

Istituto di Patologia Speciale Chirurgica e Propedeutica Clinica
dell'Università di Messina
Direttore: Prof. G. Barresi

RICERCHE SPERIMENTALI
SULLA SOPPRESSIONE DEL CIRCOLO METAFISARIO
DELLA CARTILAGINE DI ACCRESCIMENTO

di

GIULIO SANTORO

DIEGO CUZZOCREA

La incompleta conoscenza che ancor oggi si ha dei fattori che influenzano l'accrescimento osseo a livello della cartilagine di coniugazione, giustifica il copioso numero di lavori clinici e sperimentali prodotto in decenni di ricerche volte allo scopo di trovare dei metodi atti a determinare l'allungamento di un osso o -- più di rado — ad arrestarne o a limitarne la crescita.

E' assodato che per effetto di stimoli di natura infiammatoria o meccanica in sede metafisaria o iuxtametafisaria si verificano, a carico della cartilagine di coniugazione, modificazioni dello spessore, accompagnate da variazioni della norma, transitorie o definitive, della crescita dell'osso. Ma per quanto numerose ipotesi siano state avanzate per spiegare tali fenomeni, l'intimo meccanismo di essi è ancor oggi oggetto di indagini e di discussioni.

Dobbiamo a STANLEY (1849) e a PAGET (1853) due fra le prime constatazioni di eccessiva crescita di ossa lunghe in arti in preda a processi infiammatori. OLLIER (1867), studiando i fenomeni di allungamento compensatorio nelle fratture diafisarie e metafisarie delle ossa lunghe durante l'accrescimento, descrisse l'ispessimento della cartilagine di coniugazione ed osservò che il fenomeno era del tutto transitorio.

VON LANGENBECK (1869), partendo dal riscontro clinico di un allungamento di 4,5 centimetri in una tibia sede di processo osteomielitico e supponendo che a stimolare tale allungamento fossero stati l'infezione ed il sequestro formatosi, introdusse nel femore e nella tibia di cani in accrescimento un cilindro di avorio e, sacrifi-

cando gli animali dopo sei mesi, rilevò un aumento di lunghezza maggiore di mezzo centimetro nelle ossa così trattate.

Esperimenti analoghi, basati sulla immissione entro il canale midollare, in prossimità della cartilagine di coniugazione, di svariate sostanze (per lo più metalli), furono condotti in seguito da MEISENBACH (1910), BOHLMAN (1920), HAAS (1926), CHAPCAL e ZELDEN-DRUST (1948), PEASE (1952), WILSON e PERCY (1956), con risultati positivi anche se transitori.

CARPENTIER e DALTON (1956), applicando tale metodo in soggetti in fase di sviluppo, con la variante che allo inserimento di pezzi di avorio entro il canale midollare del femore e della tibia essi associavano lo scollamento periostale per un certo tratto in vicinanza delle cartilagini di coniugazione, ottennero una stimolazione dell'accrescimento con allungamenti variabili fra i 2,5 mm ed i 3 cm, che però si esaurivano sempre entro nove mesi dall'intervento.

Partendo dal fatto che, talvolta, in seguito a fratture o ad osteotomie si ha un allungamento dell'osso, FERGUSON (1933) pensò che la stimolazione della cartilagine di accrescimento fosse dovuta alla interruzione della continuità del midollo, e pertanto praticò, sperimentalmente, l'asportazione di un tratto di quest'ultimo attraverso una fenestrazione della diafisi di un osso lungo al terzo superiore o inferiore, conseguendo un allungamento transitorio di esso. Il sistema attuato da FERGUSON fu poi ripreso da WU e MILTNER (1937), i quali vi aggiunsero lo scollamento di un tratto del periostio per la estensione di circa due centimetri a ridosso della cartilagine di coniugazione, traendone risultati analoghi.

SOUSA PEREIRA (1938), dopo una serie di ingegnosi esperimenti diretti a determinare un disturbo dell'afflusso sanguigno in prossimità della metafisi dell'ulna di conigli in accrescimento, associando l'osteotomia diafisaria allo scollamento del periostio e del pericondrio in corrispondenza della cartilagine di coniugazione, giunse alla conclusione che, per modificare l'ossificazione encondrale e quindi l'accrescimento osseo, sia necessario turbare la vascolarizzazione a diretto contatto della cartilagine di coniugazione, non escludendo però che, oltre alla vascolarizzazione, anche il periostio ed il pericondrio possono avere un certo peso sui fenomeni dell'accrescimento. D'altronde LACROIX (1934), BERTRAND e TRILLAT (1948) ed altri riscontrarono sperimentalmente un allungamento dell'osso in seguito a scollamenti periostali più o meno estesi, valorizzando in tal modo una teoria che risale ad OLLIER (1867).

Ricerche sperimentali sulla importanza del periostio nel fenomeno dell'accrescimento in lunghezza dell'osso — basato sulla constatazione che ad uno scollamento più o meno esteso del periostio consegue un transitorio allungamento dell'osso — furono condotte

