

Sul trattamento chirurgico di alcune rare malformazioni dell'avambraccio

Surgical treatment of rare forearm malformations

S. Turra
S. Santini*
C. Gigante

RIASSUNTO

Gli autori presentano i loro risultati a lungo termine di 4 casi di rare malformazioni di avambraccio, trattati chirurgicamente. In particolare: un paziente affetto da malattia esostosante è stato trattato con allungamento di ulna con fissatore esterno di Wagner. Un paziente con malattia di Madelung è stato sottoposto a intervento di allungamento di radio, utilizzando ancora come fissatore esterno quello di Wagner. In un paziente affetto da sindrome di Leri-Weill è stata eseguita una osteotomia distale di radio con riduzione dei rapporti articolari distali dell'ulna, utilizzando come mezzo di sintesi dei fili di Kirschner. L'ultimo caso invece riguarda una paziente con deformità dell'avambraccio sostenuta da un encondroma distale di radio e trattato con osteotomia distale radiale, innesto auto-plastico prelevato dalla cresta iliaca e stabilizzazione con fili di Kirschner. Queste rare malformazioni di avambraccio sono caratterizzate dall'associazione di un relativo accorciamento dell'ulna o del radio, dalla progressiva lussazione del carpo e talvolta dalla sublussazione/lussazione del capitello radiale. Esse si accompagnano ad una limitazione della prono-supinazione, limitazione dei movimenti di polso e gomito e ad un disturbo estetico. L'obiettivo del trattamento è la prevenzione e riduzione della progressione della deformità, con ripristino funzionale delle articolazioni interessate. Nella nostra esperienza, i risultati raggiunti si sono dimostrati soddisfacenti.

Parole chiave: esostosi multiple ereditarie, osteocondromatosi multipla ereditaria, allungamento di ulna, allungamento di radio, malattia di Madelung

SUMMARY

The authors present their long-term results of surgical treatment in 4 cases of forearm deformities. A patient with multiple exostosis was treated with ulnar lengthening by external fixation according to Wagner. In a patient affected by Madelung disease, a radial lengthening was performed using the Wagner external fixation. A patient with Leri-Weill syndrome was treated with a distal osteotomy of the radius and wrist reduction of the ulna performed with Kirschner wires. The last case consists in a deformity associated to an osteochondroma of the distal radius, who was treated with an osteotomy of the radius and bone graft from iliac bone. The osteotomy was stabilized with Kirschner wires. The deformities are a combination of relative ulnar or radial shortening, deviation of the hand, progressive traslocation of the carpus and sometimes a subluxation /dislocation of the proximal radial head. These malformation produce limited forearm

Università di Padova,
Dipartimento di Specialità
Mediche e Chirurgiche,
Ortopedia e Traumatologia

* Ospedale "S. Bortolo", Vicenza
Unità Operativa di Ortopedia e
Traumatologia

Indirizzo per la corrispondenza:
Dott. Stefano Santini,
Via Galilei 10/a,
35018 S. Martino di Lupari (PD)
Tel./Fax: 049-5952881
E-mail: santinivicenza@libero.it

*Ricevuto il 18 dicembre 2001
Accettato l'11 febbraio 2002*

rotation, limited wrist and elbow motion and a cosmetic displeasure.

Preventing and reducing progression of deformity and functional impairment, remain paramount goals. The results were quite satisfactory in all patients.

Key words: multiple hereditary exostoses, multiple hereditary osteochondromata, ulnar lengthening, radial lengthening, Madelung deformity

INTRODUZIONE

Le malformazioni congenite dell'avambraccio costituiscono una patologia di raro riscontro, il cui trattamento, non sufficientemente standardizzato, può risultare complesso. L'inquadramento nosografico e la classificazione di queste deformità non è univoco. Nel nostro studio esse sono state classificate in:

a) *Forme congenite primitive*, cosiddette embrionarie, in cui la malformazione compare durante lo sviluppo fetale.

In questo ambito si collocano la *sinostosi radio-ulnare congenita*, la *lussazione congenita del capitello radiale*, le *emimelie parassiali o longitudinali parziali* (forme "omotipiche" e forme "eterotipiche")²², la *dimelia ulnare*, la *discondroosteosi* (sindrome di Leri-Weill), le *displasie mesomeliche* (nanismo mesomelico di Reinhart-Pleiffer e mesomelico tipo Leroy) e la *malattia di Madelung* (forma tipica, in cui l'epifisi distale dell'ulna è lussata dorsalmente, e forma atipica, in cui la lussazione distale dell'ulna è volare)⁸.

b) *Forme congenite secondarie*, in cui la deformità è conseguente a turbe di accrescimento secondarie ad altre patologia dello scheletro.

