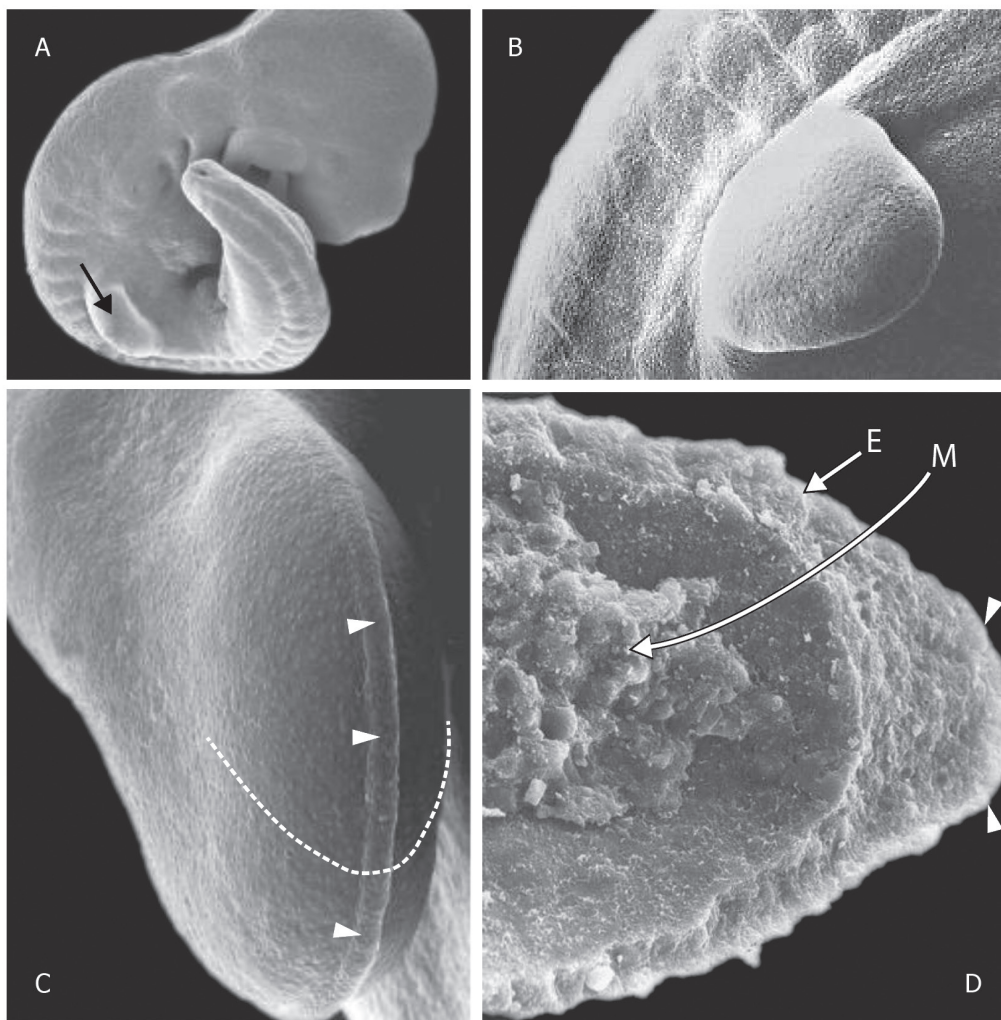


**Figura 20.1** Cronologia dello sviluppo degli arti.

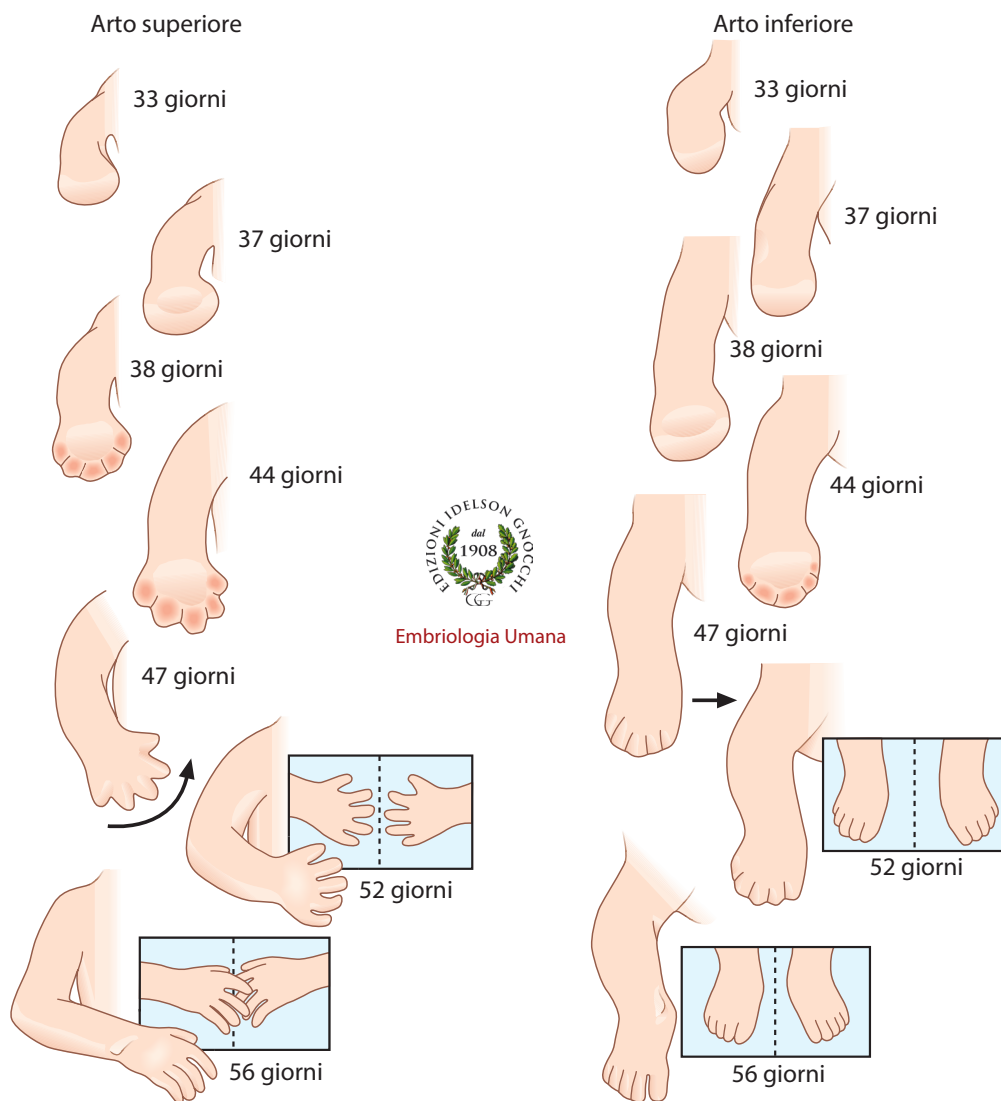
Le frecce a destra indicano la progressione temporale e spaziale (da prossimale a distale) dello sviluppo di alcune componenti.



