

3.4.2 Peripheres Nervensystem (PNS)

Das periphere Nervensystem besteht hauptsächlich aus **Nervenfasern** (sensorisch, motorisch, autonom). Den weit geringeren Anteil machen die Zellkörper aus, deren Ansammlungen im PNS als **Ganglien**, sog. Spinalganglien (S.98), autonome Ganglien (S.214), bezeichnet werden. Die Grundlage des PNS bilden:

- **Spinalnerven** (s. u.) und
- **Hirnnerven** (S.211).

Spinalnerven (Nervi spinales)

Spinalnerven entstehen aus der Vereinigung von Vorder- und Hinterwurzel. In der Hinterwurzel liegen die Zellkörper der afferenten Fasern in Form der **Spinalganglien**. Sie enthalten pseudounipolare Zellen (S.92).

► Merke.

Die Zellkörper der motorischen Efferenzen liegen in den Vorderhörnern, die der autonomen Efferenzen in den Seitenhörnern oder der sakralen Substantia intermedia. Die Spinalnerven führen Fasern mit **4 Qualitäten** (Tab. B-3.4). Es gibt **31–32 paarige Spinalnerven**: 8 Zervikalnerven, 12 Thorakalnerven, 5 Lumbalnerven, 5 Sakralnerven und 1–2 Kokzygealnerven. Sie treten jeweils kaudal des zugehörigen Wirbelkörpers aus dem Wirbelkanal aus (Abb. B-3.9).

► Merke.

Direkt distal des Spinalganglions teilen sich die Spinalnerven in:

- **R. anterior** (ventralis),
- **R. posterior** (dorsalis),
- **R. meningeus** und
- **2 Rr. communicantes**.

3.4.2 Peripheres Nervensystem (PNS)

Das periphere Nervensystem besteht zu seinem weitaus größten Anteil aus **Nervenfasern**, während die Somata der Nervenzellen nur zu einem geringen Anteil an der Bildung des PNS beteiligt sind. Eine solche Ansammlung neuronaler Zellkörper außerhalb des ZNS wird als **Ganglion** bezeichnet. Die Ganglienzellen werden von Mantelzellen (S.98) umhüllt.

Grundsätzlich setzt sich das periphere Nervensystem aus sensorischen, motorischen und autonomen Fasern, sowie den Spinalganglien (S.98) des somatischen Systems und den autonomen Ganglien (S.214) zusammen. Die Grundlage des peripheren Nervensystems bilden

- die **Spinalnerven** (s. u.) mit ihrem engen Bezug zum Rückenmark und
- die **Hirnnerven** (S.211) mit ihrem Ursprung/Zielgebiet in bestimmten Kernen des Gehirns, meist des Hirnstamms (S.1105).

Eine geringe Anzahl peripherer Nerven besteht ausschließlich aus autonomen Fasern wie z. B. die Nervi splanchnici (S.216) und der Nervus hypogastricus (S.216).

Spinalnerven (Nervi spinales)

Die Spinalnerven entstehen durch die Vereinigung der Nervenfasern von Vorder- und Hinterwurzel (s. o.). Die Zellkörper der beteiligten afferenten Fasern liegen in Form der **Spinalganglien** im Verlauf der Hinterwurzel im Zwischenwirbelloch (Foramen intervertebrale). Die afferenten Neurone der Spinalnerven gehören histologisch zu den pseudounipolaren Zellen (S.92), d. h. aus dem Soma entspringt nur ein Stammaxon, das sich T-förmig in einen peripheren und einen zentralen Fortsatz teilt.

► **Merke.** In den Spinalganglien und den sensorischen Ganglien der Hirnnerven (s. u.) befinden sich **keine** Synapsen.

Die Somata der motorischen Efferenzen liegen im Vorderhorn des Rückenmarks, die der efferenten autonomen Fasern in den Seitenhörnern der Thorakalsegmente und der lateralen Substantia intermedia (S.1100) der Sakralsegmente S2–S4/5 (häufig auch als Zona intermedia bezeichnet). Durch ihre Bildung aus der sensorischen Hinterwurzel sowie der motorischen und autonomen Vorderwurzel enthalten Spinalnerven Fasern mit **4 Qualitäten** (allgemein somatoafferent, allgemein viszeroafferent, allgemein somatoefferent, allgemein viszeroefferent; s. Tab. B-3.4). Insgesamt sind **31–33 Spinalnervenpaare** vorhanden:

- 8 Zervikalnervenpaare (Halsnerven): C 1–C 8,
- 12 Thorakalnervenpaare (Brustnerven): Th 1–Th 12,
- 5 Lumbalnervenpaare (Lendennerven): L 1–L 5,
- 5 Sakralnervenpaare (Kreuzbeinnerven): S 1–S 5 und
- 1–3 Kokzygealnervenpaare (Steißbeinnerven).