Le più frequenti sono la *malattia esostosante* e l'*encondromatosi*, in cui l'accrescimento delle formazioni osteocartilagine interferisce con il potenziale di crescita in allungamento del segmento osseo sede delle neoformazioni¹¹⁴.

c) *Forme acquisite* tra le quali ricorrono le lesioni *post-traumatiche*, *post-infettive*, *post-attiniche* e *iatrogene*. Nella loro estrema variabilità le diverse deformità, impongono strategie chirurgiche sovente personalizzate. Esse riconoscono comunque nella stessa esigenza di un'adequata correzione estetica e funzionale, il loro comune denominatore. Riportiamo di seguito la

nostra esperienza relativa a 4 casi di malformazioni di avambraccio, non omogenei per natura e quadro anatomico-radiografico, che ben rappresentano l'esigenza di modulare il trattamento chirurgico in funzione della poliedricità dei diversi quadri malformativi.

CASISTICA

Caso n. 1

B.D.: paziente di sesso femminile, portatrice di malattia esostosante multipla, giunta alla nostra osservazione all'età di 12 anni, dopo essere stata operata in altra sede, a 9 anni, di asportazione delle esostosi radiale, ulnare, femorale e tibiale sinistra.

All'esame obiettivo l'avambraccio sinistro appariva lievemente recurvato e varo, la mano deviata ulnarmente. Motilità del gomito: estensione completa, flessione 0-95°, pronazione e supinazione rispettivamente 0-60° e 0-70°. Motilità del polso: flesso-estensione completa, inclinazione radiale 0-10°, inclinazione ulnare 0-20°. Non erano presenti deficit vascolari e nervosi.

Lo studio radiografico evidenziava una ipoplasia ulnare distale, con aspetto a "baionetta" e sublussazione posteriore del capitello radiale omolaterale. Clinicamente l'aspetto più evidente della deformità era costituito da una antiestetica deviazione ulnare della mano mentre, a dispetto della lussazione del capitello radiale, la funzionalità del gomito era ritenuta adeguata dal paziente. Per tale motivo ci si limitava ad eseguire un intervento di osteotomia e progressivo allungamento dell'ulna con fissatore esterno di Wagner (completamento in 120 giorni; allungamento finale 4,8 cm).

Alla rimozione del fissatore si confezionava apparecchio gessato brachio-metacarpale per 20 giorni.

Al controllo dopo 3 anni la paziente non lamentava dolore a riposo né durante l'attività sportiva (era impegnata in una squadra dilettante di pallavolo). All'ispezione l'avambraccio si presentava in atteggiamento indifferente, senza deviazioni assiali sul piano frontale e sagittale; il polso era in asse. Motilità del gomito: estensione completa, flessione limitata a 100°. Al polso la flesso-estensione era normale, così come l'inclinazione ulnare, mentre l'inclinazione radiale era limitata a 20°; supinazione completa, pronazione 0-70°.

All'esame radiografico era ancora presente una minus variante ulnare di pochi millimetri.

Caso n. 2

F.M.: paziente di sesso femminile di anni 13, affetta da malattia di Madelung a sinistra (forma tipica). All'esame obiettivo il profilo anatomico della regione dorsale del polso appariva alterato per la prominenza sottocutanea dell'estremità distale dell'ulna. La mano era radializzata e l'articolazione del polso limitata in estensione (0-20°), supinazione (0-30°) e pronazione (0-40°). Radiograficamente si rilevava ipoplasia congenita distale di radio sinistro con superficie articolare carpica marcatamente orientata in senso volare ed ulnare; assente l'articolazione radio-ulnare distale. La filiera carpica prossimale si adattava alla deformità esibendo il caratteristico aspetto ogivale. La paziente veniva sottoposta ad osteotomia metafisaria radiale distale, con la quale veniva estemporaneamente corretta la deformità angolare. La successiva applicazione di fissatore esterno di Wagner in distrazione consentiva di allungare il radio di 1 cm sino a normalizzare i rapporti dell'articolazione radio-ulnare distale. Il fissatore veniva rimosso 3 mesi dopo l'intervento e sostituito con un gesso brachio-metacarpale per 30 giorni. La rieducazione funzionale consentiva il completo recupero della estensione del polso e della prono-supinazione (0-70°). Il controllo radiografico eseguito 2 anni dopo l'intervento, dimostrava rapporti articolari normalizzati ed un buon rimaneggiamento dell'osso neoformato.