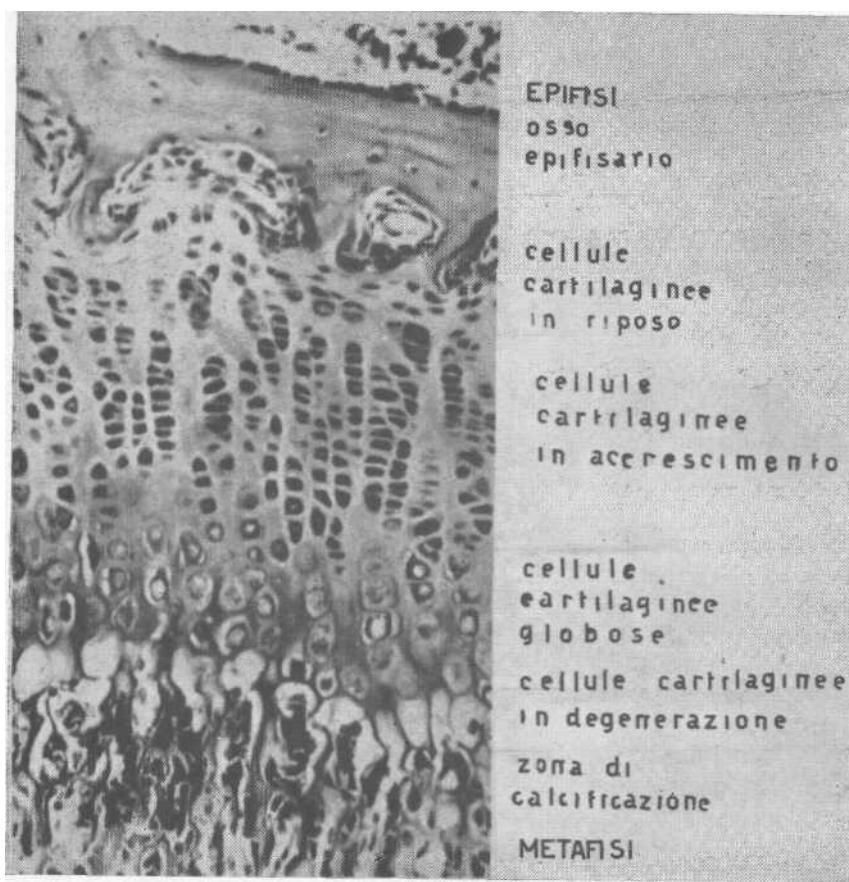


Fig.1.

da DE SAPIA (1941), VACIRCA e CANEPA (1956), AGRIFOGLIO e GARCIA (1957), mentre in clinica applicavano tale metodo TAVERNIER (1941), ZANOLI (1949), PEASE (1952), DE SAPIA (1953-54), VACIRCA e CANEPA (1957), AGRIFOGLIO e GARCIA (1958).

Una spiegazione del meccanismo con il quale si verificano le modificazioni di spessore a carico della cartilagine di accrescimento e, in determinate situazioni sperimentali e cliniche, l'aumento in lunghezza dell'osso, fu data da TRUETA, attraverso una serie di feconde ricerche (1951-60) sulla vascolarizzazione dell'osso in conigli in accrescimento.

Al fine di fornire una più dettagliata esposizione della teoria di TRUETA, e perché i successivi riferimenti risultino più chiari, ritenia-

mo opportuno, a questo punto, fare un breve cenno sulla costituzione e sulla vascolarizzazione della cartilagine di coniugazione.

Questa è formata da elementi cellulari in continua trasformazione evolutiva. In essa, procedendo dalla epifisi verso la diafisi, si possono distinguere schematicamente i seguenti strati (fig. 1):

1) un'area terminale di osso epifisario limitante la cartilagine di accrescimento dal versante rivolto la epifisi. Tale area è particolarmente importante perché attraverso ad essa giungono dal nucleo epifisario i vasi sanguigni sotto forma di capillari ampi e tortuosi, con parete sottile, che arrivano allo strato sottostante (strato germinativo) donde si riflettono verso l'alto senza penetrare nelle colonne seriate (TRUETA 1960);

2) una prima parte dello strato germinativo, detto strato della cartilagine in riposo, rappresentata da condrociti giovani e disposti irregolarmente in seno ad una sostanza fondamentale abbondante;

3) una seconda parte della zona germinale, contraddistinta da elementi più evoluti, dotati di intensa attività mitotica e regolarmente disposti a pila di monete. La sostanza fondamentale, meno abbondante ma più densa che nello strato precedente, è disposta a manico intorno alle cellule. In questo settore è stata messa in evidenza una rilevante attività metabolica e proliferativa;

4) una zona ipertrofica in cui gli elementi cellulari, pur conservando la loro regolare disposizione seriate, si differenziano dai precedenti per le dimensioni, la forma ovoidale e l'elevato contenuto in grasso e glicogeno;

5) una zona degenerativa nella quale gli elementi dimostrano una riduzione del volume nucleare con alterazione della sua struttura, ed aumentate inclusioni lipidiche e glicogeniche nel citoplasma. Nei setti intercellulari la sostanza fondamentale mostra segni di un iniziale deposito di sali di calcio;

6) una zona di calcificazione nella quale si notano elementi cellulari alterati, frammentati, invasi da gittate vascolo-connettivali. La invasione e la trasformazione della cartilagine avvengono con modalità tuttora discusse, per quanto i più ammettano (e recenti ricerche di TRUETA al microscopio elettronico confermerebbero tale ipotesi) che esse siano opera di elementi mesenchimali ricchi di fermenti, che precedono i vasi, facendo loro strada entro le colonne seriate delle cellule cartilaginee. Questi elementi, che si identificano con i condroclasti, hanno il compito di riassorbire le cellule cartilaginee degenerate e le travate di sostanza fondamentale impregnate di sali

di calcio. Soltanto i sepimenti intercolonnari più robusti persistono e vengono immediatamente utilizzati come sede di deposizione ossea (HAM 1957). Lungo i lati di questi, depositando rapidamente sulla loro superficie sostanza ossea, si allineano gli osteoblasti provenienti dalla diafisi con i vasi dopo di avere invaso la cartilagine in dissoluzione: ciò porta alla formazione di trabecole ossee con asse cartilagineo, disposte longitudinalmente.

Particolare menzione merita, dal punto di vista istofunzionale, la porzione periferica della cartilagine di coniugazione, ricoperta da un sottile strato di pericondrio. Tale zona, definita da RANVIER « encoche d'ossification » (espressione tradotta da LEVI con il termine di « dentello di ossificazione »), e nella quale LACROIX distinse una lamella ossea periferica cui diede il nome di « Virole périchondrale de l'encoche d'ossification » (ghiera pericondrale del dentello di ossificazione), ha un significato funzionale ancora controverso. Per LACROIX (1943) il dentello di ossificazione sarebbe responsabile dell'aumento del diametro trasversale del piatto cartilagineo, mentre la ghiera pericondrale parteciperebbe ai processi che determinano e regolano l'accrescimento della cartilagine di coniugazione. Questa ipotesi però è in contrasto con quanto era stato prima sostenuto da WEIDENREICH (1930) secondo il quale il dentello di ossificazione costituirebbe una barriera di freno all'accrescimento in senso trasversale della cartilagine.

