

# Embriologia e anatomia generale del sistema nervoso periferico



# 1

Cinzia Marinaro, Maurizio Iocco

## 1.1. SVILUPPO EMBRIONALE DEL SISTEMA NERVOSO PERIFERICO

### Anatomia del Sistema Nervoso Periferico

Il neurasse è connesso con la periferia mediante il Sistema Nervoso Periferico (SNP) in cui si distinguono la componente somatica, costituita dai nervi somatici motori e sensitivi, e la componente viscerale, costituita dai nervi simpatici e parasimpatici. Tenendo in considerazione la loro origine, i nervi sono distinti in:

- 12 paia di nervi cranici;
- 33 paia di nervi spinali.

### Sviluppo embrionale del SNP

La formazione del sistema nervoso inizia durante la terza settimana di gestazione da un ispessimento dell'ectoderma embrionale che determina la formazione della *placca neurale*. A seguire, lungo la linea mediana della placca neurale si forma una scanalatura longitudinale delimitata da due pieghe neurali. Le pieghe neurali vanno quindi incontro a fusione che, procedendo in direzione craniale e caudale, converte gradualmente la placca neurale

in *tubo neurale*, che si troverà quindi sotto la superficie dell'ectoderma, processo definito di *neurulazione*.<sup>1</sup>

Le pareti del tubo neurale neoformato sono costituite da *cellule neuroepiteliali*. Tali cellule sono costituite da due lunghi prolungamenti assonali ed un corpo cellulare che modifica la propria posizione lungo l'asse neuronale a seconda della fase del ciclo cellulare. Tale morfologia ne permette l'estensione lungo tutto lo spessore del tubo andando a formare uno strato epiteliale pseudostratificato chiamato *neuroepitelio*. Il neuroepitelio andrà a rivestire i futuri ventricoli e il canale centrale midollare.<sup>2</sup>

Al termine della chiusura del tubo neurale, le cellule neuroepiteliali danno origine alla cellula nervosa primitiva chiamata *neuroblasto*. La proliferazione dei neuroblasti sarà responsabile della formazione di un primo strato attorno al neuroepitelio, chiamato *strato mantellare*. Man mano che i neuroblasti nello strato del mantello si sviluppano in neuroni maturi con processi citoplasmatici, questi processi si estendono perifericamente per formare lo strato più esterno chiamato *strato marginale*.

Lo strato marginale, in seguito alla mielinizzazione delle fibre nervose, assumerà un



aspetto biancastro e andrà a costituire la sostanza bianca del midollo spinale. Lo strato mantellare formerà invece la sostanza grigia.

Come risultato della continua aggiunta di neuroblasti allo strato del mantello, ciascun lato del tubo neurale va incontro ad un ispessimento ventrale e dorsale.

L'ispessimento ventrale, chiamato *lamina basale*, contiene le cellule ventrali motrici e forma le aree motorie del midollo spinale; l'ispessimento dorsale, chiamata *lamina alare*, forma le aree sensoriali. Una scanalatura longitudinale, definito *solco limitante*, segna il confine tra le due lamine.

Un gruppo di neuroni si accumula tra le due aree e determina la formazione di un piccolo corno intermedio contenente i neuroni della porzione simpatica del sistema nervoso autonomo, presente solo a livello toracico (T1-T12) e lombare superiore (L2 o L3).

Durante la formazione delle pieghe neurali, lungo ciascun margine della doccia neurale compare un gruppo di cellule di origine ectodermica che migra lateralmente, le *cellule della cresta neurale*. Tali cellule si allontanano dal neuroectoderma mediante migrazione attiva e subiscono una transizione epitelio-mesenchimale per entrare nel mesoderma sottostante. Il destino di tali cellule dipende dalla tipologia di migrazione cui vanno incontro: le cellule che migrano dorsalmente attraverso il derma ed entrano nell'ectoderma attraverso i fori nella lamina basale formeranno i melanociti; le cellule che migrano per via rostrale attraverso la metà anteriore di ogni somite diventeranno gangli sensoriali, neuroni enterici e simpatici, cellule di Schwann e cellule della midollare del surrene.<sup>3</sup>

### Sviluppo degli assoni periferici

Le *fibre nervose motorie* iniziano ad apparire dal 28° giorno di sviluppo embrionale, deri-

vando dai corpi delle cellule nervose presenti nelle placche basali del midollo spinale. Queste fibre si raccolgono in fasci noti come radici del nervo ventrale o radici motorie.