Caso n. 3

R.A.: paziente di sesso maschile, di anni 13; anamnesi familiare negativa per malattie genetiche e malformazioni scheletriche. All'età di 6 anni ricovero per episodio meningitico, guarito senza esiti. Fin dalla prima infanzia i genitori hanno notato una progressiva deformità dell'avambraccio e della mano sinistra.

All'esame obiettivo la mano appariva deviata dorsalmente, con lussazione volare distale dell'ulna. La motilità del polso, pressoché completa in estensione, era limitata in flessione (0-60°), in pronazione (0-30°), supinazione (0-40°), in inclinazione ulnare (0-5°) e radiale (0-10°). Non erano presenti deficit neurovascolari.

La microsomia dell'avambraccio e della mano si associava ad un ipostaturismo (altezza 138 cm). Il caso è stato inquadrato nella sindrome di Leri-Weill^{2 13}. Si tratta di una discondroosteosi autosomica dominante, considerata rarissima nel maschio. Compare intorno i 7-10 anni ed è caratterizzata sul piano clinico da nanismo disarmonico (in età adulta 155 cm nell'uomo e 145 cm nella donna), con tronco normale e arti relativamente corti, varismo

delle ginocchia con sperone metafisario prossimale mediale di tibia (pure riscontrato nel nostro paziente), mentre il quoziente intellettivo non è intaccato. Tra le anomalie ossee dell'avambraccio, spicca la deformità del radio, che è particolarmente corto con epifisi prossimale appiattita, ipoplasica e talora assente.

L'esame radiografico standard evidenziava il grave sovvertimento dei rapporti articolari della radio-carpica, la lussazione volare dell'epifisi distale dell'ulna e la agenesia del capitello radiale con assenza della articolazione radio-ulnare prossimale.

Veniva eseguito intervento di osteotomia del radio al terzo distale, liberazione dell'articolazione radio-ulnare distale, riduzione della articolazione radio-carpica, e stabilizzazione mediante fili di Kirschner dell'osteotomia radiale e dell'ulna in giusta posizione sul carpo. La contenzione veniva affidata ad un apparecchio gessato brachio-metacarpale per 40 giorni ed antibrachio-metacarpale per altri 20 giorni. Alla rimozione del gesso si rimuovevano anche i fili di Kirschner.

Al controllo dopo 4 anni il paziente non lamentava dolore né a riposo né durante l'attività fisica scolastica; all'esame obiettivo l'avambraccio e la mano presentavano una lieve microsomia rispetto il controlaterale. La motilità del gomito era completa, mentre al polso si rilevava solo un lieve difetto di supinazione di (0-70°). Le inclinazioni radiale ed ulnare erano entrambe buone (0-20°). Il controllo radiografico, eseguito al termine dell'accrescimento scheletrico, non evidenziava recidive della lussazione distale dell'ulna, né della deviazione ulnare del carpo.

Caso n. 4

V.A.: paziente di sesso femminile, di 10 anni. Giunge alla nostra osservazione con il polso destro cifotico, con vistosa prominente sottocutanea della stiloide ulnare. L'articolazione del polso era limitata (flessione 0-20°, estensione 0-15°, supinazione 0-20°, pronazione 0-90°). L'avambraccio inoltre risultava 2 cm più corto rispetto il controlaterale. L'esame radiografico evidenziava grossolane alterazioni della morfologia delle ossa della filiera prossimale del carpo, ed un'area metafisaria radiale osteolitica, nel cui contesto erano visibili foci di ossificazione. La paziente veniva sottoposta ad esame bioptico, che evidenziava la natura encondromatosa della lesione.

Successivamente si eseguiva intervento di osteotomia correttiva radiale di estensione, sintetizzata con due fili di Kirschner. L'immobilizzazione in apparecchio gessato veniva protratta per due mesi. Il controllo radiografico

finale evidenziava una buona correzione della deformità. Esame obiettivo a 2 anni e 6 mesi: flessione 0-110°, estensione completa, supinazione completa, pronazione 0-90°.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Per quanto i 4 casi di ipoplasia asimmetrica di avambraccio presentati siano secondari a patologie diverse (rispettivamente malattia esostosante, malattia di Madelung, sindrome di Leri-Weill, encondroma del polso), è possibile ricondurli ad alcune considerazioni comuni.