Per quanto riguarda la distribuzione dei vasi in relazione alla cartilagine di accrescimento, in base ad importanti ricerche di LEWIS (1956) — confermate dalle numerose indagini di TRUETA — sui due lati di essa viene riconosciuta l'esistenza di due circoli indipendenti l'uno dall'altro (fig. 2): uno epifisario (1), i cui vasi giungono a contatto con lo strato delle cellule cartilaginee in riposo (cosiddetto fronte di accrescimento), ed hanno una funzione trofica; uno metafisario-diafisario (2-3), i vasi del quale sono destinati alla erosione e alla trasformazione del tessuto cartilagineo, e che si divide a sua volta in due circoli:

a) il metafisario (fig. 2, 2) con arterie provenienti dal periostio che ricopre il tratto iuxta-metafisario dell'osso, e che si dirigono obliquamente verso il fronte di erosione raddrizzandosi in vicinanza di questo per assumere un decorso longitudinale, parallelo a quello dei vasi diretti alla zona centrale. Tale circolo fornisce, di norma, l'apporto vascolare ai settori esterni del fronte di erosione;

b) il diafisario (fig. 2, 3), che deriva dall'arteria nutritizia e che, attraverso il midollo e la superficie interna dell'osso, si spinge fino al fronte di erosione per l'estensione di circa due terzi centrali di quest'ultimo.

I due sistemi circolatori (l'epifisario ed il metafisario-diafisario)

sono in stretta relazione con i fenomeni dell'accrescimento che si svolgono a livello della cartilagine di coniugazione. Il primo ha una funzione essenzialmente nutritizia, dipendendo da esso l'accrescimento della cartilagine, l'altro ne ha una trasformativa, poiché fornisce i vasi che, penetrando nelle colonne cartilaginee dalla parte rivolta verso la diafisi, iniziano la serie di modificazioni che portano alla costituzione del tessuto osseo.

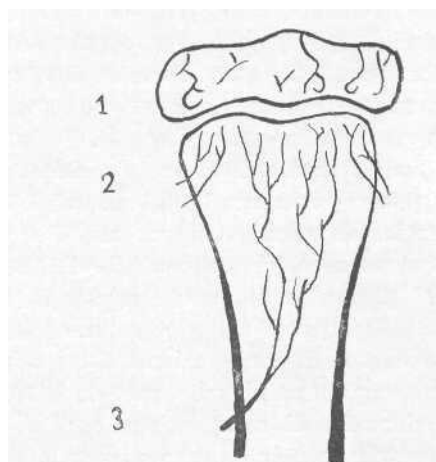


Fig. 2 - Schema della distribuzione dei vasi su due fronti della cartilagine di coniugazione secondo Lewis e Truta. 1) Circolo epifisario; 2) Circolo metafisario; 3) Circolo diafisario.

All'equilibrio fra i due circoli posti sui due fronti della cartilagine di coniugazione sarebbero legati i fenomeni che condizionano l'accrescimento e la trasformazione della cartilagine stessa. Tutte le volte che tale equilibrio viene turbato, conseguirebbero alterazioni morfologiche a carico del piatto cartilagineo, e talora disturbi dell'accrescimento dell'osso, che assumono una diversa fisionomia a seconda del settore circolatorio che viene colpito (TRUETA e coll., STRINGA, DE MARCHI, WESTERBORN, CONTESSA e coll.). Si avrebbe così:

1) che la soppressione del circolo epifisario, determinata sperimentalmente con la causticazione del nucleo epifisario in arti di animali in accrescimento e che corrisponde, Clinicamente, agli esiti di localizzazioni di processi infiammatori destruenti in sede epifisaria, provoca sofferenza e degenerazione della cartilagine di coniugazione, la quale trae nutrimento -- come si è detto -- dai vasi epifisari. In tali condizioni la placca cartilaginea tende rapidamente a scomparire, e l'accrescimento si arresta, poiché i vasi provenienti dal fronte di

erosione non trovano più, sul loro cammino, le colonne di cellule cartilaginee;

2) che la interruzione del circolo diafisario - il quale fornisce, come si è detto, la maggior parte dei vasi diretti al fronte di erosione - - ottenuta o con l'ostruzione del canale midollare (TRUETA, STRINGA), o con la osteotomia diafisaria a livello iuxta-cartilagineo (DE MARCHI, WESTERBORN), o con il distacco epifisario sperimentale

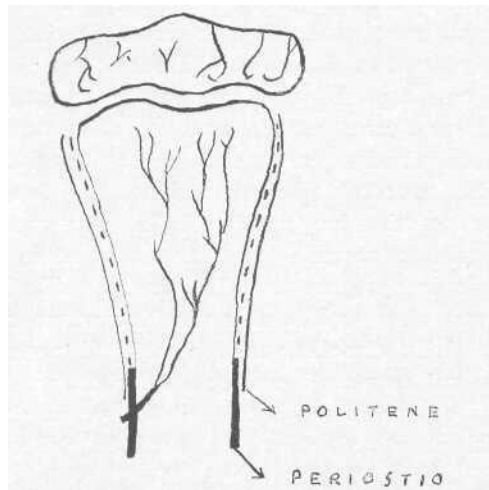


Fig. 3 - Rappresentazione schematica dell'intervento. La asportazione del periostio della zona iuxtametafisaria (linea tratteggiata) seguita dell'avvolgimento dell'osso con un foglietto di politene determina la soppressione del circolo metafisario, lasciando indenni i circoli epifisario e diafisario.

