

# DINAMIČKA NEUROMUSKULARNA STABILIZACIJA – OSNOVNA NAČELA, PROCJENA I REHABILITACIJSKI ISHODI S POSEBNIM OSVRTOM NA KRONIČNU NESPECIFIČNU KRIŽOBOLJU



## DYNAMIC NEUROMUSCULAR STABILIZATION – BASIC PRINCIPLES, ASSESSMENT AND REHABILITATION OUTCOMES WITH PARTICULAR CONSIDERATION TO NON-SPECIFIC CHRONIC LOW BACK PAIN

**Jelena Marunica Karšaj<sup>1\*</sup>, Štefanija Opalin<sup>1</sup>, Tomislav Nemčić<sup>1,2</sup>, Simeon Grazio<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Klinika za reumatologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Klinički bolnički centar „Sestre milosrdnice“, Zagreb

<sup>2</sup>Medicinski fakultet Hrvatskog katoličkog sveučilišta

<sup>3</sup>Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Jelena Marunica Karšaj, dr. med., FEBPRM,

specijalist fizikalne medicine i rehabilitacije orcid.org/ 0009-0007-7964-7673

Štefanija Opalin, univ. mag. physioth.

Doc. dr. sc. Tomislav Nemčić, prim. dr. med., FEBPRM, specijalist fizikalne medicine

i rehabilitacije orcid.org/ 0000-0002-7987-8830

Prof. dr. sc. Simeon Grazio, prim. dr. med., SFEBPRM, specijalist fizikalne medicine i rehabilitacije,

subspecijalist reumatolog orcid.org/ 0000-0003-3407-0317

## Sažetak

Uvod: Dinamička neuromuskularna stabilizacija (DNS) jedinstveni je koncept koji ujedinjuje važnost neurofizioloških principa lokomotornog sustava i pravilni obrazac disanja. Temelji se na načelima razvojne kineziologije, naglašavajući postojanje predeterminiranih ontogenetskih motoričkih obrazaca.

Cilj je prikazati osnovna načela DNS koncepta, razliku između pravilne i nepravilne aktivacije muskulature tijekom provođenja procjene primjenom DNS-a, te rehabilitacijske ishode primjenom kod kronične nespecifične križobolje.

Metode: Pretraživani su *Google Scholar*, *PubMed* i *Web of Science*. Selekcionirani su izvorni znanstveni radovi, opservacijske studije, sustavni pregledi i poglavlja iz knjiga koristeći pojmove: *dynamic neuromuscular stabilization*, *developmental kinesiology*, *core stability*, *reflex locomotion* u sukcesivnoj kombinaciji s pojmovima *non-specific chronic low back pain*, *functional disability* u razdoblju od 1975. do 2023. godine.

**Pregled:** DNS je dijagnostičko-terapijska metoda kojom se omogućuje rekonstrukcija pogrešnih motoričkih obrazaca nastalih zbog narušene stabilizacije u odrasloj dobi zauzimanjem položaja i pokreta iz prve godine života. DNS se temelji na aktivaciji unutarnjih stabilizatora trupa zajedno s pravilnim obrascem disanja prije izvođenja pokreta ekstremiteta. Uključuje preciznu koaktivaciju intrinzičnih mišića trupa koji tvore integrirani sustav stabilizacije kralježnice (skr. ISSS), a uključuje fleksore i ekstenzore vrata, dijafragmu, m. transversus abdominis, m. rectus abdominis, multifide i mišiće dna zdjelice. Ontogenetski motorički obrasci regulacijom intraabdominalnog tlaka, optimizirajući napetost trbušne stijenke, aktiviraju integrirani sustav stabilizacije kralježnice i pospješuju fluentnost pokreta. Rezultati istraživanja o kroničnoj nespecifičnoj križbolji nakon provođenja DNS-a pokazali su značajno smanjenje intenziteta boli i funkcionalne onesposobljenosti u odnosu na konvencionalne vježbe.

**Zaključak:** Perspektiva i rehabilitacijski ishod DNS-a su obnavljanje ISSS-a, regulacija intraabdominalnog tlaka i sprječavanje prekomjernog opterećenja zglobova u svrhu njihove optimalne učinkovitosti. Zbog svoje učinkovitosti u pogledu rehabilitacijskih ishoda koncept DNS-a je indiciran u bolnim sindromima poput kronične nespecifične križbolje.

