

## Ustrojstvo sive i bijele tvari kralježnične moždine

### Tri debela snopa bijele tvari okružuju tri stupa i središnji dio sive tvari kralježnične moždine

Siva tvar kralježnične moždine sastoji se od tri stupa, tj. roga, a njih okružuju tri debela snopa bijele tvari. To se jasno uočava na poprečnom presjeku kralježnične moždine obojenom Weigertovom metodom (sl. 14-1). Slika 14-2 prikazuje potpuniju i složeniju podjelu sive tvari. Oko središnjeg kanala je smještena *substantia gelatinosa centralis*, *zona intermedia* je središnji dio što spaja tri roga, a u kutu između dorzalnog i ventralnog roga je nepravilna mreža tankih tračaka sive tvari što prodiru od bočnog roga u bijelu tvar. To je *formatio reticularis*, posebno razvijena u vratnim odsječcima kralježnične moždine (sl. 14-2). No, unatoč jednakom nazivu, ta struktura nije srodna istoimenoj retikularnoj formaciji moždanog debla.

**Dorzalni rog** ima nekoliko temeljnih dijelova (sl. 14-2): bazu (*basis cornus dorsalis*), vrat (*cervix cornus dorsalis*), glavu (*caput cornus dorsalis*) i vršak (*apex cornus dorsalis*). Na mijeloarhitektonskim preparatima vrlo je uočljiva posebna zona hladetinaste tvari što poput kape pokriva glavu dorzalnog roga – to je *substantia gelatinosa Rolandi* (sl. 14-1 i 14-2).

### Tri glavne vrste neurona u sivoj tvari kralježnične moždine su: stanice korjenova, stanice snopova i interneuroni

Siva tvar (*substantia grisea medullae spinalis*) sadrži tijela tri glavne vrste neurona (sl. 14-3) raspoređenih u jezgre (*nuclei*) i slojeve (*laminae*).

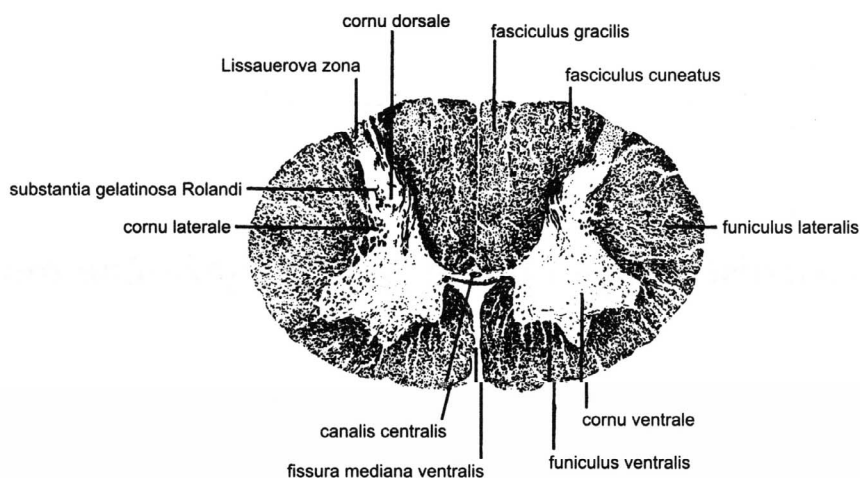
**Stanice korjenova** (*cellulae radicales*) su motoneuroni čiji aksoni oblikuju ventralne korjenove (tijela pseudounipolarnih neurona čiji centralni nastavci oblikuju

dorzalne korjenove smještene su u intervertebralnim ganglijima). Somatski motoneuroni za poprečnoprugaste mišiće smješteni su u ventralnom sivom stupiću (*columna ventralis*), a autonomni visceromotorički motoneuroni su smješteni u lateralnom sivom stupiću (*columna lateralis*). Simpatički motoneuroni smješteni su u grudnim i slabinskim odsječcima kralježnične moždine (**torakolumbalni simpatički sustav**), a parasimpatički motoneuroni smješteni su u križnim odsječcima (**sakralni parasimpatikus**).

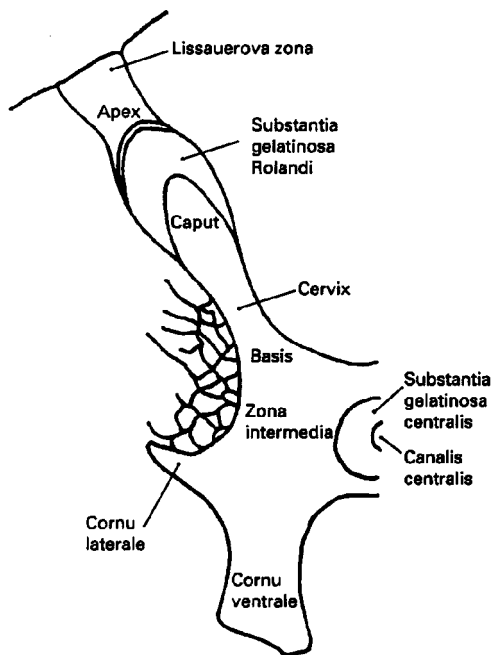
Eferentna (motorička) vlakna ventralnih korjenova poglavito su aksoni alfa- i gama-motoneurona ventralnog roga (smještenih u IX. Rexedovom sloju) koji inerviraju ektrafuzalna i intrafuzalna vlakna poprečnoprugastih mišića. No, dio ventralnih korjenova čine i eferentni aksoni visceromotoričkih neurona simpatičkog sustava (smještenih u lateralnom rogu odsječaka C8/T1-L2) i sakralnog dijela parasimpatičkog sustava (smještenih u lateralnom rogu odsječaka S2-S4/S5).

**Stanice snopova** (*cellulae funiculares*) su sekundarni neuroni dugih osjetnih putova, čija su tijela smještena u dorzalnom rogu kralježnične moždine, a njihovi dugi aksoni prvo kroz prednju bijelu komisuru (*commissura alba ventralis*) prelaze na suprotnu stranu kralježnične moždine i potom uzlaze prema mozgu kroz *funiculus anterolateralis*.