Embriologia Umana

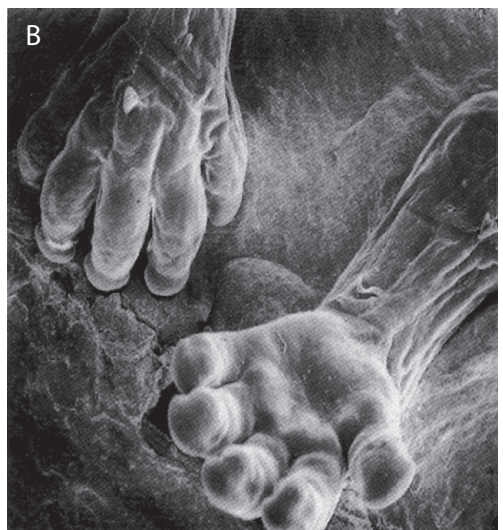
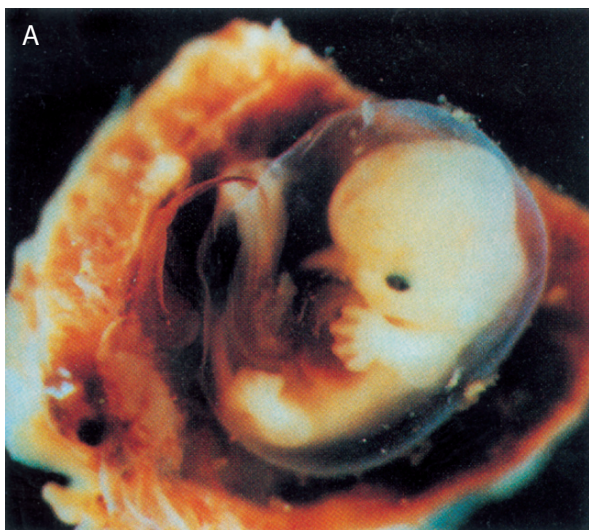
**Figura 20.2** *Abbozzi degli arti.*

A) Embrione con una gemma dell'arto superiore appena formata (freccia). B) A 29 giorni la gemma ha la forma di una pinna. C) A 32 giorni è visibile la cresta ectodermica apicale (punte di freccia). D) La gemma, sezionata attraverso il piano indicato dalla linea tratteggiata in C, presenta un asse mesenchimale (M) rivestito da ectoderma (E). Le punte di freccia indicano la cresta ectodermica apicale.



**Figura 20.3** Schema delle fasi di sviluppo degli arti.

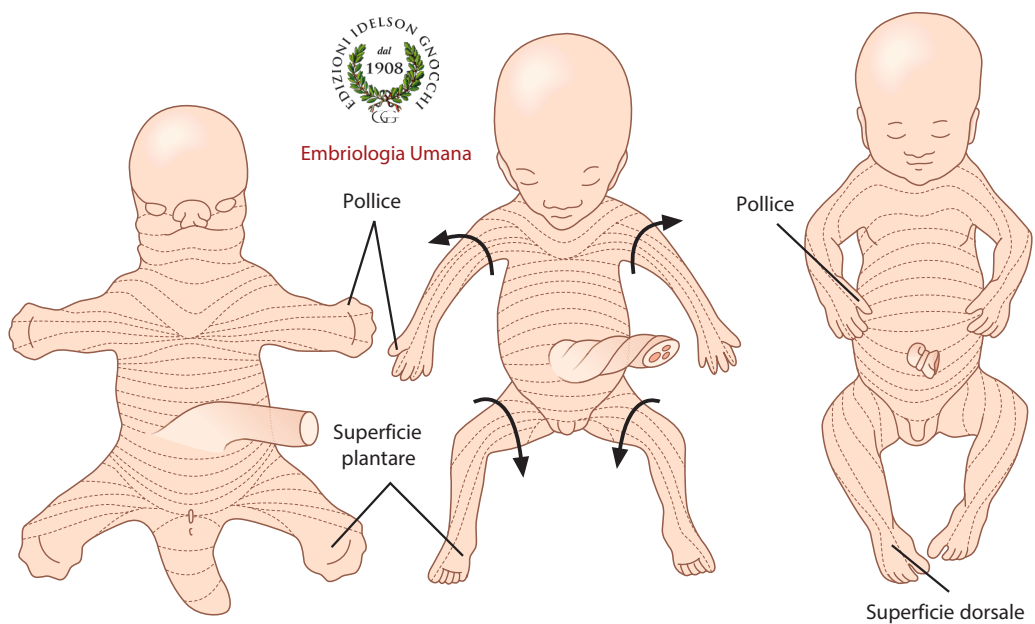
Lo sviluppo degli arti si verifica tra la 5<sup>a</sup> e l'8<sup>a</sup> settimana, e l'arto inferiore segue di qualche giorno quello dell'arto superiore. Lo sviluppo dei diversi segmenti si accompagna al processo di rotazione.