**Ključne riječi:** dinamička neuromuskularna stabilizacija, kronična nespecifična križbolja

## Summary

**Introduction:** Dynamic neuromuscular stabilization (DNS) is a unique concept that combines neurophysiological principles of the locomotor system and the correct breathing pattern. It is based on developmental kinesiology, emphasizing the existence of predetermined ontogenetic motor patterns.

The objective was to present the basic principles of DNS, the difference between correct and incorrect activation of the musculature during the administration of DNS assessment, and rehabilitation outcomes in chronic non-specific low back pain.

**Methods:** Google Scholar, PubMed, and Web of Science were searched. Original scientific papers, observational studies, systematic reviews, and book chapters were selected using the terms: dynamic neuromuscular stabilization, developmental kinesiology, core stability, reflex locomotion in successive combination with non-specific chronic low back pain, pain intensity, and functional disability from 1975 to 2023.

**Overview:** DNS is a diagnostic-therapeutic method that enables reconstruction of incorrect patterns due to impaired stabilization in adulthood by

adopting positions and movements from the first year. DNS is based on the activation of the internal trunk stabilizers and a regular breathing pattern before performing movements. It involves precise coactivation of the spine's intrinsic muscles, forming an Integrated Spinal Stabilization System (ISSS), which includes the neck flexors and extensors, the diaphragm, the transversus and rectus abdominis muscles, the multifidus, and the pelvic floor muscles. Ontogenetic motor patterns regulate the intraabdominal pressure, optimizing the abdominal wall tension, activating ISSS, and enhancing movement fluency. The research results on chronic non-specific low back pain after DNS showed a significant reduction in pain intensity and functional disability compared to conventional exercises.

Conclusion: Its perspective and rehabilitation outcomes include restoration of ISSS, intraabdominal pressure regulation, and prevention of excessive joint load for optimal performance. Effectiveness-wise, the DNS concept is indicated in rehabilitating the most common pain syndromes, such as chronic non-specific low back pain.

**Keywords:** dynamic neuromuscular stabilization, chronic non-specific low back pain

## Uvod

dinamička neuromuskularna stabilizacija (engl. *Dynamic neuromuscular stabilization*, skr. DNS) koncept je koji se razvio u području rehabilitacije, a utemeljio ju je Pavel Kolář, pod utjecajem kliničkog opusa Vaclava Vojte, temeljenog na refleksnoj lokomociji (engl. *reflex locomotion*) (1,2). Princip refleksne lokomocije izvorno se temelji na ontogenetskim motoričkim obrascima, koji se ne pojavljuju spontano već refleksno, na primijenjeni pritisak specifičnih zona podraživanja u mišićima. Ovakvi obrasci kretanja su generički i nazvani su „globalnim obrascima“ (engl. *global patterns*).

Ontogenetski motorički obrazac evociran iz pronacijskog položaja naziva se „refleksno puzanje“ (engl. *reflex creeping*), dok se motorički obrazac generiran iz supinacijskog ili bočnog položaja naziva „refleksno okretanje“ (engl. *reflex rolling*). Prema Wickstromu (3), u zdrave novorođenčadi refleksna lokomocija, koja obuhvaća motoričke miljokaze poput hvatanja, rotacije, puzanja, posjedanja, te u konačnici vertikalizacije do samostalnog hoda, razvija se automatski bez specifične funkcionalne stimulacije (4). Stoga se u djece s neurorazvojnim odstupanjima stimulacijom specifičnih perifernih zona aktiviraju određeni neuronski krugovi koji upravljaju ovakvim složenim razvojnim miljokazima. Pavel Kolář je primijenio Vojtin princip refleksne lokomocije u rehabilitaciji sportaša i nazvao ga je dinamičkom neuromuskularnom stabilizacijom (5). DNS uključuje preciznu koaktivaciju intrinzičnih mišića kralježnice,

