

# Utjecaj fizioterapijskih postupaka na posturalnu kontrolu trupa kod osoba sa ozljedom leđne moždine

*The influence of physiotherapy procedures on the postural control of the trunk in persons with spinal cord injury*

Zlatko Denac, bacc.physioth.

Specijalna bolnica za medicinsku rehabilitaciju Varaždinske Toplice, Varaždinske toplice, Hrvatska

Sustavni pregled literature  
*Systematic review*

## Sažetak

**Uvod:** Posturalna kontrola trupa neophodna je za normalnu funkciju gornjih ekstremiteta. Kod osoba sa potpunom ili nepotpunom ozljedom leđne moždine poseban se naglasak stavlja na poboljšanje statičke i dinamičke ravnoteže trupa u sjedećem položaju kako bi se postigla što bolja učinkovitost gornjih ekstremiteta prilikom obavljanja aktivnosti svakodnevnog života.

**Cilj:** Cilj ovog rada je istražiti koje su mogućnosti za poboljšanje posturalne kontrole i ravnoteže u sjedećem položaju kod osoba sa ozljedom leđne moždine i kako se to odražava na funkciju gornjih ekstremiteta.

**Materijali i metode:** Literatura je pretraživana u elektronskoj bazi podataka PubMed, a korištene su ključne riječi *spinal cord injury, trunk stability, postural control i stimulation*.

**Rezultati:** Nakon filtriranja dostupnih radova na temelju odabranih kriterija u detaljnu analizu je uzeto 10 radova koji tematikom odgovaraju ciljevima pretraživanja.

**Zaključak:** Za postizanje bolje posturalne kontrole trupa u sjedećem položaju, a samim time i funkcionalne učinkovitosti gornjih ekstremiteta provode se fizioterapijski postupci kojima se potiče neuroplastičnost središnjeg živčanog sustava. Terapija pokretom, zajedno sa određenim oblicima elektrostimulacije dovodi do aktivacije očuvanih živčanih struktura kao i zahvaćenih mišića ispod razine ozljede kako bi se njihovim jačanjem vratila snaga mišića i poboljšale funkcionalne sposobnosti.

**Ključne riječi:** ozljeda leđne moždine, posturalna kontrola, stabilnost trupa, elektrostimulacija, ravnoteža

## Abstract

**Introduction:** Postural control of the trunk is essential for normal function of upper extremities. For people with a complete or incomplete spinal cord injury, special emphasis is placed on improving the static and dynamic balance of the trunk in a sitting position in order to achieve the best possible efficiency of the upper extremities when performing activities of daily life.

**Aim:** The aim is to investigate the possibilities for improving postural control and balance in the sitting position in persons with spinal cord injury and how this is reflected in the function of the upper extremities.

**Materials and methods:** The literature was searched in the electronic database PubMed, and the keywords spinal cord injury, trunk stability, postural control and stimulation were used.

**Results:** After filtering the available papers based on the selected criteria, 10 papers were taken into detailed analysis, the subject matter of which corresponds to the search objectives.

**Conclusion:** In order to achieve better postural control of the trunk in a sitting position, and thus the functional efficiency of the upper extremities, physiotherapy procedures are carried out that stimulate the neuroplasticity of the central nervous system. Movement therapy, together with certain forms of electrostimulation leads to the activation of preserved nerve structures as well as affected muscles below the level of injury in order to restore muscle strength and improve functional abilities by strengthening them.

**Key words:** spinal cord injury, postural control, trunk stability, electrostimulation, balance

## Uvod

Ozljeda leđne moždine je složeno neurološko i tjelesno stanje koje nastaje uslijed djelomičnog ili potpunog prekida komunikacije između mozga i periferije tijela. Najčešće dovodi do motoričke, senzorne i autonomne disfunkcije u tijelu.<sup>1,2</sup> Osim što često dovodi do onesposobljenosti, stvara i veliki psihološki stres kao i financijski teret, a sve to se odražava na kvalitetu života.<sup>1,3,4</sup> Ozljede leđne moždine najčešće zahvaćaju mlađu populaciju kao posljedica prometnih nesreća, padova, skokova te drugih profesionalnih i rekreacijskih ozljeda. Stupanj oštećenja se klasificira prema skali Američke udruge za ozljede kralježnice (engl. *American Spinal Injury Assosiation ASIA*) prema kojoj stupnjevanje ide od ocjene A kao najteži stupanj oštećenja do ocjene E koja označava najblaže oštećenje.<sup>5</sup> Ovisno o razini neurološkog oštećenja ozljede leđne moždine dijele se na tetraplegije (vratni dio) i paraplegije (torakalni i lumbalni dio).<sup>6</sup>

Do sredine 20. stoljeća samo je 10-20 % osoba sa ozljedom leđne moždine preživljavalo dulje od nekoliko tjedana, dok danas 90% ozljeđenih preživljava dulje od godinu dana, a 50% čak i dulje od 40 godina. Cilj fizioterapije se ne fokusira samo na preživljavanje i vraćanje osnovnih životnih funkcija nego i na cjelokupni oporavak koji dovodi do osamostaljenja pacijenta do razine koje mu stanje omogućuje kao i na ponovno uključivanje ozljeđene osobe u zajednicu.<sup>7,8</sup>