**Figura 20.4** *Sviluppo della mano.*

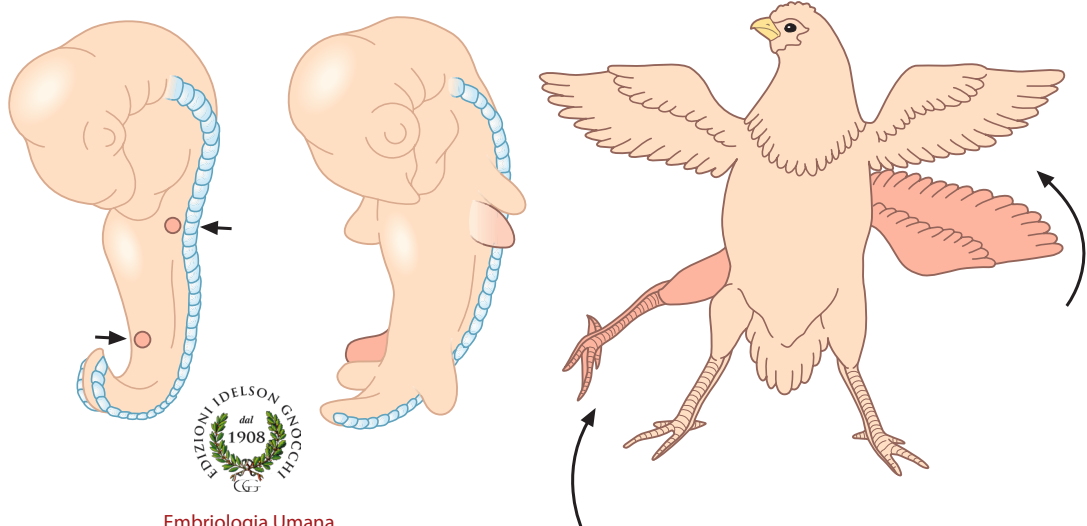
Embriologia Umana

A) A 7 settimane si distinguono le dita. B) A 8 settimane si riconoscono i polpastrelli.



**Figura 20.5** *Rotazione degli arti.*

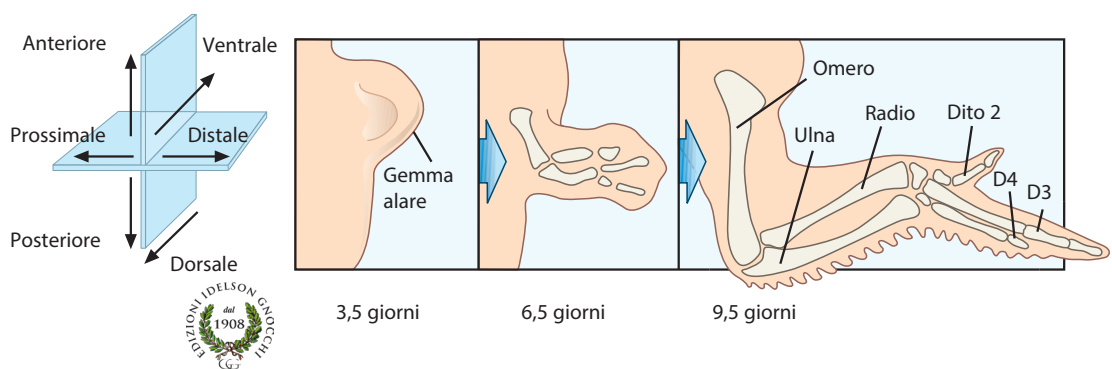
Il processo, che si verifica tra la 6ª e l'8ª settimana, è descritto nel testo. I territori cutanei di innervazione (dermatomeri) all'inizio seguono lo schema segmentale. Con lo sviluppo e la rotazione degli arti assumono un andamento a spirale ed alcuni diventano più ampi degli altri.