(CONTESSA e coll.), apporta conseguenze allo accrescimento dell'osso ed alla morfologia della placca cartilaginea che variano secondo che l'interruzione sia temporanea o definitiva. Precisamente:-

a) per quanto riguarda gli effetti del blocco del sistema diafisario sull'attività della cartilagine di coniugazione — e, di conseguenza, sull'accrescimento dell'osso -- l'interruzione comporta, in un primo momento, per un fenomeno di compenso, una iperemia dei sistemi epifisario e metafisario, da cui deriva, per aumentata attività della cartilagine, sia sul fronte di accrescimento che su quello di erosione, un più veloce allungamento dell'osso; successivamente, se si verifica il ripristino della circolazione diafisaria, si ha una normalizzazione del ritmo di accrescimento, mentre, se l'interruzione persiste, l'allungamento risulta definitivo, anche se non progressivo. Ciò darebbe spiegazione, secondo TRUETA e STRINGA, dell'allungamento temporaneo do-

vuto alla interruzione transitoria del circolo diafisario — come avviene, per esempio, dopo osteotomia — e di quello definitivo nei casi in cui l'ostruzione del circolo diafisario persiste (come riscontrato negli esperimenti di STRINGA nei quali il blocco meccanico endomidollare, rappresentato da una massa di politene, interrompe per sempre il circolo diafisario);

b) circa le modificazioni morfologiche determinate dalla interruzione del circolo diafisario sulla cartilagine di accrescimento, gli Autori sopra citati sono concordi nel sostenere che, in conseguenza dello squilibrio provocato dal ridotto afflusso vascolare al fronte di ossificazione, si ha un progressivo aumento di spessore della cartilagine, poiché mentre l'arresto della erosione sulla maggior parte della faccia metafisaria della cartilagine di coniugazione porta ad un rallentamento del processo di ossificazione, sul fronte di accrescimento lo strato germinativo nutrito dalla rete vascolare epifisaria mantiene inalterata la propria attività proliferativa, per cui le cellule continuano la loro regolare evoluzione sino allo stadio di cellule globose. Il ritorno alle condizioni normali avviene soltanto quando, per il ripristino della circolazione diafisaria, il processo di erosione della cartilagine sul fronte di ossificazione rientra nel suo iter. Tale fenomeno è stato osservato fra il 15° e il 25° giorno dalla interruzione sperimentale del circolo diafisario, a seconda della diversa tecnica adoperata (DE MARCHI, WESTERBORN). Fino a tale epoca, i processi di erosione sono affidati esclusivamente ai vasi del sistema metafisario la cui iperemia (evidenziata da TRUETA mediante ricerche angiografiche e da DE MARCHI, CONTESSA e coll, in base ad osservazioni istologiche) non è però da sola sufficiente a normalizzare il quadro di iperplasia cartilaginea che si instaura in conseguenza del blocco dell'afflusso vascolare diafisario, dato che il fronte di ossificazione riprende la sua normale attività soltanto quando si ripristina la circolazione diafisaria: ciò starebbe per una relativa insufficienza di compenso da parte del sistema metafisario, ipotesi questa confermata dalle indagini anatomiche di LEWIS e da quelle sperimentali di TRUETA, che assegnerebbero al circolo metafisario la fornitura di vasi a non oltre un terzo del fronte di erosione. Mancano — almeno nella letteratura sull'argomento da noi consultata — riferimenti sulle modificazioni morfologiche a carico della placca cartilaginea in condizioni di interruzione definitiva del circolo diafisario;

3) per quanto riguarda, infine, le conseguenze della soppressione del circolo metafisario, non può darsi valore ai dati riportati da SOUSA PEREIRA e da DE SAPIA, in quanto questi Autori, pur asportando il periostio dalla zona metafisaria, non procedettero ad un adeguato « isolamento » dell'osso dai tessuti molli circostanti, sì che da questi

si realizzava un rapido ripristino dell'afflusso vascolare metafisario (STRINGA). Per altro, TRUETA ha prospettato l'ipotesi che la soppressione del circolo metafisario avrebbe una importanza scarsa o addirittura nulla sull'accrescimento, per la rapida entrata in funzione dell'importante circolo diafisario, che realizzerebbe un adeguato compenso alla irrorazione su tutto il fronte di erosione.

Per quanto non tutti gli Autori accettino la teoria vascolare delle modificazioni di crescita dell'osso in lunghezza (vi è chi, come CALATI, attribuisce il fenomeno dell'allungamento, in determinate condizioni sperimentali, alla reattività aspecifica della cartilagine di coniugazione di fronte a fattori aggressivi locali), è indiscusso che gli esperimenti di TRUETA e di altri studiosi (DE MARCHI, STRINGA, WESTERBORN) fanno luce sulla interpretazione delle alterazioni morfologiche che si verificano in seno alla cartilagine di accrescimento in conseguenza del perturbamento dell'afflusso sanguigno.

Tale interpretazione ha bisogno però, a nostro avviso, di ulteriore conferma sperimentale, dato che non ci risulta che a tutt'oggi siano state condotte ricerche dirette ad esaminare le conseguenze, sulla cartilagine di coniugazione, della soppressione definitiva del circolo metafisario e di quella associata dei circoli diafisario e metafisario.

E' per questo che studi in tal senso sono stati intrapresi nel nostro Istituto, partendo dal presupposto che da essi si sarebbe potuto avere una conferma alla ipotesi di TRUETA, e per indagare ulteriormente sui rapporti fra i sistemi circolatori della cartilagine di accrescimento.

Con il presente esperimento abbiamo voluto prendere in esame le conseguenze, sulla cartilagine di coniugazione, della soppressione del circolo metafisario, i cui vasi - com'è noto - provengono dal periostio del tratto iuxtametafisario.

Per ottenere tale soppressione abbiamo eseguito la resezione di un tratto del periostio del tratto iuxtametafisario del radio di conigli in accrescimento, per l'estensione di circa un centimetro a monte della cartilagine di coniugazione distale, avendo cura di risparmiare quanto più possibile la ghiera pericondrale e completando l'intervento con l'avvolgimento del tratto privato del periostio mediante un sottile foglietto di materiale inerte (membrana di politene), al fine di impedire che dai tessuti circostanti venissero ripristinate le connessioni vascolari con l'osso stesso (fig. 3).

In tal modo abbiamo cercato di eliminare, nel modo più radicale possibile, la porzione del periostio adiacente alla cartilagine di accrescimento dalla parte della diafisi, quella cioè che fornisce, secondo LEWIS e TRUETA, l'apporto vascolare al settore esterno del fronte di ossificazione.