Zbog promjene osjeta, mišićne slabosti, prisutnosti spasticiteta i ostalih patoloških procesa u organizmu ograničene su mogućnosti provođenja aktivnosti kod osoba sa ozljedom leđne moždine. Smanjena je sposobnost održavanja posturalne kontrole i ravnoteže u stojećem ili sjedećem položaju što ometa funkcioniranje osobe u svakodnevnom životu.<sup>9</sup> Ravnoteža je sposobnost tijela da složenom automatskom regulacijom posturalnog tonusa omogućuje održavanje težišta tijela unutar baze oslonca.<sup>10</sup> Ponekad se radi o sitnim oscilacijama pokreta koje se mogu detektirati samo palpacijom ili elektromiografski, a ponekad su prisutni masovni i grubi pokreti tijela. Svako narušavanje ravnoteže zahtijeva određenu strategiju

posturalne prilagodbe s ciljem održavanja ili ponovnog uspostavljanja ravnoteže. U tijelu postoje tri neovisna sustava (vizualni, somatosenzorni i vestibularni) na temelju čijih informacija središnji živčani sustav aktivira mehanizme održavanja ravnoteže.<sup>10</sup> Procjena ravnoteže u fizioterapiji kod osoba sa ozljedom leđne moždine neophodna je za procjenu funkcionalnih mogućnosti kao i stupnja opasnosti od pada. Koristi se niz standardiziranih testova kao što su Rombergov test, Funkcionalni test dosega, Bergova skala ravnoteže, Tinetti skala ravnoteže i mobilnosti. Za lakše analiziranje obrazaca posturalne kontrole kao reakcije na poremećaje ravnoteže postoji potreba i za kvantitativnim mjerenjima. U tu svrhu provodi se mjerenje pomaka centra pritiska ispod baze oslonca, snimanje pojedinih dijelova tijela u prostoru, mjerenje njihove brzine kretanja kao i mjerenje elektromiografskog potencijala.<sup>10,11</sup> Budući da dolazi do gubitka mišićne snage, izdržljivosti i smanjenja funkcionalnog kapaciteta, sve to vodi neaktivnom načinu života što negativno utječe na tjelesno i mentalno zdravlje. Poboljšanje ravnoteže i posturalne kontrole postavlja se kao jedan od osnovnih ciljeva u fizioterapiji kako bi se osobama sa ozljedom leđne moždine omogućio daljnji funkcionalni napredak. Da bi se to postiglo provode se fizioterapijski postupci kojima je cilj postići održavanje antigravitacijskog položaja u stojećem i sjedećem položaju, anticipativnu posturalnu kontrolu prilikom obavljanja aktivnosti i reaktivnu posturalnu kontrolu tijekom nenadanog narušavanja ravnoteže. Stoga je bitno pravovremeno uključivanje takvih osoba u fizioterapijski proces kojim će se ublažiti negativan utjecaj na njihovo zdravlje.<sup>9,12</sup>

Kod svake osobe koja ne može postići funkciju hoda ili stajanja za cilj se postavlja stabilno i funkcionalno sjedenje. Uloga trupa tijekom sjedenja je nezamjenjiva jer pružanjem stabilne baze omogućuje pravilnu i preciznu funkciju gornjih ekstremiteta. Isto tako, naginjanjem trupa u prostoru prilikom sjedenja omogućava se povećanje radnog prostora. Učinkovitost posturalne kontrole kod osoba sa ozljedom leđne moždine je smanjena jer na mjestu ozljede dolazi do poremećaja prijenosa senzornih i motornih informacija pa to dovodi do razvoja kompenzacijskih obrazaca za očuvanje posturalne stabilnosti.<sup>11</sup> Upravo iz tog razloga, jedan od najvažnijih prioriteta osoba sa ozljedom leđne moždine je postizanje posturalne stabilnosti trupa prilikom sjedenja kako bi korištenjem gornjih ekstremiteta bili u mogućnosti obavljati aktivnosti svakodnevnog života.<sup>4,6,13,14,15</sup> Posturalna stabilnost trupa u sjedećem položaju je njegova sposobnost da se održava u uspravnom položaju u odnosu na bazu oslonca i utjecaj sile gravitacije koja djeluje na tijelo. Važnost posturalne stabilizacije se manifestira u sposobnosti selektivnog pokretanja trupa i održavanja stabilnosti prilikom selektivnih pokreta i aktivnosti gornjih ekstremiteta.<sup>16</sup>