**Interneuroni** su također brojni i rasuti kroz cijelu sivu tvar kralježnične moždine. Neki od njih imaju kratke aksone što se granaju i sinaptički završavaju unutar istog odsječaka sive tvari u kojem je i tijelo neurona i to na istoj strani (ipsilateralno – sl. 14-3). No, neki interneuroni imaju dulje aksone, što ulaze u bijelu tvar i oblikuju tanki sloj bijele tvari koji oblaže sivu tvar (*fasciculi proprii medullae spinalis*), a uzlaze ili silaze kroz nekoliko odsječaka i potom ponovno završe u sivoj tvari kralježnične moždine. Ti interneuroni s duljim



Slika 14-1. Crtež preparata poprečnog presjeka kroz vratni dio kralježnične moždine, obojenog Weigertovom metodom. Uočite da je siva tvar na takvom preparatu neobojena (bijela područja), dok je bijela tvar obojena (crna područja). Za pojedinosti, vidi tekst.



**Slika 14-2.** Shema temeljnih dijelova sive tvari kralježnične moždine. Za pojedinosti vidi tekst.

aksonima su tzv. “**vlastite stanice**” (*cellulae propriae*) kralježnične moždine, odnosno “**združujuće stanice**” (*cellulae associationis*) – naime, aksoni tih interneurona oblikuju “vlastite”, tj. unutarne veze između različitih odsječaka kralježnične moždine (**intersegmentna vlakna, intersegmentne veze**). Kad aksoni takvih interneurona prijeđu na suprotnu (kontralateralnu) stranu kralježnične moždine, riječ je o **komisurnim stanicama** (*cellulae commissurales* – sl. 14-3). Posebna skupina interneurona ventralnog roga sive tvari su **Renshawljeve stanice**, tj. interneuroni uključeni u sustav rekurentne inhibicije alfa-motoneurona.

Bror Rexed je sivu tvar kralježnične moždine podijelio u 10 citoarhitektonskih slojeva

Isprva je siva tvar kralježnične moždine (na temelju citoarhitektonskih i mijeloarhitektonskih kriterija) opisivana kao skup jezgara koje su različiti autori različito nazivali i klasificirali, pa je bilo dosta teško jasno opisati polazište i završetak brojnih silaznih i uzlaznih putova (na temelju rezultata različitih eksperimentalnih metoda). Stoga je Bror Rexed 1952. uveo novu i jednostavnu podjelu cijele sive tvari na **10 arhitektonskih slojeva** koji se broje od dorzalno prema ventralno i označavaju rimskim brojkama **I-X**. Ta je podjela danas općenito prihvaćena (sl. 14-8), no zbog duge i moćne tradicije još uvijek se usporedno rabe i mnogi citoarhitektonski nazivi ranije opisanih jezgara (sl. 14-7). Stoga je neizbježna uporaba obje klasifikacije, uz navođenje njihovog preklapanja.

#### COLUMNA DORSALIS

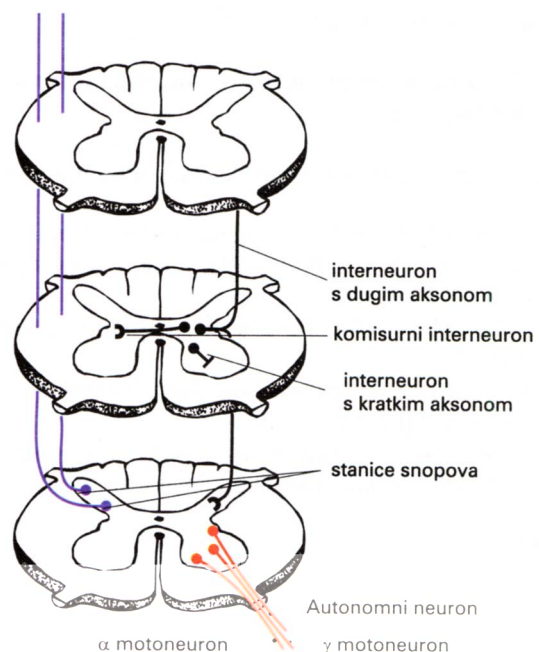
Od vrška dorzalnog roga prema bazi, razlikujemo sljedeće jezgre i Rexedove slojeve:

*Zona spongiosa* (= *zona marginalis, nucleus posteromarginalis*; odgovara I. Rexedovom sloju) zauzima vršak i oblikuje tanki dorzalni granični sloj dorzalnih sivih kolumni. Kroz ju prolaze brojni tanki aksoni što ulaze iz susjedne Lissauerove rubne zone bijele tvari (*tractus dorsolateralis Lissaueri*). Stoga je *zona spongiosa* mrežasta, a uz vlakna sadrži i interneurone čiji dugi aksoni ulaze u *funiculus lateralis*, tu se podijele na ascendentnu i descendentnu granu, a posebice su brojni u slabinskim segmentima.

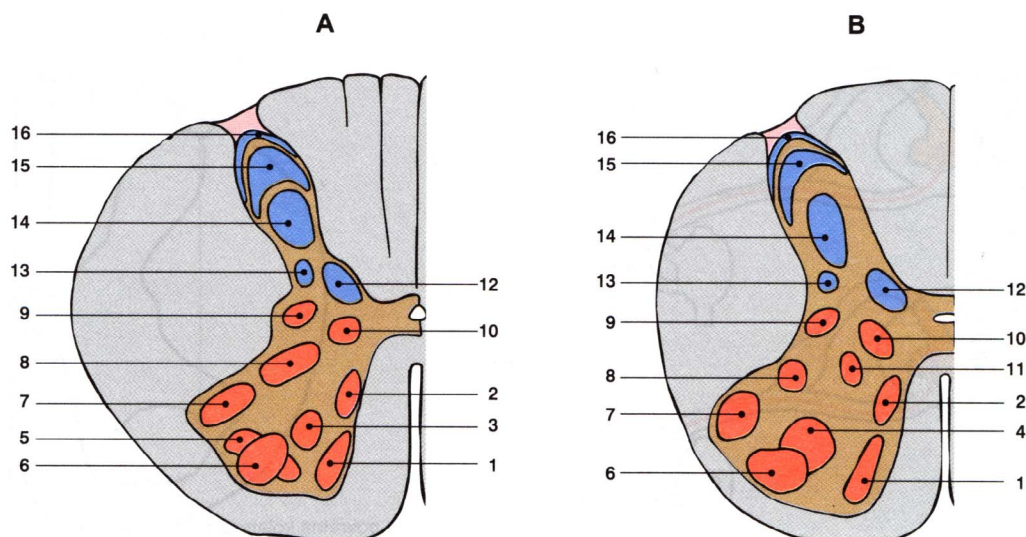
*Substantia gelatinosa Rolandi* (= II. Rexedov sloj) zauzima glavu dorzalnog roga u svim segmentima, posebno je moćno razvijena u slabinskim segmentima i segmentu C1 i ima važnu ulogu u prijenosu osjeta boli. Sastoji se uglavnom od malih lokalnih intrasegmentnih interneurona. Njezin rostralni produljak u moždanom deblu je spinalna jezgra trigeminusa (*nucleus spinalis nervi trigemini*).