odnosno unutarnjih stabilizatora, koji tvore integrirani sustav stabilizacije kralježnice (engl. *Integrated spinal stabilization system*, skr. ISSS), kako ga je inicijalno opisao Kolář (6,7). ISSS se sastoji od uravnoteženih koaktivacija između dubokih fleksora i ekstenzora kralježnice u vratnom i gornjem torakalnom segmentu, kao i u dijafragmi, svim trbušnim mišićima, mišićima dna zdjelice i ekstenzorima kralježnice u donjem torakalnom i lumbalnom segmentu (6). Dijafragma, m. *rectus abdominis*, m. *transversus abdominis* i mišići dna zdjelice regulirajući intraabdominalni tlak (engl. *intraabdominal pressure*, skr. IAP) i optimizirajući napetost trbušne stijenke (engl. *abdominal wall tension*, skr. AWT) osiguravaju ventralnu lumbopelvičnu posturalnu stabilnost. U osnovi, DNS naglašava postojanje već jednom savladanih i pohranjenih ontogenetskih motoričkih obrazaca (6,7), koji regulacijom IAP aktiviraju ISSS i pospješuju kvalitetu i fluentnost pokreta (8). Cilj ovog stručnog rada je stjecanje uvida u osnovna načela DNS-a, kliničku procjenu putem ovog koncepta, razliku između pravilne i nepravilne aktivacije muskulature tijekom provođenja procjene primjenom DNS-a, te rehabilitacijske ishode nakon provođenja DNS-a u bolesnika s kroničnom nespecifičnom križoboljom.

## Metode

za potrebe prikupljanja informacija iz znanstveno-stručnog opusa, pisanja i kritičke revizije ovog rada pretraživane su znanstvene baze *Google Scholar*, *PubMed* i *Web of Science*. Pojmovi koji su korišteni redom su: *dynamic neuromuscular stabilization*, *developmental kinesiology*, *core stability*, *reflex locomotion*, u sukcesivnoj kombinaciji s pojmovima *chronic non-specific low back pain*, *pain intensity* i *functional disability*. Pretraživanje je obuhvatilo vremenski period od 1975. do 2023. godine. Referencirali smo sve one publikacije koje smo smatrali relevantnima uključujući izvorne znanstvene radove, opservacijske studije, pregledne radove, poglavlja u knjigama, uz napomenu da je iz potonjih sve započelo, te su ujedno često citirana u drugim radovima. Publikacije starijeg datuma također su uključene s ciljem olakšavanja razumijevanje koncepta DNS-a, temeljenog na ontogenetskim motoričkim obrascima, odnosno razvojnoj kineziologiji. Sveukupno smo u traženom razdoblju pronašli 58 publikacija.

Nakon što smo isključili duplikate, svi autori su ručno pregledali sve sažetke (ili pune tekstove za knjige – dijelove knjiga), izostavili one koji nisu bili relevantni za temu od interesa ili po mišljenju svih autora nisu bili dovoljno kvalitetni, te smo za ovaj kritički osvrt na kraju odabrali 45 publikacija. Bez posebne formalne analize svi su autori konsenzusom došli do sinteze prikaza DNS metode.

## Pregled Razvojna kineziologija

Razvojna kineziologija temelji se na razumijevanju neurološke organizacije koju čine tri razine senzomotoričke kontrole središnjeg živčanog sustava (SŽS) kako su definirali Kobesova i Kolář (7). Prva se odnosi na razinu moždanog debla i kralješničke moždine, gdje su kontrolirani spontano generirani pokreti i primitivni refleksi tijekom neonatalne faze. Druga se odnosi na subkortikalnu razinu, u kojoj se sinergijski aktiviraju dijafragma, mišići trbušnog zida, ekstenzori kralježnice i mišići dna zdjelice prije bilo kojeg voljno usmjerenog pokreta ekstremiteta i vrata, a razvija se od drugog mjeseca pa sve do kraja prve godine života. Kontrola i funkcionalnost na ovoj razini SŽS-a omogućuje osnovnu stabilizaciju trupa te stvara preduvjet za sazrijevanje lokomotorne funkcije vrata, gornjih i donjih ekstremiteta.

