

Podsjetnik na građu i funkcije perifernog i autonomnog živčanog sustava

Periferni živčani sustav sastoji se od živaca, njihovih korjenova i spletova, perifernih neurona što oblikuju osjetne i autonomne ganglije, osjetnih receptora i glija stanica

Periferni živčani sustav sastoji se od sljedećih staničnih elemenata:

- aksona somatskih spinalnih motoneurona (smještenih u ventralnom rogu kralježnične moždine), što kroz ventralne korjenove kralježnične moždine napuštaju SŽS i ulaze u sastav živčanih spletova i živaca;
- aksona somatskih kranijalnih motoneurona (smještenih u motoričkim jezgrama kranijalnih živaca u moždanom deblu), što ulaze u sastav kranijalnih (moždanih) živaca;
- aksona autonomnih (preganglijskih) simpatičkih motoneurona (smještenih u lateralnom rogu grudnih i slabinskih segmenata kralježnične moždine), što SŽS također napuštaju kroz ventralne korjenove;
- aksona autonomnih (preganglijskih) parasimpatičkih motoneurona (smještenih u križnim segmentima kralježnične moždine – sakralni parasimpatikus – ili u parasimpatičkim jezgrama moždanog debla – kranijalni parasimpatikus), što SŽS napuštaju kroz ventralne korjenove ili kroz moždane živce;
- primarnih aferentnih somatskih i visceralnih neurona, čija tijela oblikuju spinalne (ili kranijalne) osjetne ganglije, periferni nastavci živcima putuju do osjetnih receptora (ili i sami završavaju kao osjetni receptori – slobodni živčani završeci), a centralni nastavci kroz dorzalne korjenove ulaze u kralježničnu moždinu;
- tijela postganglijskih simpatičkih i parasimpatičkih motoneurona, što oblikuju autonomne ganglije (paravertebralne, prevertebralne i kranijalne);
- osjetnih receptora;
- Schwannovih glija stanica što ovijaju mijelinizirane i nemijelinizirane aksone, te satelitnih (kapsularnih) glija stanica što ovijaju tijela neurona smještena u ganglijima.

Centralni nastavci primarnih aferentnih neurona oblikuju dorzalne korjenove, a aksoni motoneurona oblikuju ventralne korjenove kralježnične moždine

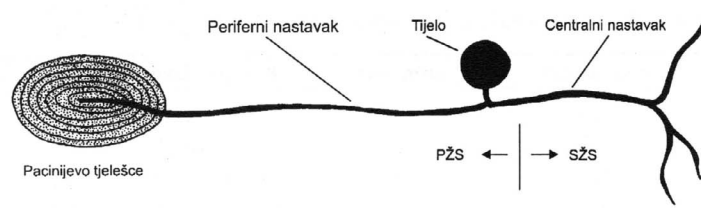
Aferentna vlakna dorzalnih korjenova su **centralni nastavci pseudounipolarnih neurona** spinalnih ganglija (sl. 13-1). Ta aferentna vlakna ulaze u kralježničnu moždinu kroz dorzolateralni žlijeb kao neprekinuti niz tankih snopića, *fila radicularia* (korijenska vlakna). Primarni aferentni neuroni mogu biti somatski ili visceralni (autonomni), a tijela jednih i drugih smještena su u spinalnim ganglijima. Eferentna (motorička) vlakna ventralnih korjenova poglavito su **aksoni alfa i gama-motoneurona** ventralnog roga kralježnične moždine, što inerviraju poprečnoprugaste mišiće. No, kroz ventralne korjenove iz kralježnične moždine izlaze i aksoni eferentnih simpatičkih (segmenti C8/T1-L2) i parasimpatičkih (segmenti S2-S4/S5) neurona lateralnog roga sive tvari kralježnične moždine. Svaki periferni živac sastoji se od 4 funkcionalne vrste živčanih vlakana (sl. 13-2): **općih somatskih aferentnih**

(OSA), **općih visceralnih aferentnih** (OVA), **općih somatskih eferentnih** (OSE) za poprečnoprugaste mišiće, te **općih visceralnih eferentnih** (OVE) odnosno simpatičkih i parasimpatičkih za inervaciju srčanog mišića, glatkih mišića stijenki utrobnih organa i krvnih žila, te egzokrinih žlijezda. Pritom je ključno da su OSE vlakna aksoni *centralnih* motoneurona što neprekinuti dopijevaju do ciljnog organa, dok je motorički put za inervaciju visceralnih organa sastavljen od najmanje dva člana: **preganglijskog** neurona i aksona (smještenog u SŽS-u) te **postganglijskog** neurona i aksona (smještenog u perifernom autonomnom gangliju – sl. 13-3).