*Nucleus proprius columnae dorsalis* (= III. i IV. Rexedov sloj) je široki poprečni dio glave dorzalnog roga u svim segmentima kralježnične moždine. Sadrži različite vrste neurona i uzdužne snopiće mijeliniziranih aksona pristiglih iz dorzalnih korjenova (to su *fasciculi longitudinales cornus dorsalis*). Mnogi neuroni ovog područja daju aksone koji oblikuju spinotalamičke putove.

V. Rexedov sloj je širok i smješten u vratu dorzalnog roga, a (osim u grudnim segmentima) dijeli se na medijalni i lateralni odjeljak. U lateralnom odjeljku, posebice u vratnim segmentima, smješten je mrežasti nastavak (*processus reticularis* = *nucleus reticularis*). Na neuronima V. Rexedovog sloja sinaptički završavaju primarna aferentna vlakna, dok aksoni tih neurona sudjeluju u oblikovanju spinotalamičkih putova. VI. Rexedov sloj zauzima bazu dorzalnog roga, ali samo u podebljanjima kralježnične moždine. Između segmenata T4 i L2 tog sloja nema, pa se u tom području V. i VII. Rexedov



**Slika 14-3.** Tri glavne vrste neurona u sivoj tvari kralježnične moždine su: a) motoneuroni ( $\alpha, \gamma$ , i autonomni), b) stanice snopova, čiji aksoni uzlaze kroz bijelu tvar i c) interneuroni. Za pojedinosti vidi tekst.



**Slika 14-7.** Podjela sive tvari na citoarhitektonske jezgre klasične neuroanatomije. Brojevi 1-8 označuju skupine motoneurona u prednjem rogu, brojevi 9-11 skupine autonomnih (simpatičkih i parasimpatičkih) motoneurona u lateralnom rogu i intermedijalnoj zoni, broj 12 označjuje osjetnu Clarkeovu jezgru u intermedijalnoj jezgri, a brojevi 13-16 označuju osjetne jezgre dorzalnog roga. Nacrtno, uz manje izmjene, prema Rauber-Kopsch (1987).

- |   |   |
|---|---|
| 1 = Nucleus ventromedialis (C1-Co1)             | 9 = Nucleus intermediolateralis (C8-L2)                               |
| 2 = Nucleus dorsomedialis (T1-L3)               | 10 = Nucleus intermediomedialis (T1-L2)                               |
| 3 = Nucleus phrenicus (C4-C7)                   | 11 = Nucleus parasympathicus sacralis (S2-S4)                         |
| 4 = Nucleus lumbosacralis (L1-S1)               | 12 = Nucleus thoracicus (C8-L2)                                       |
| 5 = Nucleus nervi accessorii spinalis (C1-C5)   | 13 = Nucleus proprius (C1-Co1)  |
| 6 = Nucleus ventrolateralis (C4-C8 8 L2-S1)     | 14 = Caput cornus dorsalis  |
| 7 = Nucleus dorsolateralis (C5-T1 i L2-S2)      | 15 = Substantia gelatinosa Rolandi (C1-Co1)                           |
| 8 = Nucleus retrodorsolateralis (C8-T1 i S1-S3) | 16 = Apex cornus dorsalis (zona spongiosa, nucleus posteromarginalis) |

slaj izravno dodiruju. I ovaj Rexedov slaj ima medijalni i lateralni odjeljak; u medijalnom odjeljku završavaju brojna primarna aferentna vlakna, a u lateralnom završavaju silazni putovi. Od neurona VI. slaja vratnog podebljanja vjerojatno polazi rostralni spinocerebelarni put.

#### COLUMNA LATERALIS

*Substantia intermedia lateralis* (= *zona intermedia*; VII. Rexedov slaj) dobro je razvijena u segmentima C8/T1 – L2/L3, a sadrži tri glavne tradicionalne jezgre:

- nucleus intermediolateralis*, koja u segmentima C8-L2 sadrži simpatičke preganglijske motoneurone čiji aksoni kroz prednje korijenove i *rami communicantes albi* odlaze za *truncus sympathicus*. No, u segmentima S2-S4 tu su smješteni parasimpatički motoneuroni čiji aksoni kao dio zdjeličnog spleta (*plexus pelvini*) oblikuju **sakralni dio parasimpatičkog sustava** (*nervi splanchnici pelvini*).
- nucleus intermediomedialis*, koja je smještena bliže središnjem kanalu i sadrži uglavnom autonomne interneurone na kojima sinaptički završavaju primarna visceralna aferentna vlakna (a ti interneuroni sinaptički inerviraju okolne autonomne motoneurone).
- U području podebljanja, VII. slaj obuhvaća ne samo intermedijalnu zonu sive tvari nego i bazu dorzalnog roga. Tu je u njegovom medijalnom dijelu (tj. bazi dorzalnog roga), samo u segmentima C8-L3, smještena važna jezgra, *nucleus thoracicus* (= *nucleus dorsalis*, *columna Stilling-Clarke*, *nucleus s. columna vesicularis Clarke*). Aksoni krupnih neurona te jezgre oblikuju *tractus spinocerebellaris dorsalis* (Flechsigov snop). Jezgra je najbolje razvijena u donjim grudnim i gornjim slabinskim segmentima.

#### COLUMNA VENTRALIS

**Ventralni rog** obuhvaća VIII. i IX. Rexedov slaj, a u području podebljanja njegovu bazu čini i VII. Rexedov slaj. Glavne stanice ventralnog roga su topografski raspoređene skupine velikih alfa-motoneurona, koje su najbolje razvijene u vratnom i slabinsko-križnom podebljanju, a inerviraju poprečnoprugaste mišiće. Motoneuroni su raspoređeni u medijalnu, centralnu i lateralnu skupinu, a u svakoj skupini još razlikujemo dorzalnu i ventralnu podskupinu (tj., pojedinačnu motoričku jezgru). Sve skupine motoneurona zajedno čine IX. Rexedov slaj, a sve skupine između njih umetnutih interneurona oblikuju VIII. Rexedov slaj. Taj VIII. slaj u grudnim segmentima oblikuje bazu ventralnog roga, no u području podebljanja zauzima samo medijalni dio ventralnog roga (jer tu njegovu bazu zauzima VII. Rexedov slaj).