Treća, kortikalna razina predstavlja najvišu razinu motoričke kontrole u kojoj je odvija motorički obrazac, odnosno sam pokret. Ona omogućuje izoliranu segmentalnu kontrakciju ekstremiteta, kao i relaksaciju, a odgovorna je i za učenje novih motoričkih vještina (7). Razvoj motorike u ranom djetinjstvu genetski je predeterminiran i slijedi predvidivi obrazac (9). Zajedno sa sazrijevanjem SŽS-a motorički obrasci se formiraju omogućujući dojenčetu optimalnu aktivaciju mišića, koji su potrebni za posturalnu kontrolu trupa i zdjelice, uspravno držanje te svrshishodne voljno usmjerene pokrete općenito (7,10). Međuodnos trupa, vrata i gornjih i donjih ekstremiteta opisuje paradigma prema kojoj je stabilnost trupa neophodna za distalnu mobilnost (engl. *Central stability for distal mobility*), odnosno kvalitetu pokreta ekstremiteta i vrata (10). Prema praškoj školi u kojoj je začet ovaj koncept, neodgovarajuća neurološka organizacija na subkortikalnoj razini nalazi se u pozadini manjkave mišićno-koštane stabilnosti, koju je potrebno korigirati uvježbavanjem pravnih obrazaca posturalne stabilizacije zauzimajući položaje temeljene na razvojnoj kineziologiji (5).

## Centriranost zglobova

Subkortikalna razina SŽS-a kontrolira stabilnost trupa, kao i mobilnost/pokretljivost ekstremiteta (7). Odgovarajuća kontrola SŽS-a i optimalno uravnotežena aktivacija mišića dovodi zglobove u funkcionalno centrirani položaj tijekom svakog pokreta i položaja (10,11). Postavljanje zgloba u centriran položaj s biomehaničkog gledišta predstavlja dinamičnu neuromuskularnu strategiju kojom se omogućuje optimalno kretanje zgloba u cijelom opsegu. U centriranom zglobu dolazi do interosealnog kontakta zglobnih tijela najvećom površinom omogućujući odgovarajući prijenos opterećenja i optimalno funkcioniranje kinetičkog lanca (10,12). Na taj se način smanjuje utjecaj gravitacije

i osigurava najmanje naprezanje zglobne kapsule i tetiva, te omogućava da svaka struktura zgloba bude zaštićena.

## Stabilizacija trupa

Zajednička mišićna aktivnost stabilizatora kralježnice mora neizostavno prethoditi bilo kojem svrhovitom pokretu vrata i ekstremiteta (13,14). Ovakva uravnotežena aktivacija trupa, uz pravilan obrazac disanja, prije izvođenja pokreta automatski osigurava stabilno uporište (lat. *punctum fixum*) za aktivni pokret i odnosi se na unaprijed predodređenu spregu (engl. *feed forward mechanism*). Stoga, narušena funkcija jednog od segmenta ISSS-a nepovoljno utječe na cijeli sustav stabilizacije kralježnice, čime se ugrožava fluentno i svrhovito izvođenje pokreta (6).

## Stabilizirajuća funkcija dijafragme

Za postizanje pravilne stabilizacije kralježnice potrebno je uspostaviti ispravan obrazac disanja. Tijekom rane faze razvoja, dijafragma ima samo respiratornu ulogu (15). Napredovanjem posturalne antigravitacijske aktivnosti dijafragma se razvija kada dojenče u pronacijskom položaju započne odizati glavu u antigravitacijski položaj ili podiže donje ekstremitete u supinacijskom položaju (16). Poveznicu između stabilizacijske funkcije trupa i obrasca disanja osigurava simetrična koaktivacija svih sastavnica ISSS-a (17,18,19). Udružena stabilizacija trupa s respiratornom funkcijom relativno je zahtjevnija i moguća kada postoji idealna motorička kontrola u SŽS-u (19). Eksperimentalno je dokazano kako se dijafragma izotonički aktivira prilikom odizanja ekstremiteta od podloge (15,19). Mnoga istraživanja izvijestila su o koordiniranoj sinergijskoj aktivnosti dijafragme, mišića transversusa abdominis, m. rectus abdominis mišića dna zdjelica i multifidusa tijekom izvršavanja posturalne radnje (18). Tijekom udaha, kupola dijafragme se poravnava (17), a stupanj njezinog poravnavanja ovisi o obrascu disanja i posturalnom zadatku koji se izvršava (16). Spuštanjem dijafragme prema kaudalno tijekom udaha i izvršavanja posturalne radnje povećava se IAP, uz povećanje pritiska na unutarnje organe. Ovakvo spuštanje dijafragme uzrokuje ekscentrično povećanje volumena trbušne i torakalne stijenke. Kako bi se održavao postojani volumen trbušne stijenke, izometrička kontrakcija trbušne stijenke slijedi ekscentričnu kontrakciju. U idealnim uvjetima, ovakva ekscentrično-izometrična mišićna aktivnost podudara se s razinom i zahtjevnošću pokreta koji je izvršio mišić. U slučaju mišićne aktivnosti jačeg intenziteta dolazi do izravnavanja dijafragme s manjim izbočenjima tijekom disanja. Dakle, u tim uvjetima za postizanje značajne posturalne funkcionalnosti važna je uloga dijafragme (16,19). Ekscentrična aktivnost trbušne stijenke uvjetuje ekscurziju dijafragme tijekom udisaja, kao i tijekom posturalnog opterećenja, a ovaj mehanizam