Generell treten die Spinalnerven jeweils kaudal des zugehörigen Wirbelkörpers aus dem Wirbelkanal aus, so z. B. der 12. Thorakalnerv kaudal des Wirbelkörpers ThXII. Ausnahme: Der Austrittsort des 1. Zervikalnervs liegt zwischen dem Os occipitale (S.946) und dem ersten Halswirbel (Abb. B-3.9), der des 8. Zervikalnervs zwischen den Wirbelkörpern CVII und ThI.

► **Merke.** Eine **Ausnahme** von der allgemeinen Austrittsregel der Spinalnerven sind die Halsnerven: Da nur 7 Halswirbel, aber 8 Zervikalsegmente (C 1–C 8) vorhanden sind, tritt der Spinalnerv C 1 kranial vom Wirbelkörper CI aus, der Nerv C 8 kaudal des Wirbelkörpers CVII.

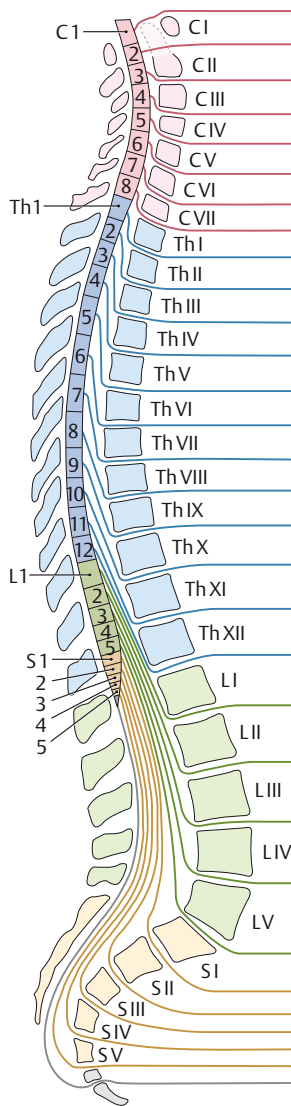
Wegen des zurückbleibenden Wachstums des Rückenmarks relativ zum Wirbelkanal verlaufen die Hinter- und Vorderwurzeln in kaudaler Richtung immer steiler zu ihrem Austrittsort (Abb. B-3.9).

Die Spinalnerven teilen sich nahezu direkt nach ihrem Austritt aus dem Foramen intervertebrale auf in (Abb. B-3.7):

- einen größeren **Ramus anterior (ventralis)** für die Extremitäten und den ventrolateralen Rumpf,
- einen kleineren **Ramus posterior (dorsalis)**, der im Bereich des Rumpfes die paraspinale Muskeln und Haut des Rückens versorgt,

B-3.9 Austritt der Spinalnerven aus dem Spinalkanal

B-3.9



Im schematischen Sagittalschnitt (Ansicht von rechts) erkennt man die immer steiler verlaufenden Radices anteriores und posteriores vor ihrer Vereinigung zum Spinalnerv.

(Prometheus LernAtlas, Thieme, 4. Aufl.)

- einen **Ramus meningeus**, der zum Wirbelkanal zurückläuft und die Rückenmarkshäute sensorisch innerviert und
- zwei **Rami communicantes** als Verbindung zu den Grenzstrangganglien des autonomen Nervensystems. Rr. comm. albi (S.214) nur von C8 bis L1–3.

Segmentale Innervationsgebiete: Diese für nahezu jeden Spinalnerv gültige Anordnung der Rami führt zur Bildung streifenförmiger Hautbezirke, die von einem Rückenmarksegment sensorisch versorgt werden (**Dermatome**). Im Thoraxbereich ist die Anordnung der Dermatome regelmäßig und kann für topografische Zwecke benutzt werden (Abb. B-3.10): So liegt die Mamille an der Grenze der Thorakalsegmente 4 und 5 (Th4 und Th5), der Bauchnabel meist im Dermatome Th 10. Auf den Extremitäten ist die Anordnung nicht so regelmäßig, weil es während der intrauterinen Entwicklung zur Umlagerung der Skelettmuskeln und anderer Gewebe mit ihrer Innervation kommt. Dies ist auch die Ursache für die **Plexusbildung** (s. u.).