**Medijalna skupina motoneurona** nazočna je u svim segmentima osim u segmentima L5 i S1, a u grudnim i gornja tri slabinska segmenta dodatno se dijeli u *nucleus ventromedialis* i *nucleus dorsomedialis*. *Nucleus lumbosacralis* je posebna skupina medijalnih motoneurona nazočna samo u segmentima L1-S1, a segment C1 sadrži samo *nucleus dorsomedialis*.

**Središnja skupina motoneurona** nazočna je samo u segmentima C4-C6, L2-L5 i S1. U segmentima C4-C6 ti motoneuroni oblikuju *nucleus phrenicus* (za inervaciju ošita). U segmentima C1-C5/6 uz ventralni rub ventralnih rogova smještena je **spinalna jezgra akcesornog moždanog živca** (*nucleus spinalis nervi accessorii*).

**Lateralna skupina motoneurona** nazočna je samo u podebljanjima, jer ti motoneuroni inerviraju mišiće udova. Tu su tri zasebne jezgre: *nucleus ventrolateralis* (u C4-C8 te L2-S1), *nucleus dorsolateralis* (u C5-T1 te L2-S2) i *nucleus retrodorsolateralis* (u C8-T1 te S1-S3).

#### SIVA TVAR OKO SREDIŠNJEG KANALA

Siva tvar oko središnjeg kanala povezuje lijevu i desnu polovicu sive tvari. Cijelo to područje je X. Rexedov sloj, a njegov dio koji izravno okružuje središnji kanal je *substantia gelatinosa centralis*.

#### Bijela tvar kraljeznične moždine sastavljena je od uzlaznih osjetnih, silaznih motoričkih i dvosmjernih asocijacijskih putova

Glavnu masu bijele tvari čine mijelinizirani aksoni, no u njoj ima i nemijeliniziranih aksona, glija stanica i krvnih žila. Bijeli plašt obavija sa svih strana sivu tvar, a sastoji se od tri glavna snopa: *funiculus ventralis*, *lateralis*, *dorsalis*. Ta tri snopa sadrže i duge i kratke i ascendentne i descendentne aksonne koji oblikuju manje zasebne okomite snopiće (*fasciculi*). Dio aksona je usmjeren i vodoravno, jer su to vlakna dorzalnih i ventralnih korjenova.

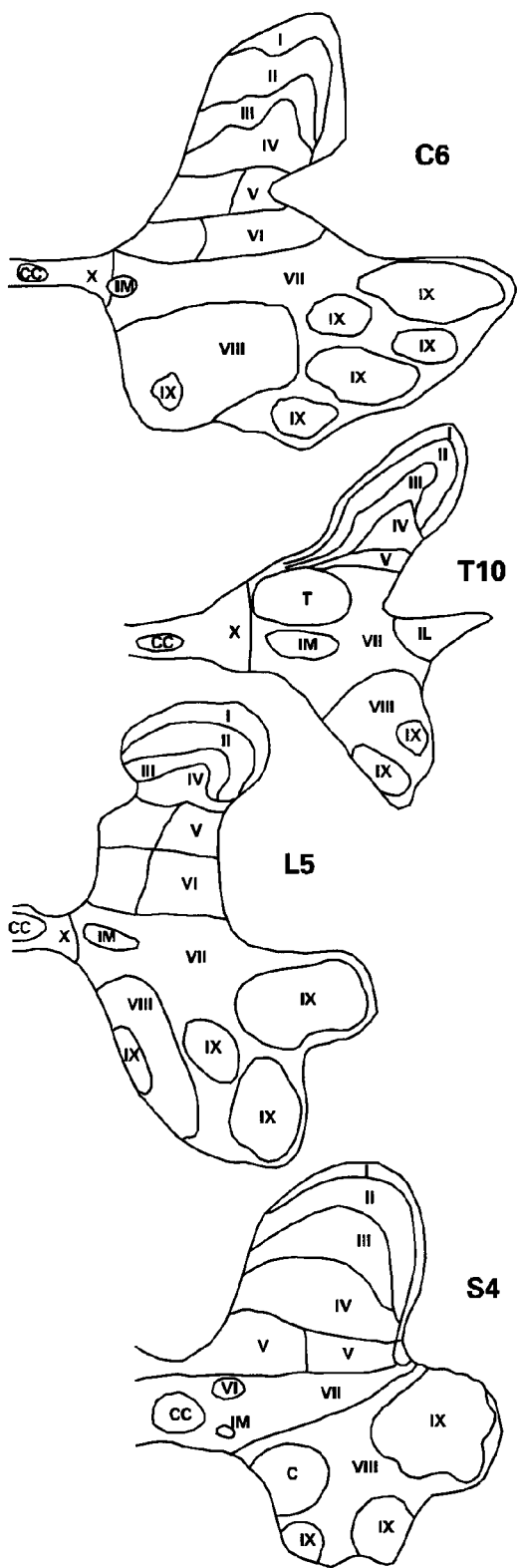
**Kratki aksoni** bijele tvari su aksoni spinalnih interneurona, pa su snopići koje oni oblikuju *fasciculi proprii* (= *fasciculi fundamentales medullae spinalis*), smješteni uglavnom u tankom sloju tik lateralno uz sivu tvar. No, neki od tih snopića su smješteni medijalno (u bijeloj tvari dorzalnog snopa, *funiculus dorsalis*), a jedan je čak smješten unutar sive tvari dorzalnog roga (sl. 14-10). **Dugi aksoni**, koji se izvana prislanjanju na *fasciculi proprii* i oblikuju glavnu masu bijele tvari, su mijelinizirani aksoni dugih silaznih i uzlaznih putova mozga i kraljeznične moždine.