vrši pritisak na unutarnje organe i gura ih kaudalno, izazivajući veću aktivnost dna zdjelice podupirući utrobu odozdo te osigurava kontinenciju. Međutim, postoji koncentrična kontrakcija dijafragme i mišića dna zdjelice u odnosu na sadržaj trbušne šupljine. Jednom kada dođe do optimalne ekscentrične kontrakcije s poravnavanjem dijafragme, izometrička kontrakcija trbušnih mišića ima stabilizirajuću ulogu za izvođenje pokreta ekstremiteta (6,16).

## DNS procjena

Prije početka liječenja DNS konceptom potrebno je izvršiti DNS procjenu (engl. *DNS Assessment*) koja je detaljno opisana u tablici 1 (16). Ona objedinjuje procjenu dualne funkcije dijafragme, tj. vrši se procjena respiratorne i posturalne funkcije. Procjena se temelji na položajima razvojne kineziologije. Procjena respiratorne funkcije dijafragme započinje zauzimanjem položaja koji odgovara dobi dojenčeta od 8 mjeseci u sjedećem položaju s osloncem na ishijalne tubere bez podupiranja stopalima, te uspravne kralježnice, pri čemu su gornji ekstremiteti oslonjeni na natkoljenice. Promatra se kretanje rebara i trbušne šupljine. Potrebno je postići simetrično širenje prsnog koša i trbušne šupljine. Tijekom fiziološkog dijafragmalnog disanja, donja torakalna apertura također se dodatno ekspandira uz trbušnu šupljinu praćeno ventralnim pokretima sternuma. Prilikom palpiranja rebara, dolazi do proširenja interkostalnih prostora, a donji dio prsnog koša se proporcionalno širi lateralno, ventralno i dorzalno. Širenjem trbušne šupljine dolazi do odvajanja od rebara, što se identificira palpacijom interkostalnog prostora. Tijekom disanja, udisajni val se proteže do donjeg dijela trbušnog zida, odnosno pacijent slikovito rečeno može „disati u sam trbušni zid“, neposredno iznad prepona. Kod patoloških stanja ekspanzija toraksa je manja, bez značajnije ekspanzije interkostalnih prostora (11,16). Posturalna funkcija dijafragme procjenjuje se u položaju sjedenja na rubu stola s opuštenim trupom bez podupiranja stopalima o podlogu i bez oslonca gornjim ekstremitetima. U početku se promatra opuštena postura pacijenta, a potom ga se uputi i educira da učini potrebne korekcije svoje posture. Zatim se palpira posterolateralni dio trbušnog zida ispod donjih rebara straga, a sprijeda se palpira iznad glave femura medijalno od spine ilijake superior anterior. Nakon dubokog udaha slijedi izdah, a nakon izdisaja zadržava se dah uz plitko disanje. Potrebno je ekspandirati trbušnu šupljinu posteriorno i lateralno ili kaudalno i ventrolateralno, dok ispitivač taktilno putem palčeva pritišće u suprotnom smjeru od ekspandiranja trbušne šupljine. Tijekom ovog ispitivanja pravilan obrazac disanja je postignut simetričnim pritiskom stijenke trbušne šupljine na palac ispitivača. Tijekom ekspanzije stijenke trbušne šupljine dolazi do aktivacije dijafragme i ekscentrične elongacije trbušne stijenke, koju slijedi izometrička kontrakcija abdominalnih mišića. Test se smatra pozitivnim ako pacijent ne

može slobodno aktivirati abdominalne mišiće ili postoji asimetrični pritisak usmjeren na palac ispitivača, migracija umbilikusa prema gore ili uvlačenje gornjeg dijela trbuha. Pacijent može učiniti kompenzacijske pokrete u smislu stražnjeg nagiba zdjelice (engl. *posterior pelvic tilt*), aktivacijom donjeg dijela trbušnih mišića (16,19).