Le radici nervose dorsali invece trasportano *fibre sensoriali* originate da corpi di cellule nervose posizionate al di fuori del midollo spinale, più specificatamente nei gangli delle radici dorsali (detti anche gangli spinali) a loro volta derivanti da cellule della cresta neurale. I processi di questi gangli formano fasci che entrano nelle corna dorsali del midollo spinale.

I motoneuroni centrali entrano quindi in connessione con motoneuroni secondari che raggiungeranno i muscoli scheletrici in via di sviluppo attraverso le radici ventrali o i nervi cranici motori, formando giunzioni neuromuscolari. I motoneuroni che non riescono a stabilire tale contatto vanno incontro a morte.<sup>2</sup>

Le cellule gangliari della radice dorsale sono invece neuroni pseudounipolari in cui un processo assonale periferico è associato a cellule recettrici sensoriali semplici o complesse e un processo assonale centrale si estende nel sistema nervoso centrale per formare connessioni con neuroni sensoriali secondari.

Gli assoni centrali pregangliari escono dalle radici ventrale e terminano sulle cellule del ganglio simpatico nella catena simpatica o nei gangli collaterali o sui gangli intramurali parasimpatici vicino agli organi innervati.

Gli assoni post-gangliari formano connessioni con i tessuti bersaglio.

### Processo di mielinizzazione

Le cellule di Schwann sono responsabili del processo di mielinizzazione dei nervi periferici. Queste cellule originano dalla cresta neurale, migrano perifericamente e si avvolgono attorno agli assoni, formando la guaina del neurilemma. A partire dal quarto mese di vita intrauterina, ogni singola cellula di Schwann



avvolge ripetutamente la propria membrana cellulare attorno all'assone di una fibra nervosa periferica, conferendogli così un aspetto biancastro.<sup>1</sup> Il citoplasma si avvolge attorno ad un segmento longitudinale di 0,5-1 mm con andamento spirale formando delle lamelle. La membrana citoplasmatica è costituita da colesterolo, cerebrosidi, proteolipidi, sfingomieline, glicolipidi e glicoproteine a formare la *guaina mielinica*.<sup>4</sup>

### Cambiamenti di posizione del midollo

Nel terzo mese di sviluppo embrionale, il midollo spinale si estende per l'intera lunghezza dell'embrione e i nervi spinali passano attraverso il forame intervertebrale corrispondente al loro livello di origine. Con il progredire delle fasi di sviluppo, tuttavia, la colonna vertebrale e la dura si allungano più rapidamente del tubo neurale e l'estremità terminale del midollo spinale si sposta gradualmente a un livello superiore. Alla nascita, questa estremità è a livello della terza vertebra lombare. Come risultato di questa crescita sproporzionata, le radici dorsale e ventrale dei nervi spinali scorrono obliquamente dal loro segmento di origine nel midollo spinale al livello corrispondente della colonna vertebrale dove le radici appropriate si uniscono per formare i nervi spinali<sup>5</sup>.

### Somitogenesi

Nelle fasi iniziali di sviluppo embrionale le cellule dello strato germinale mesodermico formano uno strato sottile di tessuto posto su ciascun lato della linea mediana. A partire dal 17° giorno, tuttavia, le cellule vicine alla linea mediana proliferano e formano un ispessimento noto come *mesoderma parassiale*.