*Dugi uzlazni putovi su osjetni*

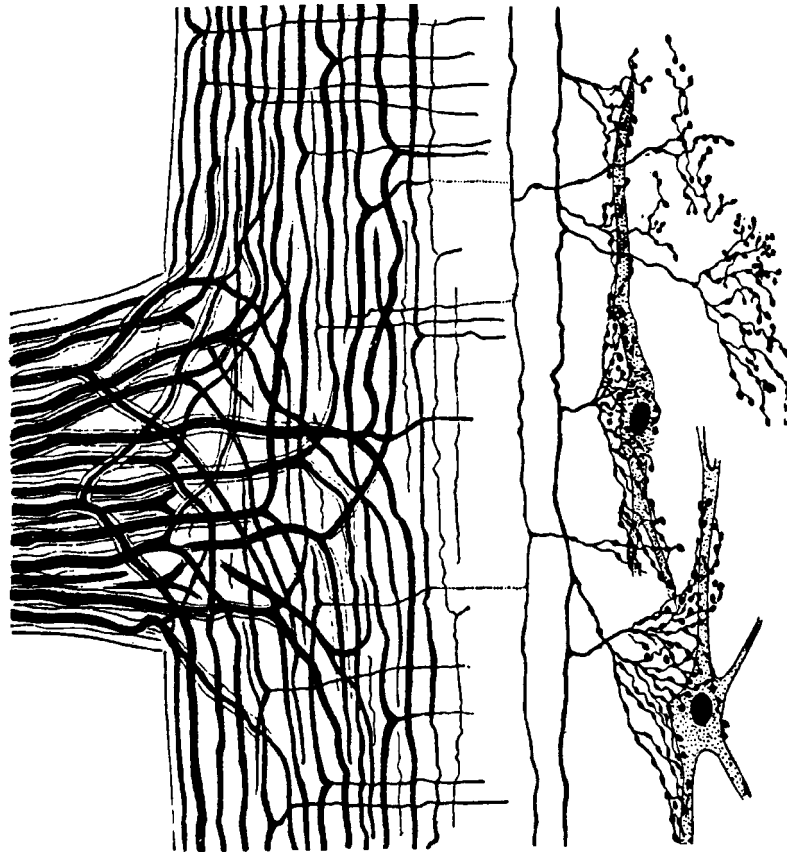
Dugih uzlaznih putova ima u sva tri snopa bijele tvari (sl. 14-10). No, u dorzalnim bijelim kolumnama (*funiculus dorsalis*) to su centralni nastavci primarnih (pseudounipolarnih) neurona osjetnih putova, dok su u ventrolateralnoj bijeloj tvari to aksoni sekundarnih projekcijskih neurona osjetnih putova (*cellulae funiculares*).

**Aferentna vlakna dorzalnih korjenova** su centralni nastavci pseudounipolarnih neurona spinalnih gnaglija. U kraljezničnu moždinu ulaze kroz dorzolateralni žlijeb kao neprekinuti niz snopića korjenskih vlakana (*fila radicularia*), a u njoj se odmah svaki *filum* podijeli na veći medijalni i manji lateralni snopić. Medijalni snopić na mjestu svog ulaska oblikuje korjensku zonu (*zona radicularis*), a mnogi njegovi aksoni prodiru izravno u sivu tvar i oblikuju uzdužne snopiće dorzalnih sivih kolumni (*fasciculi longitudinales columnae dorsalis*). Lateralni snopić na mjestu svog ulaska oblikuje marginalnu **Lissauerovu zonu** (*zona marginalis Lissaueri* = *tractus dorsolateralis*), a sastoji se od tankih mijeliniziranih i nemijeliniziranih aferentnih aksona.

Odmah po ulasku u kraljezničnu moždinu, svako aferentno vlakno podijeli se na glavnu **ascendentnu** i glavnu **descendentnu** granu, a od tih grana brojni kolateralni ogranci prodiru u sivu tvar (sl. 14-9). Ascendentne grane vlakana medijalnog snopića većinom uzlaze prema moždanom deblu kao *fasciculus gracilis* i *fasciculus cuneatus*, no dio njih ulazi u samu sivu tvar i oblikuje aferentni krak monosinaptičkog intrasegmentnog refleksnog luka. Napokon, dio ascendentnih grana zajedno sa svim descendentnim granama oblikuje kratke asocijacijske putove (*fasciculi proprii*), u kojima sudjeluju kao aferentni krak intersegmentnih refleksnih krugova kraljeznične moždine. Descendentne grane vlakana medijalnog snopića oblikuju i



**Slika 14-8.** Shematski crtež Rexedovih citoarhitektonskih slojeva na četiri karakteristične razine kraljeznične moždine: vratnoj (C6), grudnoj (T10), slabinskoj (L5) i križnoj (S4). Nacrtno je samo obris sive tvari desne polovice kraljeznične moždine; dorzalni rog usmjeren je prema vrhu, a ventralni prema dnu slike. Nacrtno prema fotografijama Nissl-preparata u Carpenter i Sutina (1983).



**Slika 14-9.** Na uzdužnim presjecima kroz kraljezničnu moždinu vidimo da se primarna aferentna vlakna odmah po ulasku u kraljezničnu moždinu (lijevo) podijele na glavnu uzlaznu i silaznu granu, a od svake se odvaja niz kolaterala što prodiru u sivu tvar (vodoravni ogranci i desni dio slike). Te kolaterale imaju obilna završna razgranjenja s nizom sinaptičkih čvoriča što uspostavljaju sinapse s neuronima sive tvari kraljeznične moždine. Nacrtno prema Cajal (1911).

dva zasebno definirana snopića (sl. 14-10): *fasciculus interfascicularis* Schultze i *fasciculus septomarginalis*.

Ascendentne i descendentne grane vlakana lateralnog snopića oblikuju **Lissauerov snop** (*tractus dorsolateralis*). Ta vlakna uzlaze ili silaze duž nekoliko segmenata i potom završe u sivoj tvari dorzalnog roga, a dio su puta za prijenos osjeta boli.

**Dugi uzlazni osjetni putovi** su mnogobrojni i potanko su opisani u odgovarajućim poglavljima, a ovdje su tek nabrojani uz ključne napomene.