## DNS kao modalitet rehabilitacijskog liječenja

Kao što je ranije spomenuto, stabilizacija trupa preduvjet je kojim se osigurava stabilna baza za kretanje ekstremiteta. Stoga se vježbe moraju započeti regulacijom IAP-a i napetosti trbušne stijenke (engl. *abdominal wall tension*, skr. AWT) te uspostavljanjem stabilizacije trupa, odnosno ISSS-a, prije nego što se optimalno mobiliziraju ekstremiteti. Prije primjene DNS-a u rehabilitacijskom liječenju, bilo koja napeta struktura ili hipomobilni segment mora se osloboditi/mobilizirati. Fiziološko kretanje dijafragme predstavlja bitan dio svakog pokreta ili vježbe. Tijekom udaha rebra se pomiču lateralno, donja torakalna apertura se proširuje, prsna kost se pomiče ventralno i ne podiže se tijekom disanja. Trbušni mišići služe kao potpora za dijafragmu. Važno je napomenuti da se trbušni zid ne ekspankira samo u kaudalnom smjeru već u svim smjerovima odnosno posteriorno i lateralno. Za uspostavljanje i održavanje pravilnog obrazaca disanja i stabilizaciju trupa potrebno je reguliranje hipomobilnosti i dinamike torakalne stijenke, elongacija i ispravljanje kralježnice, stabilizacija posture, vježbanje posturalnog obrasca disanja i stabilizirajuće funkcije dijafragme (kontrola IAP-a) te vježbanje posturalne stabilizacije kralježnice u položajima koji potječu iz razvojne kineziologije, u modificiranim položajima (5,10). Regulacija hipomobilnosti i dinamike torakalne stijenke bitna je odrednica DNS-a (11,16).

Pravilna aktivacija dijafragme, koja je odgovorna za optimalno proširenje torakalne stijenke, pridonosi opuštanju torakalnih fascija, posebno u području donjih interkostalnih prostora. Druge zategnute ili hipobilne mišićno-koštane strukture, poput kostovertebralnih zglobova, skalenskih mišića, sternokleidomastoidnih mišića, pektoralnih mišića i gornjih trapeziusa, oslobađaju se, odnosno mobiliziraju kako bi omogućili neutralan položaj zglobova. Za fiziološku stabilizaciju kralježnice poravnavanje, odnosno elongacija kralježnice je *conditio sine qua non* (11). U većine bolesnika nepravilna stabilizacija kralježnice javlja se kod hipobilnog torakalnog segmenta, pri čemu su pokreti toraksa kruti i neelastični. Dakle, kod takve patologije tehnika liječenja uključuje trakciju, mobilizaciju kralježnice, aktivno poravnavanje torakalne kralježnice u vidu ekstenzije i rotacije. Kako bi se to postiglo, potrebna je odgovarajuća stabilizacija lopatice, koja se postiže u pronacijskom položaju uz oslonac na laktove, što odgovara položaju u dobi od 3 mjeseca. DNS integrira posturalnu osviještenost sa stimulacijom SŽS-a. Taktinim pritiskom

od strane ispitivača na specifične zone postiže se izometrička kontrakcija i posturalna osviještenost, što snažno stimulira intra/ekstrartikularne strukture i regulira propriocepciju kod bolesnika s križoboljom (19,20). Osim toga, eksteroreceptori i enteroceptori su povezani s refleksnom lokomocijom integriranom u DNS-u, a enteroceptori djeluju kao izvor aferentne stimulacije SŽS-a (19). Nakon aferentne stimulacije, putem neuralnih krugova obnavlja se integritet kortikalnog procesuiranja, što rezultira ispravnim motoričkim obrascem (21,22). DNS omogućuje rekonstrukciju pogrešnih motoričkih obrazaca u odrasloj dobi zauzimanjem položaja i pokreta iz prve godine života uz snaženje funkcije dijafragme pravilnim vježbama disanja i evociranjem pohranjenih obrazaca u SŽS-u (10). Općenito, perspektiva i cilj DNS-a su obnoviti ISSS, regulirati IAP i spriječiti prekomjerno opterećenje zglobova za optimalnu učinkovitost mišićno-koštanog sustava (6,8).

