

Ascendentne živčne proge Afferent tracts

Duška Meh*

Ključne besede
afherentne poti
spinalnolaminične proge

Key words
afferent pathways
spinothalamic tracts

Izvleček. Živčne proge so zaporedje nevronov, vpletenih v razne aktivnosti živega bitja. V članku so opisane ascendentne živčne proge, ki vodijo podatke do skorje velikih in malih možganov ter do drugih središč v osrednjem živčevju. Opisane so tudi proge, ki pri človeku še niso povsem poznane in njihovo vlogo in pomen šele raziskujemo. S pomočjo znanja o živčnih progah lahko prostorsko opredelimo klinične izpade.

Abstract. Our activities are controlled by nerve tracts, i.e. groups of nerve fibres with the common origin, course and destination. Afferent nerve pathways conveying information to the central nervous system are presented. The exact role of some of them has not yet been definitely determined. Knowledge of the function and anatomy of nerve tracts, enables us to localise various nervous defects.

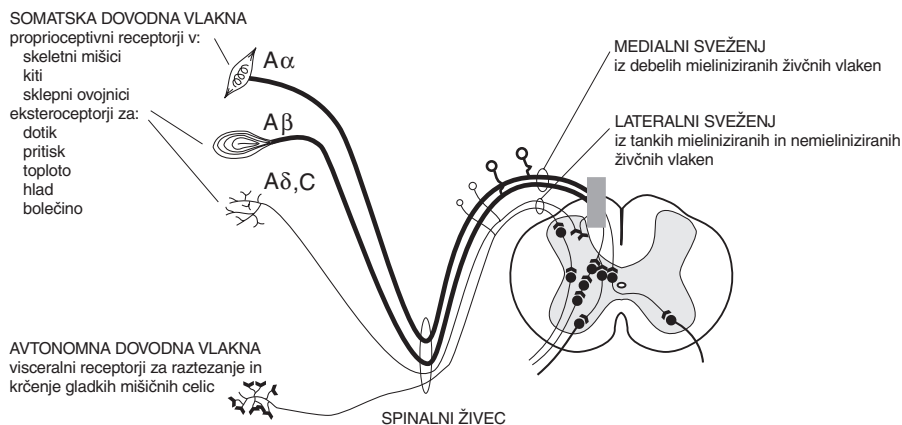
Uvod

Človek je bitje, ki zbira podatke iz zunanjega in notranjega sveta in se nanje zavestno ali podzavestno odziva. Dražljaji vzdražijo receptorje – specializirane receptorske končiče perifernih aksonov, ki jih predstavljajo prosti živčni končiči, sami ali skupaj z deli drugih tkiv. Receptorji dražljaj pretvorijo v električni signal – zaporedje električnih impulzov, ki potujejo po živčnih strukturah in povzročijo aktivnost v natančno določenih »senzoričnih kanalih«. Podatek opredelita specifičnost receptorja (teorija modalnosti – za vsako vrsto občutka imamo specifične receptorje in primarne nevrone ter posebno čutilno proggo) ter časovni in prostorski vzorec vzdraženih živčnih vlaken (teorija vzorcev).

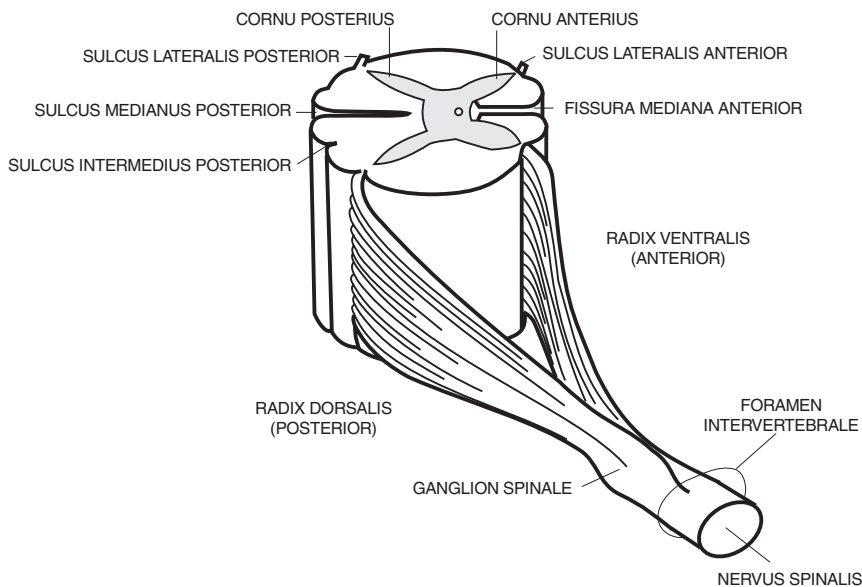
Receptorje in specifična področja osrednjega živčevja (npr. primarno senzorično možgansko skorjo) povezujejo predvsem senzorične živčne celice s svojimi perifernimi in osrednjimi (centralnimi) aksoni ter z jedri v spinalnih ali možganskih ganglijih. Začne se kot prosti živčni končiči ali specializirane receptivne strukture v koži, sklepih in drugih tkivih (slika 1). Osrednji (centralni) aksoni so zadajšnje (dovodne, aferentne ali senzorične) korenine spinalnih oziroma možganskih živcev, ki potekajo znotraj hrbteničnega kanala oz. lobanjske votline in vstopajo v zadajšnji del hrbtenjače ali v ventrolateralno površino možganskega debla. V osrednjem živčevju se impulzi s primarnih senzoričnih nevronov običajno prenesejo na nove (sekundarne in terciarne) nevrone.

Zadajšnje korenine (*radices posteriores*) spinalnih živcev se pred vstopom razvejijo v štiri do deset koreninic, ki ena nad drugo vstopajo v hrbtenjačo v predelu zadajšnjega lateralnega žleba (*sulcus lateralis posterior*) (slika 2). Večina vlaken ventrolateralne skupine se kmalu po vstopu razdeli v daljšo ascendentno in krajšo descendentno vejo, poteka v beli snovi (*substantia alba*) lateralno, v Lissauerjevem snopiču (*tractus dorsola-*

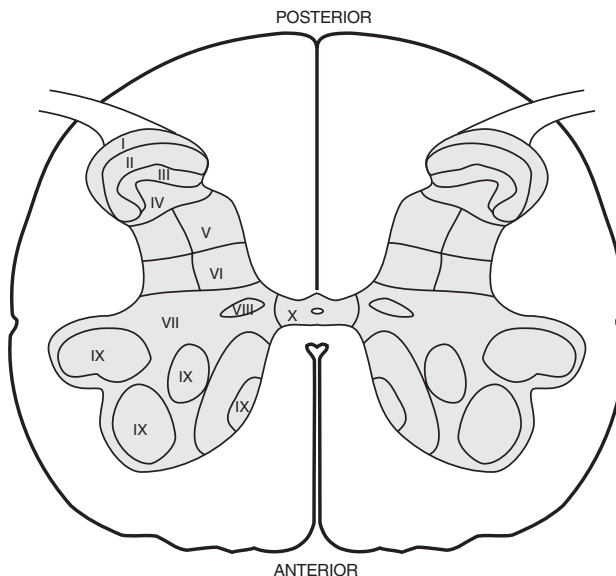
Asist. dr. sc. Duška Meh, dr. med., Inštitut za anatomijo, Medicinska fakulteta, Korytkova 2, 1000 Ljubljana in Inštitut RS za rehabilitacijo, Linhartova 51, 1000 Ljubljana.