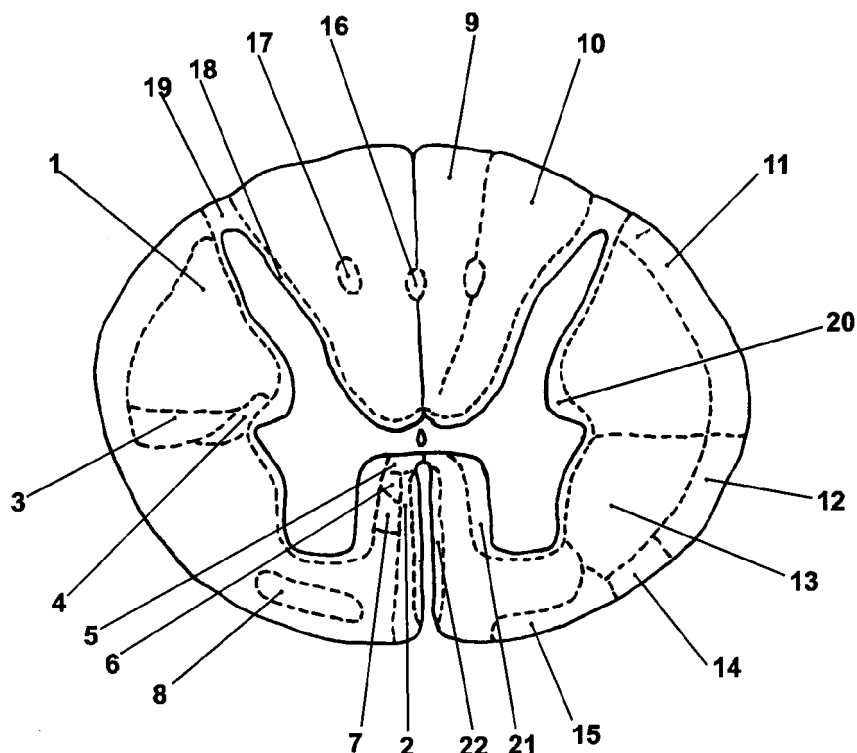
- 1) **Sustav dorzalnih bijelih kolumni** (*tractus spinobulbaris* = *fasciculus gracilis* + *fasciculus cuneatus*): dorzalni snop (*funiculus dorsalis*) oblikuju medijalni *fasciculus gracilis* i lateralni *fasciculus cuneatus*. Ta dva snopića sastavljena su od centralnih nastavaka primarnih (pseudounipolarnih) osjetnih neurona za prijenos osjeta tzv. “finog” dodira i kinestezije iz područja vrata, trupa i udova. Ascendentne grane tih aksona uzlaze ipsilateralno sve do produljene moždine gdje sinaptički završavaju u istoimenim jezgrama (*nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus*).
- 2) **Anterolateralni sustav** (*tractus spinothalamicus* = *tractus spinothalamicus lateralis* + *tractus spinothalamicus ventralis*): sustav se sastoji od aksona sekundarnih osjetnih neurona dorzalnog roga, koji već u kraljezničnoj moždini križaju stranu (u ventralnoj bijeloj komisuri) i potom kontralateralno uzlaze kao ventralni i lateralni spinotalamički snop kroz *funiculus ventrolateralis*. Spinotalamički snopovi su dio puta za prijenos osjeta boli, temperature i tzv. “grubog” dodira.

- 3) **Izravni spinocerebelarni putovi** (*Tractus spinocerebellares*): riječ je o skupu spinocerebelarnih putova koji nisu uključeni u nastanak svjesnih osjeta, nego u nesvjesni (refleksni) nadzor nad motoričkim funkcijama. Svi ti putovi sastavljeni su od ascendentnih aksona sekundarnih neurona smještenih u različitim Rexedovim slojevima, pa su stoga pod utjecajem različitih primarnih aferentnih vlakana i različitih skupina spinalnih interneurona. Ti ascendentni aksoni oblikuju **dva neukrižena** (*tractus spinocerebellaris dorsalis*, *tractus cuneocerebellaris*) i **tri ukrižena** izravna spinocerebelarna puta (*tractus spinocerebellaris ventralis*, *tractus spinocerebellaris rostralis*, *tractus cervicalis centralis*). Svi ti putovi u koru malog mozga donose dvije skupine informacija: a) osjetne informacije iz mišićnih i tetivnih vretena te kožnih i zglobnih mehanoreceptora, b) informacije o razini aktivnosti specifičnih skupina spinalnih interneurona.
- 4) Ostali uzlazni putovi – npr. *tractus spinotectalis*, *tractus spinoreticularis*, *tractus spinoolivaris*, *tractus spinovestibularis*, itd.

*Dugi silazni putovi su motorički*

Dugi silazni putovi polaze ili iz moždane kore ili iz nekih motoričkih struktura moždanog debla, a dijelimo ih u dvije temeljne funkcionalne skupine:

- 1) **Piramidni (svjesni voljni) motorički putovi** (*tractus corticospinales s. pyramidales* = *tractus corticospinalis ventralis*



**Slika 14-10.** Shema rasporeda asocijacijskih, dugih osjetnih i motoričkih putova u kralježničnoj moždini. Za pojedinosti vidi tekst. **Motorički putovi:** 1. *tractus corticospinalis lateralis*, 2. *tractus corticospinalis ventralis*, 3. *tractus rubrospinalis*, 4. *tractus bulboreticulosospinalis*, 5. *fasciculus longitudinalis medialis*, 6. *tractus pontoreticularis*, 7. *tractus tectospinalis*, 8. *tractus vestibulospinalis*. **Osjetni putovi:** 9. *fasciculus gracilis*, 10. *fasciculus cuneatus*, 11. *tractus spinocerebellaris dorsalis*, 12. *tractus spinocerebellaris ventralis*, 13. *tractus spinothalamicus lateralis*, 14. *tractus spinothalamicus ventralis* + *tractus spinotectalis* + *tractus spinoreticularis*; 15. *tractus spinoovularis*. **Asocijacijski putovi:** 16. *fasciculus septomarginalis* (Flechsigov ovalni snop), 17. *fasciculus interfascicularis* (Schultzeov snop), 18. *fasciculi proprii dorsales*, 19. *tractus dorsolateralis* (Lissauerov snop), 20. *fasciculi proprii laterales*, 21. *fasciculi proprii ventrales*, 22. *fasciculus sulcomarginalis*. Nacrtno prema Rauber-Kopsch (1987).

+ *tractus corticospinalis lateralis*), koje oblikuju aksoni gornjeg (kortikalnog) motoneurona, a izravno sinaptički završavaju na donjim (spinalnim) motoneuronima.

- 2) **Ekstrapiramidni (ostali) silazni motorički putovi**, koji polaze iz različitih struktura moždanog debla (*tractus tectospinales*, *tractus rubrospinalis*, *tractus vestibulospinalis*, *tractus reticulospinales*).

Napokon, postoje i dugi silazni putovi autonomnog živčanog sustava kao i silazni monoaminski putovi uključeni u regulaciju prijenosa osjeta boli, regulaciju motorike i druge funkcije.