La difficoltà del trattamento è strettamente correlata alla variabilità del quadro anatomico-patologico. Infatti, l'ipoplasia di uno dei due segmenti dell'avambraccio, radio e ulna, determina un'alterazione dei loro rapporti topografici, con deformità secondarie che vanno dalla mano torta alla perdita della curva pronatoria radiale e alla sublussazione o lussazione posteriore del capitello radiale. Allo stesso modo le articolazioni radio-cubitali prossimale e distale sono mal orientate o inesistenti (il piano che le congiunge è di norma perpendicolare all'asse di rotazione dell'avambraccio, sotteso tra il capitello radiale e l'epifisi distale dell'ulna).

Una significativa compromissione funzionale ed estetica si realizza soprattutto nella dismetria tra radio e ulna, quando eccedente il centimetro^{5 10 18}. Se la prono-supinazione risulta il movimento più frequentemente limitato, la lussazione posteriore del capitello radiale può compromettere la flessione-estensione del gomito, così come le deviazioni del polso determinano una ipovalidità dei muscoli della mano.

Le cause di dolore più frequentemente segnalate in letteratura sono: l'impingement carpale sul nervo ulnare, l'instabilità articolare radio-carpica, la sofferenza del nervo mediano e la sinovite dei tendini flessori nella dislocazione volare del carpo. Il dolore è risultato comunque assente nella nostra casistica.

Il fine ultimo del trattamento chirurgico di queste malformazioni è ottenere una adeguata correzione estetica e funzionale che risulti stabile nel corso dell'accrescimento. Questo obiettivo viene di regola perseguito normalizzando la dismetria e gli alterati rapporti articolari. La correzione delle dismetrie dell'avambraccio è stata raramente incoraggiata in passato, e solo occasionalmente proposta per le differenze di lunghezza tra radio e ulna ipsilaterali^{7 20}.

Ad esempio, venivano proposti interventi demolitivi quali l'escissione dell'epifisi distale dell'ulna, nei casi di

completa perdita della prono-supinazione^{10 18}. Attualmente, la resezione ossea appare più giustificata quando non comporta il sacrificio di unità articolari, ma è limitata alla sola asportazione del tessuto patologico, causa primitiva della deformità¹⁵.

Tra le possibili soluzioni chirurgiche proposte, alcune mirano a prevenire l'aggravamento della deformità (escissione dell'encondroma o dell'esostosi ed emiepifisiodesi, particolarmente nel morbo di Ollier o nella malattia esostosante), altre si propongono di ottenerne la correzione^{18 22}.

A tale scopo le metodiche tradizionali consistono in osteotomie di direzione e di allungamento eseguite in un unico tempo chirurgico. La correzione d'embélé comporta alcuni svantaggi quali: 1) la scarsa possibilità di correggere gravi dismetrie, a causa della limitata tolleranza alla distrazione delle strutture vasculo-nervose; 2) l'impossibilità di eseguire modifiche della correzione in tempi successivi all'intervento^{9 12}. Tali inconvenienti possono essere superati con la fissazione esterna, tecnica in principio utilizzata solo per segmenti lunghi maggiori (omero, femore, tibia), ma che più di recente viene impiegata anche a livello dell'avambraccio^{6 20 24 25}.

Nella nostra esperienza il trattamento chirurgico è stato pianificato caso per caso cercando di coniugare una invasività minima (non sono mai state eseguite resezioni articolari), con il miglior risultato estetico e funzionale.