Slika 1. Prečni presek skozi hrbtenjačo. Dovodna živčna vlakna so zbrana v dva sveženja, medialni in lateralni. Naštete so tudi receptivne strukture.



Slika 2. Segment prsnega dela hrbtenjače z dovodno in odvodno korenino, ki sta pred vstopom v hrbtenjačo oziroma po izstopu iz nje razdeljeni v več koreninic. Pred izstopom iz hrbteničnega kanala se korenini združita in ju po izstopu skozi intervertebralni foramen imenujemo spinalni živec.

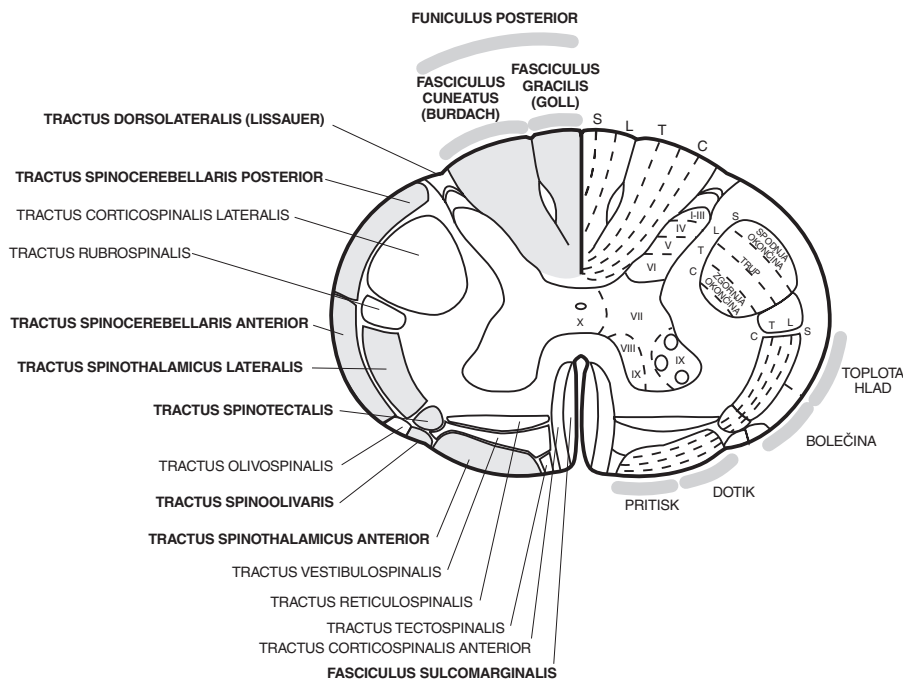


Slika 3. Organizacija ledvenega dela hrbtenjačne sivine (Rexedove plasti).

teralis), sega nekaj segmentov navzgor in navzdol in oddaja kolaterale. Te tvorijo sinapse z internevrni in s senzoričnimi nevroni drugega reda v eni od Rexedovih plasti v zadajšnjem rogu hrbtenjače. Segmentna razdelitev hrbtenjače, ki bi naj olajšala razumevanje delovanja, je tudi zaradi številnih internevrnskih povezav le grob približek resničnim razmeram v različnih delih hrbtenjače.

Hrbtenjačno sivo snov (*substantia grisea*) je Rexed na osnovi citoarhitektonskih značilnosti razdelil v deset plasti, ki se v različnih delih hrbtenjače malenkostno razlikujejo. Plasti I–VI so v zadajšnjem rogu, VII je v stranskem, VIII in IX sta v sprednjem rogu in X okrog osrednjega (centralnega) kanala (slika 3). Natančna vloga posamičnih plasti ter sestava nevronov, ki se v njih končajo, je kljub številnim raziskavam še precej neznan, posebej zato, ker so plasti povezane s številnimi internevrni. Plasti I, II, III in V vzdražijo prilivi iz »bolečinskih« receptorjev, aktivnost plasti IV in VI je verjetno predvsem posledica vzdraženosti mehanoreceptorjev, plast VII vzdraži aktivnost simpatičnih in parasimpatičnih nevronov, plasti VIII in IX pa priliv iz nadrejenih motoričnih predelov.

Hrbtenjačna bela snov (*substantia alba*) ne vsebuje teles živčnih celic, sestavljena je iz ascendentnih in descendentnih živčnih vlaken, ki sestavljajo morfološko ne natančno razmejene živčne proge (slika 4). Njihova opredelitev in raziskovanje sta izjemno zahtevna, možna le v določenih patoloških ali poskusnih razmerah. Proge neposredno proučujejo z antidromnim draženjem oz. z retrogradnim označevanjem z encimom hrenova peroksidaza, veliko podatkov pa dobimo tudi z nevrofiziološkimi (elektrofiziološkimi in psihofizičnimi) metodami.



Slika 4. Ascendentne (temne) in descendentne (svetle) živčne proge in somatotopična ureditev progovnih vlaken v hrbtenjači. C – cervikalno, T – torakalno, L – lumbalno, S – sakralno.

Ascendentne živčne proge

Receptivne strukture so v zunanjem in notranjem okolju neprestano izpostavljene ogromnemu številu dražljajev, število impulzov, ki dosežejo osrednje živčevje, je neprimerno manjše, še manjše pa je število tistih, ki izzovejo zavestno zaznavo. Aktivna procesa, ki omogočata smiselno omejitev števila impulzov, ki potujejo po senzoričnih kanalih, sta izbira (selekcija) in zmanjševanje števila (redukcija) podatkov. Procesa preprečujeta, da bi za organizem nepomembni podatki preplavili osrednje živčevje, povzročili zmedo v organizmu in izzvali neustrezen odziv.