Embriologia Umana

**Figura 20.6** Ruolo degli FGF nel controllo dello sviluppo degli arti.

L'applicazione sperimentale di FGF10 nei punti indicati dalle frecce provoca la comparsa di arti soprannumerari, la cui morfologia dipende dal livello cranio-caudale di applicazione del fattore. Ulteriori dettagli nel testo.

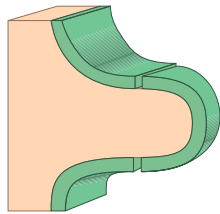


Edizioni Idelson Gnocchi  
dal 1908  
Embriologia Umana

**Figura 20.7** Assi di simmetria negli arti in via di sviluppo.

Gli arti si sviluppano secondo tre assi di simmetria: prossimo-distale; dorso-ventrale; antero-posteriore. Nella specie umana, le dita (dal 1° al 5°) si sviluppano lungo l'asse antero-posteriore. Lo schema, tuttavia, raffigura l'abbozzo di ala di embrione di pollo, che ha solo tre dita.

Gemma di un'ala di qualsiasi età

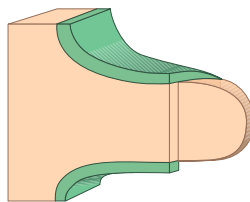
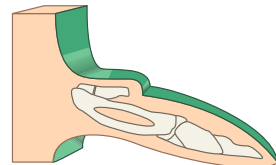


Cappuccio ectodermico



Gemma alare  
composita

Ala composta solo  
da elementi distali



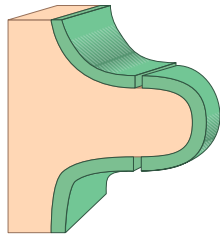
Gemma di  
un'ala di età  
avanzata

Asse  
mesodermico  
distale, formatosi  
tardi



Embriologia Umana

Gemma di un'ala di qualsiasi età

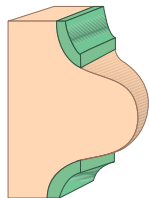
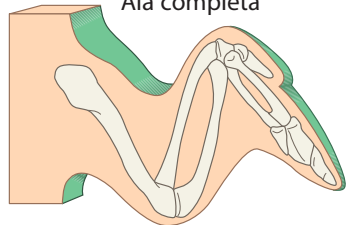