Kod osoba sa ozljedom leđne moždine zbog djelomičnog ili potpunog prekida komunikacije sa središnjim živčanim sustavom dolazi do oštećenja automatizma za održavanje ravnoteže pa pacijenti usvajaju nove obrasce posturalne kontrole kako bi se postigla maksimalna učinkovitost.<sup>17</sup> Osobe sa ozljedom u vratnom dijelu, osim što imaju izraženije probleme sa stabilnošću trupa i održavanjem ravnoteže u sjedećem položaju od osoba sa ozljedom u nižim razinama, imaju često i smanjenu funkciju gornjih ekstremiteta što dodatno utječe na posturalne obrasce.<sup>6,15</sup> Kako bi se optimiziralo izvođenje zadatka te osobe često posežu za kompenzacijskim obrascima kretanja trupa i gornjih ekstremiteta s ciljem održavanja posturalne stabilnosti i povećanja opsega pokreta. Da bi se zaštitili od pada i osigurali stabilnost u sjedećem položaju te osobe izbjegavaju naginjanje trupa u prostoru, što dovodi do smanjenja duljine dosega. Prilikom bilo kakvog podizanja tereta, taj doseg će se još dodatno smanjiti pa će često u takvim situacijama reagirati naginjanjem trupa unazad ili korištenjem druge ruke kao protuutega u svrhu lakšeg održavanja ravnoteže prilikom obavljanja aktivnosti. Isto tako, nestabilnost trupa se odražava na putanju i brzinu pokreta gornjih ekstremiteta.<sup>15</sup> Osim razine ozljede i snage mišića, na stabilnost trupa utječe i duljina trupa jer se kod osoba sa duljim trupom središte gravitacije pomiče kranijalno pa ga je teže održavati iznad baze oslonca.<sup>15,18</sup>

Kroz povijest se mijenjao fizioterapijski pristup osobama sa ozljedom leđne moždine. Nekada je bio usmjeren na oporavak mišićne snage uz učenje kompenzacijskih vještina. Danas je fizioterapija usmjerena i na obnovu živčanih struktura korištenjem terapijskih postupaka koji pospješuju njihovu obnovu.<sup>6</sup> Novija istraživanja su pokazala da u živčanim strukturama ispod razine ozljede postoji puno više potencijala za funkcionalni oporavak nego je to prije smatrano mogućim pa to mijenja pristup u fizioterapiji.<sup>19,20</sup> Fizioterapijski postupci koji se primjenjuju kod osoba sa ozljedom leđne moždine temelje se na neuroplastičnosti središnjeg živčanog sustava. Neuroplastičnost je sposobnost živčanog tkiva da se reorganizira i adaptira s ciljem ponovnog vraćanja funkcije.<sup>16</sup> Kod 84% ljudi kojima je ozljeda leđne moždine opisana kao potpuna, postoji prisutnost živih vlakana koja prolaze preko mjesta ozljede. Ta vlakna nisu sposobna samostalno i nesmetano prenjeti impuls da bi se ostvario voljni pokret, ali poticanjem neuroplastičnosti leđne moždine to postaje moguće.<sup>21,22,23</sup> U tu svrhu se provode terapijske vježbe usmjerene na obavljanje zadataka kojima je cilj aktiviranje živčanih struktura ispod razine ozljede kako bi se njihovim jačanjem vratila snaga mišića i poboljšale funkcionalne sposobnosti. Provode se ponovnim učenjem i ponavljanjem određenih ciljanih aktivnosti.<sup>6</sup> U kombinaciji sa vježbama provode se i različiti oblici elektrostimulacije kojima je cilj aktivirati pojedine mišiće ili cijele neuronske mreže u području ozljede. Svrha je postizanje bolje posturalne adaptacije

kako bi se postavila osnova za što bolju učinkovitost prilikom obavljanja aktivnosti.<sup>6</sup>

Cilj ovog rada je istražiti koje su mogućnosti za poboljšanje posturalne kontrole i ravnoteže u sjedećem položaju kod osoba sa ozljedom leđne moždine i kako se to odražava na funkciju gornjih ekstremiteta.

## Materijali i metode

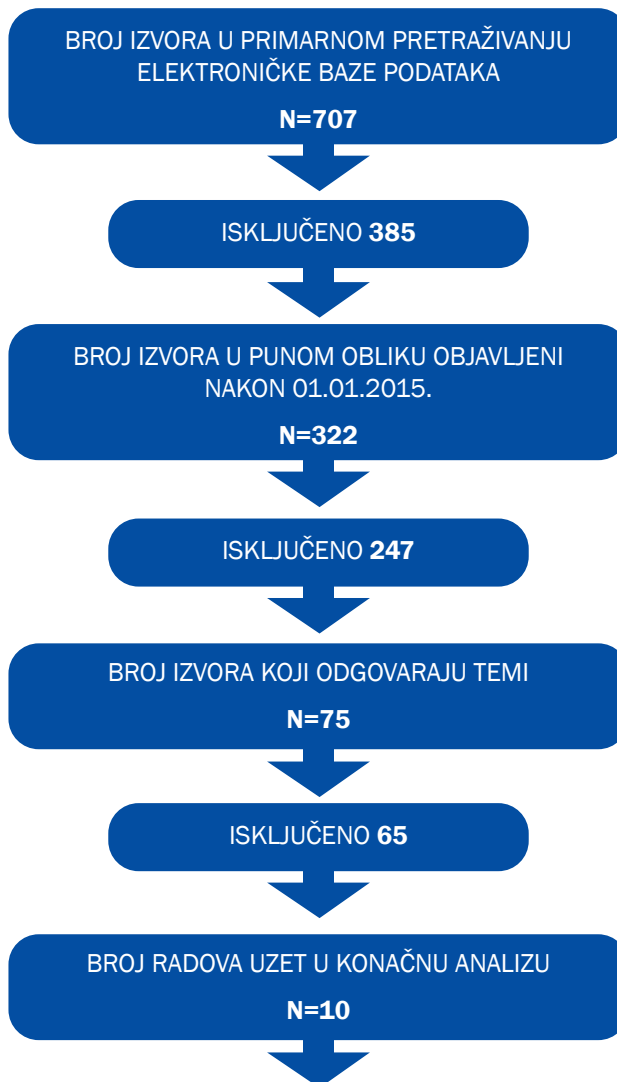
Za rad su korišteni bibliografski izvori vezani za temu posturalne kontrole trupa i održavanje ravnoteže u sjedećem položaju kod osoba sa ozljedom leđne moždine. Kao izvor literature korištena je elektronička baza podataka PubMed. Korištene su ključne riječi *spinal cord injury, trunk stability, postural control i stimulation*.