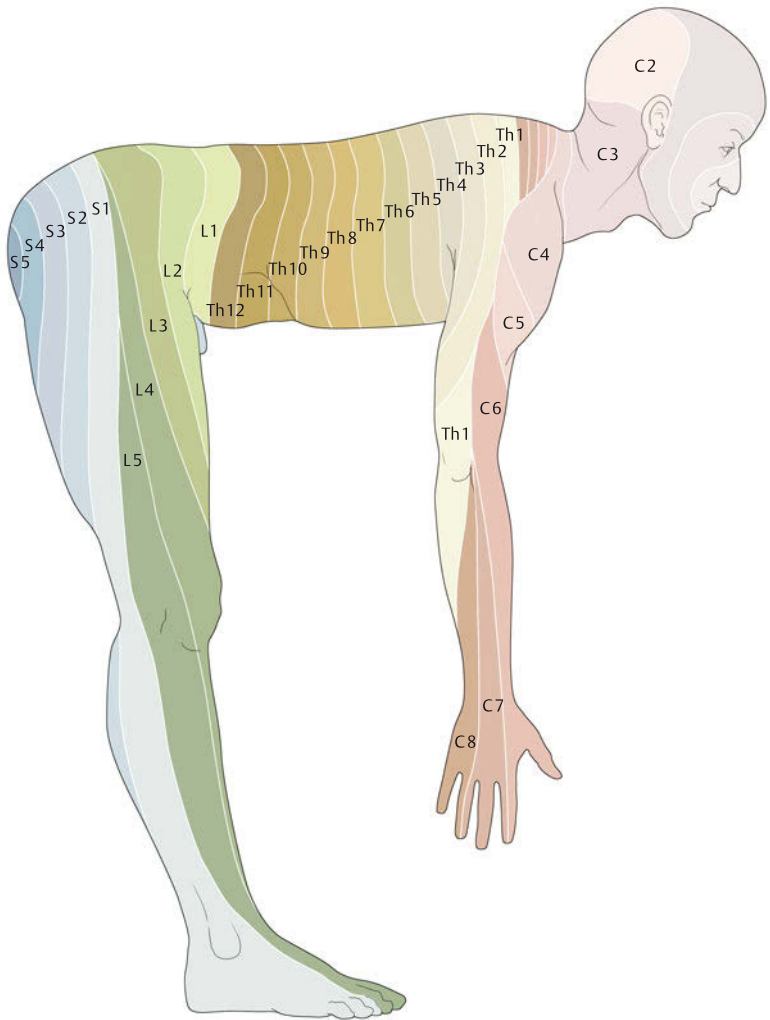
Die Grenzen zwischen Dermatomen sind nicht scharf. Wie Abb. B-3.11 zeigt, wird jedes Dermatome überlappend auch von den beiden Nachbarsegmenten versorgt, sodass im Endeffekt jedes Dermatome eine Innervation von drei Segmenten erhält.

Segmentale Innervationsgebiete: Die Rr. ant. und post. der einzelnen Rückenmarksegmente versorgen sensorisch bestimmte Hautbezirke, die **Dermatome**. Ihre Anordnung ist nur im Thoraxbereich parallel und regelmäßig, an den Extremitäten dagegen durch Umlagerungen der Gewebe mit ihren Nerven unregelmäßig.

Jedes Dermatome wird überlappend auch von den Nachbarsegmenten versorgt (Abb. B-3.11).