All'inizio della terza settimana, il mesoderma parassiale è organizzato in segmenti,

noti come *somitomeri*, costituiti da cellule mesodermiche disposte in spirali concentriche. Nella regione della testa, la formazione dei somitomeri avviene in associazione alla segmentazione della placca neurale con la creazione dei *neuromeri* che contribuiranno alla costituzione del mesenchima nella testa. Caudalmente alla regione occipitale, i somitomeri si organizzano ulteriormente in *somiti*. La prima coppia di somiti compare nella regione occipitale dell'embrione intorno al 20° giorno di sviluppo. A partire da questo momento, nuovi somiti compaiono in sequenza cranio-caudale ad una velocità di circa tre paia di somiti al giorno fino a quando, alla fine della quinta settimana, sono presenti da 42 a 44 coppie di somiti. Si formano così 4 coppie di somiti occipitali, 8 cervicali, 12 toraciche, 5 lombari, 5 sacrali e 8-10 coccigee. La prima coppia occipitale e gli ultimi 5-7 somiti coccigei in seguito scompariranno, mentre i rimanenti somiti andranno a formare lo scheletro assiale.

All'inizio della quarta settimana, le cellule che costituiscono le pareti ventrali e mediali dei somiti perdono la loro organizzazione compatta, diventando polimorfe e spostandosi dalla loro posizione per circondare la notocorda. Queste cellule, conosciute collettivamente come *sclerotomi*, formano il mesenchima. Circonderanno il midollo spinale e la notocorda per formare la colonna vertebrale.<sup>1,2,6</sup>

Le cellule nella porzione dorsolaterale dei somiti migrano andando a costituire i precursori della muscolatura degli arti e delle pareti del corpo. Le cellule della porzione dorsomediale del somita invece proliferano e migrano al di sotto della regione ventrale del rimanente epitelio dorsale per formare un nuovo strato chiamato *miotomo*. L'epitelio dorsale rimanente forma il *dermatoma* e questi strati insieme vanno a costituire il *dermamiotomo*.

Ogni miotomo contribuisce ai muscoli del dorso andando a costituire la muscolatura



epiassiale, mentre i dermatomi si disperdono a costituire il derma e il tessuto sottocutaneo. Ogni miotomo e dermatoma conserva l'innervazione del segmento di origine, in maniera indipendente dalla sede finale di migrazione. Ogni miotomo e dermatoma ha inoltre la sua componente segmentale di natura nervosa.<sup>1</sup>

Un singolo nervo spinale si riferisce a ciascun somita ed ogni processo neuronale sensitivo sensoriale cresce all'interno del dermatoma per rifornire il suo territorio cutaneo attraverso i nervi cutanei anteriori, laterali e posteriori.<sup>2</sup>

### Sviluppo dell'apparato muscolare

Somiti e somitomeri formano la muscolatura dello scheletro assiale, delle pareti del corpo, degli arti e della testa. Dalla regione occipitale in direzione caudale, i somiti formano e si differenziano in sclerotomo, dermatoma e due regioni responsabili della formazione delle strutture muscolari.

La muscolatura della testa deriva da sette somitomeri, formati da cellule mesenchimali provenienti dal mesoderma parassiale.

La muscolatura dello scheletro assiale, della parete del corpo e degli arti deriva dai somiti, che inizialmente si formano come somitomeri e si estendono dalla regione occipitale alla regione caudale. Subito dopo la segmentazione, i somitomeri subiscono un processo di epitelizzazione andando a costituire una formazione globulare di cellule epiteliali con una piccola cavità al centro. La regione ventrale di ciascun somita riacquisirà in seguito una connotazione mesenchimale andando a formare lo sclerotomo, ossia le cellule progenitrici della struttura ossea delle vertebre e delle costole. Le cellule nella regione superiore del somite forma il dermatoma e le due aree muscolari che si posizioneranno a livello dei bordi ventrolaterale e dorsomediale. Le cellule di questi due aree migrano e proliferano per formare

le cellule progenitrici muscolari ventralmente al dermatoma, quindi formando il dermamiotomo. Alcune cellule provenienti dalla regione ventrolaterale migrano inoltre nell'adiacente strato parietale del mesoderma laterale. In quest'area le cellule formeranno i muscoli infraioidei, i muscoli della parete addominale e degli arti. Le cellule rimanenti all'interno del miotomo formeranno invece i muscoli del dorso, della spalla e i muscoli intercostali.

