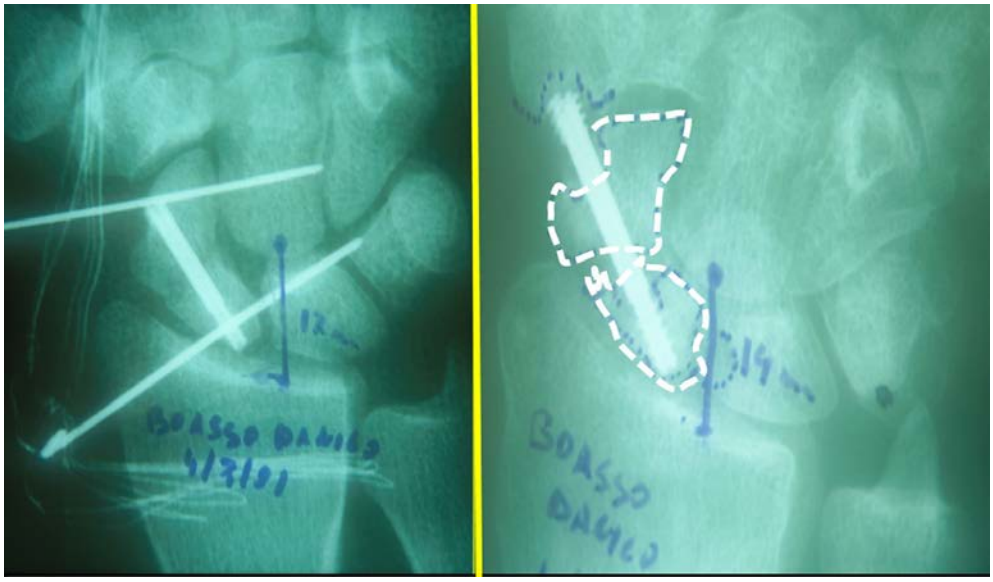

Fig. 33 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 3, pre-operatorio): Maschio 30enne con irrecuperabile pseudoartrosi di scafoide post sintesi di frattura-lussazione perilunare del carpo.

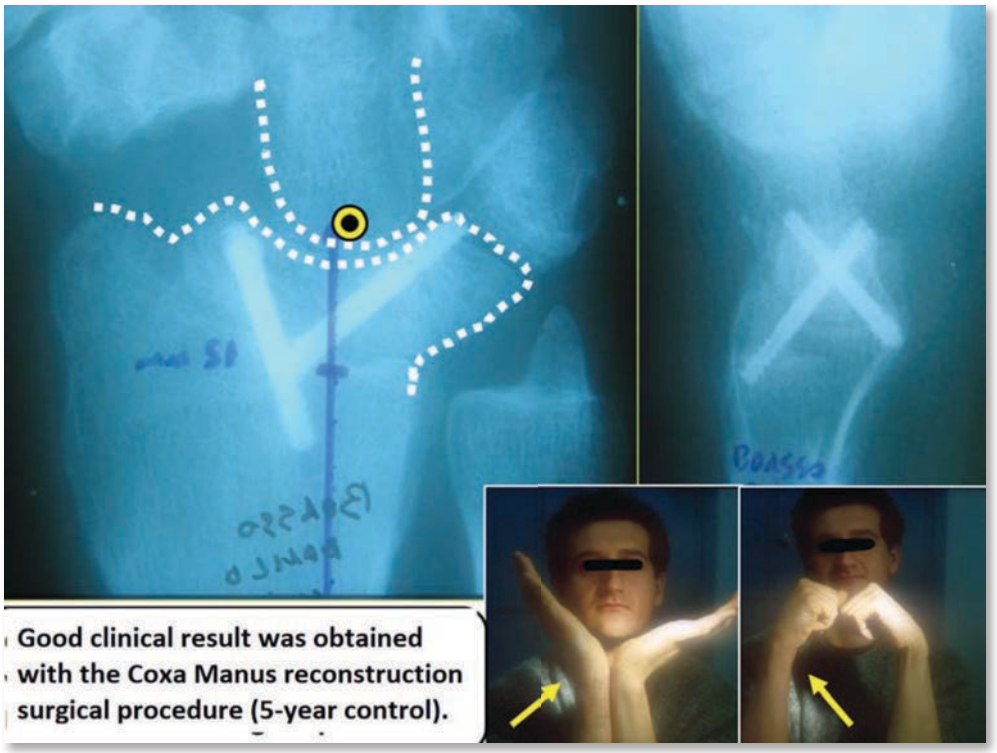

Fig. 34 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 3, post-operatorio): è stato effettuato l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus (controllo a 5 anni, buon risultato).

Caso 4: In un caso di severa rigidità e sub-lussazione dorsale del polso dx post frattura mal consolidata (Fig. 35); valido recupero si è ottenuto con l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus. (Fig. 36).

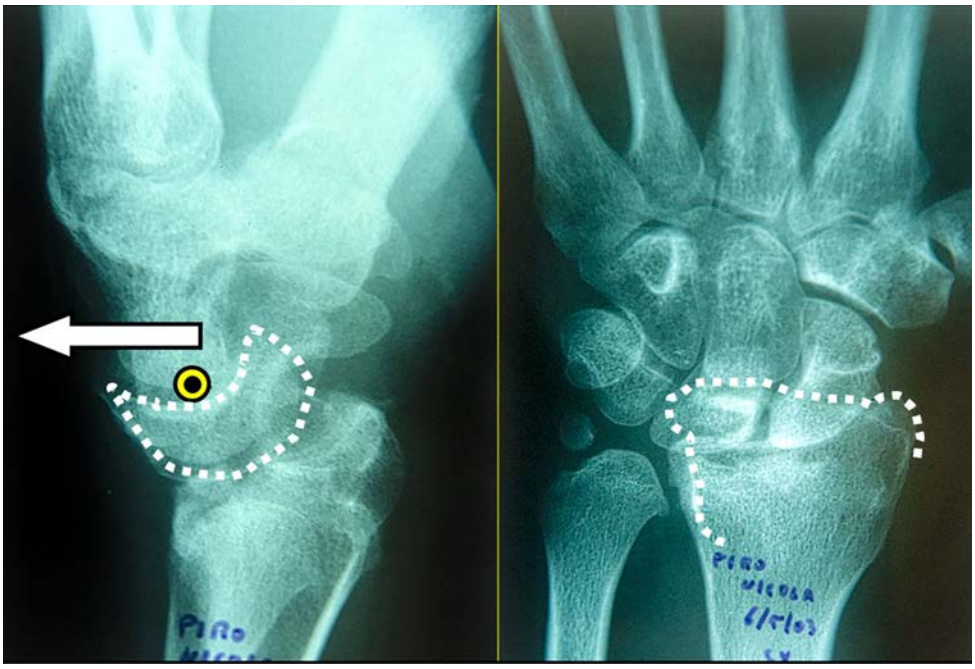

Fig. 35 – Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 4, pre-operatorio): Giovane maschio 30enne con severa rigidità e sub-lussazione dorsale del carpo dx post frattura mal consolidata del radio distale.

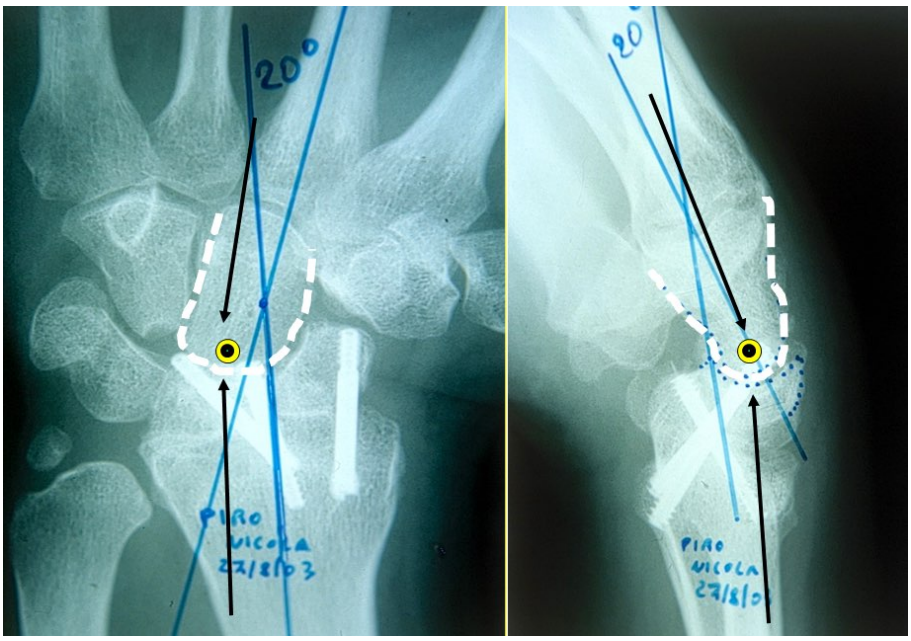

Fig. 36 – Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 4, post-operatorio): è stato effettuato l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus (controllo a 6 anni, buon risultato).