Izbira in zmanjševanje števila podatkov potekata na različnih delih senzoričnih prog, delno že na periferiji (na ravni receptorjev, npr. obrobna inhibicija v mrežnici). Kljub tej prvi prepreki je proti možganom po vseh senzoričnih kanalih vsako sekundo namenjeno 100 milijonov impulzov. Osrednje živčevje jih doseže malo, zaradi obsežnih selekcije in redukcije v osrednjem živčevju pa jih do zavesti prispe še manj. Zavestno zaznavo sprožijo namreč le impulzi, ki se »prebijajo« do središč v možganski skorji in v njej izzovejo natančno določeno aktivnost. Njihovo število je bistveno manjše od števila tistih, ki impulz sprožijo. Izbira podatkov je odvisna od usmerjene pozornosti, ki jo določajo po-

trebe in zanimanje. Pomembna sta tako zaviranje (inhibicija) kot ojačanje (facilitacija). Značilen primer izbire in zmanjšanja števila impulzov je npr. vidni sistem: mrežnico z receptorji (paličnicami in čepnicami) vzdraži ogromno vidnih dražljajev, zaradi redukcije in selekcije pa se zavemo le podatkov, ki so za nas pomembni in jih pogosto tudi iščemo. Nanje smo bolj pozorni, našo pozornost pa zvečajo tudi podatki iz drugih senzornih kanalov (npr. slušnega). Gledati in videti sta torej dva ločena procesa. Podobno velja za vse senzorne kanale, tudi za somatosenzorne, s katerimi se bomo ukvarjali v članku.

Ascendentne proge, ki vodijo do skorje velikih možganov

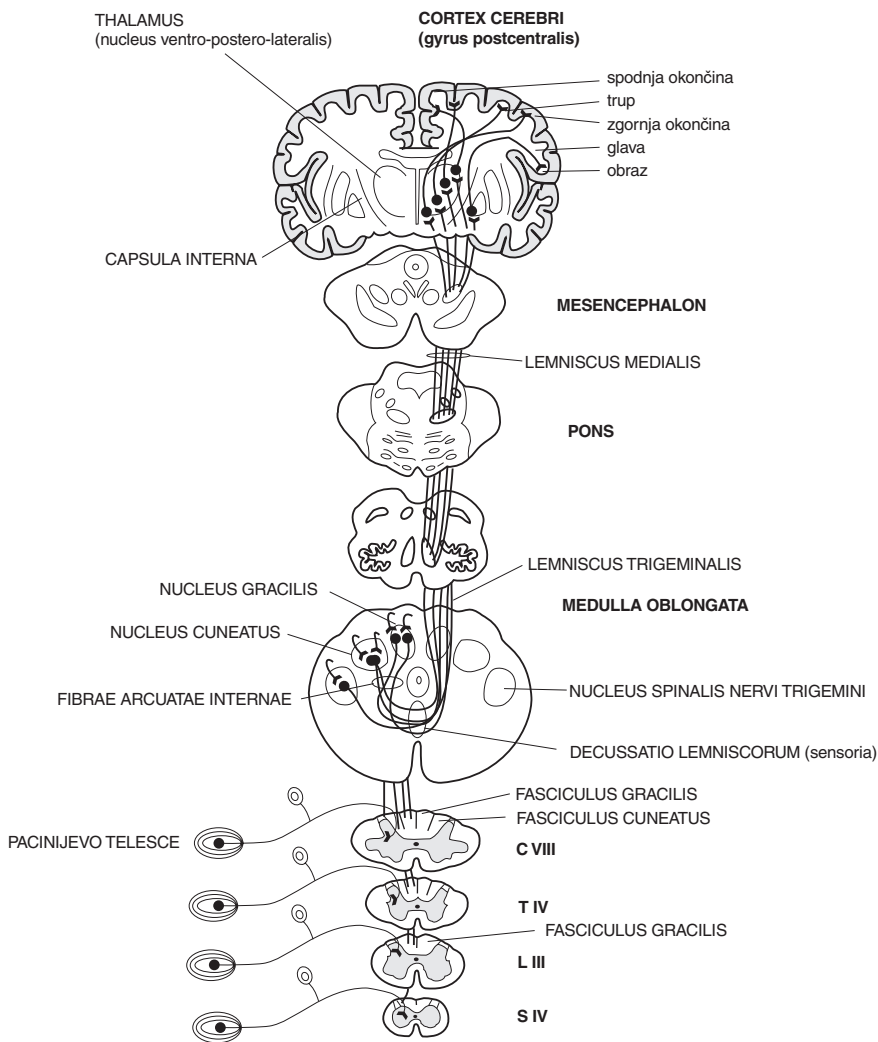
Proge, ki vodijo do skorje velikih možganov, so klinično najpomembnejše, saj je pri njihovih okvarah spremenjeno zaznavanje. Večinoma so sestavljene iz treh nevronov. Prvi člen (nevron prvega reda) prenese podatek do natančno določenih delov hrbtenjače ali možganskega debla in vzdraži verigo osrednjih nevronov, drugi (nevron drugega reda) vodi impulse do določenih jeder talamusa in zadnji (nevron tretjega reda) do možganske skorje.

Zadajšnji sveženj (*funiculus posterior*)

Debela mielinizirana vlakna medialnega svežnja zadajšnjih korenin vstopijo v hrbtenjačo medialno od zadajšnjega roga (*cornu posterior*). Razdele se v daljši ascendentni in krajši descendentni krak in somatotopično razporejena potekajo v zadajšnjem svežnju, funiklu. Ascendentne veje iz križnih segmentov hrbtenjače leže najbolj medialno, krajša vlakna iz višjih segmentov so lateralneje (slika 4).