Ogni miotomo riceve l'innervazione da parte dei nervi spinali derivanti dallo stesso segmento delle cellule muscolari.

Tale modalità di sviluppo supera il precedente concetto di *epimero* (muscolatura del dorso) ed *ipomero* (muscolatura degli arti e della parete addominale) basato su una definizione funzionale di innervazione. La nuova descrizione basata sull'origine delle cellule muscolari embrionali prevede che la muscolatura del dorso (muscolatura epimerica) sia innervata dai rami primari dorsali del nervo spinale mentre la muscolatura ipomerica sia innervata dai rami primari ventrali del nervo spinale.

I muscoli laterali e ventrali del tronco e tutti i muscoli degli arti si suddivideranno a loro volta in un compartimento flessorio ventrale ed un compartimento estensorio dorsale. I muscoli flessori saranno innervati dalla branca anteriore dei rami ventrali mentre i muscoli estensori dalla branca posteriore dei rami ventrali.<sup>1,2</sup>

### Sviluppo degli arti

La prima indicazione della comparsa della muscolatura degli arti si osserva nella settima settimana di sviluppo sotto forma di gemme di mesenchima in prossimità della base dell'arto. Tale struttura conterrà del tessuto mesenchimale ricoperto da tessuto ectodermico in regione apicale. Le cellule ipomeriche derivanti



dai miotomi somitici migreranno all'interno delle gemme degli arti per formare i muscoli. Il tessuto connettivo deriverà invece dal mesenchima somatopleurico. Le gemme dell'arto superiore si trovano di fronte ai cinque segmenti cervicali inferiori e ai due segmenti toracici superiori mentre le gemme degli arti inferiori si trovano di fronte ai quattro segmenti lombari inferiori e due sacrali superiori.<sup>1</sup>

L'organizzazione strutturale delle gemme è basata su un piano trasverso ed un piano dorsoventrale:

- la metà craniale delle gemme costituirà il compartimento pre-assiale;
- la metà caudale costituirà il compartimento post-assiale.

Dal punto di vista funzionale la gemma sarà suddivisa in un compartimento ventrale flessorio ed uno dorsale estensorio.

Originariamente le gemme saranno orientate in modo tale che la loro superficie ventrale si trovi medialmente e la superficie dorsale si trovi lateralmente. In seguito tale organizzazione si modificherà con il verificarsi di un movimento rotazionale a livello della diafisi omerale e femorale:

- gli arti superiori ruoteranno di 90° in direzione laterale determinando così il posizionamento del compartimento flessorio in posizione anteriore;
- gli arti posteriori ruoteranno di 90° in direzione mediale cosicché la componente flessoria si venga a trovare posteriormente.

Tale rotazione comporterà inoltre una modifica della disposizione dei dermatomeri. I segmenti della superficie anteriore degli arti inferiori si estenderanno medialmente ed inferiormente in modo tale che l'alluce riceva una innervazione da parte di un dermatomero più alto (L4) rispetto al quinto dito (S1).

Tenendo in considerazione che gli arti inferiori originano da una estensione del tronco, è importante ricordare che i dermatome-

ri sacrali e coccigei andranno ad interessare il perineo e non il piede.<sup>2</sup>

Con il formarsi delle gemme degli arti si assiste inoltre alla penetrazione dei rami ventrali dei nervi spinali specifici all'interno del mesenchima. Le regioni di midollo spinale poste in direzione opposta alle gemme degli arti si organizzano in micro colonne longitudinali lungo l'asse rostro-caudale. Tali colonne saranno costituite da motoneuroni organizzati in base alla loro funzione. I motoneuroni posti più medialmente innerveranno i muscoli ventrali degli arti, mentre i motoneuroni posti più lateralmente innerveranno i muscoli dorsali. I motoneuroni entreranno negli arti in via di sviluppo prima dei neuroni sensoriali andando ad innervare i muscoli in una progressione prossimo-distale.<sup>7</sup>

Immediatamente dopo l'entrata nelle gemme degli arti, i motoneuroni stabiliscono un contatto intimo con le condensazioni mesodermiche ed il contatto precoce tra il nervo e le cellule muscolari rappresenta un prerequisito per la loro completa differenziazione funzionale.<sup>7</sup>

Sebbene i muscoli degli arti siano inizialmente organizzati in strutture segmentali, con l'avanzare dello sviluppo embrionale si verifica una fusione tra diversi gruppi muscolari. Questa condizione si ripercuote sull'innervazione motoria con possibile origine complessa dei nervi spinali specifici.