Primarna pretraga baze podataka rezultirala je sa 707 izvora. Korištenjem mogućnosti filtriranja uključeni su radovi koji su objavljeni nakon 01.01.2015. godine te radovi dostupni u punom obliku što je rezultiralo sa 322 izvora. Daljnjom analizom isključeni su radovi koji naslovom nisu odgovarali zadanoj temi te je ostalo 75 izvora za daljnju analizu. Pregledom navedenih radova 10 radova je uzeto u konačnu analizu koji su temom odgovarali ciljevima pretraživanja.

## Rezultati

Tijek obrade podataka prikazan je PRIZMA dijagramom (Grafikon 1.).

Grafikon 1. Prizma dijagram



Rezultati analiziranih izvora prikazani su u Tablici 1.

**Tablica 1.** Prikaz analiziranih izvora

AUTORI	DRŽAVA ISTRAŽIVANJA, GODINA	DIZAJN ISTRAŽI- VANJA	UZORAK	REZULTATI
Castillo-Escario i sur.	Španjolska, 2021.	Izvorni znanstveni rad	N=48	Korištenjem metoda za kvantitativnu procjenu funkcije trupa (EMG signal i akcelerometar pametnog telefona) tijekom zadatka dosezanja kod pacijenata sa ozljedom leđne moždine dokazano je da dolazi do promjenjenog i kompenzacijskog obrasca posturalne strategije.
Bergmann i sur.	Estonija, 2019.	Izvorni znanstveni rad	N=13	Istraživanje je pokazalo da kod pacijenata sa ozljedom leđne moždine terapijske vježbe zajedno sa funkcionalnom elektrostimulacijom imaju bolji učinak na povećanje mišićnog tonusa i dinamičke ravnoteže u sjedenju nego samo vježbe. Isto tako pokazalo se da povećan mišićni tonus antagonista negativno utječe na dinamičku ravnotežu.
Peeters i sur.	Nizozemska, 2018.	Sustavni pregled	N=32	Prilikom aktivacije gornjeg ekstremiteta i izostanka pravilne posturalne adaptacije trupa kod pacijenata sa ozljedom leđne moždine dolazi do različitih kompenzacijskih obrazaca (suprotna ruka se koristi kao protuučeg, smanjuje se mobilnost i brzina pokreta).
Friederich i sur.	SAD, 2022.	Izvorni znanstveni rad	N=5	Istraživanje preporuča korištenje funkcionalne neuromuskularne stimulacije kojom se postiže bolja stabilizacija trupa kao i dinamička ravnoteža.
Tharu i sur.	Hong Kong, 2022.	Izvorni znanstveni rad	N=5	Primjena transkutane električne stimulacije leđne moždine zajedno sa terapijskim vježbanjem pokazala se učinkovitom za bolju kontrolu trupa i poboljšanje statičke i dinamičke ravnoteže kod osoba sa potpunim oštećenjem leđne moždine u vratnom dijelu.
Gill i sur.	SAD, 2020.	Prikaz slučaja	N=2	Istraživanje je pokazalo da epiduralna električna stimulacija lumbosakralnog dijela leđne moždine uvelike utječe na stabilnost trupa prilikom aktivacije gornjih ekstremiteta. Isto tako, rezultati upućuju da stimulacija distalnije daje bolje rezultate od proksimalnije stimulacije.
Rath i sur.	SAD, 2018.	Izvorni znanstveni rad	N=8	Rezultati istraživanja upućuju da se primjenom neinvazivne transkutane električne stimulacije lumbosakralnog područja može utjecati na bolju posturalnu prilagodbu trupa u sjedećem položaju kod pacijenata sa ozljedom leđne moždine.
Audu i sur.	SAD, 2015.	Izvorni znanstveni rad	N=5	Rezultati istraživanja upućuju na dobru kontrolu trupa korištenjem regulatora koji automatski aktivira funkcionalnu neuromuskularnu stimulaciju kako bi se trup vratio u početni položaj nakon gibanja prema naprijed.
Nascimento i sur.	Brazil, 2022.	Prikaz slučaja	N=1	Autori predlažu korištenje vestibularne stimulacije zajedno sa terapijskim vježbanjem kod pacijenata sa ozljedom leđne moždine u cilju poboljšanja posturalne aktivnosti trupa u sjedećem položaju.
Armstrong i sur.	SAD, 2018.	Izvorni znanstveni rad	N=4	Rezultati istraživanja upućuju na važnost razvoja uređaja za detekciju opasnosti u vožnji kolica osoba sa ozljedom leđne moždine kako bi sustav funkcionalne neuromuskularne stimulacije mogao pravovremeno stabilizirati tijelo u kolicima i tako spriječiti moguće opasnosti od pada.