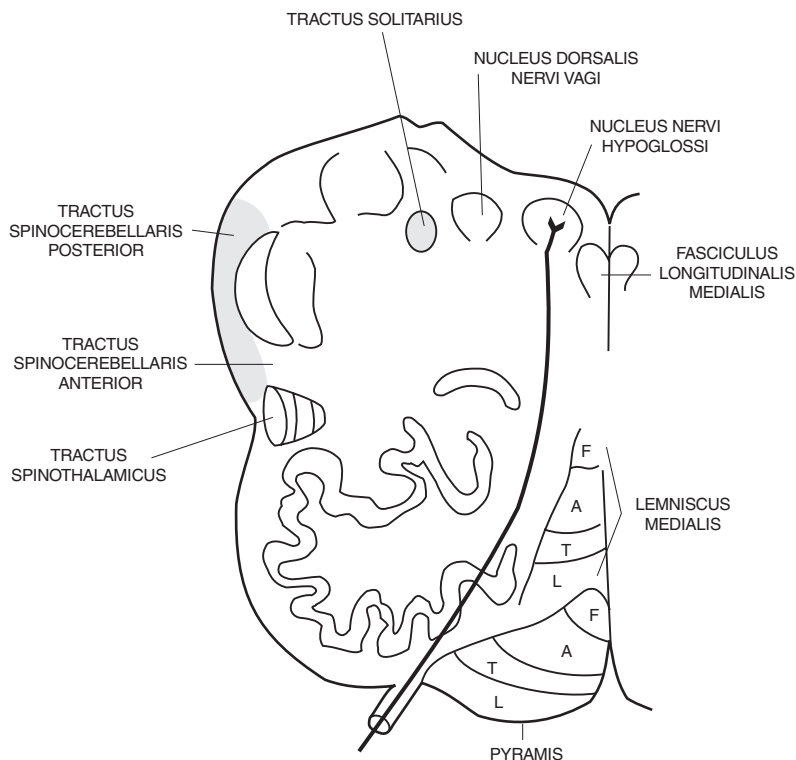
V zgornjem prsnem in vratnem delu hrbtenjače je zadajšnji sveženj razdeljen v medialni gracilni fascikel (*fasciculus gracilis*, *Gollov sveženj*) in lateralni kuneatni fascikel (*fasciculus cuneatus*, *Burdachov sveženj*). V prvem so vlakna iz križnih, ledvenih in spodnjih šestih prsnih spinalnih ganglijev (iz spodnje okončine in spodnjega dela trupa), v drugem pa iz zgornjih šestih prsnih in vratnih (iz zgornjega dela trupa, zgornje okončine in vratu). Gracilni fascikel se razteza vzdolž cele hrbtenjače, kuneatni pa se začne približno v višini šestega prsnega vretenca. Vlakna obeh svežnjev so somatotopično razporejena in potekajo ipsilateralno. Večinoma se končajo v jedrih v podaljšani hrbtenjači, v gracilnem (*nucleus gracilis*) in kuneatnem jedru (*nucleus cuneatus*) (slika 5). Nekaj vlaken se po različno dolgem poteku že v hrbtenjači preklapi na nevrone drugega reda (propriospinalna vlakna). Zadajšnji svežnji vsebujejo tudi nekaj descendentnih vlaken iz gracilnega in kuneatnega jedra, ki naj bi vplivala na bolečino in so pomembna pri kliničnem vrednotenju okvar.

V gracilnem in kuneatnem jedru se začno nevroni drugega reda, ki kot interna arkuatna vlakna (*fibrae arcuatae internae*) zavijejo ventromedialno, se križajo (*decussatio sensoria* ali *decussatio lemniscorum*) in tvorijo živčni snop, medialni lemnisk (*lemniscus medialis*). Medialni lemnisk poteka skozi kontralateralno stran možganskega debla, je prav tako somatotopično urejen (slika 6) in se konča v ventroposterolateralnem jedru talamusa (*nucleus ventro-postero-lateralis thalami*).



Slika 5. Sistem zadajšnjih svežnjev.

Iz ventroposterolateralnega jedra talamusa vodijo nevroni tretjega reda, ki se končajo v primarni senzorični skorji (pocentralni vijugi – *gyrus postcentralis* – Brodmanovih področjih 1, 2 in 3). Potekajo skozi kapsulo interno (*capsula interna*) (slika 7) in tvorijo del njenega zadajšnjega kraka (slika 8), nato pa del korone radiate (*corona radiata*). Somatotopičnost je ohranjena vse do skorje: podatki iz spodnje okončine se končajo na medialnem zgornjem delu možganske poloble, podatki z glave na najbolj lateralnem in



Slika 6. Prečni presek skozi spodnji del podaljšane hrbtenjače. Prikazana je somatotopična ureditev prog v medialnem lemnisku, spinotalamični in kortikospinalni progi. N – noga, O – obraz, R – roka, T – trupa.

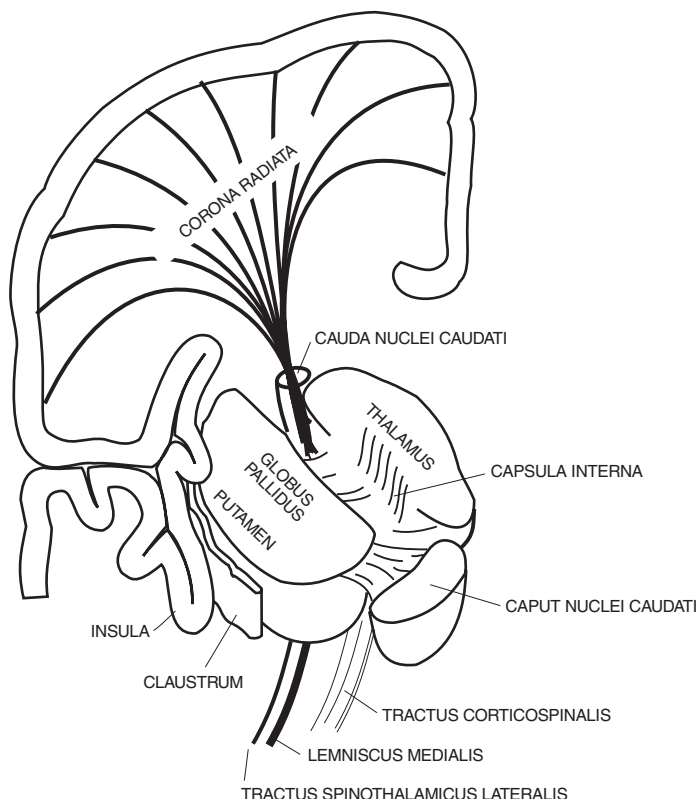
spodnjem delu (slika 5). Tudi somatosenzorična možganska skorja je torej somatotopično urejena – senzorični homunkulus (slika 9).

Po zadajšnjih svežnjih se prevajajo podatki o vibraciji, pritisku, finem dotiku, položaju sklepov, trupa in okončin, najpomembnejši pa so za sestavljeno diskriminacijsko občutljivost.

Zadajšnjim svežnjem se dorzomedialno pridružijo vlakna trigeminalnega lemniska (*lemniscus trigeminalis*) (slika 6), ki delno križana, delno pa nekrižana povezujejo spinalno (*nucleus spinalis nervi trigemini*) in pontino (*nucleus pontinus nervi trigemini*) jedro trivejnega živca z ventroposteromedialnim jedrom talamusa in vodijo našteje podatke s področja glave.

Sprednja spinotalamična proga (*tractus spinothalamicus anterior*)