Ricordiamo altresì che, grazie a tale accorgimento, la nostra ricerca

si differenzia da quelle precedenti condotte in campo clinico e sperimentale (HARRIS, PEASE, SOUSA PEREIRA, DE SAPIA), nelle quali non ci risulta si fosse riusciti ad impedire che nei giorni conseguenti all'intervento di esportazione del periostio si ripristinasse l'afflusso vascolare all'osso dai tessuti circostanti.

Tecnica degli esperimenti.

Per i nostri esperimenti ci siamo serviti di sette conigli dell'età di 40 giorni.

Dopo di aver immobilizzato gli animali ed averne opportunamente preparato il campo operatorio, abbiamo proceduto alla esposizione della metà distale del radio sinistro, fino all'articolazione radio-carpica.

Abbiamo quindi proceduto all'accurata asportazione del periostio per un tratto di un centimetro al di sopra della cartilagine di coniugazione, giungendo a ridosso di questa.

Quando abbiamo avvolto il tratto di osso privato del rivestimento periostale con un sottile foglietto di politene (Polystan da mm 0,05), suturando al di sopra di esso le parti molli, si da assicurarne la stretta aderenza all'osso.

Per ogni animale ci siamo serviti, come controllo, della estremità del radio dell'arto destro, non operato.

Per seguire le eventuali modificazioni della cartilagine di accrescimento dopo l'intervento, abbiamo sacrificato gli animali a distanza di 24 e 48 ore, di 4, 7, 14, 28 e 50 giorni da quest'ultimo.

Dopo accurata dissezione delle parti molli e allontanamento dal lato operato del foglietto di politene, le estremità del radio dei due arti sono state fissate in liquido di Gendre, quindi trattate con la metodica descritta da uno di noi (SANTORO) in altro lavoro; le sezioni sono state condotte su un piano trasversale passante attraverso la parte centrale dell'osso e colorate in ematossilina-eosina.

Agli animali sacrificati dopo 4, 7, 14, 28 e 50 giorni è stato praticato l'esame radiografico delle estremità degli arti.

Descrizione dei risultati.

Esami radiografici: non abbiamo notato alcuna differenza fra il lato degli animali sano e quello operato.

Reperti autoptici: anche l'esame macroscopico non ha fatto rilevare particolari alterazioni (fig. 4), a parte una progressiva produzione fibrosa che circonda il foglietto di politene nei conigli sacrificati da 14 giorni in poi dall'inizio degli esperimenti.

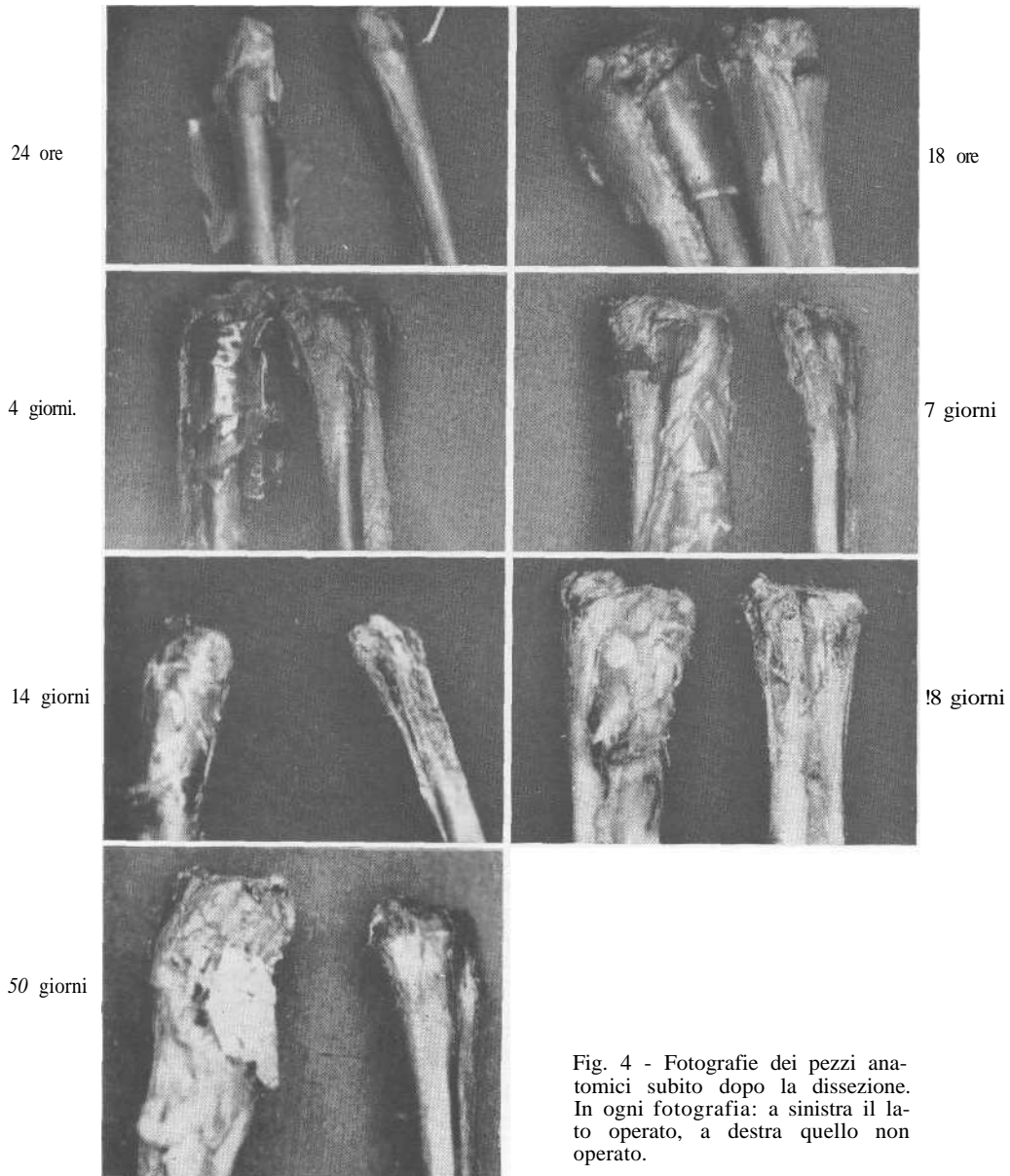


Fig. 4 - Fotografie dei pezzi anatomici subito dopo la dissezione. In ogni fotografia: a sinistra il lato operato, a destra quello non operato.