## Embriologia dei nervi cranici

A partire dalla quarta settimana di sviluppo embrionale è possibile identificare i nuclei di tutti i nervi cranici. Ad eccezione del I e II nervo cranico, i restanti derivano tutti dal tronco encefalo.

I nervi cranici possono contenere fibre motorie, sensoriali o di entrambi i tipi. Ad eccezione dei nervi olfattivi e ottici, i nervi cra-



nici si sviluppano attraverso sistemi che per molti aspetti risultano essere simili ai fenomeni di sviluppo dei nervi spinali. La disposizione definitiva dei nuclei riflette la migrazione differenziale delle cellule neuronali; non è noto se tutti questi tipi di cellule condividano un precursore comune all'interno del romboencefalo. I nervi della sensibilità specifica, quali I, II e VIII, presentano un'origine ed evoluzione particolare.

Il soma dei neuroblasti motori ha origine dal neuroepitelio mentre i neuroblasti sensoriali dalla cresta neurale.<sup>3</sup> In particolare i nervi esclusivamente motori somatici (IV, VI, XII) o che hanno una predominanza di fibre motorie somatiche (III) hanno origine precocemente con gli stessi tempi e modalità dei nervi spinali. I nervi encefalici del V (ad eccezione della branca oftalmica), del VII, IX, X, XI originano nella piastra basale del mesencefalo e del romboencefalo, da centri proliferativi neuroepiteliali che vanno a costituire dei rombomeri e si portano agli archi brachiali. La componente motoria dei nervi misti (V, VII, IX, X e XI) origina dai neuroblasti della parete delle vescicole metencefalica e mielencefalica; i gangli sensoriali originano dalle cellule della cresta neurale e dai placodi ectodermici nasale e otico e placodi epibranchiali, con una distribuzione prossimo-distale.<sup>7,8</sup>

I nervi cranici contengono inoltre fibre efferenti viscerali (parasimpatiche preganglioniche); tali fibre viaggiano nell'oculomotore, nel faciale, nel glossofaringeo e nel nervo vago.

## 1.2. ANATOMIA MACROSCOPICA DEL SISTEMA NERVOSO PERIFERICO

### Struttura dei nervi periferici

I nervi periferici appaiono come cordoni cilindrici biancastri che emergono dal nevrasso

con radici che a loro volta confluiscono in un tronco, cedendo lungo il decorso *rami collaterali*, e risolvendosi nel territorio di innervazione come *rami terminali*. Tra i rami collaterali e terminali si vengono a creare delle anastomosi che prendono il nome di *plessi*.

Ogni nervo è affiancato da un'arteria propria, vasi venosi e fibre simpatiche destinate alle pareti dei vasi. Guaine di tessuto connettivo avvolgono fasci paralleli di fibre nervose al fine protettivo ed isolante nei confronti dell'ambiente esterno. Tali guaine svolgono inoltre funzioni trofiche permettendo il passaggio di vasi sanguigni. L'*endonervio* avvolge le singole fibre, il *perinervio* avvolge i fascicoli e i fasci secondari dei nervi mentre l'*epinervio* avvolge esternamente il nervo periferico.<sup>4</sup> Le dimensioni, il numero ed il pattern dei fascicoli nervosi differiscono in riferimento ai nervi che andranno a costituire ed ai diversi livelli anatomici. Infatti il loro numero aumenta e le loro dimensioni diminuiscono prossimalmente ai punti di ramificazione.<sup>7</sup>