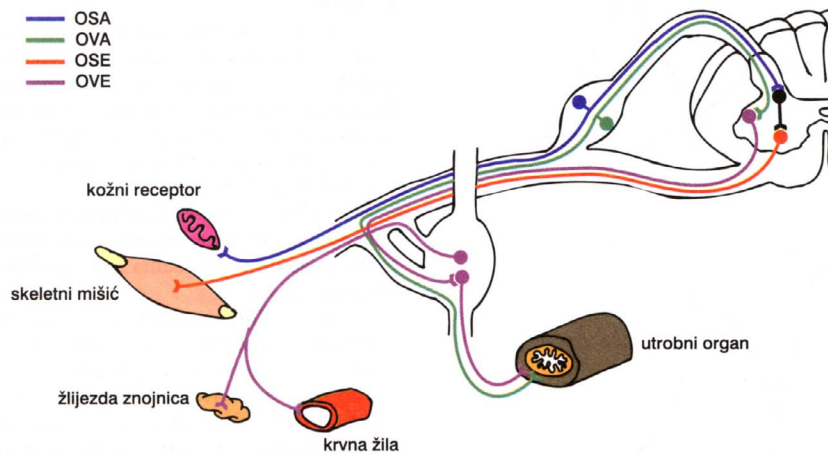
Aksone perifernih živaca razvrstavamo u zasebne skupine na temelju promjera i brzine vođenja akcijskih potencijala

Periferni živci i spinalni korjenovi su mješoviti, tj. sastavljeni od različitih funkcionalnih vrsta živčanih vlakana; osim na temelju funkcije, ta živčana vlakna razlikujemo i na temelju promjera i brzine vođenja akcijskih potencijala. Današnje oznake za pojedinu vrstu živčanog vlakna (tablica 13-1) su nastale spajanjem tri klasifikacijska sustava:

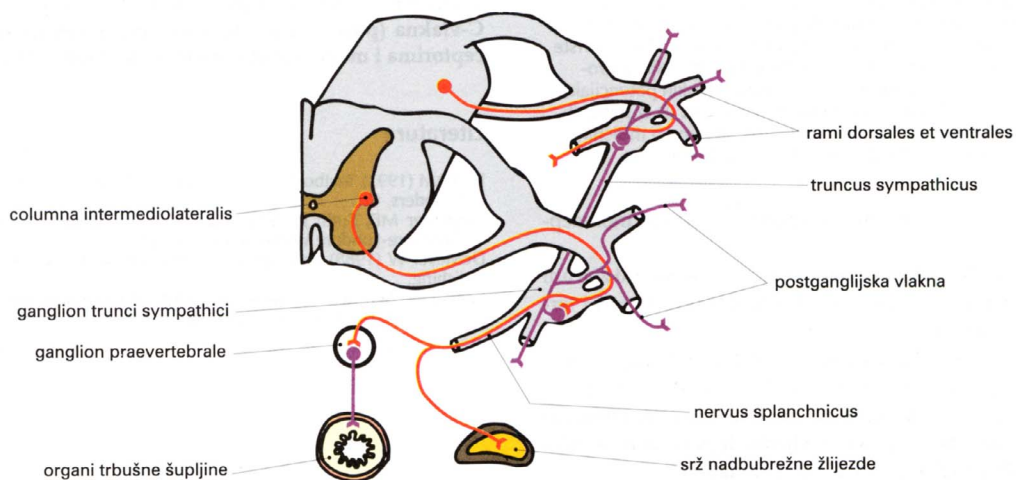
- Opća klasifikacija:** temelji se na promjeru vlakna i brzini vođenja akcijskih potencijala, a vlakna razvrstava u **skupine A, B i C**. Ta je klasifikacija rezultat sustavnog istraživanja složenih akcijskih potencijala perifernih živaca. **Složeni akcijski potencijal** je potencijal zabilježen tijekom snimanja aktivnosti snopa živčanih vlakana (tj. cijelog živca), a sastavljen je od akcijskih potencijala svih pojedinačnih aksona u tom živcu. Složeni akcijski potencijal ima polimodalnu konturu, tj. nekoliko zasebnih vršaka (elevacija). To je odraz činjenice da različita vlakna u živcu akcijske potencijale vode različitim brzinama. U slučaju A-vlakana te sukcesivne elevacije se označuju grčkim slovima α, β, δ itd. (prema slijedu njihovog pojavljivanja u zapisu složenog akcijskog potencijala – sl. 13-4).
 - A-vlakna su mijelinizirana, somatska aferentna i eferentna vlakna različitih promjera i brzine vođenja akcijskih potencijala (promjer 1-20 μm , brzina vođenja 5-120 m/sec; A α -vlakna su najdeblja i najbrža, A β -vlakna su tanja i sporija, a A δ -vlakna su najtanja i najsporija). Primjeri A-vlakana su aksoni alfa-motoneurona te primarna aferentna vlakna Meissnerovih i Pacinijevih tjelešaca i mišićnih i tetivnih vretena. B-vlakna su mijelinizirana eferentna preganglijska vlakna autonomnog živčanog sustava (promjer 1-3 μm , brzina vođenja 3-15 m/sec);
 - B-vlakna i najtanja A-vlakna (A δ -vlakna) imaju sličnu brzinu vođenja akcijskih potencijala.
 - C-vlakna su nemijelinizirana i to su ili C-vlakna dorzalnih korjenova (promjer 0,4-1,2 μm , brzina vođenja 0,6-2 m/sec) ili preganglijska eferentna simpatička C-vlakna (promjer 0,3-1,3 μm , brzina vođenja 0,7-2,3 m/sec).



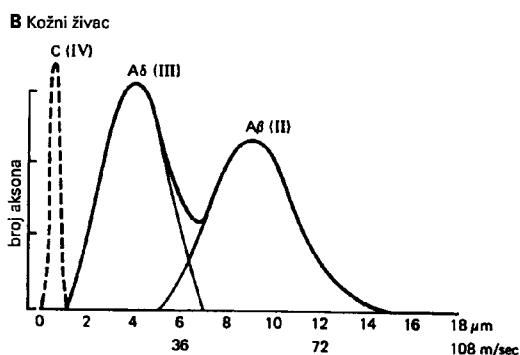
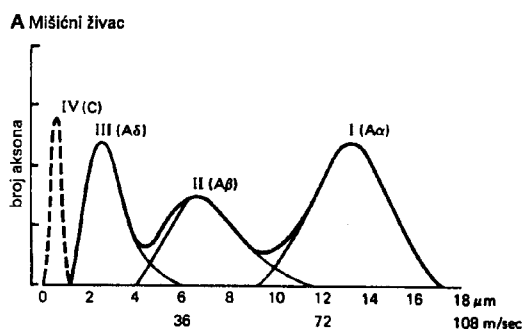
Slika 13-1. Primarni aferentni neuroni su pseudounipolarne stanice; njihova su tijela smještena u spinalnim ganglijima (ili u kranijalnim ganglijima, u slučaju osjetnih moždanih živaca). Akson tih neurona je primarno aferentno vlakno, a podijeli se na dva kraka, tj. nastavka: a) periferni nastavak (= primarno aferentno vlakno u užem smislu) što je izravno povezan s perifernim osjetnim receptorom (u ovom slučaju Pacinijevim tjelešcem, tj. vrstom učahurenog mehanoreceptora) ili pak sam predstavlja osjetni receptor (kad završava kao slobodni živčani završetak); b) centralni nastavak (= vlakno dorzalnog korijena, tj. onaj dio primarnog aferentnog vlakna što završava u središnjem živčanom sustavu).



Slika 13-2. Periferni živac ima 4 funkcionalne vrste živčanih vlakana: opća somatska aferentna (OSA), opća visceralna aferentna (OVA), opća somatska eferentna (OSE) i opća visceralna eferentna (OVE). Za pojedinosti vidi tekst.