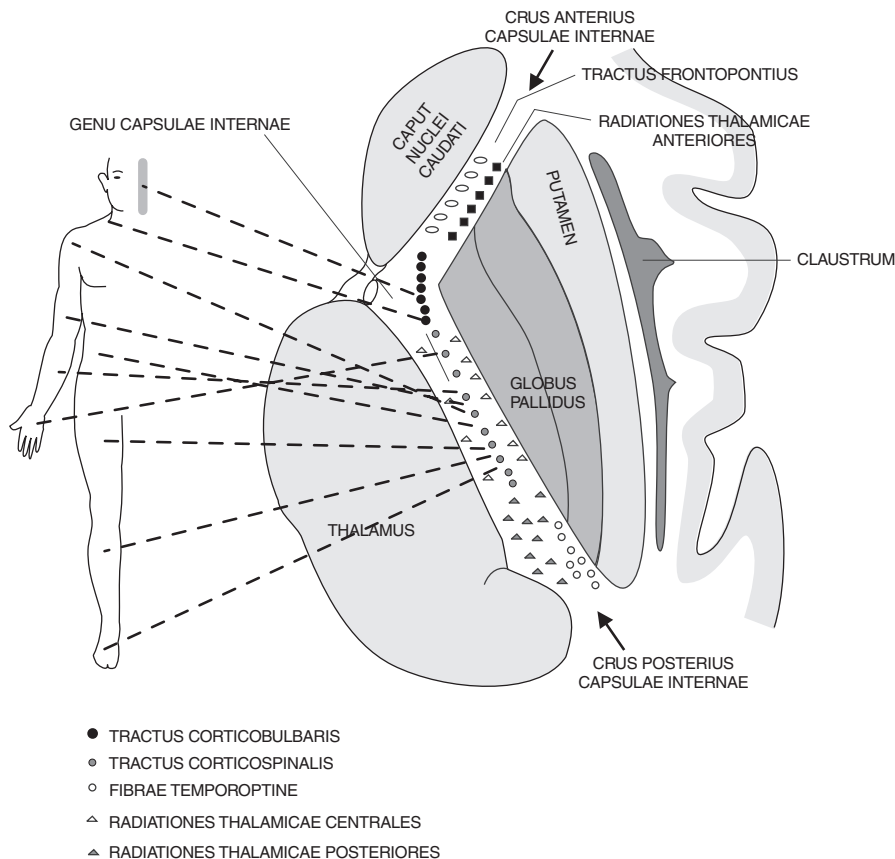
Vlakna sprednje spinotalamične proge se začno v hrbtenjači, večinoma v Rexedovih plasteh VI in VII. V istem segmentu ali nekaj segmentov (enega do dveh) više se v sprednji komisuri (*commissura alba*), pred osrednjim kanalom (*canalis centralis*), križajo in



Slika 7. Potek medialnega lemniska in lateralne spinothalamične proge skozi kapsulo interno do somatosenzoričnega dela možganske skorje.

kot sprednja spinothalamična proga potujejo po anterolateralnem delu hrbtenjače (slika 4) proti višjim delom osrednjega živčevja – proti talamusu. Večina vlaken se konča v ventroposterolateralnem, pa tudi centrolateralnem jedru talamusa (slika 10). Nekaj vlaken (približno 10 %) ostane nekrižanih. Vlakna so somatotopično urejena, iz križnih in ledvenih segmentov leže najbolj lateralno, iz prsnih in vratnih bolj medialno (slika 4).

Precej vlaken sprednje spinothalamične proge se konča že v možganskem deblu. V nadaljšani hrbtenjači poteka proga dorzolateralno od spodnjih olivarnih jeder in se verjetno pridruži lateralni spinothalamični progi. Nekaj vlaken ali njihove kolaterale se končajo v dorzolateralnem delu mrežaste snovi (*substantia reticularis*), druga v lateralnem mrežastem jedru (*nucleus reticularis lateralis*), relejnem jedru malih možganov. V zgornjem delu ponsa in mezencefalonu potekajo vlakna ob medialnem lemnisku do ventroposterolateralnega jedra talamusa, nato pa kot talamokortikalna vlakna skozi kapsulo interno (slika 7) do somatosenzorične možganske skorje (slika 9).

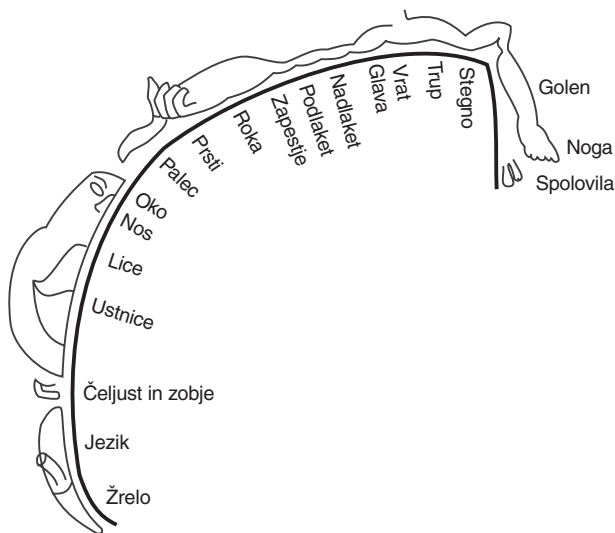


Slika 8. Somatotopična organizacija kapsule interne.

Sprednja spinothalamična proga prenaša podatke o rahlem dotiku (občutek izzovemo, če neporaščeno kožo pogladimo z vato). Okvara sprednje spinothalamične proge povzroči malo motenj, saj se podatki o dotiku prenašajo tudi po zadajšnjih svežnjih.

Lateralna spinothalamična proga (*tractus spinothalamicus lateralis*)

Lateralna spinothalamična proga je povezana s prejšnjo, je pa klinično veliko pomembnejša. Njen periferni del sestavljajo tanki periferni (A- δ in C) in osrednji aksoni nevronov z jedri v spinalnih ganglijah. V hrbtenjačo vstopajo v ventrolateralni skupini živčnih vlaken v zadajšnji hrbtenjačni korenini (slika 1). Vlakna se kmalu po vstopu delijo v daljšo ascendentno in krajšo descendentno vejo, potekajo lateralno, v Lissauerjevem snopiču (slika 4), segajo nekaj segmentov navzgor in navzdol in oddajajo kolaterale. Te tvorijo sinapse z internevroni in s senzoričnimi nevroni drugega reda v zadajšnjem rogu



Slika 9. Somatotopična organizacija pocentralne vijuge (somatosenzorične skorje).

hrbtenjače, večinoma v Rexedovih plasteh I, IV in V. V istem segmentu ali nekaj segmentov više se v sprednji komisuri, pred osrednjim kanalom, križajo in pomešana z vlakni drugih ascendentnih prog potekajo po kontralateralnem delu hrbtenjačne bele snovi proti ventropostero-lateralnemu jedru talamusa. Vlakna lateralne spinotalamične proge so bolj zgoščena in vsebujejo več dolgih vlaken, ki brez prekinitve potekajo do talamusa. Od talamusa potekajo nevroni tretjega reda, talamokortikalna vlakna, skozi kapsulo interno do somatosenzorične skorje temenskega režnja (slika 11).