Nei punti di maggior compressione, quali ad esempio i retinacoli, aumenta il numero di fascicoli con riduzione delle dimensioni di quest'ultimi, con conseguente aumento delle strutture connettivali associate e della vascolarizzazione. L'*epinervio* fornisce infatti protezione nei confronti dei fenomeni di compressione, mentre la configurazione spirale delle fibre in ogni fascicolo contribuisce a ridurre gli effetti dei movimenti di torsione.<sup>7</sup>

Dal punto di vista microscopico le fibre nervose sono costituite da un assone rivestito dalle cellule di Schwann. L'avvolgimento mielinico può essere costituito da un esile lembo citoplasmatico nel caso di *fibre amieliniche*, da una serie di lamelle concentriche che vanno a costituire uno spesso rivestimento dal nome di guaina mielinica per quanto riguarda le *fibre mieliniche*. Gli intervalli compresi tra cellule di Schwann contigue



sono detti *nodi di Ranvier*, della lunghezza di circa 1  $\mu\text{m}$ , responsabili della conduzione saltatoria delle fibre nervose.

## Tipologie e classificazione delle fibre nervose

La classificazione delle fibre nervose periferiche tiene conto delle loro caratteristiche morfologiche (diametro, presenza di rivestimento mielinico) ed elettrofisiologiche (velocità di conduzione degli impulsi). In riferimento alla velocità di conduzione, le fibre nervose vengono suddivise in tre differenti classi:

- le fibre della classe A sono mieliniche e di grosso diametro, ulteriormente suddivise in  $\alpha$   $\beta$   $\gamma$   $\delta$  in riferimento al progressivo decremento delle dimensioni; appartengono a questa classe fibre efferenti somatiche e fibre sensitive;
- le fibre di classe B sono mieliniche con un diametro compreso tra 1 e 3  $\mu\text{m}$  corrispondenti a fibre effettrici viscerali e sensitive viscerali;
- le fibre di classe C sono caratterizzate dall'assenza di una spessa guaina mielinica, per questo motivo definite amieliniche, di piccolo diametro e con una bassa velocità di conduzione; rientrano in questo gruppo le fibre effettrici viscerali post-gangliari del sistema simpatico e le fibre sensitive che trasportano i segnali dolorifici e termici.<sup>4,7</sup>

## Struttura del midollo spinale

Il midollo spinale è la continuazione verso il basso del midollo allungato. Si estende dal bordo superiore dell'atlante e termina in un'estremità affusolata chiamata cono midollare, posto di fronte al bordo inferiore della prima vertebra lombare o a livello del disco intervertebrale tra le due vertebre lombari superiori.

Sebbene generalmente cilindrico, il midollo spinale è leggermente appiattito antero-posteriormente e mostra due rigonfiamenti a livello cervicale e lombare che corrispondono ai segmenti midollari coinvolti nell'innervazione degli arti superiori ed inferiori.<sup>5</sup>

## Origine midollare dei nervi periferici

I nervi spinali hanno origine dalle facce laterali del midollo spinale attraverso la confluenza di numerose radicole che vanno a costituire le radici anteriori e posteriori.

La *radice anteriore* contiene le fibre efferenti motrici mentre quelle *posteriori* le fibre afferenti sensitive sul cui decorso si intercala il ganglio spinale. Nelle vicinanze del foro intervertebrale le due radici si uniscono a formare il nervo che, fuoriuscendo dal foro si divide a sua volta in un ramo anteriore e posteriore.

Vi sono 31 coppie di nervi spinali (8 cervicali, 12 toracici, 5 lombari, 5 sacrali e 1 cocci-geo) disposti simmetricamente rispetto al midollo spinale da cui emergono.<sup>4</sup>

## Decorso dei nervi spinali

Considerato il differente timing di accrescimento ontogenico tra midollo spinale e colonna vertebrale, la lunghezza delle radici aumenta con il procedere dalle prime vertebre cervicali alle ultime lombari, con una direzione pressoché parallela dei primi nervi cervicali, obliqua in basso ed in fuori per i nervi toracici, fino ad assumere una direzione verticale dai nervi lombari in poi con la formazione della cauda equina.