Animale sacrificato dopo 24 ore (Microf. 5-10).

A piccolo ingrandimento non si apprezzano differenze fra il preparato relativo al lato sano (5) e quello del lato operato (6), nel quale ultimo si può constatare la mancanza del periostio.

Anche a forte ingrandimento non si notano sostanziali differenze fra i due lati, sia a livello della ghiera pericondrale (7 e 8), sia sulla parte centrale del fronte di erosione, ove la progressione dei vasi nelle colonne cartilaginee avviene con modalità analoghe (9 e 10).

Animale sacrificato dopo 48 ore (Microf. 11-16).

A piccolo ingrandimento non si osserva alcuna differenza fra il lato sano (11) e quello operato (12), se si eccettua il riscontro, in questo ultimo, della asportazione del periostio. A più forte ingrandimento si rileva che lo strato delle cellule globose ha un maggiore sviluppo in altezza nel lato controllo, sia in corrispondenza della ghiera pericondrale (13 e 14), che sul fronte di erosione (15 e 16).

Animale sacrificato dopo 4 giorni (Microf. 17-22).

Non si notano nè a piccolo ingrandimento (17 e 18) nè a quello maggiore (19, 20, 21 e 22) differenze di rilievo fra il lato sano e quello operato. In quest'ultimo è stata lesa, da una parte, la ghiera pericondrale (18).

Animale sacrificato dopo 1 giorno.

Non si apprezzano modificazioni di rilievo fra il lato sano e quello operato, nè in corrispondenza della ghiera pericondrale, nè a carico del piatto cartilagineo.

Animale sacrificato dopo 14 giorni (Microf. 23-28).

L'esame comparativo fra le cartilagini di accrescimento delle due estremità radiali fa rilevare una marcata analogia di aspetto fra il lato controllo (23) e quello operato (24). Anche a maggiore ingrandimento si osserva che non vi è sostanziale differenza fra le zone corrispondenti alla ghiera pericondrale (25 e 26) malgrado, dal lato operato (26), persista la mancanza del periostio (la cui rigenerazione è stata impedita dalla applicazione del foglietto di politene a completamento dell'intervento).

Simile aspetto si osserva ancora a carico delle cartilagini di accrescimento, nella parte centrale, dal lato controllo (27) e da quello operato (28).

Animale sacrificato dopo 28 giorni.

Anche a quest'epoca l'osservazione dei preparati istologici non pone in rilievo sostanziali differenze fra le estremità del radio dei due arti.

Animale sacrificato dopo 50 giorni (Microf. 29-34).

La cartilagine di coniugazione dal lato controllo presenta un aspetto analogo a quello del lato operato, sia nella veduta di insieme del preparato (29 e 30), sia a livello della ghiera pericondrale (31 e 32), sia, infine, sul fronte di erosione (33 e 34).

L'esame dei reperti istologici conferma quanto può dedursi dai risultati degli esami radiografici ed autoptici, e cioè che non si osserva alcuna sostanziale differenza fra il lato sano e quello operato.

Infatti, l'unico elemento di differenza fra le cartilagini di accrescimento dei due lati è dato dal minore sviluppo in altezza dello strato delle cellule globose dal lato operato a 48 ore dall'intervento: fenomeno che, in accordo con le moderne cognizioni sulla vascolarizzazione della cartilagine di coniugazione ricavate dagli studi di LEWIS e di TRUETA, potrebbe interpretarsi come segno di un ritmo più tumultuoso del processo di erosione in conseguenza di una iperemia compensatoria da parte del circolo diafisario che si stabilirebbe in seguito alla soppressione del circolo metafisario.

Tale iperemia compensatoria sarebbe, però, di lieve entità e di breve durata, poiché già a 4 giorni dall'intervento la situazione sul fronte di ossificazione può considerarsi normalizzata e così si mantiene sino a 50 giorni dalla soppressione del circolo metafisario.

Considerazioni e conclusioni.

La soppressione del circolo metafisario ottenuta mediante l'asportazione del rivestimento periostale della metafisi da cui si parte il circolo stesso non è seguita da alterazioni istologiche di rilievo a carico della cartilagine di accrescimento, se si eccettua una lieve e transitoria riduzione dello sviluppo in altezza dello strato delle cellule globose dopo 48 ore dalla interruzione del circolo metafisario, dovuta probabilmente ad una iperemia di compenso da parte del circolo diafisario.

Riferendoci alle ricerche di LEWIS sulla distribuzione dei vasi sui due fronti della cartilagine di accrescimento, ed a quelli di TRUETA, STRINGA, DE MARCHI, WESTERBORN, CONTESSA e coll, sulle conseguenze del perturbato afflusso vascolare al fronte di erosione per interruzione del circolo diafisario, riteniamo si possa concludere che la soppressione del circolo metafisario non comporta alcun turbamento dei-

l'equilibrio vascolare a livello della cartilagine coniugale, probabilmente per la pronta e sufficiente messa in funzione del compenso circolatorio partente dal sistema diafisario, il quale funzionalmente, sarebbe sufficiente a coprire il fabbisogno vascolare dei settori esterni del fronte di erosione, compensando in tal modo rapidamente l'interruzione del circolo metafisario.