Cappuccio ectodermico



Gemma alare  
composita

Ala completa



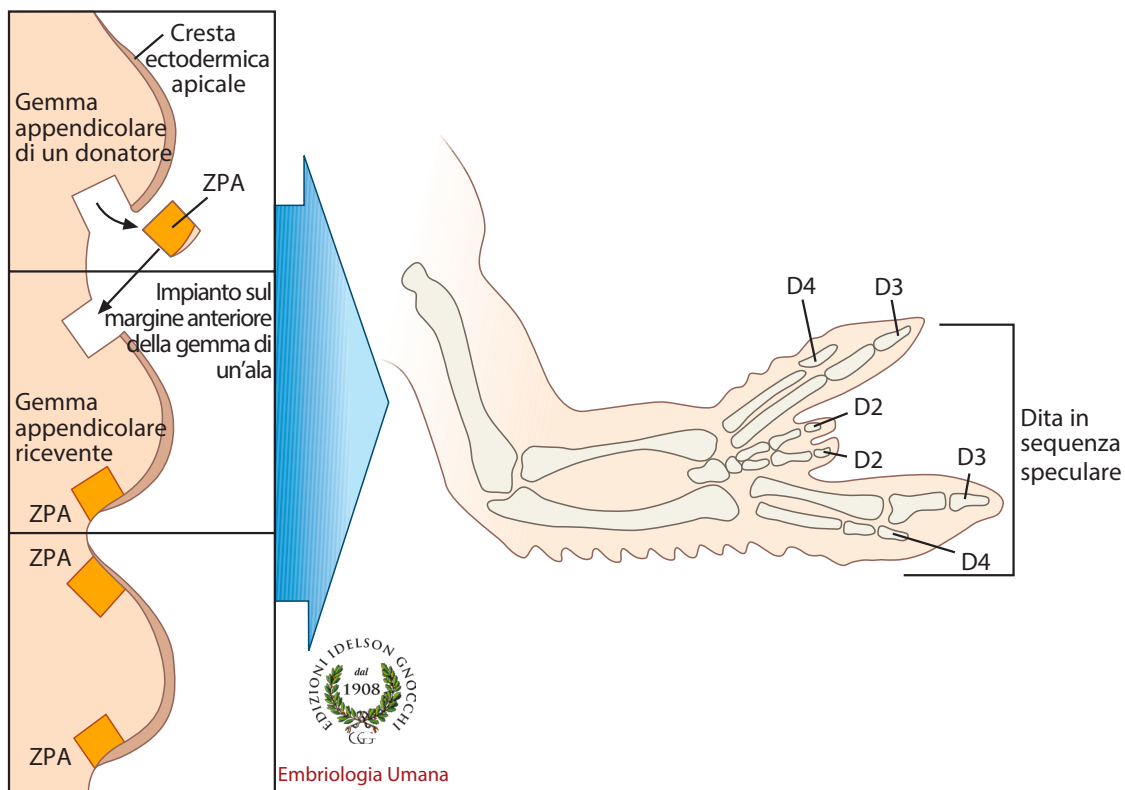
Gemma di  
un'ala di età  
precoca

Asse  
mesodermico  
formatosi  
precocemente

**Figura 20.8** Ruolo della cresta ectodermica e dell'asse mesodermico in esperimenti su embrione di pollo.

Schema di esperimenti su embrione di pollo che dimostrano il ruolo della AER e dell'asse mesodermico nello sviluppo dell'ala. La AER induce sempre lo sviluppo prossimo-distale dell'arto. Ma la associazione di ectoderma a mesoderma consente lo sviluppo completo dell'arto solo se il mesoderma è "precoca" (in basso nella figura). La presenza di mesoderma in uno stadio avanzato preclude lo sviluppo delle strutture prossimali, ma non di quelle distali dell'arto (parte alta della figura).

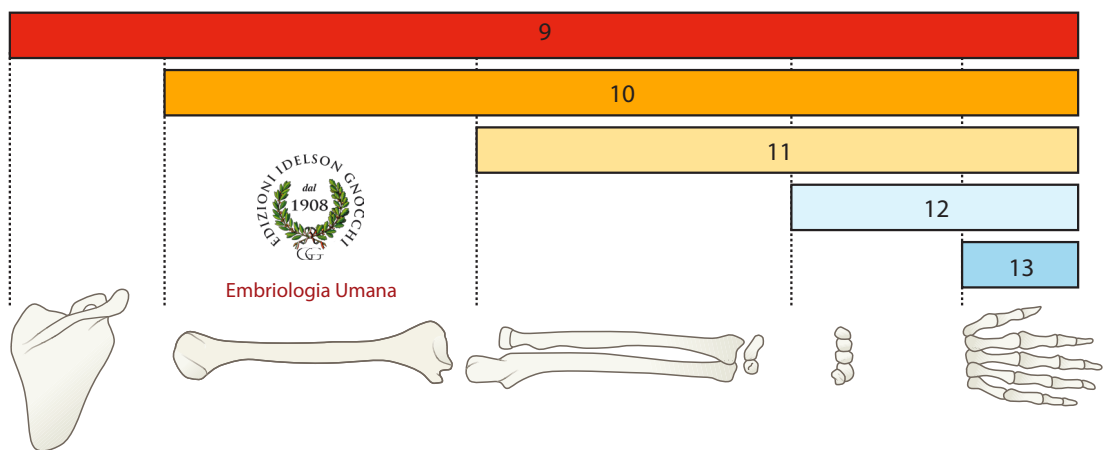




**Figura 20.9** Schema di esperimenti di trapianto di ZPA.

Il trapianto di una ZPA nella regione anteriore della gemma dell'arto induce lo sviluppo di una polidattilia speculare. Lo stesso effetto si ottiene applicando il fattore SHH nella stessa area.