## Rasprava

Održavanje ravnoteže i stabilnosti trupa u sjedećem položaju kod osoba sa ozljedom leđne moždine neophodan je preduvjet za funkciju gornjih ekstremiteta čija je najvažnija uloga obavljanje aktivnosti svakodnevnog života.<sup>14,15,24</sup> Poboljšanje funkcije trupa je jedan od najvažnijih ciljeva fizioterapijskih postupaka kod osoba s ozljedom leđne moždine kako bi se postigla što veća samostalnost u obavljanju aktivnosti svakodnevnog života.<sup>4,6,14</sup> Istraživanja navode da posturalna kontrola trupa najviše ovisi o razini ozljede te snazi fleksora i ekstenzora trupa.<sup>15,18</sup> Svi ti rezultati su bitni da bi razumjeli koliko je važna motorička funkcija trupa i posturalna stabilnost nakon ozljede leđne moždine te bi to svakako trebalo uzeti u obzir prilikom planiranja i provođenja fizioterapijskog procesa.

Fizioterapijski postupci koji su usmjereni na bolju posturalnu kontrolu trupa temelje se na neuromuskularnoj reedukaciji mišića trupa i zdjelice kroz vježbe ravnoteže.<sup>13,25</sup> Fizioterapija kod ozljede leđne moždine bazira se na neuroplastičnosti središnjeg živčanog sustava kako bi se postigla bolja funkcionalna aktivnost ispod razine ozljede.<sup>13,26</sup> Sprigle i sur. smatraju da osobi sa ozljedom leđne moždine treba dopustiti određene kompenzacije trupa u funkcionalnom pokretanju prilikom obavljanja aktivnosti svakodnevnog života kako bi se omogućila stabilnost tijela u prostoru.<sup>27</sup>

Pregledom literature nailazi se na puno radova sa ovom problematikom, ali rezultati se ne mogu generalizirati na veću populaciju osoba sa ozljedom leđne moždine zbog nedostatka objektivnih i standardiziranih testova za procjenu funkcije trupa i vrlo mali broj uključenih ispitanika.<sup>14,28</sup> U fizioterapijskoj procjeni stabilnosti trupa najčešće se koristi modificirani funkcionalni test dosega koji se provodi u sjedećem položaju i ima vrlo visoku pouzdanost u procjeni dinamičke ravnoteže.<sup>27,29</sup> Istraživanja upućuju da je, osim testa dosega, potrebno provoditi i neka kvantitativna mjerenja kao što su snimanje pomaka trupa u prostoru (ako gornji ekstremiteti nisu funkcionalni ili je prisutno previše kompenzacijskih obrazaca), mjerenje brzine pokreta ili mjerenje centra pritiska ispod sjedne površine.<sup>14,30</sup> Nedostatak takvih mjerenja je potreba za određenim uvjetima rada i tehnologijom što se teško može osigurati u kliničkim uvjetima pa su iz tog razloga istraživanja najčešće rađena na vrlo malom uzorku.

Kroz povijest fizioterapijski postupci kod ozljeda leđne moždine temeljili su se na učenju kompenzacijskih vještina, a danas su usmjereni na funkcionalni pokret.<sup>6</sup> Facilitacija trupa putem aktivacije gornjih ekstremiteta može doprinijeti poboljšanju posturalne aktivnosti trupa. Ukoliko su, kao posljedica ozljede, prisutne degenerativne promjene učinak facilitacije biti će manji ako je ozljeda na višoj razini leđne moždine.<sup>26,31</sup> Kada se govori o učinku fizioterapije nakon primjene postupaka u akutnoj fazi, Sliwinski i sur. upućuju na važnost nastavka

fizioterapije navodeći da se navedenim postiže pozitivan učinak na mentalno zdravlje pojedinca kao važne karike u kvaliteti života.<sup>28</sup> Uključivanje vježbi mobilnosti zajedno sa vježbama disanja u redoviti program vježbanja kod pacijenata sa ozljedom leđne moždine u kroničnoj fazi dovodi do poboljšanja posturalne aktivnosti i dinamičke ravnoteže trupa.<sup>28,32</sup>

Bergmann i sur. navode potrebu uključivanja i funkcionalne elektrostimulacije (FES-a) uz terapijske vježbe za stabilnost trupa u kroničnoj fazi ozljede. Primjenom FES-a i fizioterapijskih vježbi za stabilnost trupa može doći do povišenja tonusa mišića trupa uz znatno poboljšanje dinamičke ravnoteže prilikom sjedenja. Preporuča se praćenje tonusa mišića tijekom provođenja fizioterapijskih postupaka jer povišen tonus može dovesti do spasticiteta i smanjenja dinamičke ravnoteže.<sup>4,33</sup> FES se nameće kao dobro rješenje za poboljšanje posturalne stabilnosti, ali je ograničena njegova uloga u održavanju dinamičke ravnoteže.