Riassunto

Riferendosi a ricerche di Lewis sulla distribuzione dei vasi sui due fronti della cartilagine di coniugazione e di Trueta, Stringa, Westerborn, De Marchi sulle modificazioni che conseguono alla interruzione del circolo diafisario — tributario della maggior parte dei vasi al fronte di erosione — gli AA. hanno studiato sperimentalmente gli effetti della soppressione del circolo metafisario, ottenuta mediante asportazione del periostio della metafisi adiacente alla cartilagine di accrescimento distale del radio in conigli di 40 giorni di età, seguita dall'avvolgimento dell'osso privato del periostio con un foglietto di politene. Gli esami istologici delle cartilagini di accrescimento, eseguiti fra le 24 ore ed i 50 giorni conseguenti all'intervento, hanno dimostrato che l'interruzione del circolo metafisario non porta ad alterazioni di rilievo, se si eccettua una lieve riduzione dello sviluppo in altezza dello strato delle cellule globose riscontrato dopo 48 ore, che però non si apprezza più a partire dal 4° giorno.

Gli AA. avanzano l'ipotesi che la soppressione del circolo metafisario sia rapidamente ed efficacemente compensata da quello diafisario, che si dimostra in tal modo in grado di fornire l'apporto vascolare sull'intero fronte di erosione.

Résumé

Sur la base des recherches de Lewis sur la distribution des vaisseaux sur les deux front du cartilage de conjugaison et de celles de Trueta, Stringa, Westerborn et De Marchi à propos des modifications qui suivent la suppression du cercle diaphysaire — tributaire de la majorité des vaisseaux sur le front d'érosion — les AA. ont fait une recherche expérimentelle sur les effets de la élimination de la circulation métaphysaire, obtenue par asportation du périoste de la métaphyse adiacente au cartilage de conjugaison distale du radius chez des lapins âgés de 40 jours, suivie par couverture de l'os privé du périoste avec polythène. Les examens histologiques des cartilages de conjugaison exécutés entre 24 heures et 50 jours suivant l'intervention ont démontré que l'interruption du cercle métaphysaire n'amène pas à des altérations importantes exception faite pour une modeste diminution de la hauteur des la couche des cellules globuleuses observée après 48 heures; cette modification n'est cependant plus visible à partir du quatrième jour.

Les AA. present que la suppression de la circulation métaphysaire est rapidement et efficacement compensée par les vaisseaux diaphysaires lesquels - de ce fait — ont évidemment la possibilité d'assurer la vascularisation de tout le front d'érosion.

Summary

Basing upon the researches of Lewis on the distribution of vessels on the two sides of the interarticular cartilage and on those of Trueta, Stringa, We-

sterborn, De Marchi on the modifications following the interruption of the diaphysary circulation — which supplies the majority of vessels on the erosion front — the AA. have performed an experimental investigation on the effects of the elimination of the metaphysary circulation, which has been obtained by removal of the periostium of the metaphysis adjacent to the distal interarticular cartilage of the radius in rabbits aged 40 days, followed by covering the bone deprived of its periostium with a polythene layer. The histological examination of the interarticular cartilages has been performed between 24 hours and 50 days after the intervention and have shown that the interruption of the metaphysary circulation does not cause any marked modification, with the exception of a slight decrease of the height development of the layer of globose cells found after 48 hours, which — however — disappears after the fourth day.

The AA. suggest that the elimination of the metaphyseal circulation is quickly and efficiently compensated by the diaphysary circulation, which is therefore able to give the whole of the blood supply on the erosion front.

Zusammenfassung

Auf Grund der Untersuchungen von Lewis über die Verteilung der Gefäße an beiden Fronten des Zwischenknorpels und von jenen von Trueta, Stringa, Westborn und De Marchi über die Veränderungen, die auf die Unterbrechung des diaphysären Kreislaufs, der den Grossteil der Gefäße an der Erosions-front versorgt, folgen haben die Verff. experimentell die Effekte der Unterbrechung der metaphysären Zirkulation untersucht, die man durch Abtragung des Periosts der Metaphyse erzielt die dem distalen Radiuszwischenknorpels bei 40-tägigen Kaninchen nahelag, gefolgt von Einwicklung des periostlosen Knochens mit einer Polythenschicht. Die histologischen Untersuchungen des Zwischenknorpels zwischen 24 Stunden und 50 Tagen nach dem Eingriff bewiesen dass die Unterbrechung des metaphysären Kreislaufs keine bedeutenden Folgeerscheinungen — mit Ausnahme einer leichten Abnahme des Wachstums des globösen Zellen nach 48 Stunden — hat; auch letzterer Befund ist nach dem vierten Tag verschwunden.

Die Verff. nehmen an, dass die Elimination des metaphysären Kreislaufs schnell und gründlich durch den diaphysären Kreislauf kompensiert wird, der dadurch an der ganzen Erosionsfront die Gefässversorgung sichert.

Bibliografia

- AGRIFOGLIO F., GARCIA M.: *Modificazioni indotte dallo scollamento periostale sulla cartilagine coniugale e sull'accrescimento (ricerche sperimentali)*. Atti Congresso S.I.O.T., Roma, 1957.
- AGRIFOGLIO F., GARCIA M.: *Considerazioni sulle possibilità di stimolare l'accrescimento di un arto*. Ortop. e Traumatol. dell'App. Motore, 14, 295, 1958.
- BERTRAND P., TRILLAT A.: *Le traitement des irrégularités de longueur des membres inférieurs pendant la croissance*. Revue d'Orthop., 34, 264, 1948.
- BOHLMAN H. R.: *Experiments with foreign materials in the region of epiphyseal cartilage plate of growing bones who increase their longitudinal growth*. Journ. Bone and Joint Surg., 11, 365, 1920.
- CALATI A.: *Iperallungamento osseo della tibia del coniglio in periodo di crescita, in conseguenza della iniezione nelle parti molli della regione metafisaria prossimale della gamba di una soluzione irritante (Formalina)*. (Ricerche sperimentali). Arch. Ortop., 73, 923, 1960.
- CARPENTIER e DALTON: Citati da Vacirca e Canepa.
- CHAPCAL G., ZELDENDRUST J.: *Experimental research for promoting longitudinal growth of the lower extremities by irritation of growth region of femur and tibia*. Acta Orthop. Scand., 17, 371, 1948.