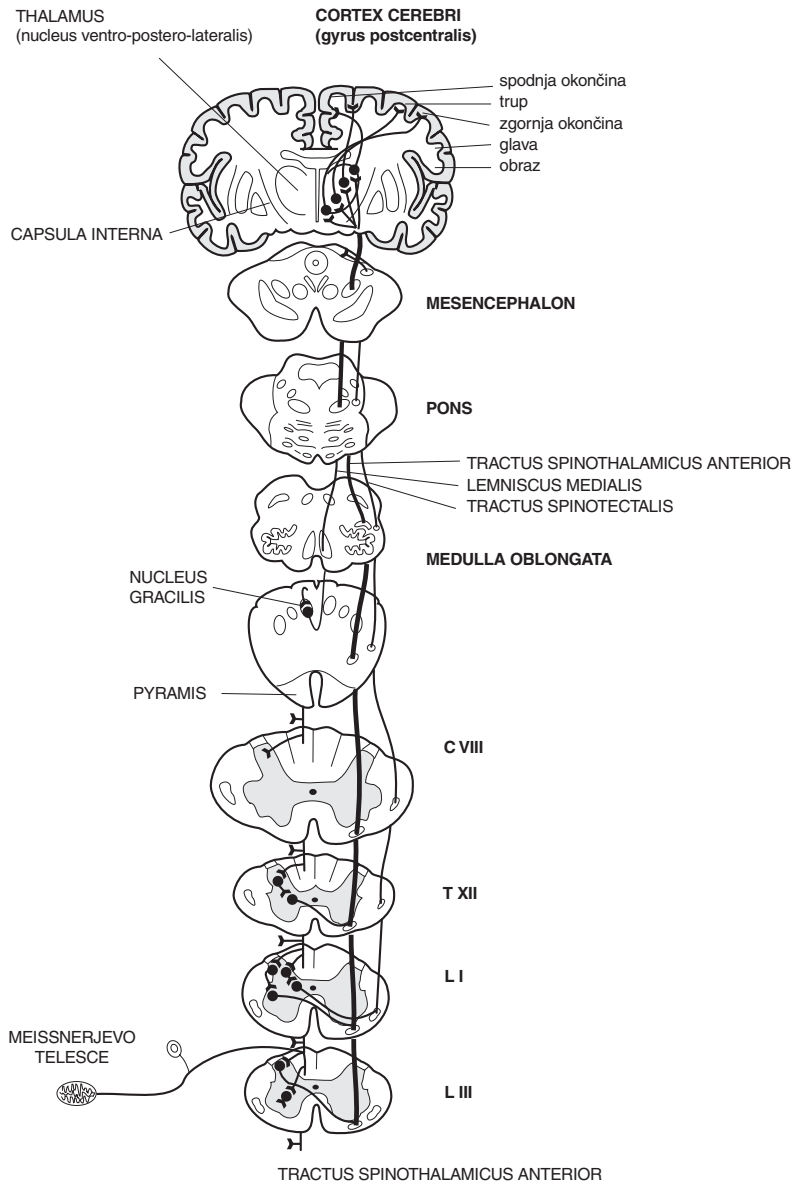
Proga je somatotopično organizirana: najbolj lateralno in zadaj potekajo vlakna iz spodnjih delov telesa, bolj medialno in spredaj so vlakna iz zgornje okončine in vratu. Nepopolno so ločena tudi vlakna, ki prenašajo podatke o različnih občutkih; bolečinska vlakna potekajo bolj spredaj (slika 4). V možganskem deblu oddajajo nevroni številne kolaterale, ki se končajo v mrežasti snovi.

Lateralna spinotalamična proga prenaša podatke o toploti, hladu in bolečini s kontralateralne strani telesa, raven okvarjenih občutkov pa je nekaj segmentov pod okvaro. Toploto, hlad in bolečino zaznamo že, ko impulzi prispejo do talamusa, natančnejše razlikovanje in lokalizacija bolečih dražljajev pa sta možna šele v skorji.

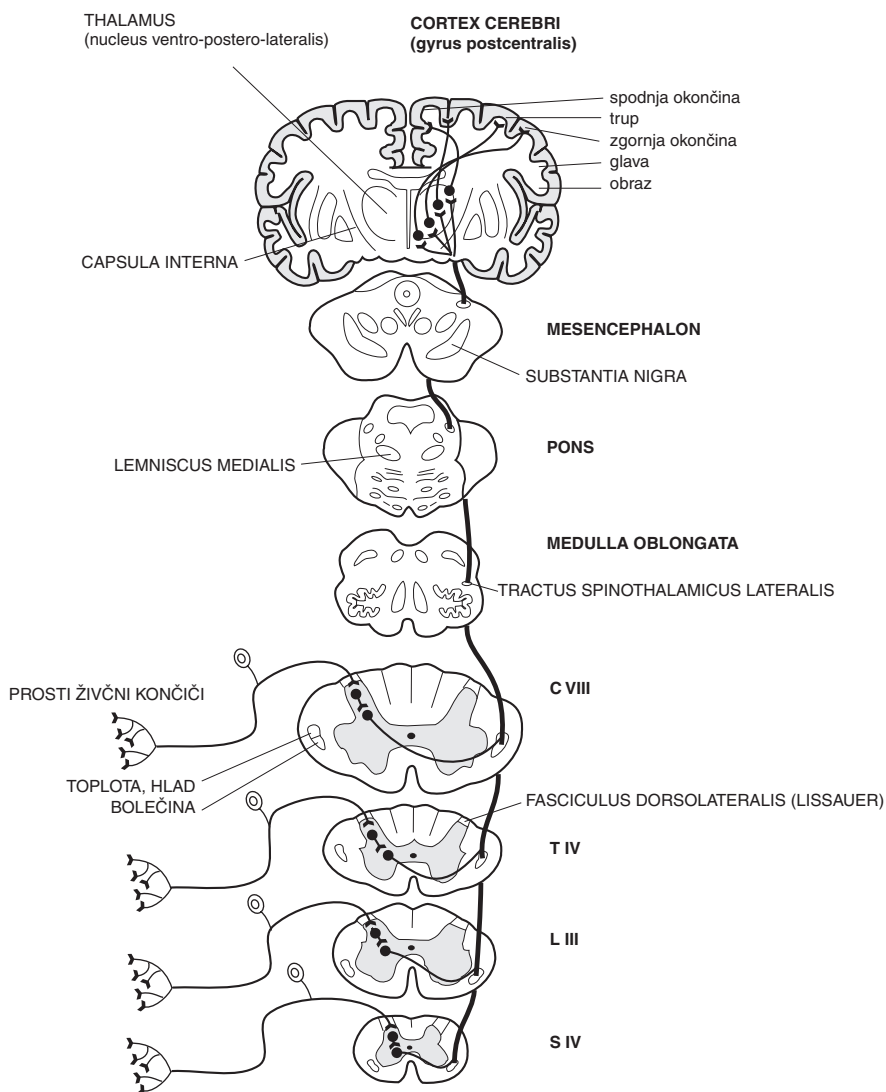
Ascendentne proge, ki vodijo do skorje malih možganov

Zadajšnja spinocerebelarna proga (*tractus spinocerebellaris posterior*)

Proga poteka v posterolateralnem perifernem delu hrbtenjače, lateralno od kortikospinalnih nevronov (slika 4). Njena vlakna izhajajo iz velikih celic v zadajšnjem Clarkovem