Le radici nervose anteriori e posteriori fin dalla loro emergenza, sono coperte da pia madre e rivestite da aracnoide. Durante l'attraversamento del foro intervertebrale vengono racchiuse in una guaina di dura madre, cir-



condata da tessuto adiposo e contenente un plesso venoso. Le radici bucano separatamente la dura per unirsi quasi immediatamente a formare il nervo spinale, la cui guaina durale si fonde con l'epinervio.<sup>5</sup>

Le *radici anteriori o ventrali* sono costituite dagli assoni delle cellule motorie provenienti dalle corna anteriori di sostanza grigia midollare e trasportano impulsi motori ai muscoli volontari. Sono fibre mielinizzate solitamente più voluminose rispetto alle fibre sensitive. Lungo il midollo, si associano a fibre efferenti viscerali di natura simpatica e parasimpatica. A livello toracico e lombare emergono le fibre effettrici viscerali pregangliari di natura simpatica che nascono dal nucleo intermedio laterale situato a livello di C8-L2. Quest'ultime contraggono sinapsi con i neuroni post-gangliari situati a livello dei gangli del simpatico. Le fibre efferenti viscerali di natura parasimpatica derivano dalle colonne laterali di sostanza grigia dei neuomeri sacrali S2-S4 e terminano in sinapsi nei gangli del parasimpatico pelvico.

Le *radici posteriori o dorsali* contengono fibre sensitive afferenti, somatiche e viscerali, mielinizzate e non, corrispondenti ai prolungamenti centrali dei neuriti delle cellule pseudo-unipolari presenti nel ganglio spinale.

Dalla confluenza delle radici ventrali e dorsali originano i nervi spinali che risultano quindi misti ed il cui calibro risulterà proporzionale all'estensione del loro territorio di distribuzione.

All'uscita del foro intervertebrale, il nervo spinale si suddivide in un ramo anteriore ed un ramo posteriore, anche essi di natura mista:

- i *rami posteriori* si dirigono posteriormente e, mantenendo la propria individualità, provvedono all'innervazione motoria dei muscoli e all'innervazione sensitiva della cute nella regione dorsale del tronco;

- i *rami anteriori*, tranne che nella regione toracica dove conservano le loro identità separate come nervi intercostali e sottocostali, si dividono e si riuniscono a formare i *plessi nervosi* responsabili dell'innervazione motoria e sensitiva delle regioni ventrali degli arti. Si riconoscono i seguenti plessi: Plesso cervicale, Plesso brachiale, Plesso lombare, Plesso sacrale e Plesso sacro-coccigeo.<sup>4</sup>

All'uscita del foro intervertebrale, prima di dividersi nei due rami terminali, il nervo emette alcuni *rami collaterali*:

- il *ramo meningeo o ricorrente* che rientra nello speco vertebrale distribuendosi con fibre sensitive alle meningi, al tessuto peridurale e alle vertebre;
- il *ramo comunicante bianco*, presente esclusivamente nei nervi toracici e lombari superiori C8-L2, che si collega alla catena del simpatico recandovi fibre mieliniche pre-gangliari;
- uno o più *rami comunicanti grigi* che contengono fibre post-gangliari amieliniche originate dai gangli della catena del simpatico che rientrano nel nervo spinale per distribuirsi con esso ai territori periferici.<sup>5</sup>

È importante ricordare come il calibro dei diversi nervi spinali sia proporzionale all'estensione del loro territorio di distribuzione. Il numero d'ordine dei nervi spinali nella regione cervicale corrisponde a quello della vertebra sottostante, mentre successivamente, nelle altre regioni, corrisponde a quello della vertebra immediatamente sovrastante.

I nervi coccigei sono 3 paia ma di questi solo il primo si porta alla periferia passando a lato del coccige; i due rimanenti sono compresi nel *filum terminale*.

## Dermatomeri e miomeri

Ciascuna radice posteriore fornisce fibre sensitive ad un determinato territorio cutaneo