Caso 5: In un caso di polso SLAC-SCAC con collasso carpale e sofferenza cefalica del capitato **(Fig. 37); valido recupero si è ottenuto con l'intervento di Resezione Artroplastica Centrocarpica con protesi HGP di capitato (Fig. 38).**

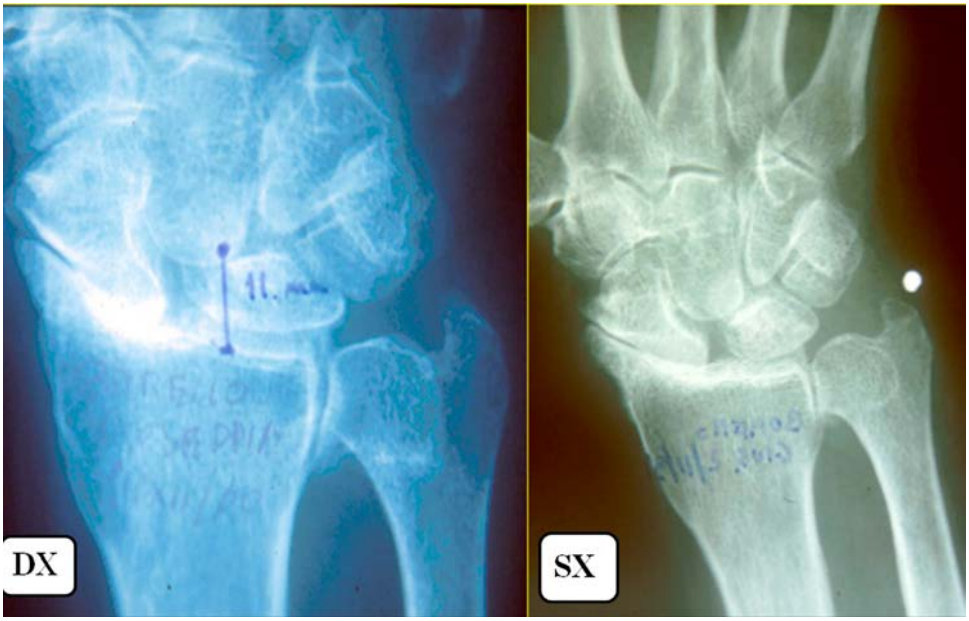

Fig. 37 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 5, pre-operatorio): Pensionata 60enne con polso SLAC-SCAC e sofferenza cefalica del capitato,

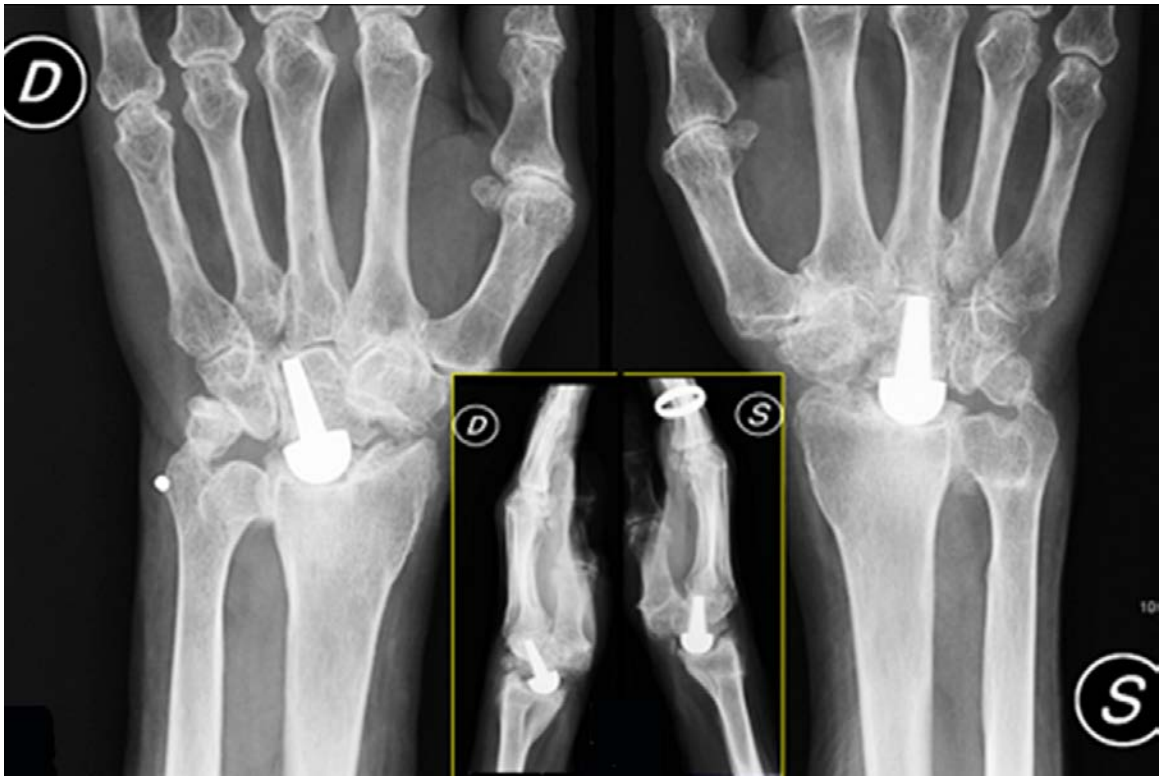

Fig. 38 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 5, post-operatorio): in entrambi i polsi è stata effettuata la Resezione Centrocarpica Sostitutiva con protesi HGP di capitato (controllo a 7 anni, buon risultato)

Caso 6: In un caso di polso SCAC collassato con necrosi cefalo-capitato **(Fig. 39); valido recupero si è ottenuto a distanza di 2 anni dall'intervento di resezione Artroplastica Centrocarpica con impianto mini-totale di protesi HGP (Fig. 40).**

Fig. 39 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 6, pre/post-operatorio): A) - Coltivatore diretto 70enne con severo polso SCAC sx e necrosi cefalo-capitato. B) - è stata effettuata la Resezione Centrocarpica Sostitutiva con

Fig. 40 - Iconografia Chirurgia Coxa Manus (caso 6) : il controllo a 4 anni dall'intervento, con buon risultato)

LA CHIRURGIA SISTEMICA DEL PIEDE

Il comportamento sistemico enunciato dalla LD nel piede, *fornisce alla clinica un paradigma esplicativo generale dell'evento dismorfico 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 eziologia, *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 inferenze sovrasegmentarie, all'età, etc.) con *interventi idonei al recupero del miglior assetto morfologico ancora possibile, in opposizione al Principio di Regressione.*

Inoltre, allo scopo di migliorare la compliance chirurgica e favorire il recupero ottimale degli schemi motori *è opportuno, ove possibile, il trattamento contemporaneo di tutte le deformità.*

Altra utilità deriva dal considerare che a differenza della mano - che privilegia il movimento alla stabilità - il ruolo sistemico del piede pretende il contrario; e ciò - tradotto in prassi chirurgica - *consiglia il relativo minore ricorso ad interventi sulle parti molli; essendo senz'altro più efficace e duratura - in termini di stabilità - la correzione ottenuta a livello osseo.*

In particolare, nel correggere una data deformità e in mancanza di chiari riferimenti locali, *la migliore procedura è scolpire l'architettura ossea in direzione della anatomia normale e/o prendendo a modello il piede sano, contro-laterale.*

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-astragalica (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'*artrodesi di SA – considerata procedura "jolly", empiricamente impiegata in molteplici patologie del retro-piede è uno degli interventi dai migliori risultati* (Fig. 41).