Ad esempio nei casi n. 2 e 3, la resezione dell'epifisi distale ulnare avrebbe comportato il sacrificio della fisi, che da sola è responsabile dell'85% dello sviluppo in lunghezza dell'ulna, e l'inevitabile esito in una dismetria residua²¹. Ancora nel caso n. 3 l'asportazione dell'epifisi ulnare distale in presenza dell'agenesia del capitello radiale, avrebbe comportato una instabilità radio-carpica difficilmente quantificabile. Nel caso n. 1 invece, l'iniziale asportazione della lesione esostosante, eseguita in età precoce, non è stata da sola sufficiente a prevenire la dismetria e la progressione della deformità. In presenza di ipoplasia asimmetrica di avambraccio, riteniamo quindi che la rimozione dell'esostosi o dell'encondroma dovrebbe essere di regola associata ad una osteotomia correttiva e/o all'eventuale allungamento del segmento ipoplasico. Altri Autori^{3 10} hanno evidenziato come la escissione della lesione patologica, eseguita al termine dell'accrescimento scheletrico, offra migliori garanzie contro la recidiva. Tuttavia, la scelta di associare resezione e allungamento prima del termine dell'accrescimento scheletrico, permette di sfruttare l'effetto morfogenetico sull'articolazione.

zione distale al segmento interessato (come è avvenuto nel polso del paziente n. 1, con ottimo risultato anatomico e radiografico).

Riguardo la scelta del mezzo di fissazione in corso di allungamento, concordiamo con altri Autori^{6 18} sull'uso del fissatore esterno monoassiale, che unisce doti di semplicità e versatilità. Il tempo di formazione ed ossificazione del rigenerato da noi registrato (120 giorni per l'ulna e 90 giorni per il radio) è risultato in linea con la letteratura^{11 24 25}. Negli ultimi anni per il trattamento delle dismetrie si è imposta la tecnica di Ilizarov^{24 25} che presenta il vantaggio di una estrema versatilità: la configurazione circolare dell'apparato si adatta all'allungamento e alla correzione simultanea delle deformità a più livelli e su tutti i tre piani dello spazio; inoltre l'uso dei fili di Kirschner mette al riparo da eventuali fratture iatrogene provocate dall'infissione delle tradizionali fiches degli altri fissatori esterni.

Tuttavia, l'impiego del fissatore di Ilizarov nell'avambraccio è gravato da alcune problematiche: è richiesta una certa dimestichezza dell'operatore con la "filosofia" dell'impianto, la curva di apprendimento è lenta, l'ingombro dell'apparato è maggiore, vi è una certa difficoltà nel nursing del paziente^{14 20 21}. Inoltre la complessità delle alterazioni anatomiche comporta un maggiore rischio di danneggiamento delle strutture vasculonervose ad opera dei fili trapassanti^{17 19}.

Per quanto riguarda il problema della recidiva della deformità, l'età migliore per intervenire sembra compresa tra i 12 e i 14 anni. Tuttavia alcune particolari condizioni quali la lussazione o sublussazione del capitello radiale e la strutturazione ossea della lesione, soprattutto a livello del polso, possono richiedere un trattamento anche più precoce. La recidiva scaturisce dalla alterazione del potenziale di crescita delle cartilagini di coniugazione ed è quindi per certi aspetti ineluttabile quando il trattamento è molto precoce. Dal Monte⁶ riporta a distanza di 1-3 anni una recidiva parziale della deformità in 4 casi su 7 di allungamenti di ulna e la tendenza alla recidiva è risultata inversamente proporzionale all'età del paziente al momento del trattamento.

La recidiva era più probabile quanto più elevato il grado di correzione della deformità. Tuttavia a nostro parere queste riserve non giustificano a priori l'astensione dalla correzione chirurgica in età giovanile, quando la deformità è tale da compromettere gravemente l'estetica e la funzione. Peraltro, il ripristino di una accettabile congruenza articolare sia a livello del gomito che del polso, costituisce un elemento in grado di limitare il rischio di recidiva.

La strutturazione della deformità articolare al gomito comporta quasi sempre una deformità in valgo a causa della "insufficienza" del capitello radiale. Al polso invece si riscontra la deformità del complesso radio-carpico, caratterizzato dalla deformità ed incongruenza del massiccio carpale.

In presenza di segni di strutturazione ossea, la correzione chirurgica diventa tanto più imperativa, quanto minore è l'età del paziente e quindi più alto il potenziale di aggravamento della lesione.