Slika 10. *Spredanja spinotalamična proga.*



Slika 11. *Lateralna spinothalamična proga.*

jedru in so zelo debela, impulze prevajajo zelo hitro. Clarkovo jedro (*nucleus thoracicus*) je okrogel ali ovalen steber celic v medialnem delu Rexedove plasti VII, razteza pa se od osmega vratnega do drugega ledvenega hrbtenjačnega segmenta. Nevroni prvega reda (tip Ia, Ib in II) se preklapijo v Clarkovem jedru v segmentu, v katerem vstopijo v hrbtenjačo, ali pa nekaj segmentov višje ali nižje. Vlakna zadajšnjih hrbtenjačnih korenin križnih in spodnjih ledvenih hrbtenjačnih segmentov potekajo do Clarkovega jedra po zadajšnjih stebričkih. Vlakna zadajšnje spinocerebelarne proge (slika 12) potekajo v spodnjih ročicah malih možganov (*pedunculi cerebellares inferiores*) in se končajo ipsilateralno v vermisu, prenašajo pa predvsem impulze iz spodnje okončine.

Zadajšnja spinocerebelarna proga prenaša impulze iz mišičnih vreten, Golgijevih organov in receptorjev za dotik in pritisk. Proga je v hrbtenjači in malih možganih somatotopično organizirana. Impulzi ne dosežejo zavesti, pomagajo pa pri natančni koordinaciji položaja in gibov posamičnih mišic. V male možgane prenašajo podatke o mišični aktivnosti.

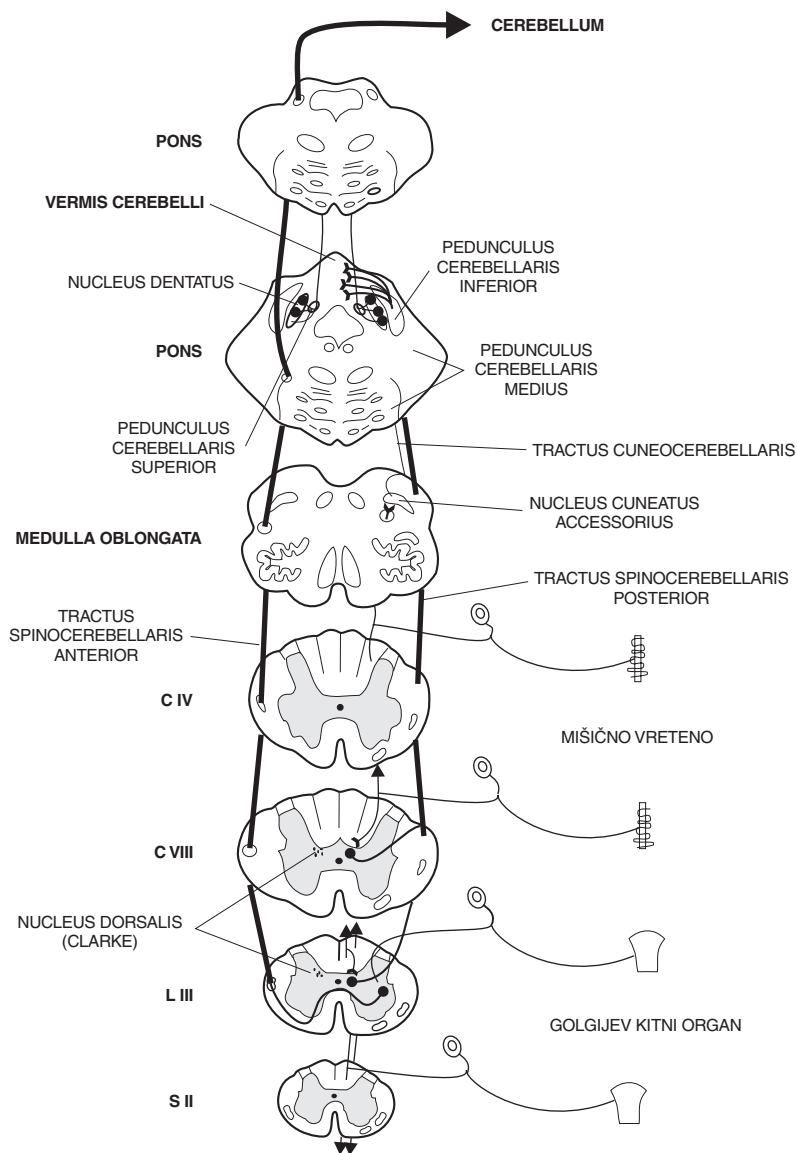
Sprednja spinocerebelarna proga (*tractus spinocerebellaris anterior*)

Izhaja iz Rexedovih plasti V, VI in VII, poteka pa v lateralnem perifernem delu hrbtenjače pred zadajšnjo spinocerebelarno progo (slika 4). Začne se v ledvenem delu, do koder potekajo nevroni prvega reda iz trtičnega in križnega dela hrbtenjače. Večina njenih vlaken se križa, jih je manj kot v zadajšnji spinocerebelarni progi, podatki, ki jih prav tako prenašajo iz spodnje okončine, pa so bolj razpršeni. Nevroni prvega reda so večinoma tipa Ib iz Golgijevih kitnih organov, nevroni drugega reda pa se začno v celičnih skupinah na bazi sprednjega in zadajšnjega roga ledvenih in križnih segmentov ter trtičnega segmenta. Po križanju potekajo lateralno od lateralne spinotalamične proge, do malih možganov pa pridejo skozi zgornje ročice malih možganov (*pedunculi cerebellares superiores*) (slika 12). Večina vlaken se konča kontralateralno v sprednjem delu vermisu. Proga prenaša impulze, povezane s koordinacijo gibov in položaja spodnje okončine. Male možgane obvešča o aktivnih procesih v hrbtenjači (povratni podatki o aktivnosti descendentnih poti) in o dogajanjih na periferiji.

Klinično je okvare spinocerebelarnih prog nemogoče ugotoviti, saj so običajno vpletene tudi druge spinalne živčne poti. Zaznavi dotika ali gibanja okončine nista okvarjeni, saj impulzi ne dosežejo zavesti. Nevroni so aktivni le med gibanjem.

Kuneocerebelarna proga (*tractus cuneocerebellaris*)

Zadajšnja spinocerebelarna proga prenaša večinoma le podatke iz spodnjih okončin, iz zgornje potekajo impulzi po podobni kuneocerebelarni progi. Vlakna iz mišičnih vreten (Ia) in Golgijevih kitnih organov (Ib) v zgornji okončini se somatotopično razporejena končajo v akcesornem kuneatnem jedru, podobnemu Clarkovemu jedru, ki se konča v višini osmega vratnega segmenta. Iz akcesornega kuneatnega jedra potekajo kuneocerebelarna vlakna skozi spodnje ročice malih možganov in se končajo v ipsilateralnem vermisu (slika 12).