Comunque, volendo in questo studio limitare la discussione al trattamento sistemico delle più frequenti Dismorfie del Piede, riguarderemo quelle a maggiore incidenza e di comune riscontro ambulatoriale. Ossia e riepilogando:

***1) - L'Alluce Valgo e/o la sua evoluzione in Avampiede Triangolare*, che rievoca nell'Avampiede l'allargamento del ventaglio metatarsale dei rettili proto-mammiferi (Sinapsidi) con anche l'assetto "in opposizione" del I raggio, a somiglianza del primate arboricolo (65 MAF).**

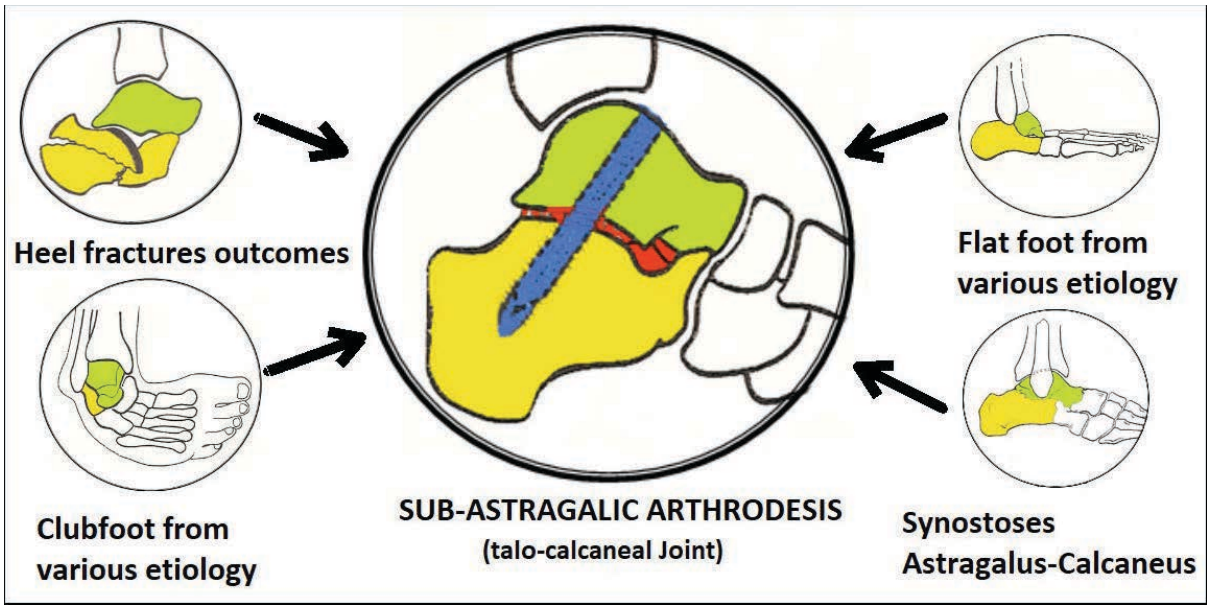

Fig. 41 - Chirurgia Sistemica del Piede: l'artrodesi della Sotto-Astragalica comporta un danno funzionale accettabile perché (comunque) corrisponde ad un regresso che rievoca il tarso fuso (os astragalo-calcagno) dei rettili Syntarsus del Giurassico (203 - 135 MAF), con un assetto meccanico che nella filogenesi è durato milioni di anni. Per questa ragione, e a patto che ottenga la normo-verticalizzazione del retro piede, l'intervento può essere utilizzato in molteplici patologie del retro-piede, con ottimo risultato.

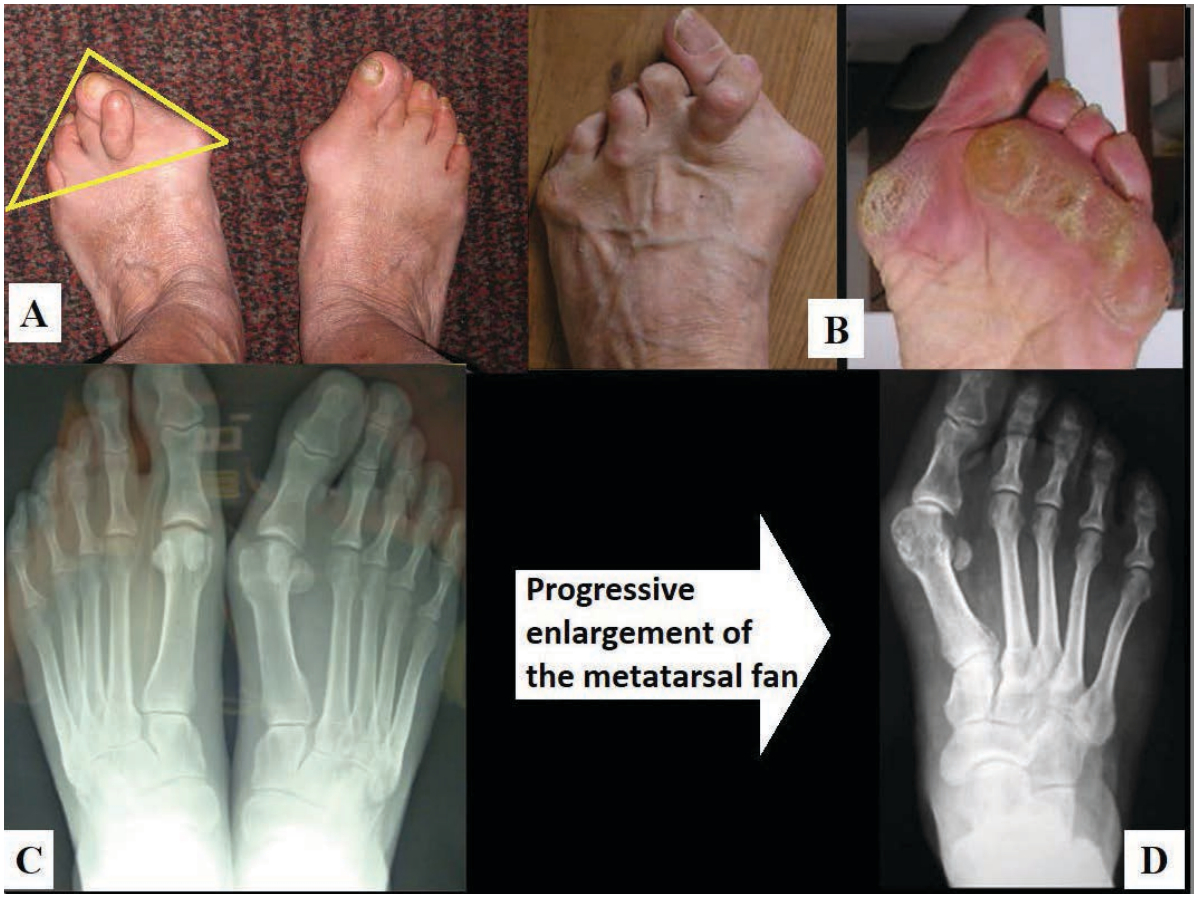

Fig. 42 - Chirurgia Sistemica del Piede: l'Avampiede Triangolare (A) è la conseguenza estrema del progressivo slargarsi dell'avampiede (C→D). La sub-lussazione e/o griffe delle dita, le metatarsalgie con le ipercheratosi da sovraccarico, il neuroma di Morton, etc. (B), non rappresentano altro che epifenomeni sintomatici - variabilmente espressi e/o embricati nei vari individui - del processo dis-morfogenetico.

2) - Il Piede Piatto, **che rievoca nel Retropiede la plantigradia dei rettili amnioti (Terapsidi, 370 MAF) con incompleta migrazione sottoastragalica del calcagno con anche l'assetto "in opposizione" del I raggio, a somiglianza del primate arboricolo (65 MAF).**
Nel dettaglio, alla luce della nostra esperienza, queste le principali indicazioni e procedure per:

L'ottimizzazione Filogenetica delle principali Dismorfie del Piede: indicazioni e nostra iconografia casistica

***Nell'Avampiede*:**
nel classico Alluce Valgo (AV), si deve valutare la naturale tendenza alla progressione verso l'Avampiede Triangolare (AT) (Fig. 42) – cosicché, in riferimento alla tipologia clinica e specificità del paziente – *l'obiettivo chirurgico fondamentale è contrastare e/*