Slika 13-3. Eferentni dio autonomnog živčanog sustava sastoji se od preganglionskih neurona (čija su tijela smještena u lateralnom rogu kralježnične moždine – *columna intermediolateralis*), te od postganglionskih neurona, čija su tijela smještena u paravertebralnim (*ganglion trunci sympathici*) i prevertebralnim (*ganglion praevertebrale*) autonomnim ganglijima. Napomena: prikazano na primjeru simpatičkog sustava. Prema DeMyer (1988), uz izmjene.



Slika 13-4. Složeni akcijski potencijal mišićnog ili kožnog živca ima nekoliko vršaka zbog toga što živci sadrže različite vrste aksona. Mišićni živci imaju četiri, a kožni živci tri vrste primarnih aferentnih aksona. Podjela se temelji na promjeru aksona (μm) i brzini vođenja akcijskih potencijala (m/sec). Uočite da su aferentna vlakna $A\alpha$ (Ia iz mišićnih vretena i Ib iz tetivnih vretena) nazočna samo u mišićnim živcima. Prema Kandel i sur. (1991), uz dopuštenje.

Klasifikacija somatskih aferentnih vlakana dorzalnih korjenova: vlakna se na temelju promjera razvrstavaju u skupine I, II, III i IV:

- Ia-vlakna su primarni (anulospiralni) osjetni završeci mišićnih vretena, a Ib-vlakna su osjetni završeci tetivnih vretena tj. Golgijevih tetivnih organa;
- II-vlakna su sekundarni (kitičasti) osjetni završeci mišićnih vretena te primarna aferentna vlakna vezana uz receptore za dodir i pritisak;
- III-vlakna su tanki mijelinizirani slobodni živčani završeci što služe kao mehanosenzitivni nociceptori (vrsta kožnih receptora za bol) i termoreceptori;
- IV-vlakna su nemijelinizirani slobodni živčani završeci što služe kao polimodalni nociceptori i termoreceptori.

Prvu (A,B,C) i drugu (I-IV) klasifikaciju ovako povežujemo: Ia i Ib = $A\alpha$; II = $A\beta$; III = $A\delta$; IV = C. Stoga se danas rabi pojednostavljena kombinacija sljedećih pet oznaka: Ia, Ib, II, $A\delta$ i C-vlakna.

2) **Klasifikacija eferentnih vlakana ventralnih korjenova:** opisane su tri vrste eferentnih vlakana (tj. aksona motoneurona) označene grčkim slovima α, β, γ :

- α -vlakna su debeli mijelinizirani aksoni α -motoneurona što se ektrafuzalnim mišićnim vlaknima poprečnoprugastih mišića uspostavljaju neuromišićne sinapse (promjer 10-20 μm ; brzina vođenja 14-120 m/sec);
- γ -vlakna su tanki mijelinizirani aksoni γ -motoneurona (promjer 2-10 μm , brzina vođenja 10-45 m/sec) što inerviraju intrafuzalna vlakna mišićnih vretena poprečnoprugastih mišića, ili su to pak tanka mijelinizirana preganglijska eferentna vlakna autonomnog živčanog sustava (tanja od 3 μm , brzina vođenja od 3-15 m/sec).
- β -vlakna su tanki mijelinizirani aksoni β -motoneurona, tj. motoneurona što istodobno inerviraju i ektrafuzalna i intrafuzalna mišićna vlakna poprečnoprugastih mišića.

U proširenoj uporabi su samo nazivi α -motoneuroni (i njihovi aksoni) i γ -motoneuroni (i njihovi aksoni).

Tablica 3-1. Vrste primarnih aferentnih vlakana u perifernim živcima i dorzalnim korjenovima.

Vlakna	Mišićni živac	Kožni živac	Promjer vlakna (μm)	Brzina vođenja (m/sec)
Mijelinizirana				
debela	Ia i Ib	$A\alpha$	13-20	80-120
tanka	II	$A\beta$	6-12	35-75
najtanja	III	$A\delta$	1-5	5-30
Nemijelinizirana	IV	C	0,2-0,5	0,5-2