L'eziologia della malattia invece riveste un ruolo di secondo piano dal punto di vista prognostico. Infatti le manifestazioni cliniche delle diverse patologie considerate possono essere eterogenee, così come il deficit funzionale e il danno estetico. In conclusione, le malformazioni congenite dell'avambraccio, siano esse primitive che secondarie, richiedono quasi sempre la correzione chirurgica. La sua programmazione deve però essere estremamente personalizzata in funzione di tutte le variabili precedentemente considerate. Per le deformità meno gravi può essere sufficiente ricorrere all'intervento di osteotomia e al tradizionale apparecchio gessato. Nei casi più impegnativi, gravati da dismetria e deformità rilevante, è preferibile ricorrere alla fissazione esterna, che permette contemporaneamente di correggere vizi di orientamento e consente, se necessario l'allungamento del segmento osseo interessato dalla malformazione. Riguardo la scelta del fissatore, riteniamo indicato il fissatore monoassiale nelle dismetrie di un solo segmento, mentre quello circolare di Ilizarov trova impiego nelle forme in cui vi è un coinvolgimento multiplanare sia del radio che dell'ulna.



Fig. 1. (B.D.) aspetto radiografico dell'avambraccio con lussazione del capitello radiale e minus variante di ulna.

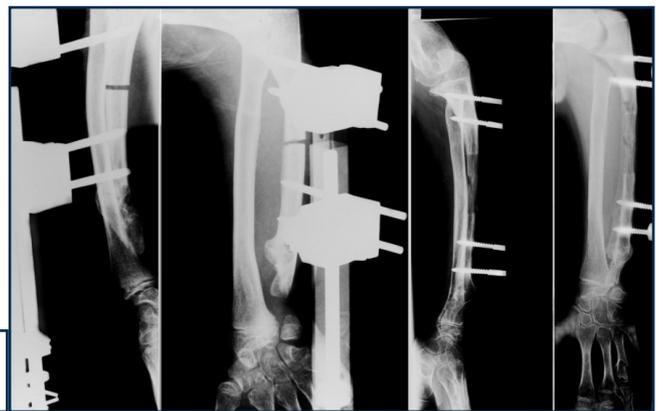


Fig. 2. (B.D.) controllo radiografico post-operatorio, con applicazione del fissatore e osteotomia ulnare, e alla fine della distrazione con l'osso rigenerato.



Fig. 3. (B.D.) controllo radiografico a distanza con particolare dell'articolazione radio-carpica.



Fig. 4. (F.M.) quadro radiografico pre-operatorio di malattia di Madelung (forma tipica).



Fig. 5. (F.M.) controllo radiografico in corso di distrazione dopo osteotomia metafisaria di radio e applicazione dl fissatore esterno.



Fig. 6. (F.M.) controllo radiografico a fine accrescimento con ottimo ripristino dei rapporti dell'articolazione radio-ulnare distale e radio-carpica.



Fig. 7. (R.A.) radiografia pre-operatoria che evidenzia l'ipoplasia radiale con la displasia dell'epifisi prossimale.



Fig. 8. (R.A.) controllo post-operatorio in apparecchio gessato e alla rimozione dei fili di Kirschner.



Fig. 9. (R.A.) controllo radiografico a distanza di un anno.

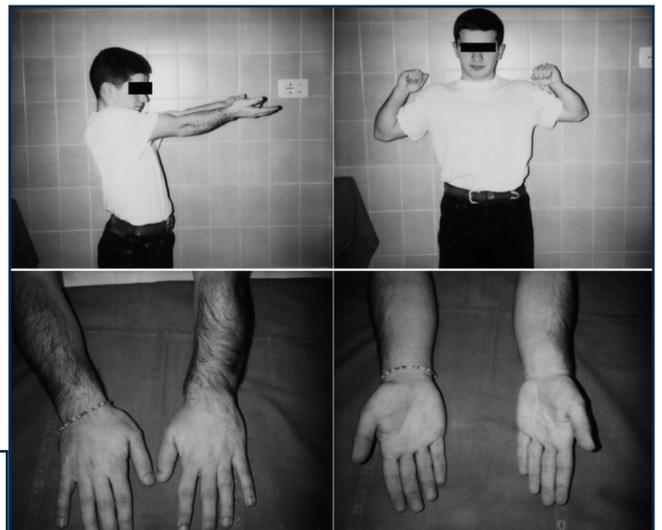


Fig. 10. (R.A.) controllo clinico della motilità del gomito e del polso al follow-up a fine accrescimento.



Fig. 11. (V.A.) quadro radiografico pre-operatorio con la lesione osteolitica distale di radio.



Fig. 12. (V.A.) controllo radiografico post-operatorio con osteotomia radiale e innesto osseo auto-plastico prelevato dalla cresta iliaca.



Fig. 13. (V.A.) controllo radiografico prima della rimozione dei fili di Kirschner.