B-3.10

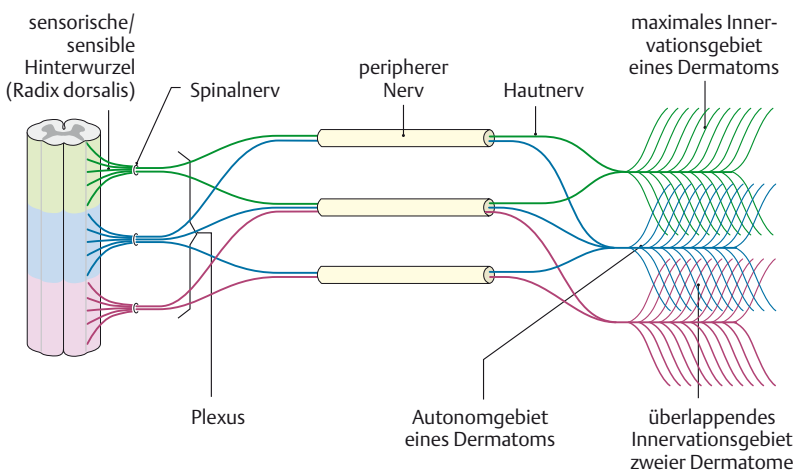
B-3.10 Anordnung der Dermatome



Die Positionierung der Extremitäten wie bei einem Vierfüßler erleichtert das Verständnis der Dermatom-Anordnung. Ihre Unregelmäßigkeit im Bereich der Extremitäten ist entwicklungs-geschichtlich bedingt.

(Prometheus LernAtlas. Thieme, 4. Aufl., nach Mumenthaler)