*Fasciculi proprii su asocijacijski putovi kralježnične moždine*

Srednje dugi aksoni intersegmentnih spinalnih interneurona oblikuju kratke putove bijele tvari (*fasciculi proprii*). To su sljedeći snopići aksona asocijacijskih ili komisurnih spinalnih interneurona (sl. 14-10):

- 1) *Fasciculus proprius ventrolateralis* (= *fasciculus proprius ventralis* + *fasciculus proprius lateralis*), tanki sloj bijele tvari što prekriva sivu tvar ventralnog, lateralnog i ventrolateralne strane dorzalnog roga;
- 2) *Fasciculus proprius dorsalis*, malo polje bijele tvari prislonjeno uz dorzalnu plohu sive komisure;
- 3) *Trigonum Philippe-Gombault* (= Philippe-Gombaultov trokut), malo polje bijele tvari smješteno u središnjoj crti uz dorzalni uzdužni žlijeb, na mjestu gdje se spajaju lijevi i desni *fasciculus gracilis*;
- 4) *Fasciculus septomarginalis* (= Flechsigovo ovalno polje), mali snopić asocijacijskih aksona smještenih u

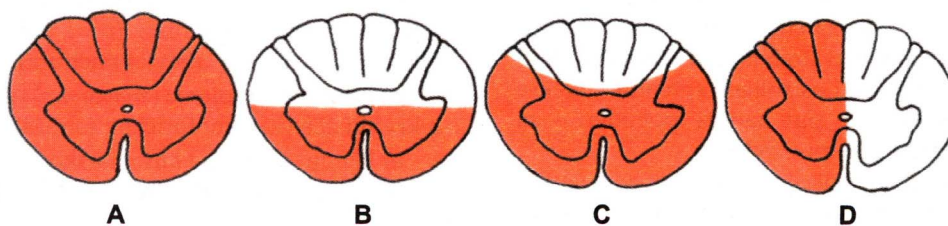
središnjoj crti na mjestu gdje se spajaju lijevi i desni *fasciculus gracilis*, ali u dubini dorzalnih bijelih kolumni uz *septum dorsale*;

- 5) *Fasciculus interfascicularis* (= Schultzeov snopić), mali snopić asocijacijskih aksona smješten uz *septum intermedium dorsale*, u dubini dorzalnih bijelih kolumni i na mjestu gdje se spajaju *fasciculus gracilis* i *fasciculus cuneatus*;
- 6) *Tractus dorsolateralis* (= *Zona marginalis Lissaueri*);
- 7) *Fasciculi longitudinales columnae dorsalis*, jedini jasno ograničen snopić asocijacijskih aksona što prolazi kroz sivu tvar dorzalnih kolumni, pomiješan s uzlaznim ograncima primarnih aferentnih vlakana;
- 8) *Fasciculus sulcomarginalis*, tanki sloj asocijacijskih aksona smještenih ventralno, uz ventralnu središnju pukotinu;
- 9) *Tractus longitudinalis medialis*, mali uzdužni snopić asocijacijskih aksona smještenih uz dno ventralne srednjocrtne pukotine;
- 10) Komisurni aksoni što sudjeluju u oblikovanju ventralne bijele komisure (*commissura alba ventralis*). No, glavni dio ventralne bijele komisure su aksoni sekundarnih neurona osjetnih putova koji na tom mjestu križaju stranu.

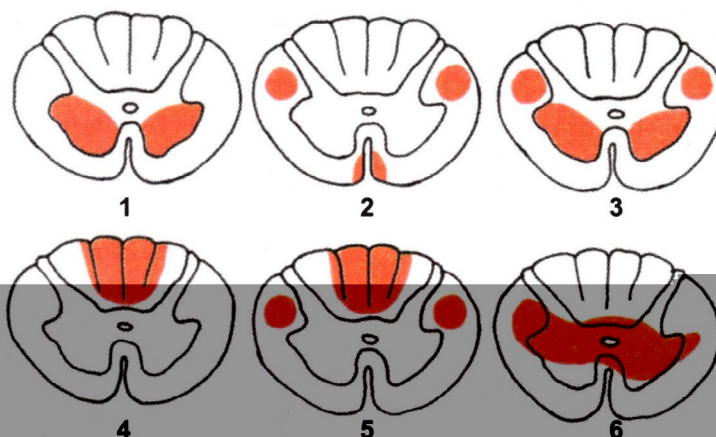
#### Kliničko-anatomske sindromi kralježnične moždine

*Neke bolesti odabirno pogađaju samo donji motoneuron, samo gornji motoneuron, ili i gornji i donji motoneuron*

## SINDROMI PRESIJECANJA



## KLINIČKI SINDROMI



**Slika 14-11.** Sindromi presijecanja i klinički sindromi kralježnične moždine. **Sindromi djelomičnog ili potpunog presijecanja vratnog dijela kralježnične moždine:** A. Potpuno presijecanje kralježnične moždine. B. Presijecanje ventrolateralne četvrtine (kvadranta) kralježnične moždine. C. Presijecanje ventralne 2/3 kralježnične moždine. D. Presijecanje jedne polovice kralježnične moždine (spinalna hemisekcija – Brown-Séquardov sindrom). **Klinički sindromi ozljeda kralježnične moždine:** 1. Bolesti donjeg motoneurona: progresivna spinalna mišićna slabost ili dječja paraliza (*poliomyelitis*). 2. Bolest gornjeg motoneurona: obiteljska spastična paraplegija. 3. Bolest i gornjeg i donjeg motoneurona: amiotrofna lateralna skleroza. 4. Bolesti primarnih osjetnih neurona, dorzalnih korjenova i dorzalnih bijelih kolumni: nasljedna osjetna neuropatija i *tabes dorsalis*. 5. Zdržena degeneracija dorzalnog i lateralnog bijelog snopa: subakutna kombinirana degeneracija ili spinocerebelarna degeneracija. 6. *Syringomyelia*. Za pojedinosti vidi tekst. Nacrano, uz manje izmjene, prema De Myer (1988).

Neke bolesti odabirno pogađaju donji (alfa) motoneuron ventralnog roga (sl. 14-11, 1). **Progresivna mišićna atrofija** je obiteljski nasljedna degenerativna bolest, koja u svom “čistom obliku” razara jedino donje motoneurone. U bolesnika se postupno razvija sve veća mišićna slabost i ona na kraju umire. **Dječja paraliza** (*poliomyelitis*) je akutna upalna virusna infekcija. Virus poglavito napada donje motoneurone, iako može inficirati i druge vrste neurona. Nadalje, infekcija može pogoditi samo jedan spinalni segment (ili tek dio segmenta) ili dio moždanog debla, pa tako uzrokovati selektivnu atrofiju odgovarajućih mišića (ili dijelova mišića). U nekim bolestima, poput **obiteljske spastične paraplegije** (sl. 14-11, 2), dolazi do retrogradne degeneracije aksona gornjeg (kortikospinalnog) motoneurona i posljedičnog propadanja samih gornjih motoneurona. U bolesnika se prvo javlja kljenut nogu, potom kljenut ruku, a napokon i kortikobulabarna kljenut (npr. otežano govorenje i gutanje). **Amiotrofna lateralna skleroza** odabirno pogađa i gornji i donji motoneuron. Izraz “amiotrofna” označuje mišićnu atrofiju uzrokovanu degeneracijom donjih motoneurona. Izraz “lateralna skleroza” označuje otvrdnjavanje lateralnog funikula zbog degeneracije aksona gornjeg motoneurona (koji tu oblikuju lateralni kortikospinalni put) uz stvaranje glijalnog ožiljka.