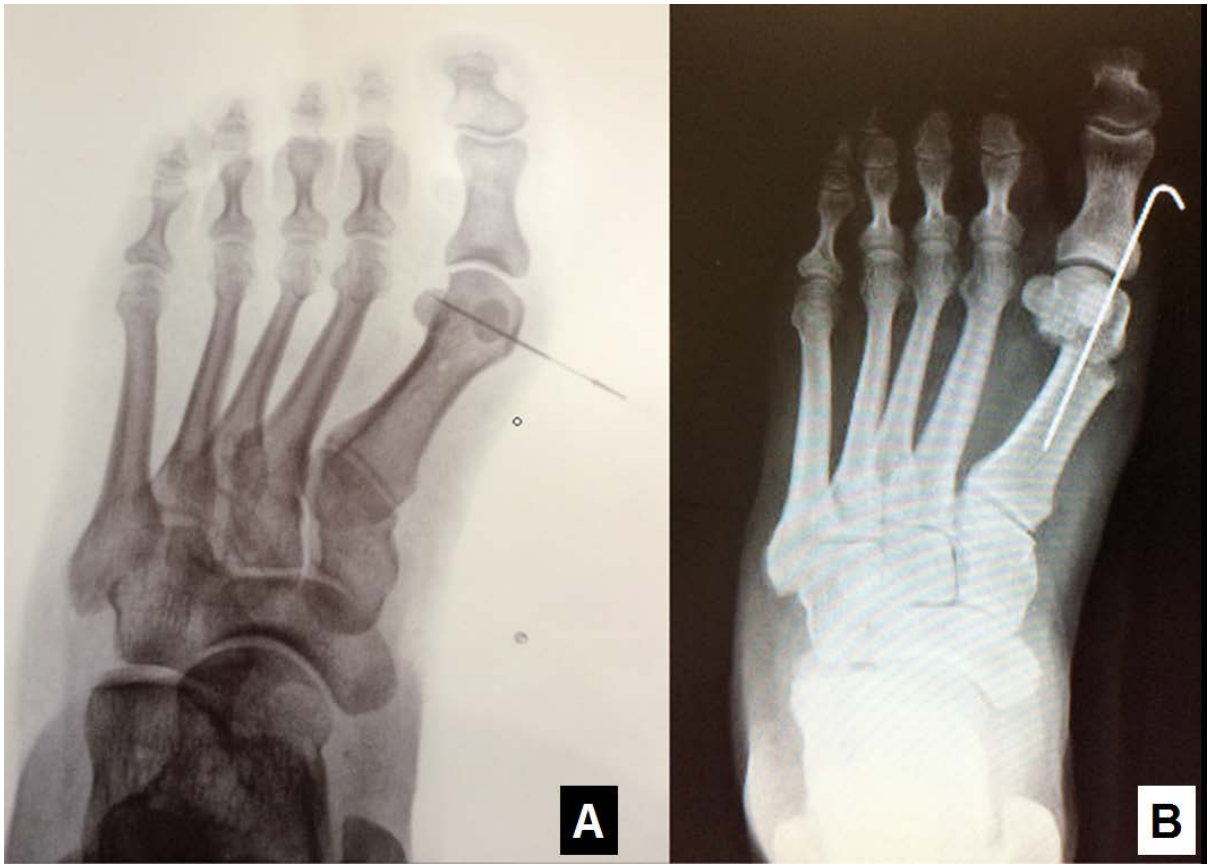

Fig. 43 - Chirurgia Sistemica del Piede coi principali interventi di Ottimizzazione Filogenetica riguardo l'Avampiede: A) - Rx del piede dx di operaia 40enne con AV in progressione dolorosa verso l'Avampiede Triangolare. B) - il controllo rx dopo l'osteotomia percutanea mininvasiva del collo del I metatarsale documenta l'ottimale chiusura del ventaglio metatarsale e reallineamento dell'alluce.

o correggere l'allargamento del ventaglio metatarsale, **in ogni caso agendo chirurgicamente con sguardo prospettico al futuro remoto del paziente. In tal senso, sono efficaci interventi :**

1)- l'Allungamento a Z dell'Achille, **che smorza l'equino-pronazione statica e quindi il carico deformante l'avampiede. L'intervento può essere indicato nel cavo-valgismo della giovinetta, con incipiente AV sintomatico.**

2)- l'osteotomia correttiva in chiusura del ventaglio metatarsale **con ripristino del corretto arco e rapporti metatarso-digitale. L'intervento può essere indicato nell'AV semplice - limitato all'esostosi e collo del I (Fig. 43) - ma, può anche estendersi al V e/o II-III-IV metatarsale - nei vari gradi di deformità di un'Avampiede Triangolare – e, anche, completarsi con il re-allineamento delle dita, quando**

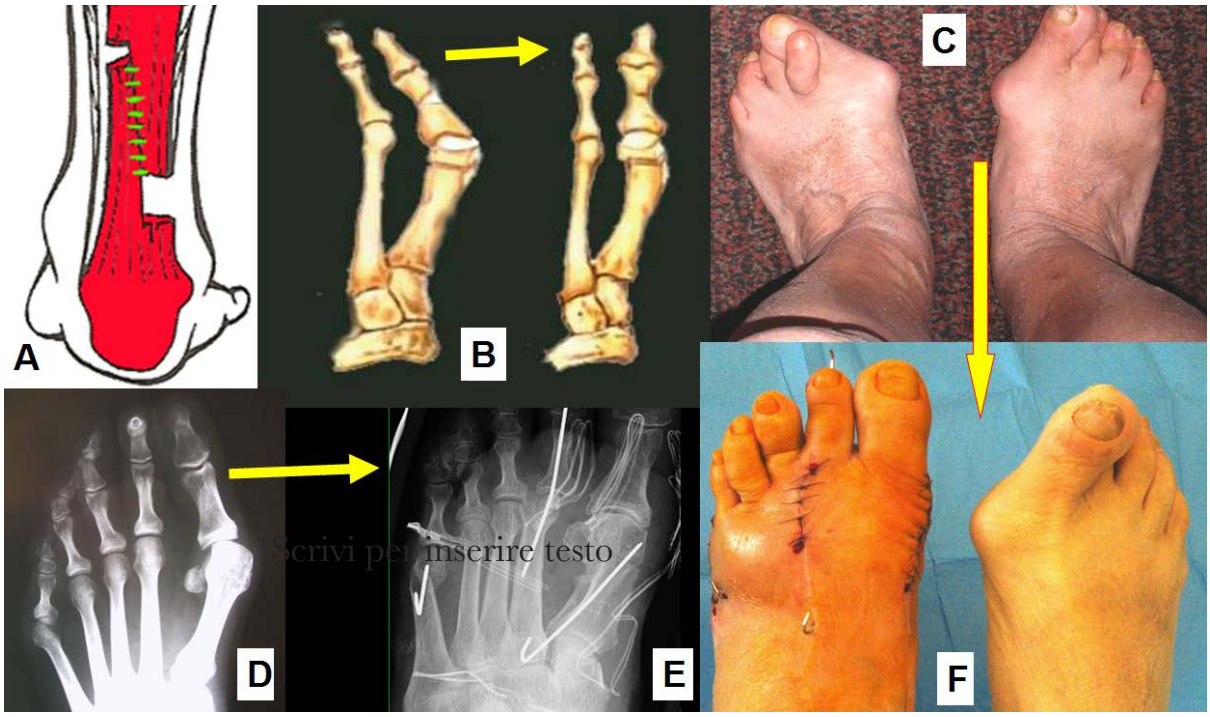

Fig. 44 - Chirurgia Sistemica del Piede coi principali interventi di Ottimizzazione Filogenetica riguardo l'Avampiede:
A) - Allungamento a Z del tendine di Achille; B) - Osteotomie correttive in chiusura del ventaglio metatarsale;
C) - Caso 2: Pensionata 60enne con Avampiede Triangolare bilaterale; D) - Rx piede sx (pre-operatorio); E) - post-operatorio di osteotomia al collo del I e V metacarpale; F) - nell'immediato post-operatorio la buona correzione (in comparazione il piede contro-laterale).

sub-lussate o in griffes (Fig. 44).

Nel Retropiede:
nel Valgo Calcaneare del Piede Piatto Evolutivo e/o generico Piattismo Plantare strutturato – sempre, in riferimento alla tipologia clinica e specificità del paziente – l'obiettivo chirurgico fondamentale è contrastare e/o correggere l'incompleta migrazione sottoastragalica del calcagno. In tal senso, sono efficaci interventi:

1) - L'Allungamento a Z dell'Achille **(con disinserzione esterna), smorza la componente valgizzante il calcagno nel Piede Piatto evolutivo giovanile; mentre, nel Piattismo Plantare strutturato, serve a risolvere l'irriducibile brevità del tendine.**

3) - La plastica di ritenzione del Cotile Pedis **(sec. Pisani), più che altro indicata nel Piede Piatto evolutivo con Os scafoideum accessorio, serve a rinforzare il supporto teno-capsulo-legamentoso della**