Friederich i sur. upućuju na važnost stimulacije mišića trupa kako bi se postigao što bolji posturalni odgovor prilikom obavljanja svakodnevnih aktivnosti u sjedećem položaju, uz adekvatnu primjenu modaliteta kako bi tijelo moglo što kvalitetnije reagirati u različitim situacijama.<sup>34</sup> Istraživanje je provedeno na malom uzorku, ali se pokazalo kao dobrim rješenjem za održavanje stabilnosti trupa i dinamičke ravnoteže. Navedeno je neophodno za što kvalitetniju funkciju gornjih ekstremiteta u obavljanju aktivnosti svakodnevnog života.

Rezultati istraživanja kontrole trupa primjenom funkcionalne neuromuskularne stimulacije ekstenzora zdjelice i trupa upućuju na poboljšanje kontrole trupa u frontalnoj i sagitalnoj ravnini kao i korekciju trupa prilikom dijagonalnog gibanja.<sup>35,36,37</sup> Istraživanje je provedeno na malom uzorku i budući da se radi o kompleksnom sustavu kontrole gibanja tijela u prostoru, nameće se potreba za daljnjom nadogradnjom sustava i nastavkom istraživanja. Temeljem navedenih postupaka u primjeni funkcionalne neuromuskularne stimulacije Armstrong i sur. upućuju na važnost razvoja uređaja za detekciju opasnosti tijekom vožnje invalidskih kolica osoba sa ozljedom leđne moždine s ciljem pravovremene stabilizacije trupa prilikom sjedenja i sprječavanja mogućnosti pada.<sup>38</sup> Obzirom na pozitivne rezultate i malog uzorka postoji potreba da se spomenuti sustavi dalje razvijaju i testiraju na većem broju ispitanika kako bi se mogli smatrati korisnim i sigurnim za osobe sa ozljedom leđne moždine.

Rath i suradnici zaključuju da transkutana spinalna stimulacija pridonosi posturalnoj korekciji trupa tijekom voljnih aktivnosti gornjeg dijela tijela.<sup>19</sup> Bez obzira na pozitivne rezultate, postavlja se pitanje da li stimulacija djeluje samo na živčane strukture unutar leđne moždine ili dolazi i do izravnog lokalnog stimuliranja okolnih mišića. Kombinacija terapijskog vježbanja i transkutane elektrostimulacije pokazala se učinkovitom za bolju kontrolu trupa i poboljšanje statičke i dinamičke

ravnoteže kod osoba sa potpunim oštećenjem leđne moždine u vratnom dijelu.<sup>6</sup> Također, primjenom transkutane električne stimulacije i terapijskog vježbanja može se postići bolji motorički oporavak ispod razine ozljede.<sup>23</sup> Transkutana električna stimulacija leđne moždine je jednostavan i neinvazivan terapijski postupak koji je u kombinaciji sa terapijskim vježbama dao dobre rezultate, ali istraživanje je provedeno na vrlo malom uzorku i zahtijeva daljnja testiranja.

Gill i sur. navode da se spinalnom stimulacijom u području između Th11 i L1 može izravno djelovati na lumbosakralno područje uz poboljšanje motoričkih funkcija i pravilnije obrasce kontrole trupa ispod razine ozljede.<sup>13</sup> Istraživanje je pokazalo pozitivan učinak na funkciju trupa, ali je provedeno na premalom uzorku da bi se rezultati mogli primjeniti za veću populaciju osoba sa ozljedom leđne moždine.

Sayenko i Fujimoto predlažu primjenu vestibularne stimulacije kao još jedne mogućnosti stimulacije za ponovno uspostavljanje motoričke funkcije ispod razine ozljede<sup>39,40</sup> dok Nascimento i Boffino predlažu korištenje vestibularne stimulacije zajedno sa terapijskim vježbama i vestibularnim vježbama u sjedećem položaju u cilju poboljšanja posturalne aktivnosti trupa.<sup>17</sup> Ovdje se radi o prikazu slučaja koji je dao pozitivne rezultate pa to upućuje na potrebu daljnjeg istraživanja na većem uzorku i donošenja zaključaka o učinkovitosti vestibularne stimulacije.

Zbog nedostataka objektivnih i kvantitativnih testova koje bi bilo moguće provoditi u standardnim kliničkim uvjetima, većina tih istraživanja su rađena u laboratorijima, na malom uzorku i najčešće u kroničnoj fazi oporavka. Sve to vodi do zaključka da to još uvijek nije dovoljno da bi se ti rezultati mogli primjeniti na veće populacije osoba sa ozljedom leđne moždine.

## Zaključak

Fizioterapija kod osoba sa ozljedom leđne moždine temelji se na neuroplastičnosti središnjeg živčanog sustava. Primjenjuju se terapijski postupci kojima je cilj obnova živčanih struktura na mjestu ozljede, te vraćanje izgubljenih funkcija. Kod svake osobe koja ne može postići funkciju stajanja za cilj se postavlja stabilno i funkcionalno sjedenje. Upravo iz tog razloga jedan od najvažnijih ciljeva fizioterapije kod osoba sa ozljedom leđne moždine je postizanje posturalne stabilnosti trupa u sjedećem položaju kako bi korištenjem gornjih ekstremiteta bili u mogućnosti obavljati aktivnosti svakodnevnog života. Funkcionalna terapija pokretom osnova je fizioterapije kod osoba sa ozljedom leđne moždine u akutnoj, ali i u kroničnoj fazi.