**Figura 20.11** Schema dell'espressione dei geni *HOXD* in rapporto ai segmenti definitivi dell'arto superiore. Nel braccio, *HOXD9* è espresso nell'intero abbozzo, a partire dalla scapola. L'espressione dei successivi paraloghi è progressivamente limitata a segmenti più distali, tanto che *HOXD13* è espresso solo a livello del metacarpo e delle falangi.

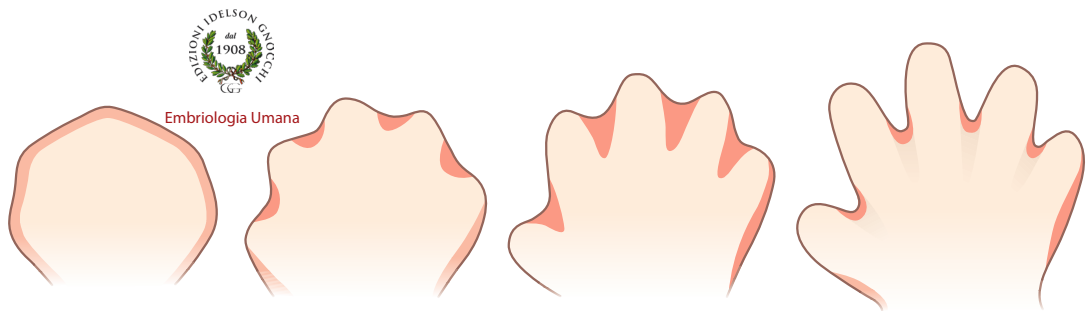


EDIZIONI IDELSON GIACCHI  
dal  
1908  
Embriologia Umana



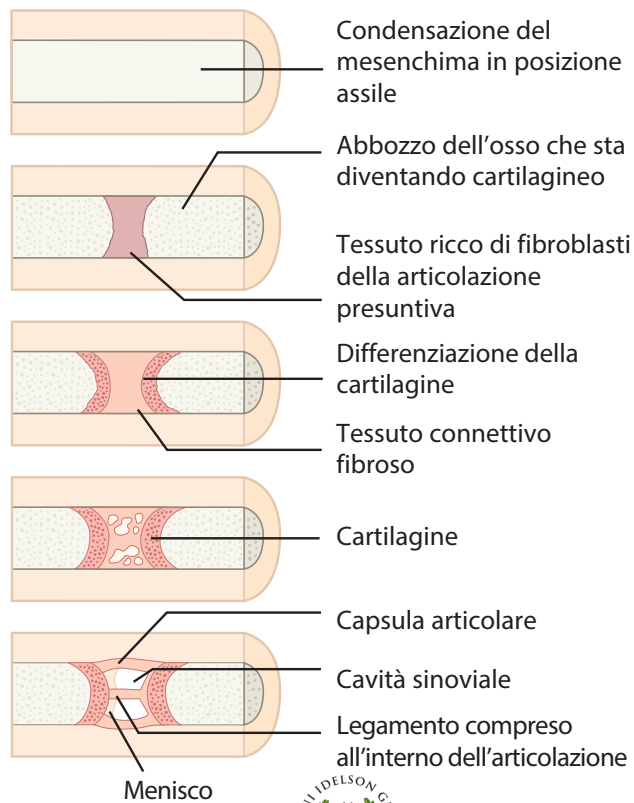
**Figura 20.12** Mano di un paziente omozigote per mutazioni di *HOXD13*.

Notare la sindattilia delle tre dita "posteriori", la brevità dei metacarpi (stelle), la brevità delle falangi intermedie e la presenza di due ossa carpali soprannumerarie (asterischi). Il radio, l'ulna e la fila prossimale delle ossa del carpo sono normali.