Fig. 14. (V.A.) controllo clinico della motilità di gomito e polso al follow-up.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Andrisano A, Ercolani C, Fabbri F, Grajcer R. *La malattia esostosante dell'avambraccio*. Riv Ital Ortop Traumat Pediatr 1995;2:295-303.
- ² Beals RK, Lovrien EW. *Dyschondrosteosis and Madelung's deformity*. Clin Orthop 1976;116:24-8.
- ³ Bock GW, Reed MH. *Forearm deformities in multiple cartilaginous exostoses*. Skeletal Radiol 1991;20:483-6.
- ⁴ Bora FW, Nicholson JT, Cheema M. *Radial meromelia*. J Bone Joint Surg 1970;5:966-79.
- ⁵ Burgess RC, Cates H. *Deformities of the forearm in patients who have multiple cartilaginous exostosis*. J Bone Joint Surg 1993;1:13-8.
- ⁶ Dal Monte A, Andrisano A, Capanna R. *L'allungamento dell'ulna e del radio nelle ipoplasie asimmetriche dell'avambraccio*. Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 1980;6:323-36.
- ⁷ Dick HM, Petzoldt RL, Bowser WR. *Lengthening of the ulna in radial agenesis. A preliminary report*. J Hand Surg 1977;2A:175-8.
- ⁸ Farsetti P, Caterini R, Tudisco C, Potenza V. *La malattia di madelung. Studio clinico-radiografico di cinque casi*. Giornale Italiano di Ortopedia e Traumatologia 1995;4:449-61.
- ⁹ Fernandez DL. *Correction of post-traumatic wrist deformity in adults by osteotomy, bone grafting, and internal fixation*. J Bone Joint Surg 1982;64A:1164-78.
- ¹⁰ Fogel GR, Mc Elfresh EC, Peterson HA, Wicklund PT. *Management of deformities of the forearm in multiple hereditary osteochondromas*. J Bone Joint Surg 1984;66A:670-80.
- ¹¹ Irani RN, Petrucelli RC. *Ulnar lengthening for negative ulnar variance in hereditary multiple osteochondromas*. J Pediatr Orthop 1992;12:143-7.
- ¹² Jupiter JB, Masem M. *Reconstruction of post-traumatic deformity of the distal radius and ulna*. Hand Clin 1988;4:372-90.
- ¹³ Leri A, Weill J. *Une affection congenitale et symetrique du developpement osseux: la dyschondrosteose*. Bull Mem Soc Med Hop Pris 1929;53:1491-3.
- ¹⁴ Manzotti A, Memeo A. *Il trattamento chirurgico della malattia esostosante a carico dell'avambraccio*. Min Ortop Traumat 1996;12:663-7.
- ¹⁵ Nielsen JB. *Madelung's deformity. A follow-up study of 26 cases and review of the literature*. Acta Orthop Scandinavica 1977;48:379-84.
- ¹⁶ Ogden JA, Watson HK, Bohne W. *Ulnar dysmelia*. J Bone Joint Surg 1976;4:467-75.
- ¹⁷ Paley D. *Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique*. Clin Orthop 1990;250:81-104.
- ¹⁸ Peterson HA. *Deformities and problems of the forearm in children with multiple hereditary osteochondroma*. J Pediatr Orthopaedics 1994;14:92-100.
- ¹⁹ Porat S. *Nerve complications in Ilizarov application in upper and lower limbs*. In Abstracts of E.P.O.S. Meeting in Montpellier 2001:116-7.
- ²⁰ Pritchett JW. *Lengthening of the ulna in patients with hereditary multiple exostoses*. J Bone Joint Surg 1986;68B:561-5.
- ²¹ Pritchett JW. *Growth plate activity in the upper extremity*. Clin Orthop 1991;268:235-42.
- ²² Rao SB, Roy DR. *Dysplasia epiphysealis hemimelica; upper limb involvement with associated osteochondroma*. Clin Orthop 1994;307:103-9.
- ²³ Swanson AB. *Severe congenital malformations of the upper limb: consideration for classification and treatment*. Ann Chir 1975;29:433-62.
- ²⁴ Tetsworth K, Krome J, Paley D. *Lengthening and deformity correction of the upper extremity by the Ilizarov technique*. Orthop Clin North Am 1991;4:689-712.
- ²⁵ Villa A, Paley D, Catagni M. *Lengthening of the forearm by the Ilizarov technique*. Clin Orthop 1990;250:125-37.