Za postizanje bolje ravnoteže i posturalne kontrole trupa u sjedećem položaju, osim terapije pokretom primjenjuju se i različiti modaliteti elektrostimulacije kao što su funkcionalna neuromuskularna stimulacija,

transkutana spinalna stimulacija i epiduralna spinalna stimulacija. Većina istraživanja koja su pratila utjecaj tih terapijskih postupaka na oporavak funkcije trupa i gornjih ekstremiteta nakon ozljede uglavnom su pokazala dobre rezultate. Međutim, neophodno je nastaviti daljnja istraživanja na većem uzorku kako bi se dobio uvid koje su mogućnosti, ali i moguće štetnosti terapijskih postupaka kod osoba sa ozljedom leđne moždine.

Novčana potpora: Nema

Sukob interesa: Nema

## Literatura

1. Anjum A, Yazid MD, Fauzi Daud M, Idris J, Ng AMH, Selvi Naicker A i sur. Spinal Cord Injury: Pathophysiology, Multimolecular Interactions, and Underlying Recovery Mechanisms. *Int J Mol Sci.* 2020;21:7533-7537.
2. Moslavac S., Moslavac A. Spinal cord injury. U: Ceravolo M.G., Christodoulou N. ur. *Physical and rehabilitation medicine for medical student.* Milan: Edi.Ermes; 2018. str. 39-46
3. Khorasanizadeh M, Yousefifard M, Eskian M, Lu Y, Chalangari M, Harrop JS i sur. Neurological recovery following traumatic spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine.* 2019;30:683-699.
4. Bergmann M, Zahharova A, Reinvee M, Asser T, Gapeyeva H, Vahtrik D. The Effect of Functional Electrical Stimulation and Therapeutic Exercises on Trunk Muscle Tone and Dynamic Sitting Balance in Persons with Chronic Spinal Cord Injury: A Crossover Trial. *Medicina (Kaunas).* 2019;55:619-623.
5. Hachmann JT, Yousak A, Wallner JJ, Gad PN, Edgerton VR, Gorgey AS. Epidural spinal cord stimulation as an intervention for motor recovery after motor complete spinal cord injury. *J Neurophysiol.* 2021;126:1843-1859.
6. Tharu NS, Alam M, Ling YT, Wong AY, Zheng YP. Combined Transcutaneous Electrical Spinal Cord Stimulation and Task-Specific Rehabilitation Improves Trunk and Sitting Functions in People with Chronic Tetraplegia. *Biomedicines.* 2022;11:34-39.
7. Sachdeva R, Gao F, Chan CCH, Krassioukov AV. Cognitive function after spinal cord injury: A systematic review. *Neurology.* 2018;91:611-621.
8. Schnurrer-Luke-Vrbanić T, Moslavac S, Džidić I. Rehabilitacija bolesnika s ozljedom kralježnične moždine. *Medicina Fluminensis* 2012;48:366-379.
9. Tse CM, Chisholm AE, Lam T, Eng JJ; SCIRE Research Team. Tse CM, Chisholm AE, Lam T, Eng JJ; SCIRE Research Team. *J Spinal Cord Med.* 2018;41:254-266.
10. Klaić I, Jakuš L. Fizioterapijska procjena. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2017. str.176-181.
11. Noamani A, Lemay JF, Musselman KE, Rouhani H. Postural control strategy after incomplete spinal cord injury: effect of sensory inputs on trunk-leg movement coordination. *J Neuroeng Rehabil.* 2020;17:141-145.
12. Gaspar R, Padula N, Freitas TB, de Oliveira JPJ, Torriani-Pasin C. Physical Exercise for Individuals With Spinal Cord Injury: Systematic Review Based on the International Classification of Functioning, Disability, and Health. *J Sport Rehabil.* 2019;28:505-516.