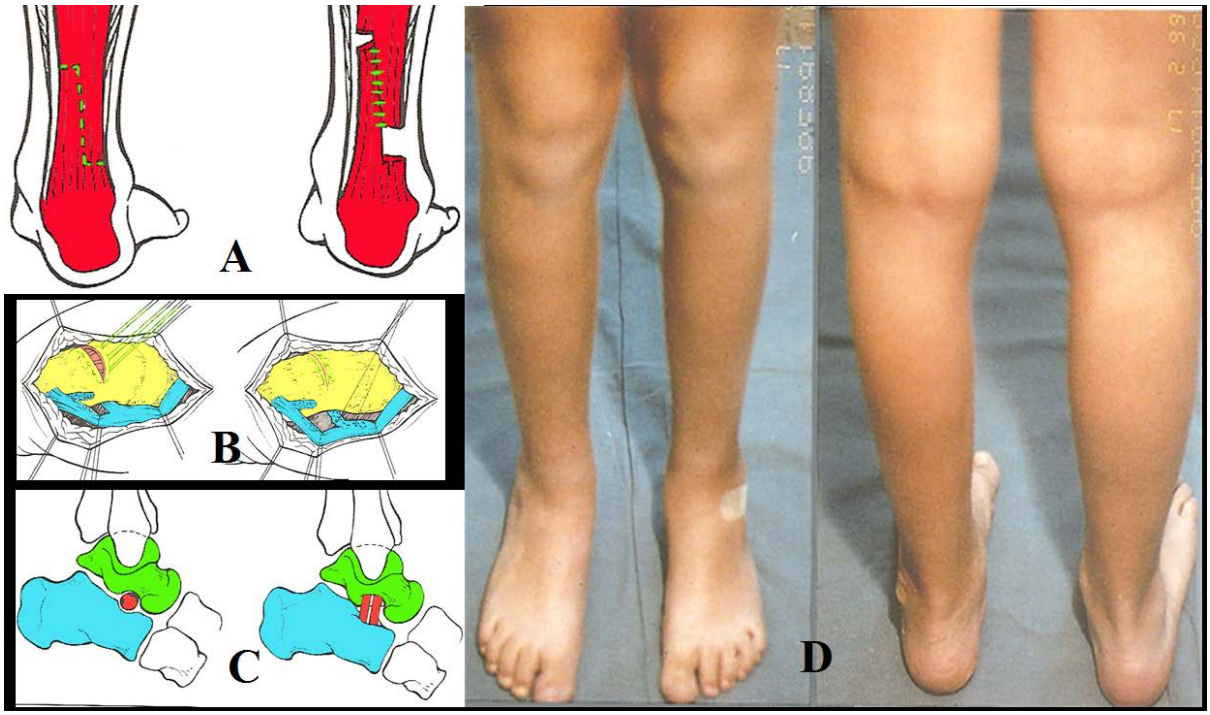

Fig. 45 - Chirurgia Sistemica del Piede coi principali interventi di Ottimizzazione Filogenetica riguardo il Retropiede:
A) – Allungamento a Z del tendine di Achille;
B) – Plastica legamentose e/o ritenzione del Cotile Pedis sec. Pisani
C) - L'artrorisi di SA (c.d. calcaneo stop) o l'artrodesi extratalamica di Grice
D) - Caso 3: bambino di 10 anni a cui è stato praticato il calcaneo stop al piede sx, notasi la correzione del valgo calcaneare, rispetto il piede controlaterale (controllo ad 1 mese)

Coxa Pedis, con relativo sollevamento della volta plantare.

***2) - L'artrorisi di SA (c.d. calcaneo stop)*: consiste nel posizionamento nel seno del tarso, di un dispositivo (endortesi, vite AO, etc.) in grado di diastasare la Sotto-Astragalica (SA) e di obbligare il calcagno a ruotare sotto l'astragalo (Fig. 45).**
Quest'ultimo intervento è il più indicato nel soggetto in età evolutiva; e mentre serve a correggere (immediatamente) il valgo calcaneare, in direzione della norma anatomica; nel post-operatorio anche modifica la cinetica del Sistema di Trasmissione del Carico dell'organismo, infine stimolando il Sistema di Mantenimento e Trofismo Architetturale a ri-modulare "convenientemente" l'accrescimento scheletrico successivo, verso lo standard filogenetico ottimale.
Infatti, la rimozione del dispositivo in età adulta, consente di verificare il mantenimento della correzione, per l'intercorso

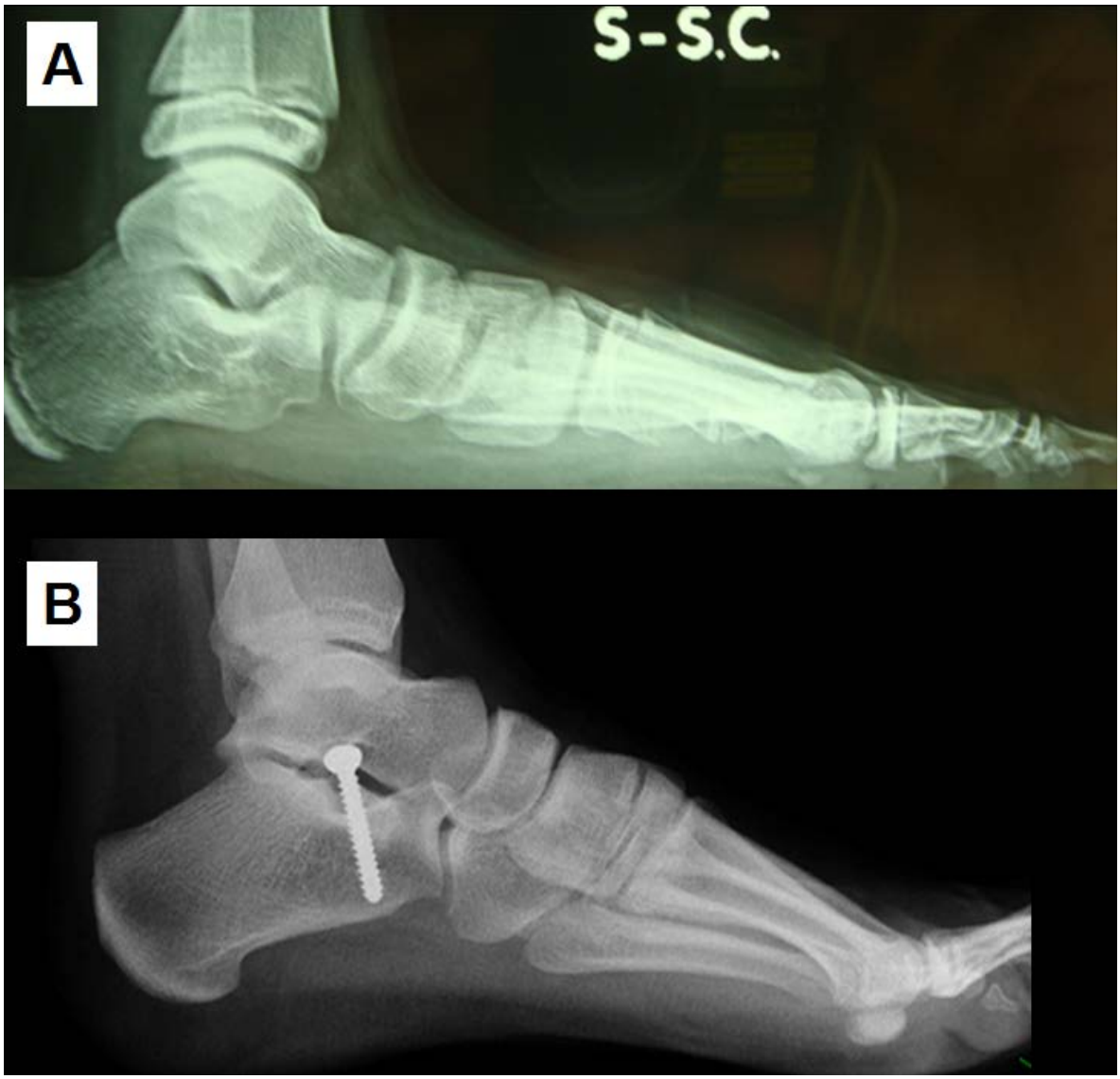

Fig. 46 - Chirurgia Sistemica del Piede (Caso 3): A) - Controllo rx-grafico preoperatorio: notasi le epifisi di accrescimento ancora aperte e la caduta dell'astragalo con appianamento della volta plantare.
B) - controllo del risultato 8 anni dopo (a18 aa): notasi l'ottimale risalita dell'astragalo e la risoluzione strutturata del piattismo.

rimaneggiamento osseo della SA (Fig. 46).