Slika 12. *Sprednja in zadajšnja spinocerebelarna proga.*

Rostralna spinocerebelarna proga (*tractus spinocerebellaris rostralis*)

Sprednja spinocerebelarna proga prenaša le impulze iz spodnje okončine, potek vlaknen iz zgornje pa pri človeku še ni dokončno opredeljen. Pri živalih se vlakna rostralne spinocerebelarne proge začno v celičnem stebričku nad Clarkovim jedrom, potekajo ipsilateralno, do malih možganov pa prispejo delno skozi zgornje, delno pa skozi spodnje ročice malih možganov.

Druge ascendente proge

Sprednja in zadajšnja spinoolivarna proga (*tractus spinoolivaris anterior et posterior*)

Sprednja in zadajšnja spinoolivarna proga prevajata impulze iz kožnih in tetivnih receptorjev ter receptorjev v kitnih ovojnicah. Vlakna zadajšnje spinoolivarne proge potekajo v zadajšnjih funiklih in se preklapijo v gracilnem in kunetanem jedru, se križajo in končajo v zadajšnjem in medialnem akcesornem olivarnem jedru (*nuclei olivares accessorii medialis et dorsalis*). Vlakna sprednje spinoolivarne proge je več, v hrbtenjači se križajo, potekajo v kontralateralnem sprednjem funiklu in se končajo v istih olivarnih jedrih. Olivocerebelarna vlakna se križajo in končajo večinoma v sprednjem lobusu malih možganov.

Spinotektalna proga (*tractus spinotectalis*)

Vlakna te proge se začno v Rexedovih plasteh I in V. Po križanju potekajo po anterolateralnem delu hrbtenjače in so povezana s spinotalamičnim sistemom (slika 10). V mezencefalonu se vlakna projicirajo v intermediarno in globoko plast zgornjih koliklov (*colliculi superiores*) ter v periakveduktno sivo snov. Funkcijski pomen proge še ni znan, verjetno pa je del polisinaptičnih prog, ki prevajajo bolečinske impulze.

Spinoretikularna proga (*tractus spinoreticularis*)

Spinoretikularna vlakna se začno v zadajšnjem rogu, delno se križajo, delno pa ostanejo nekrižana. Potekajo v anterolateralnem delu hrbtenjače in se končajo v različnih delih mrežaste snovi možganskega debla. Nekrižajoča se vlakna se večinoma končajo v celicah retikularne snovi podaljšane hrbtenjače, manj številna obojestransko se končujoča vlakna pa potekajo do pontinih retikularnih jedrih. Malo spinoretikularnih vlaken poteka do mezencefalne mrežaste snovi.

Spinoretikularna vlakna so del filogenetsko starejšega, polisinaptičnega sistema, ki je pomemben za pozornost ter preoblikovanje motorične in senzorične aktivnosti v možganski skorji.

Sklep

Ascendentne živčne proge, ki jih sestavljajo projekcijski nevroni, vodijo živčne impulze do višjih ravni osrednjega živčevja. Nekatere se končajo pod možgansko skorjo, za zaznavo pa je potrebna možganska skorja s primarnimi zaznavnimi in asociacijskimi področji. Hrbtenjača, prva od ravni osrednjega živčevja, ki se »sreča« z impulzom, je del-

no samostojna. Sposobna se je refleksno odzvati, vendar se njeni odzivi pri različnih vrstah močno razlikujejo. Pri človeku je nujno potrebna za nadzor eferentnih poti in uravnavanje aferentnega dotoka, aktivnosti, ki jo opravljajo nadrejene strukture. Sama je sposobna organizirati le nekaj nesmiselnih (spinalnih) refleksov, ki ne omogočajo smiselne dejavnosti (npr. refleks na nateg, umaknitveni refleks, refleksno znojenje, piloerekcija). Nasprotno je pri nižje razvitih bitjih: kokoši brez glave npr. lahko hodijo, premikajo perutnice in vzdržujejo ravnotežje, kače se tudi po obglavljenju serpentinasto zvijajo po tleh. Pri višje razvitih bitjih je za smiselno gibanje potrebna aktivnost višjih ravni živčevja, kako pa te vplivajo na organiziranje in uravnavanje gibanja, bomo razložili v naslednjem članku.

Zahvala

Nasveti in kritične pripombe prof. dr. Antona Širce, prof. dr. Martina Janka in prof. dr. Mira Denišliča so mi pomagali pri pisanju članka, ki bo študentom morda olajšal začetno prebijanje skozi védenje o še vedno najmanj znanem in najzapletenejšem delu našega telesa.

Literatura

1. Brodal A. *Neurological anatomy*. New York: Oxford U Pr, 1981.
2. Carpenter MB. *Core text of neuroanatomy*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1991.
3. DeMyer WE. *Technique of the neurologic examination*. New York: McGraw-Hill, 1994.
4. Duus P. *Neurologisch-topische Diagnostik*. Stuttgart: Thieme, 1987.
5. Feneis H. *Anatomisches Bildwörterbuch*. Stuttgart: Thieme, 1982.
6. Firbas W, Gruber H, Mayr R. *Neuroanatomie*. Wien: Wilhelm Maudrich, 1988.
7. Frick H, Leonhardt H, Starck D. *Human anatomy 2*. Stuttgart: Thieme, 1991.
8. Kandel ER, Schwartz JH. *Principles of neural science*. New York: Elsevier, 1985.
9. Lavrič A. *Klinična nevrološka preiskava*. Ljubljana: Medicinski razgledi, 1983.
10. Marsden CD, Fowler TJ. *Clinical neurology*. London: Edward Arnold, 1989.
11. Meh D. *Ocenjevanje občutkov toplote, hladu in bolečine pri človeku. Magistrska naloga*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 1993.
12. Meh D. *Elektrofiziološko in psihofizično ocenjevanje somatosenzoričnega in avtonomnega živčnega sistema. Doktorska disertacija*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 1995.
13. Meh D, Denišlič M. Zaznavanje vibracije. *Zdrav Vestn* 1995; 64: 681–5.
14. Meh D, Denišlič M, Prevec TS. Zaznavanje toplote, hladu in bolečine. *Med Razgl* 1993; 32: 471–82.
15. Mumenthaler M. *Neurologie*. Stuttgart: Thieme, 1986.
16. Širca A. *Anatomija. Živčevje*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, 1995.
17. Štruel M. *Fiziologija živčevja*. Ljubljana: Medicinski razgledi, 1989.
18. Truex RC, Carpenter MB. *Strong and Elwyn's human neuroanatomy*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1964.
19. Wall PD, Melzack R. *Textbook of pain*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1989.
20. Willis WD Jr, Coggeshall RE. *Sensory mechanisms of the spinal cord*. New York: Plenum Press, 1991.