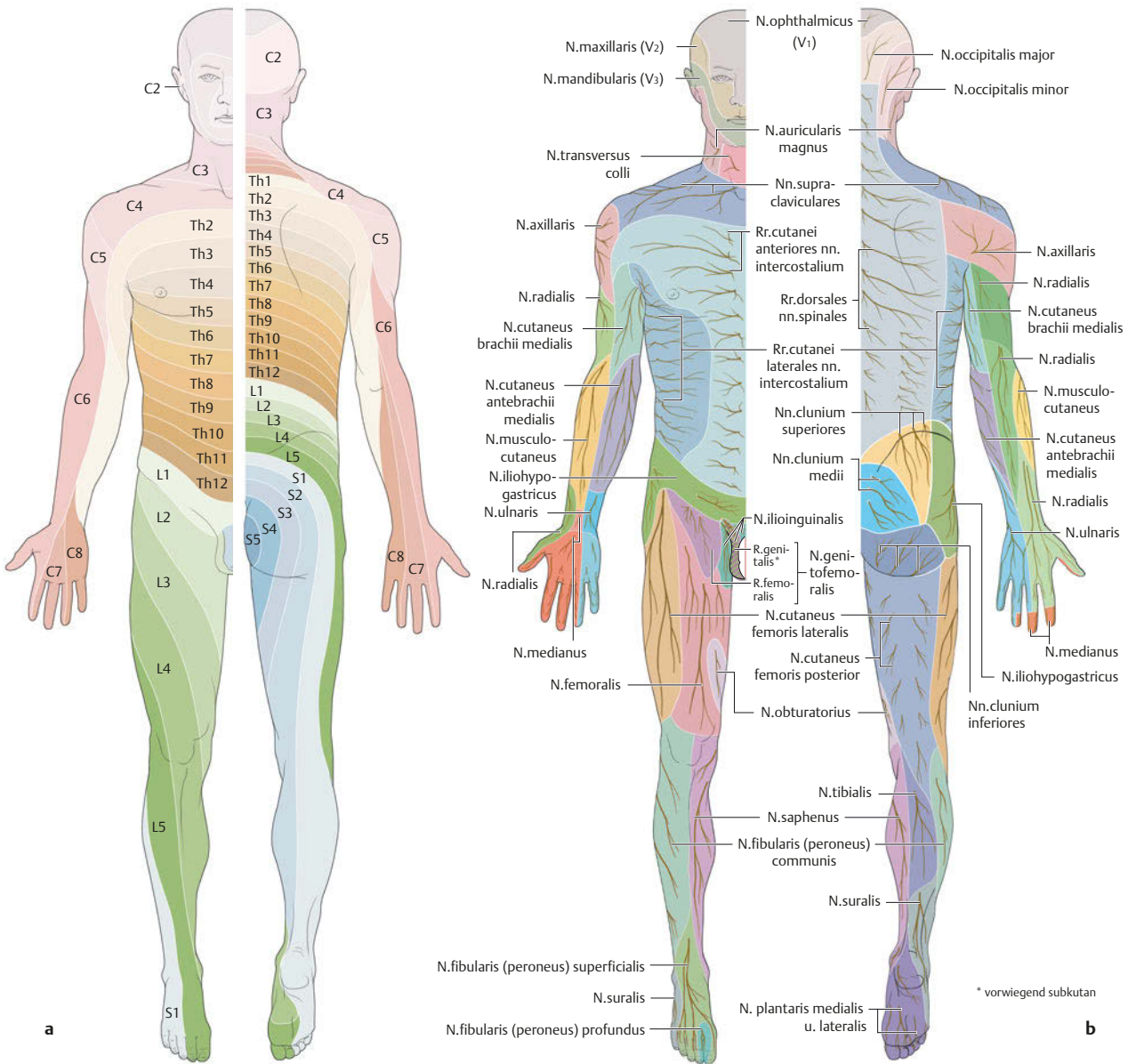
B-3.11 Überlappung der Dermatome



Schematische Darstellung des Verlaufs sensorischer Fasern zwischen Peripherie und Rückenmark: Auch wenn die Fasern für die Versorgung eines Dermatoms vorübergehend in verschiedenen peripheren Nerven laufen, bilden sie vor Eintritt in das Rückenmark eine gemeinsame Hinterwurzel. Anhand dieses Schemas wird der Unterschied zwischen segmentaler (radikulärer) Innervation und der Innervation durch periphere Nerven deutlich (s. auch Abb. B-3.12). Die Überlappung der Dermatome stellt einen Sicherheitsfaktor dar: Wird nur ein Spinalnerv verletzt, ist das von dem Nerven versorgte Gebiet nicht völlig anästhetisch (taub).

(Prometheus LernAtlas. Thieme, 4. Aufl.)

B-3.12 Segmentale und periphere Innervation



(nach Prometheus LernAtlas. Thieme, 4. Aufl., nach Mumenthaler)

a Segmentale oder radikuläre Innervation: Dargestellt sind die von jeweils einem Rückenmarksegment bzw. der rechten und linken Hinterwurzel innervierten Hautareale (Dermatome). Bei einer Hinterwurzelverletzung (z. B. bei einem Bandscheibenvorfall, Abb. C-1.23) können Sensibilitätsstörungen nach diesem Muster auftreten, wobei durch den Sicherheitsfaktor der überlappenden Dermatome (Abb. B-3.11) mehrere Wurzeln geschädigt sein müssen, damit es zu einem komplett anästhetischen Hautbezirk kommt (s. o.).

b Innervation durch periphere Nerven: Die Gebiete, die durch jeweils einen peripheren Nerv innerviert werden, ergeben ein anderes Muster, da sich die Fasern eines Spinalnervs aufteilen und – jeweils mit Fasern aus anderen Rückenmarksegmenten zusammen – in verschiedenen peripheren Nerven zu dem von ihnen innervierten Hautareal ziehen. Wird ein peripherer Nerv kurz vor dem Versorgungsgebiet geschädigt (z. B. bei Quetschung oder Schnitt im Rahmen eines Unfalls), treten Sensibilitätsausfälle (Anästhesie/Hypästhesie) in dem versorgten Hautgebiet auf.

► Klinik.

► Klinik. Diese überlappende Versorgung bedeutet, dass bei Verletzung einer Hinterwurzel das entsprechende Dermatom nicht völlig anästhetisch (taub) ist, sondern nur eine verringerte Empfindlichkeit (**Hypästhesie**) aufweist. Diese Anordnung kann als Sicherheitsfaktor für die Aufrechterhaltung einer relativ intakten sensorischen Versorgung auch nach Verletzungen angesehen werden.

► Klinik.

► Klinik. **Head-Zonen** sind überempfindliche Hautgebiete bei Erkrankungen der inneren Organe. Die Zonen treten in dem Dermatom auf, das von demselben Segment wie das erkrankte Organ sensorisch versorgt wird. Bekannt sind z. B. Head-Zonen in der Haut der Innenseite des linken Oberarms bei einem Herzinfarkt.

Anatomische Grundlage der **Head-Zonen** (Abb. B-3.13) ist die konvergente Verschaltung im Rückenmark, d. h. ein Neuron besitzt Verbindungen mit Afferenzen von einem inneren Organ und einem Hautareal in demselben Segment.