*Neke bolesti odabirno pogađaju osjetne neurone i putove*

**Nasljedna osjetna neuropatija** je bolest selektivne degeneracije dorzalnih korjenova, pri čemu dolazi do gubitka osjeta (sl. 14-11, 4). ***Tabes dorsalis*** je oblik uznapredovalog sifilisa u kojem dolazi do degeneracije dorzalnih bijelih kolumni (sl. 14-11, 4). Bolesnik gubi osjet dodira, pritiska, vibracije i kinestezije, ali mu je osjet boli i temperature očuvan (štoviše, često se javlja patološka bol u udovima). Noge su obično teže pogođene od ruku, jer degeneracija jače pogađa *fasciculus gracilis*.

*Neke bolesti istodobno pogađaju i osjetne i motoričke putove i strukture*

**Posterolateralna skleroza** (= subakutna zdržena degeneracija dorzalnih i lateralnih bijelih kolumni) je bolest uzrokovana nedostatkom vitamina B<sub>12</sub>, a pogađa i dorzalne bijele kolumne (gubitak osjeta) i lateralni kortikospinalni put (aksoni gornjeg motoneurona) (sl. 14-11, 5).

**Spinocerebelarne degeneracije** su bolesti koje pogađaju dorzalne bijele kolumne i izravne spinocerebelarne putove, a često zahvaćaju i kortikospinalni put. Bolesnici mogu imati pojačane ili oslabljene spinalne reflekse, ovisno o tome koji je sustav aksona najteže pogođen.

**Siringomijelija** je bolest u kojoj se razvijaju šupljine (kavitacije) koje prvo razaraju tkivo oko središnjeg kanala, a potom se bolest širi i na preostali dio sive tvari te na bijelu

tvar (sl. 14-11, 6). Najčešće su pogođeni cervikalni segmenti i produljena moždina. Prvo stradaju osjetni putovi za prijenos osjeta boli i temperature, pa bolesnik nerijetko trpi od opekline prstiju i dlanova (jer se nakon gubitka osjeta nehotično nasloni na vrele predmete a da toga nije svjestan). Kad bolest zahvati jedan ili oba kortikospinalna puta, uz gubitak osjeta vide se i znaci bolesti gornjeg i donjeg motoneurona.

*Djelomično ili potpuno presijecanje kralježnične moždine uzrokuje različite kliničke sindrome*

Ozljede, tumori, tromboze ili embolije krvnih žila te multipla skleroza primjeri su patoloških procesa što mogu djelomično ili potpuno prekinuti kralježničnu moždinu na određenoj razini.

**Potpuno presijecanje kralježnične moždine** (sl. 14-11A) uzrokuje, ovisno o razini ozljede, mišićne kljenuti – paraplegiju ili tetraplegiju, te gubitak osjeta i nekih autonomnih funkcija. U dijelu tijela kojeg inervira dio kralježnične moždine smješten kaudalno od razine ozljede, uoče se sljedeće promjene:

- kljenut svih voljnih pokreta, uz znake ozljede gornjeg motoneurona,
- gubitak osjeta,
- gubitak voljnog nadzora nad pražnjenjem crijeva i mokraćnog mjehura (i dalje je moguće refleksno pražnjenje crijeva i mjehura),

- prestanak znojenja (*anhidrosis*) i gubitak tonusa krvnih žila (vazomotoričkog tonusa),
- kljenut voljnog i automatskog disanja (ako je presječen kranijalni dio vratnog dijela kralježnične moždine).

**Presijecanje ili razaranje ventrolateralne četvrtine (kvadranta) vratnog dijela kralježnične moždine** (sl. 14-11B) uzrokuje sljedeće poremećaje:

- kljenut automatskih pokreta disanja i smanjenu osjetljivost na ugljični dioksid,
- gubitak voljnog nadzora nad pražnjenjem crijeva i mokraćnog mjehura (uz očuvano refleksno pražnjenje crijeva i mjehura),
- gubitak poriva za mokrenjem,
- prestanak znojenja,
- sniženje krvnog tlaka (hipotenziju),
- gubitak osjeta boli i temperature.

No, takav bolesnik i dalje može voljno pokretati skeletne mišiće i očuvane su druge vrste osjeta.

**Presijecanje ventralne 2/3 kralježnične moždine** (sl. 14-11C) uglavnom je posljedica začepjenja ventralne spinalne arterije (i posljedičnog infarkta tog dijela moždine). U bolesnika uočavamo kljenut voljnih pokreta te sve druge promjene navedene u prethodnom odlomku o posljedicama ozljede ventrolateralnog kvadranta.

Prepoznavanje klasičnog **Brown-Séquardovog sindroma** (= **hemisekcije spinalne moždine**) opisano je na tablici 14-1, a za svakog liječnika je prava provjera poznavanja kliničke anatomije kralježnične moždine.

**Tablica 14-1.** Klinička obilježja Brown-Séquardovog sindroma.

Klinički nalazi	Anatomska podloga
<i>Kontralateralni učinci</i>	
Gubitak osjeta boli i temperature kaudalno od razine ozljede	Prekidanje spinotalamičkog puta
<i>Ipsilateralni učinci</i>	
Kljenut voljnih pokreta kaudalno od razine ozljede; pojačani spinalni refleksi, spastičnost, znak Babinskog	Prekidanje lateralnog kortikospinalnog puta
Gubitak osjeta vibracije, položaja, finog (razlikovnog) dodira i prepoznavanja oblika predmeta opipavanjem	Prekidanje dorzalnih bijelih kolumni
Segmentna mišićna slabost i atrofija	Razaranje donjih motoneurona na razini ozljede
Segmentni gubitak osjeta	Razaranje dorzalnih korjenova na razini ozljede
Prestanak znojenja kaudalno od razine ozljede i (ako je ozlijeđen vratni dio kralježnične moždine) ipsilateralni Hornerov sindrom	Prekidanje silaznih autonomnih putova u ventralnom snopu bijele tvari ( <i>funiculus ventralis</i> )