- CONTESSA A., CAGNAZZO R., SCUPOLA G.: *Comportamento della cartilagine di coniugazione nei distacchi epifisari*. La Clin. Ortop., 11, 41, 1959.
- DE MARCHI E.: *Il comportamento dell'encoche di Ranvier e della ghiera pericondrale nelle modificazioni di spessore della cartilagine di accrescimento*. La Clin. Ortop., 12, 89, 1960.
- DE MARCHI E., SANTACROCE A., CAGNAZZO R.: *Comportamento della cartilagine di accrescimento nelle fratture metafisarie*. Chir. degli Org. di Mov., 46, 123, 1058.
- DE SAPIA F. S.: *Ricerche sperimentali sull'importanza del periostio nell'accrescimento in Lunghezza dell'osso*. Riv. Chir., 1, 7, 1941.
- DE SAPIA F. S.: *Scollamento del periostio ed allungamento degli arti*. Ortop. e Traumatol. dell'App. Motore, 21, 339, 1953.
- DE SAPIA F. S.: *Patogenesi dell'allungamento degli arti con scollamento del periostio*. Ortop. e Traumatol. dell'App. Motore, 22, 95, 1954.
- FERGUSON A. B.: *Surgical stimulation of bone growth by a new procedure. Preliminary report*. J.A.M.A., 26, 100, 1933.
- HAM H. W.: *Histology*. Lippincott Ed., 1957.
- HAAS S. L.: *Interstitial growth in growing long bones*. Arch. o Surg., 12, 887, 1926.
- HAAS S. L.: *The localization of the growing point in the epiphyseal cartilage plate of bones*. Am. Journ. of Orthop. Surg., 15, 563, 1917.
- HARRIS R. L.: *The vascular supply of bone, with special reference to the epiphyseal cartilage*. Journ. of Anat., 3, 64, 1929.
- LACROIX P.: *La croissance du cartilage de conjugaison suivant ses diamètres*. Acta Biol. Belg., 3, 125, 1943.
- LEVI G.: *Trattato di Istologia*. Ed. U.T.E.T., Torino, 1948.
- LEWIS O. J.: *The blood supply of developing long bones with special reference to the metaphysis*. Journ. Bone and Joint Surg., 38-B, 928, 1956.
- MEISSENBACH R. O.: *A consideration of the chemical and mechanical stimulation of bone with reference to the epiphyseal and dyaphyseal lines. Result of animal experimentation*. Amer. Journ. Orthop. Surg., 8, 28, 1910.
- OLLIER P.: *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*. Masson Ed., Paris, 1867.
- PAGET: Citato da Vacirca e Canepa.
- PEASE C. N.: *Local stimulation of growth of long bones. A preliminary report*. Journ. of and Joint Surg., 34-A, 1, 1952.
- RANVIER L.: *Quelques faits relatifs au développement du tissu osseux*. C. R. Acad. Sc., 77, 1105, 1873.
- SANTORO G.: *Azione dell'azotoiprite sul processo riparativo delle fratture sperimentali*. Acta Chir. Ital., suppl., XV, 777, 1959.
- SOUSA PEREIRA P.: *L'influence des troubles de vascularisation sur la croissance des os en longeur. Etude expérimentale*. Rev. d'Orthop., 25, 140, 1938.
- ETANLEY F.: *A treatise on disease of the bones*. Longman a. Green Ed., London, 1849.
- STRINGA G.: *Impianti di ormone somatotropo in prossimità delle cartilagini Ai accrescimento. Studio sperimentale*. Arch. Putti, 9, 188, 1957.
- STRINGA G.: *Studi sperimentali sulla stimolazione delle cartilagini di accrescimento attraverso modificazioni circolatorie locali*. Arch. Putti, 10, 231- 1958.
- TAVERNIER L.: *Provocation de croissance des os de l'enfant*. Bull. et Mem. Soc. Chir. de Lyon, Séance du Juin, p. 45, 1941.
- TRUETA J.: *The stimulation of the growth of bone by redistribution of the intraosseous circulation*. 5° Congr. Intern. di Chir. Ortop. Traumatol., Stockholm, 1951.
- TRUETA J.: *The influence of blood supply in controlling bone growth*. Bulletin of the Hospital for Joint Diseases, 14, 447, 1953.
- TRUETA J.: *Trauma and bone growth*. 7° Congr. Intern. Chir. Ortop. Traumatol., Barcellona, 1957.
- TRUETA J.: *La vascularisation des os et ostéogénèse*. Rev. de Chir. Onthop., 44, 3, 1959.
- TRUETA J.: *The normal vascular anatomy of the human femoral head growth*. Journ. Bone and Joint Surg., 39-B, 358, 1957.
- TRUETA J., MORGAN J. D.: *The vascular contribution to osteogenesis*. 1. Journ. Bone and Joint Surg., 42-B, 97, 1960.
- TRUETA J., AMATO V. P.: *The vascular contribution to osteogenesis*. 3. Journ. Bone and Joint Surg., 42-B, 571, 1960.

Ricerche sperimentali sulla soppressione del circolo ecc.

- VACIRCA M., CANEPA G.: *Interventi di stimolazione di accrescimento in lunghezza delle ossa lunghe*. Ortop. e Traumatol. dell'App. Motore, 24, 643, 1956.
- VACIRCA M., CANEPA G.: *Sull'allungamento delle ossa diafisarie mediante scollamenti ripetuti del periostio*. Ortop. e Traumatol. dell'App. Motore, 25, 437, 1957.
- VON LANGENBECK: Citato da Agrifoglio e Garcia.
- WESTERBORN O.: *The effect of papain on epiphyseal cartilage. A morphological and biochemical study*. Acta Chir. Scand., suppl., 270, 1961.
- WEIDENREICH P.: *Riportato in « Das Knochengewebe »*. Von, Möllendorf Ed. Springer, Berlin, 1930.
- WILSON S. L., PERCY E. C.: *Experimental studies in epiphyseal stimulation*. Journ. Bone and Joint Surg., 38-A, 1096, 1956.
- WU Y. K., MILTNER L. J.: *A procedure for stimulation of longitudinal growth of bone. An experimental study*. Journ. Bone and Joint Surg., 19, 909, 1937.
- ZANOLI R.: *Scollamento del periostio ed allungamento degli arti*. La Clin. Ortop., 1, 14, 1949.