3)- L'artrodesi tipo Grice o con innesto osseo a ponte della SA **ha il medesimo obiettivo di riportare il calcagno in corretta posizione anatomica sotto l'astragalo, ma a differenza del calcaneo stop realizza la fusione astragalo-calcaneale, paradossalmente senza perdita di funzione (Fig. 47). Come già detto, ciò è comprensibile per il fatto che corrisponde alla rievocazione di un "regresso anatomico" già presente nei Rettili del Giurassico e quindi fisiologicamente immanente e ancora disponibile, nell'architettura del piede umano. In definitiva, tale artrodesi di SA ha scopo precipuo di realizzare la**

definitiva ottimale verticalizzazione del retro-piede meiopragico: quindi, elettivo nel Piattismo Plantare reumopatie, da traumatismo, etc. In tal senso, l'intervento deve modulare altezza e spessore dell'innesto osseo, a

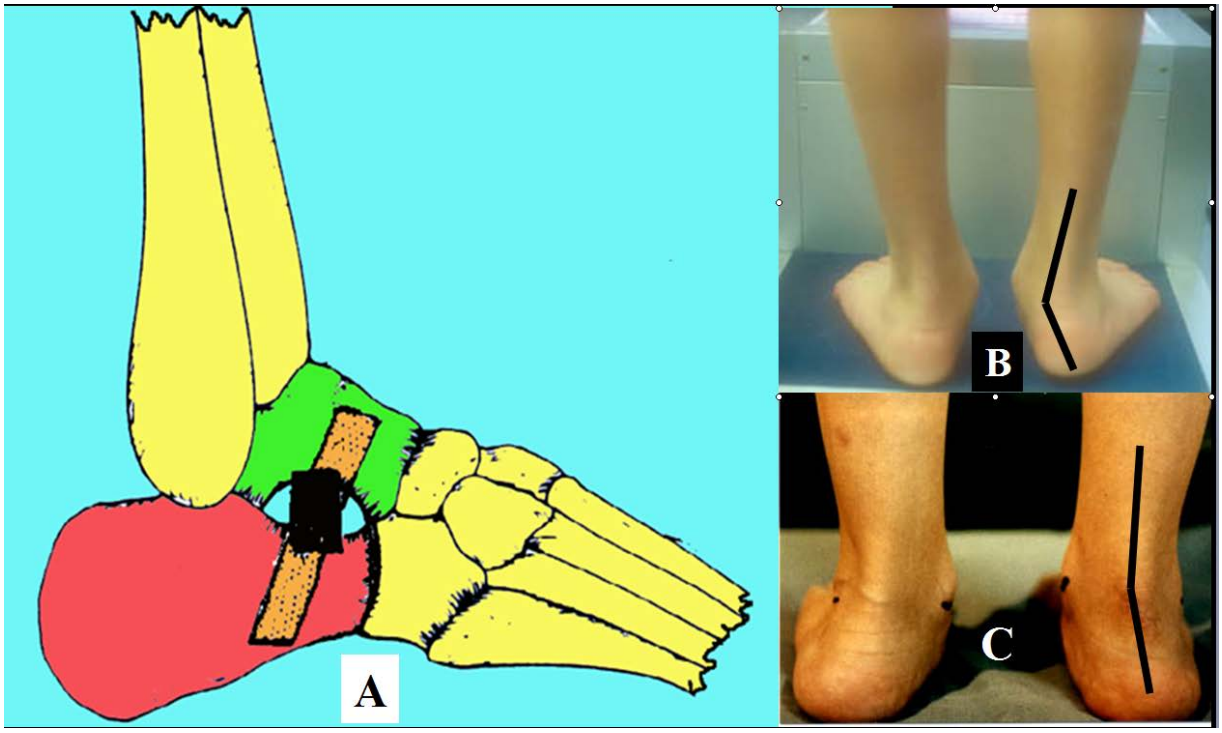

Fig. 47) - Chirurgia Sistemica del Piede coi principali interventi di Ottimizzazione Filogenetica riguardo il Retropiede:
A) - L'artrodesi tipo Grice o con innesto osseo a ponte della SA ha il medesimo obiettivo di riportare il calcagno in corretta posizione anatomica sotto l'astragalo, ma a differenza del calcaneo stop realizza la fusione astragalo-calcaneale.
B) - Caso 4: Piede piatto valgo bilaterale in maschio adolescente; C) - Il controllo clinico ad 1 anno dall'intervento di Grice + allungamento dell'Achille al piede dx, documenta la normalizzazione del valgo calcaneare con ripristino della volta plantare.

in cui la componente genetica della dismorfia (soprattutto il lassismo costituzionale) risulta preminente. Allo stesso tempo è di grande utilità nel Piede Piatto acquisito dell'adulto, da collasso architetturale della volta plantare per cedimento plastico da sovraccarico da misura del fisiologico asse retro-podalico, stimato sul paziente.
C'è da aggiungere inoltre, che la variabilità clinica di siffatte dismorfie del piede è tale per cui non è infrequente il riscontro dei suddetti "regressa" – in contemporanea presenza - sia nell'Avampiede che nel Retropiede. Tale

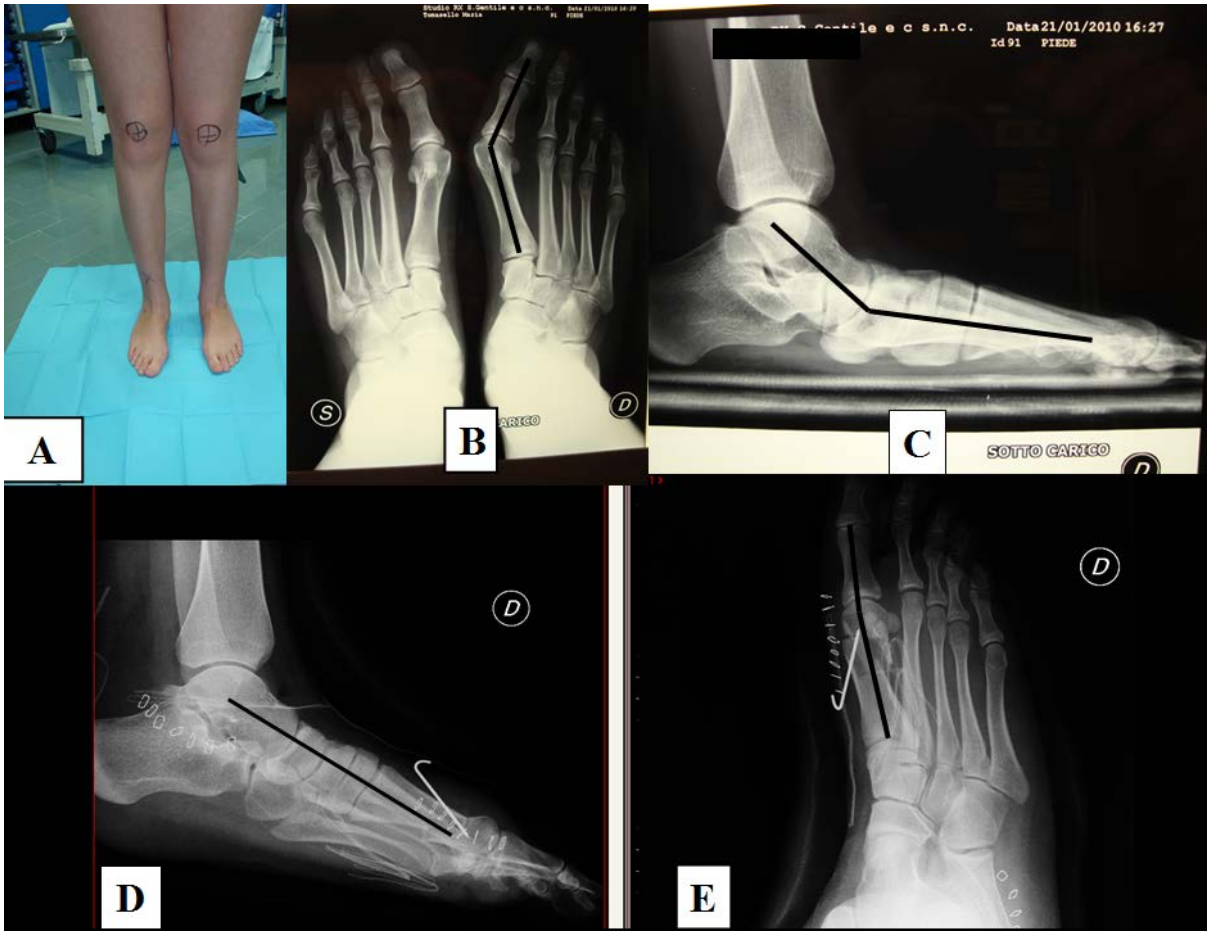

Fig. 48) - Chirurgia Sistemica del Piede coi principali interventi di Ottimizzazione Filogenetica riguardo il trattamento contemporaneo Retro-Avampiede:
Caso 5: Studentessa 18enne con Alluce Valgo in Piattismo bilaterale (A-B-C);Il controllo rx-grafico del piede dx post intervento di: artrodesi extratalamica di Grice + Allungamento dell'Achille + osteotomia del I Metatarsale in chiusura del ventaglio metatarsale", documenta la ricostituzione della volta plantare e chiusura a norma del ventaglio metatarsale (D-E).