**Figura 20.13** *L'allungamento dei raggi digitali e l'apoptosi del mesenchima interdigitale determinano la comparsa delle dita.*

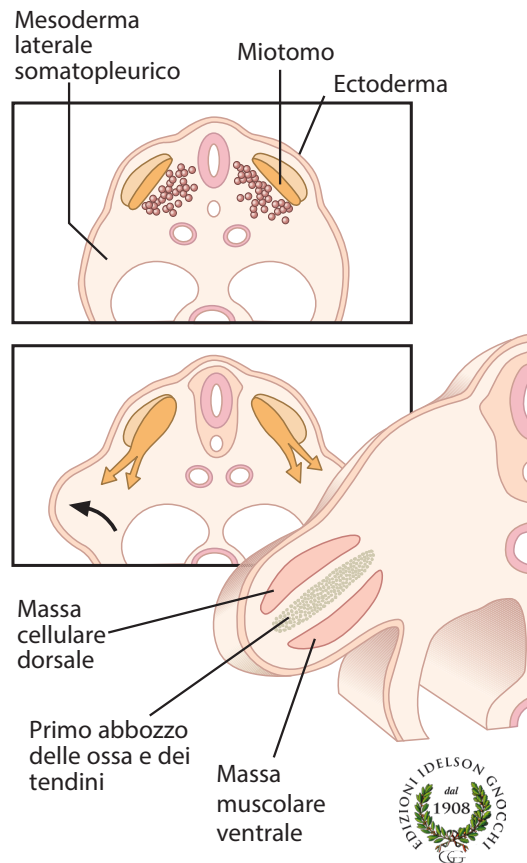
Dettagli nel testo.



Embriologia Umana

**Figura 20.14** *Formazione delle articolazioni.*

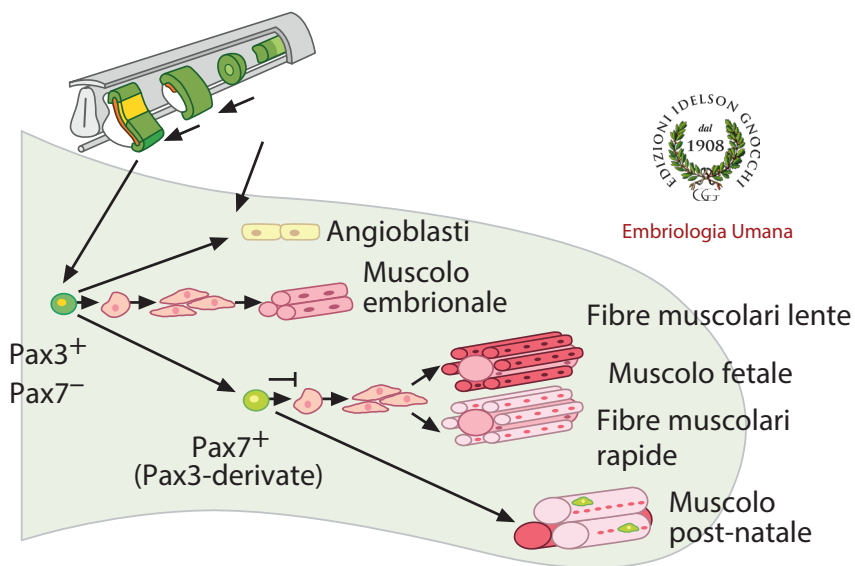
La cartilagine, i legamenti e la capsula articolare si sviluppano dalle interzone.



Embriologia Umana

**Figura 20.15** *Formazione dei muscoli degli arti.*

Dalla regione ipoassiale del dermomiotomo migrano premioblasti che formano negli abbozzi degli arti due masse muscolari. La massa dorsale dà origine ai muscoli estensori, supinatori ed abduttori. La massa ventrale dà origine ai muscoli flessori, pronatori e adduttori.



**Figura 20.16** Eventi della miogenesi negli arti.

La miogenesi negli arti si basa sulla migrazione dai somiti di cellule PAX3<sup>+</sup>. Queste sono responsabili della formazione delle fibre muscolari embrionali. Altre cellule di derivazione somitica attivano l'espressione di PAX7, dando origine alle fibre muscolari fetali. Alcune cellule (PAX3<sup>-</sup>, PAX7<sup>+</sup>) diventano cellule satelliti del tessuto muscolare adulto.