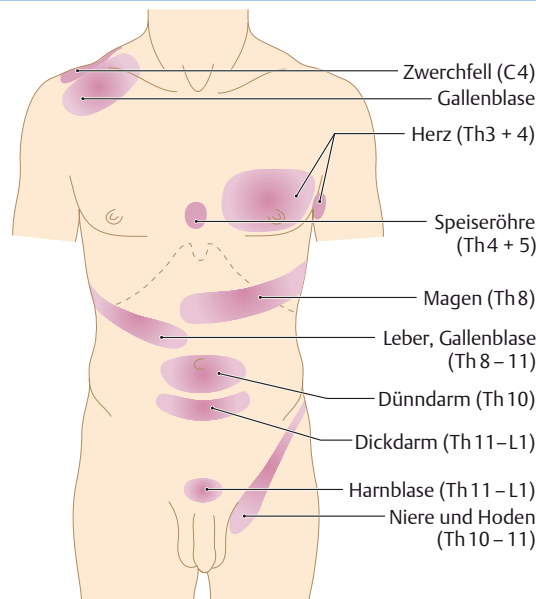
Neben **Dermatomen** gibt es auch **Myotome** und **Sklerotome**.

► Klinik.

► Klinik. Bei Kenntnis der **Versorgungsgebiete** der verschiedenen Rückenmarksegmente (Dermatome für die Haut, Myotome für die Muskeln) kann von sensorischen oder motorischen Ausfällen auf den Ort der Läsion im Nervensystem geschlossen werden (sog. **neurologisch-topische Diagnostik**).

B-3.13

B-3.13 Head-Zonen



Die Abbildung zeigt einige der Head-Zonen in der Haut bei Erkrankung innerer Organe. Farblich hervorgehoben sind jeweils die zentralen Dermatomte der Zonen; aus der Beschriftung geht hervor, dass die überempfindlichen Hautareale oft mehrere Dermatomte beinhalten. Einer der Gründe dafür ist, dass viele Eingeweide sensorisch von mehreren Rückenmarksegmenten innerviert werden. Eine Besonderheit stellt die Head-Zone der Gallenblase in der Haut der Schulter dar. Die Ursache liegt in der sensorischen Innervation des Peritoneums im Bereich des rechten Zwerchfells durch den N. phrenicus, der aus dem 4. zervikalen Segment entspringt. Bei pathologischen Veränderungen der Gallenblase können die Nozizeptoren in diesem Peritoneumbereich mitgereizt werden, die zu Hinterhornneuronen im Segment C 4 projizieren. Der afferente Weg für die Head-Zone des Herzens an der Innenseite des linken Oberarms könnte über die Nn. intercostobrachiales (Äste der Rr. cutanei laterales der Nn. intercostales T 2 und T 3) erfolgen (Abb. B-3.12b).

(Bommas-Ebner, U., Teubner, P., Voß, R.: Kurzlehrbuch Anatomie und Embryologie. Thieme, 2011)

Auf der Ebene der α -Motoneurone gibt es einen ähnlichen Sicherheitsfaktor wie bei der Innervation der Haut (s. o.). Die Motoneurone für einen Muskel liegen nicht nur in einem Rückenmarksegment, sondern sind meist in Form von **Motoneuron-Säulen** (S. 1191) über mehrere Segmente verteilt. Dieses Prinzip stellt ebenfalls eine motorische Restversorgung eines Muskels sicher, wenn eine Vorderwurzel geschädigt ist. Im Gegensatz zu den Rami anteriores der Thorakalsegmente, die direkt an ihren Innervationsort ziehen, bilden die **Rami anteriores** der Spinalnerven aus den Hals-, Lenden-, Sakral- und Kokzygealsegmenten in ihrem weiteren Verlauf Nervengeflechte, die sog. **Plexus** (Tab. B-3.3). Innerhalb dieser Plexus kommt es durch eine Umlagerung der Fasern aus mehreren Segmenten zur Bildung der peripheren Nerven. Nervenplexus entstehen während der Entwicklung der Extremitätenknospe durch Auswachsen und Umlagerung von Muskeln und anderen Geweben der vorderen Bauchwand. Die Muskeln nehmen bei den Umlagerungen ihre Innervation mit.

Durch die Anordnung der α -Motoneurone für einen Muskel über mehrere Segmente existiert hier ein ähnlicher Sicherheitsfaktor wie bei der Innervation der Haut.

Außer in Thorakalsegmenten bilden die Rr. anteriores der Spinalnerven in ihrem weiteren Verlauf Nervengeflechte (**Plexus**, Tab. B-3.3). Diese Plexusbildung führt zu einer Umgruppierung der Fasern der einzelnen Spinalnerven, d. h. ein peripherer Nerv enthält Fasern aus mehreren Segmenten.