associazione risulta preminente nei soggetti, agli estremi delle età. Ossia:
1) – Pazienti giovani **con piattismo in evoluzione e associato incipiente valgismo dell'alluce. Generalmente, trattasi di soggetti meiopragici per lassismo connettivale (tipo, Ehlers-Danlos, etc.) in cui, la relativa brevità dell'Achille e connessa pronazione statica sta anche promuovendo l'allargamento del ventaglio metatarsale.**

2) – Pazienti della 2° e 3° età **con recente allargamento catastrofico del ventagliometatarsale (in eventuale presistente modico valgismo dell'alluce) verso l'Avampiede Triangolare e contemporanea instabilità**

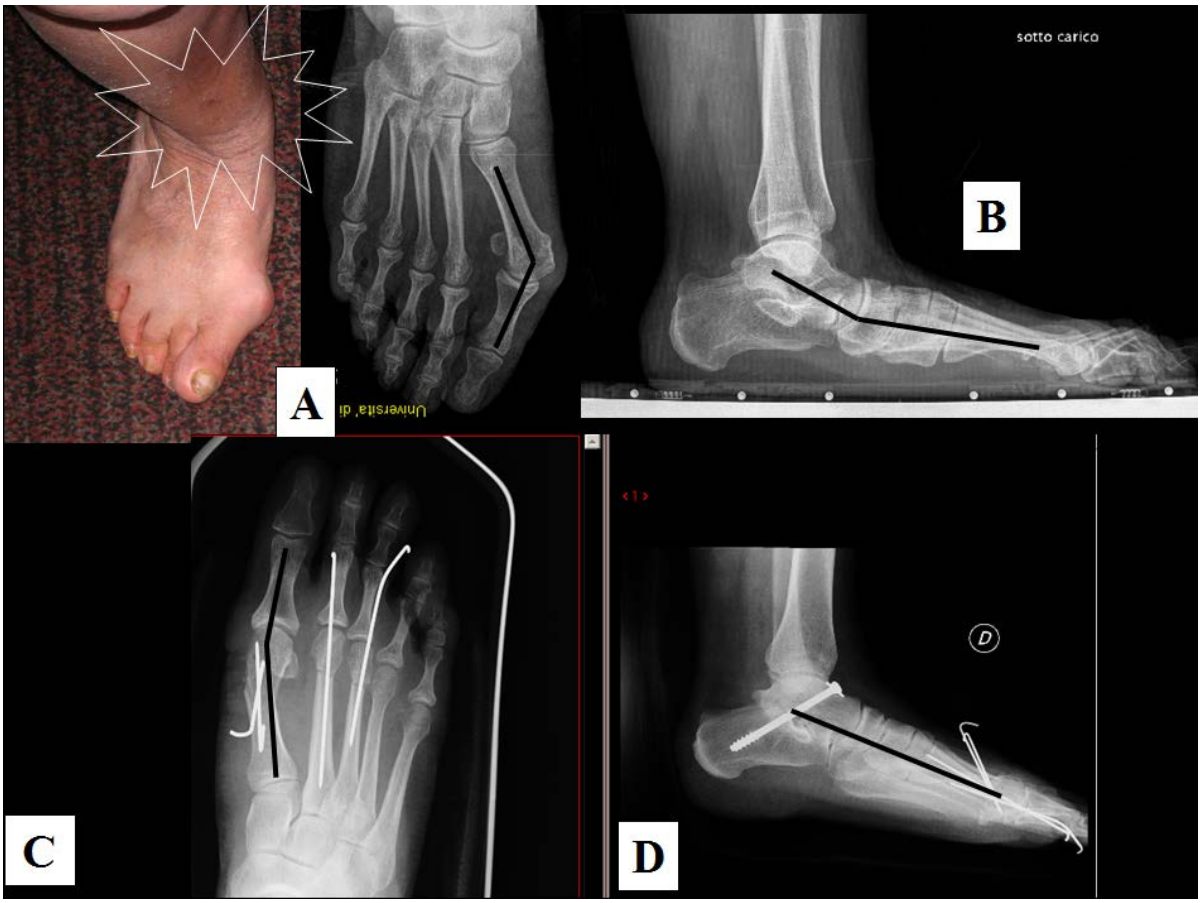

Fig. 49 - Chirurgia Sistemica del Piede coi principali interventi di Ottimizzazione Filogenetica riguardo il trattamento contemporaneo Retro-Avampiede
Caso 6: contadina 60enne con Avampiede Triangolare e instabilità dolorosa di Sotto Astragalica per Piattismo bilaterale (da collasso architetturale del retro piede) - (A -B)
Il controllo rx-grafico del piede sx post intervento di: "artrodesi armata di Grice + Allungamento dell'Achille + osteotomia del I-II-III Metatarsale in chiusura e reallineamento del ventaglio metatarsale", documenta la ricostituzione della volta plantare e chiusura a norma del ventaglio

dolorosa di Sotto-Astragalica per collasso architetturale del retro-piede. In genere, le cause efficienti sono il sovraccarico ponderale, la reumopatia o la degenerazione senile etc., che hanno operato su un terreno blandamente meiopragico.

In entrambe le categorie, comunque giova effettuare l'allungamento dell'Achille ed il trattamento contemporaneo di tutte le deformità e/o mal posizioni ossee (Fig.48 – 49)

CONCLUSIONI

Le idee esposte in questo studio sono state dibattute in un Seminario ad hoc, tenuto ad Alba nel 2009 e rappresentano

il frutto di oltre 35 anni di elaborazione teorica e fattiva applicazione pratica, nella Chirurgia della Mano e nella Chirurgia del Piede (49).
Certamente, comparare le due Specialità è stato un intento inusitato, di cui non esistevano precedenti; essendo considerate (giustamente) molto diverse le impostazioni clinico-chirurgiche delle discipline.
Tuttavia - essendo necessariamente identica la matrice scientifica medico-chirurgica – è stato altresì possibile ricercare il nucleo 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 potuto derivare le suggestioni metodologiche: rispettivamente, della Chirurgia della Coxa Manus e Sistemica del Piede.

Lo strumento in questione è stato il Principio di Regressione, attinente alla cibernetica della Teoria dei Sistemi: secondo cui "nelle strutture biologiche, l'insulto anatomico tende a configurarsi come rievocazione della Filo-onto-morfogenesi, in senso adattativo".
Lo studio - nel prendere spunto dalla *Morfogenetica di Goethe - ha così tracciato la Filo-Onto-Morfogenesi comparata degli Arti, reinterpretando il tutto in una moderna visione Olistico-Cibernetica, in linea con gli attuali orientamenti della Scienza.*

Con tali premesse ed esemplificando con fatti e casi clinici concreti, è stato motivato quanto realizzato nella sala operatoria. In particolare, nello specifico di Chirurgia del Polso, dove l'applicazione del suddetto principio ha prodotto efficaci nuovi interventi di salvataggio, da impiegare nel danno estremo. Mentre nella Chirurgia del Piede, ha dotato la clinica di un formidabile strumento esplicativo della eziopatogenesi del danno dismorfico, anche suggestivo riguardo l'indicazione chirurgica correttiva.

Certamente, trattasi 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" Umana, in una visione pragmatica che ha nell'Anatomia Normale – per intenderci, quella idealizzata nell'Uomo Vitruviano di leonardesca memoria - il riferimento oggettivo ed inequivocabile di ogni scelta terapeutica, specie se chirurgica. **In tal senso, l'Ortopedico è un medico morfologo pratico, scientemente auto-obbligato a ritenere idee di Morfogenetica Naturale, da trasferire in opera (cum manibus) nel suo lavoro di artigianeria chirurgica.**

Cosicché, crediamo tale impostazione di notevole contributo al processo diagnostico. Infatti, superare l'attuale empiria descrittiva della patologia dismorfica – tradizionalmente considerata entità nosologica più o meno statica - verso altra visione Sistemico-Strutturalista, viceversa più rigorosa e incentrata sul "processo" anatomo-pato-dis-morfico, in termini storici – significa conferire profondità prospettica temporale al giudizio clinico; allo stesso modo con cui il film racconta più del singolo fotogramma.