13. Gill M, Linde M, Fautsch K, Hale R, Lopez C, Veith D i sur. Epidural Electrical Stimulation of the Lumbosacral Spinal Cord Improves Trunk Stability During Seated Reaching in Two Humans With Severe Thoracic Spinal Cord Injury. *Front Syst Neurosci.* 2020;14:79-82.
14. Castillo-Escario Y, Kumru H, Valls-Solé J, García-Alen L, Jané R, Vidal J. Quantitative evaluation of trunk function and the StartReact effect during reaching in patients with cervical and thoracic spinal cord injury. *J Neural Eng.* 2021;18:15-19.
15. Peeters LHC, de Groot IJM, Geurts ACH. Trunk involvement in performing upper extremity activities while seated in neurological patients with a flaccid trunk - A review. *Gait Posture.* 2018;62:46-55.
16. Grozdek Čovčić G, Maček Z. Neurofacilitacijska terapija. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2011. str.121.
17. Nascimento TN, Boffino CC. Case Report: Galvanic Vestibular Stimulation in the Chronic Spinal Cord Injury Patient. *Front Rehabil Sci.* 2022;3:779-846.
18. Chen CL, Yeung KT, Bih LI, Wang CH, Chen MI, Chien JC. The relationship between sitting stability and functional performance in patients with paraplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84:1276-1281.
19. Rath M, Vette AH, Ramasubramaniam S, Li K, Burdick J, Edgerton VR. Trunk Stability Enabled by Noninvasive Spinal Electrical Stimulation after Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma.* 2018;35:2540-2553.
20. Illis LS. Central nervous system regeneration does not occur. *Spinal Cord.* 2012;50:259-263.
21. Jo HJ, Perez MA. Corticospinal-motor neuronal plasticity promotes exercise-mediated recovery in humans with spinal cord injury. *Brain.* 2020;143:1368-1382.
22. Behrman AL, Ardolino EM, Harkema SJ. Activity-Based Therapy: From Basic Science to Clinical Application for Recovery After Spinal Cord Injury. *J Neurol Phys Ther.* 2017;41:S39-S45.
23. Tefertiller C, Rozwod M, VandeGriend E, Bartelt P, Sevigny M, Smith AC. Transcutaneous Electrical Spinal Cord Stimulation to Promote Recovery in Chronic Spinal Cord Injury. *Front Rehabil Sci.* 2021;2:740-347.
24. Friederich ARW, Audu ML, Triolo RJ. Characterization of the Force Production Capabilities of Paralyzed Trunk Muscles Activated With Functional Neuromuscular Stimulation in Individuals With Spinal Cord Injury. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2021;68:2389-2399.
25. Boswell-Ruys CL, Harvey LA, Barker JJ, Ben M, Middleton JW, Lord SR. Training unsupported sitting in people with chronic spinal cord injuries: a randomized controlled trial. *Spinal Cord.* 2010;48:138-143.
26. Chiou SY, Strutton PH. Crossed Corticospinal Facilitation Between Arm and Trunk Muscles Correlates With Trunk Control After Spinal Cord Injury. *Front Hum Neurosci.* 2020;14:583-589.
27. Sprigle S, Maurer C, Holowka M. Development of valid and reliable measures of postural stability. *J Spinal Cord Med.* 2007;30:40-49.
28. Sliwinski MM, Akselrad G, Alla V, Buan V, Kaemmerlen E. Community exercise programing and its potential influence on quality of life and functional reach for individuals with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2020;43:358-363.
29. Arsh A, Darain H, Rahman MU, Ullah I, Shakil-Ur-Rehman S. Reliability of modified functional reach test in the assessment of balance function in people with spinal cord injury: A systematic review. *J Pak Med Assoc.* 2021;71:2040-2044.
30. Field-Fote EC, Ray SS. Seated reach distance and trunk excursion accurately reflect dynamic postural control in individuals with motor-incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2010;48:745-749.
31. Hill CE, Beattie MS, Bresnahan JC. Degeneration and sprouting of identified descending supraspinal axons after contusive spinal cord injury in the rat. *Exp Neurol.* 2001;171:153-169.
32. Repecki C, Sliwinski M, Harding L. Supporting the need for community exercise programs: a case study. *Spinal Cord Ser Cases.* 2019;5:95-99.
33. Krause P, Szecsi J, Straube. Changes in spastic muscle tone increase in patients with spinal cord injury using functional electrical stimulation and passive leg movements. *Clin Rehabil.* 2008;22:627-634.
34. Friederich ARW, Bao X, Triolo RJ, Audu ML. Feedback control of upright seating with functional neuromuscular stimulation during a reaching task after spinal cord injury: a feasibility study. *J Neuroeng Rehabil.* 2022;19:139-143.
35. Audu ML, Lombardo LM, Schnellenberger JR, Foglyano KM, Miller ME, Triolo RJ. A neuroprosthesis for control of seated balance after spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;12:8-13.
36. Murphy JO, Audu ML, Lombardo LM, Foglyano KM, Triolo RJ. Feasibility of closed-loop controller for righting seated posture after spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev.* 2014;51:747-760.
37. Bheemreddy A, Lombardo LM, Miller ME, Foglyano KM, Nogan-Bailey S, Triolo RJ i sur. A closed-loop self-righting controller for seated balance in the coronal and diagonal planes following spinal cord injury. *Med Eng Phys.* 2020;86:47-56.
38. Armstrong KL, Lombardo LM, Foglyano KM, Audu ML, Triolo RJ. Automatic application of neural stimulation during wheelchair propulsion after SCI enhances recovery of upright sitting from destabilizing events. *J Neuroeng Rehabil.* 2018;15:17-21.
39. Sayenko DG, Atkinson DA, Mink AM, Gurley KM, Edgerton VR, Harkema SJ i sur. Vestibulospinal and Corticospinal Modulation of Lumbosacral Network Excitability in Human Subjects. *Front Physiol.* 2018;9:1746-1751.
40. Fujimoto C, Yamamoto Y, Kamogashira T, Kinoshita M, Egami N, Uemura Y i sur. Noisy galvanic vestibular stimulation induces a sustained improvement in body balance in elderly adults. *Sci Rep.* 2016;6:375-385.

Primljen rad: 19.01.2023.

Prihvaćen rad: 30.03.2023.

Adresa za korespondenciju: zlatko.denac@gmail.com