► **Merke.** Nervenplexus werden nur von den Rami anteriores der Spinalnerven gebildet (nicht von den Rr. posteriores).

► **Merke.**

► **Klinik.** Die Tatsache, dass durch die Plexusbildung die meisten Extremitätenmuskeln ihre motorische Versorgung aus mehreren Rückenmarksegmenten erhalten, ist ein **Sicherheitsfaktor**: Wenn nur ein Segment oder eine Vorderwurzel zerstört wird, ist der Muskel geschwächt, aber nicht völlig gelähmt.

► **Klinik.**

≡ **B-3.3 Plexusbildung durch Rami anteriores der Spinalnerven**

Plexus	beteiligte Segmente	Lage	Versorgungsgebiet
Plexus cervicalis , sog. Halsnervengeflecht (S. 901)	C 1–C 4	vor den kranialen Ursprüngen des M. scalenus medius und des M. levator scapulae	Kopf, Hals, Zwerchfell, z. T. Schulter
Plexus brachialis , sog. Armnervengeflecht (S. 468)	C 5–Th 1	von der (hinteren) Skalenuslücke bis zur Achselhöhle	Schulter, Arme, Brust, Rücken
Plexus lumbalis , sog. Lendennervengeflecht (S. 385)	L 1–L 4	hinter dem Ursprung des M. psoas major (S. 351)	Hüfte, Genitalien, Oberschenkel, Unterschenkel (sensorisch)
Plexus sacralis , sog. Kreuzbeinnervengeflecht (S. 385)	L 4–S 3	innen auf dem M. piriformis (S. 357)	Gesäß, Oberschenkel, Unterschenkel, Fuß
Plexus coccygeus (S. 386)	S 4–S 5 meist plus einem Kokzygealsegment	im kleinen Becken vor dem Os coccygis	Haut von Steißbein und Anus (sensorisch)

Hirnnerven (Nervi craniales)

Genauso wie die Spinalnerven besitzen auch die meisten der aus dem Hirnstamm entspringenden Hirnnerven afferente und efferente Fasern. Die Zellkörper der afferenten Anteile bilden kurz vor Eintritt des Nervs in den Hirnstamm die sog. **Hirnnervenganglien**, die Ursprungszellen der motorischen Fasern liegen in den motorischen Hirnnervenkernen. Die Hirnnerven (S. 979) versorgen mit ihren somatischen Anteilen den Kopf-Hals-Bereich. Im Gegensatz zu den Spinalnerven enthalten sie Fasern mit **7 Qualitäten** (Tab. B-3.4). Neben den bei den Spinalnerven (s. o.) beschriebenen sind das zusätzlich speziell somatoafferent, speziell viszeroafferent und speziell viszeroefferent.

Nicht alle Hirnnerven (**12 Hirnnervenpaare**, Tab. B-3.5) enthalten Fasern aller Qualitäten, so gibt es z. B. rein motorische Hirnnerven wie den Nervus abducens, der einen der äußeren Augenmuskeln versorgt (Musculus rectus lateralis). Die meisten enthalten jedoch sowohl motorische als auch sensorische Anteile, viele zusätzlich noch autonome Fasern.

Der **Nervus vagus** („der Umherschweifende“) hat seinen Namen daher, dass er alle Organe des Thorax und viele Organe des Bauchraums versorgt und seine Äste daher bei Leichenpräparationen häufig angetroffen werden. Der **Nervus olfactorius** und der **Nervus opticus** sind entwicklungsgeschichtlich Ausstülpungen des Gehirns und stellen daher streng genommen eigentlich ZNS-Bahnen und keine peripheren Nerven dar.

Details zu den Hirnnerven siehe Kap. Nerven im Kopfbereich – Hirnnerven (S. 979).

Hirnnerven (Nervi craniales)

Die meisten Hirnnerven (S. 979) haben ihren Ursprung in den Kernen des Hirnstammes. Die Somata ihrer afferenten Fasern liegen in den **Hirnnervenganglien**. Ihr somatischer Anteil versorgt den Kopf-Hals-Bereich. Hirnnerven enthalten Fasern mit **7 Qualitäten** (Tab. B-3.4).

Es gibt **12 Hirnnervenpaare** (Tab. B-3.5).

Details zu den Hirnnerven s. Kap. Nerven im Kopfbereich – Hirnnerven (S. 979).