Al contempo, ***altro vantaggio dell'impostazione Sistemica è la semplificazione terapeutica.*** **Infatti, l'avere individuato nella "regressione" lo stereotipo potenziale con cui interpretare il danno dis-morfico in relativa indipendenza dalla sua eziologia, consente di prescindere dalle tradizionali categorie nosologiche.**

Ciò che importa - in un dato caso specifico - è il riconoscimento e la ***visione prospettica del "processo"*** **su quel paziente; e da ciò** ***agire con l'atto terapeutico*****, eventualmente in una azione chirurgica – cioè,** ***con un input ambientale progettato dalla mente esperta del chirurgo - da introdurre nell'architettura danneggiata in direzione della Norma Anatomica – ossia, verso l'attuale standard filogenetico*** **(p.e. la correzione del Piattismo plantare etc); o, almeno capace di realizzare una qualche semplificazione strutturale – già percorsa dall'Evoluzione - in grado di consentire il recupero della funzione, anche ad un più basso livello (p.e. la trasformazione dell'assetto del polso, analogamente al carpo dei Dinosauri, etc).**

Tale semplificazione conduce in maniera quasi automatica all'indicazione chirurgica minimale e stereotipata. Infatti - come è stato mostrato - ***bastano un pugno di interventi base sia nella Chirurgia della Coxa Manus che Sistemica del Piede, ad affrontare la maggior***

parte delle più severe patologie strutturali del carpo e/o del piede, di comune riscontro clinico.

Infine, nel riaffermare la nostra esperienza positiva in merito, non possiamo esimerci dal riconoscere che di questa intrusione della Cibernetica nell'Ortopedia non siamo affatto i promotori. Poichè, 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 35 anni fa, nei Corsi Albesi di Chirurgia del Piede degli anni 80.

Ultimo suggerimento è considerare tale innovazione nella Chirurgia della Mano e del Piede, soltanto esemplificazioni locali. Infatti, l'isomorfismo Sistemico è applicabile allo stesso modo in tutte le strutture e processi patologici dell'Organismo; e con ogni probabilità - ***altre opportunità chirurgiche in altri distretti anatomici sono nascoste nella Filogenesi*** **- ancora da rivelare.**

BIBLIOGRAFIA

1) – G.M. Grippi: Filo-Ontogenesi "sistemica" del carpo e implicazioni chirurgiche innovative. Rivista Chirurgia della Mano – Vol. 53 (4) 2016

2) - Grippi GM: Patomeccanica "regressiva" delle fratture articolari del radio distale e salvataggio con l'intervento di Ricostruzione della Coxa Manus. Min. Ort. Traum. Vol. 59, n° 5, ottobre 2008.

3) - Paparella Treccia R.: Il piede dell'Uomo, profilo storico-strutturale. Verduci editore, Roma 1977.

4) - Grippi G.M.: La Teoria Generale dei Sistemi in Ortopedia – Saggio monografico su l'ipotesi biocibernetica delle dismorfie del piede con particolare riguardo all'Allux Valgus – Atti e Memorie della S.O.T.I.M.I. – Vol. XLIX N. 2 – 1986.

5) - Pisani G.: Trattato di Chirurgia del piede. Ed. Minerva Medica, Torino, 1990.

6) - Goethe J.W.: Teoria della natura. Boringhieri, Torino,1968.

7) - Goethe J.W.: Opere a cura di Vittorio Santoli. Sansoni Editore, Firenze 1970

8) - Steiner R.: Le opere scientifiche di Goethe. Melita editori, Milano 1988

9) - Goethe J.W.: Satyros. Die Perfekte Bibliothek, Amazon Australia Services, Inc. 2015.

10) - G.G. Leibniz: La Monadologia (a cura di Antonio Bozzone) - Piccola biblioteca di filosofia e pedagogia – G. B. Paravia & C. Torino, 1940

11) - Darwin C.: L'origine delle specie (intr. Montalenti G.), Editore Boringhieri s.p.a., Milano, 1967.

12) - Montalenti Compendio di embriologia. Idelson, Napoli, 1981.

13) - Haeckel E., The History of Creation (1868), translated by E. Ray Lankester, Kegan Paul, Trench & Co., London, 1883, 3rd edition, Volume 1.

14) - Haeckel E. Generelle Morphologie der Organismen. Berlino, t. 11, 300, 1866.

15) - Wiener N. Introduzione alla cibernetica. Boringhieri, Torino, 1966 (The Human Use of Human Beings, Hugton a Miffin Co., Boston, 1950).

16) - Winsdom J. 0. The Hipothesis of Cibernetics. In: The British Journal for Philosophy of Scienze, vol. 11, 5 1, may 1951.

17) - Shannon C., MC Carthy J.: Automata Studies. Princeton Univ. Press. , New York, 1956.

18) - Bonner J. T. Le idee della Biologia. Biblioteca della EST., Milano, 1964.

19) - Waddington H. C. Strumenti per pensare, un approccio globale ai sistemi complessi, Biblioteca EST, Milano, 1977.

20) - Miller J. G. La Teoria Generale dei Sistemi Viventi. Collana Scientifica Franco Angeli, Milano, 1978.

21) - Rossi P.A.: Cibernetica e teoria dell'informazione. Editrice La Scuola, Brescia, 1978.

22) - Tanner J.M. Auxologia: dal feto all'uomo, la crescita fisica dal concepimento alla maturità. Ed. UTET, Torino, 1981.

23) - Bateson G. Verso un'ecologia della mente (Steps to an Ecology of Mind). Adelphi ed. S.p.A., Milano, 1976.

24) - Bateson G. Mente e natura (Mind and Nature). Adelphi ed. S.p.A., Milano, 1984.

25) - Thomson K.S.: Morphogenesis and Evolution. Oxford University Press, New York, 1988.

26) - Von Bertalamffly L. The theory of Open Siste'm in Phisies and Biology. Scienze, New York, 111, 23, 1950.

27) - Von Bertalanffly L. Teoria generale dei Sistemi. Mondadori Studio, 1983.

28) - Enciclopedia Italiana delle Scienze Vol. II. Gli Animali vertebrati: i Primati 641-704. Istituto Geografico De Agostini, Novara 1969.

29) - Encyclopedia of Dinosaurs and Prehistoric Life: Dorling Kindersley Limited, London 2001

30) - Craig D. Byron, Herbert H.: Unexpected locomotor behaviour: brachiation by an Old World monkey (Pygathrix nemaeus) from Vietnam. Covert Journal of Zoology, 263: 101-106 Cambridge University Press, 2004.

31) – Gordon J. E. - Strutture: ovvero, perchè le cose stanno in piedi. Biblioteca EST, Milano, 1979.

32) – Gluber A., Viekelety T. – The influence of the ileo psoas muscle on femoral anteversion. Arch. Orth: Unfoll-Chir., 60,71, 1966.

33) – Pisani G. – La sindrome pronatoria dell'avampiede. Min. Ort., vol. 27, luglio-agosto, 1976.

34) - Bonola A., Caroli A., Celli L.: La Mano – Piccin editore Padova: 3-42, 1981.

35)- Tardif B, Duparc F, Muller JM, Freger P.: Embryology of the human carpal bones (triangular cartilage, central carpal bone, morphogenesis of the scaphoid). Chir. Main. 1998; 17(3) : 266-76.

36) - Oztuna V, Coskun B, Polat, A, Kuyurtar F.: The development of the wrist joint n the fetal period. Acta orthop. Traumatol Turc. 2003

37) – Florio G. – Embriologia del tarso. Min. Ort., 17, 1966.

38) – Florio L. – Il piede ancestrale e l'alluce valgo. Clin. Ort., XVII, 113-126, 1965.

39) - 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.

40)- Grippi GM: La ricostruzione della "Coxa Manus" Indicazioni e tecnica chirurgica. Riv. Chir. Mano – Vol. 40 (3) 2003.

41)- 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

42)- Grippi G.M., Pompilio D: Surgery in the Outcomes of Traumatic Wrist:

Coxa Manus Surgery: Proceedings of 8th 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.

43)- Grippi G.M.: La protesizzazione del capitato – indicazioni e tecnica chirurgica. Riv Chir Mano – Vol. 43(1) 2006

44)- 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

45)- Grippi G.M: La Chirurgia della Coxa nabus nel salvataggio del polso post-frattura dellEDR. LO SCALPELLO, Vol. 22 N° 2 – dic. 2008 , 107-113.

46) – Grippi G.M., Cugola L., D'Arienzo M., Passaretti U.: Prassi di Chirurgia della
Coxa Manus, Riv. Chir. Mano – Vol. 50 (2) 2013

47) – Grippi G.M.: Patomeccanica "regressiva" del Kienböck e trattamento con la
Chirurgia della Coxa Manus. Riv. Chir. Mano – Vol. 50 (1) 2013.

48) – Grippi G.M.: Biarticular Concentric Carpal Mechanics and Coxa Manus Surgery. Proceedings of the 9th Triennial Hand and Wrist Biomechanics International (HWBI) Symposium Milan, Italy, June 16-17, 2015.

49) – 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 G.M. Grippi. Ed. l'Artigiana – giugno 2009 – Alba CN).