## **Učinkovitost DNS-a na intenzitet boli i onesposobljenost u bolesnika s kroničnom nespecifičnom križoboljom**

Križbolja se definira kao bol lokalizirana kaudalno od stražnjeg rebrenog luka i kranijalno od donje glutealne brazde, sa ili bez iradijacije u donje ekstremitete (23,24). Križbolja predstavlja vodeći javnozdravstveni uzrok funkcionalne onesposobljenosti (25), može nepovoljno utjecati na radnu učinkovitost i kvalitetu života (engl. *Quality of Life*, skr. QoL) povezanu sa zdravljem. Procjenjuje se da je više od 80 % radno sposobnih pojedinaca doživjelo epizodu križbolje, što je dovelo do znatnih gubitaka produktivnosti i povećanog javnozdravstvenog opterećenja (26,27).

Aktivne rehabilitacijske intervencije, kao što su terapijske vježbe i manualna terapija, pokazale su učinkovitost u liječenju križbolje i poboljšanje funkcionalnosti. Cilj primjene DNS-a je ponovno pobuditi neuralnu regulaciju motoričke funkcije i reedukaciju, čime se osigurava usvajanje idealnog motoričkog obrasca (6,28,29). Za razliku od konvencionalnih aktivnih ili pasivnih terapijskih intervencija (npr. transkutana električna neuralna stimulacija, terapijski ultrazvuk, vježbe snaženja i istezanja), DNS omogućuje primjenu ciljanog pritiska na određene zone tijela kako bi se aferentno izazvao pravilni obrazac disanja i ontogenetski predeterminiranih motoričkih obrazaca (30). U bolesnika s kroničnom križoboljom Anderson i sur. izvijestili su o smanjenju intenziteta boli, poboljšanju QoL i plućne funkcije nakon provođenja vježbi disanja dinamikom 2-3 puta tjedno tijekom 4 do 8 tjedana (31). Ponekad konvencionalne intervencije koje koriste rehabilitacijski terapeuti ne uspijevaju riješiti druge patološke promjene prisutne kod križbolje, kao što su abnormalni obrasci disanja, što rezultira ograničenom terapijskom učinkovitošću za ovu populaciju (21). Odgovor na to pitanje ponudila je opservacijska studija Shahidija i sur. navodeći da se prediktori produljenih kliničkih simptoma

kod ovih bolesnika pripisuju neodgovarajućoj adherenciji, najčešće zbog osobnih razloga i geografske nepristupačnosti (32). Prema drugim autorima, unatoč postojanju specifičnih rehabilitacijskih intervencija koje su usmjerene k liječenju tegoba povezanih s križoboljom, kao što su vježbe disanja i posturalna reedukacija, ovim intervencijama nedostaje dovoljan intenzitet stimulacije mišićnih skupina, što rezultira njihovom ograničenom učinkovitošću (33). Stoga su se klinička istraživanja usredotočila na identificiranje sveobuhvatnijih i učinkovitijih metoda liječenja križbolje. U ugniježđenom (engl. *nested*) istraživanju Ferreira i sur. korištena je ultrasonografija za procjenu sposobnosti aktivacije m. transversus abdominis uspoređujući učinkovitost vježbi motoričke kontrole (engl. *motor control exercises*, skr. MCE), općih vježbi (engl. *general exercises*) i spinalne manipulativne terapije (engl. *spinal manipulative therapy*) u liječenju kronične križbolje. Postojala je značajna, umjerena korelacija između poboljšane aktivacije m. transversus abdominis i smanjenja onesposobljenosti zbog križbolje ( $r = -0,35$ ; 95 % CI 0,02 do 0,62) u MCE skupini (21).

Ovi bolesnici često podsvjesno izbjegavaju radnje koje dovode do egzacerbacije križbolje ili ih sprječavaju u uobičajenom izvršavanju zadataka zbog ograničene pokretljivosti lumbosakralnog segmenta, što dovodi do smanjenja razine dnevne aktivnosti i ukupne kvalitete života (34,35). Kvalitativna studija Boutevillain i sur. potvrdila je kako bol predstavlja relevantni klinički simptom koji stvara prepreke u sudjelovanju u aktivnostima kod osoba s križoboljom (36). Sustavni pregled i metaanaliza Konga i sur. identificirali su dvanaest valjanih studija, koje su pokazale da DNS značajno smanjuje intenzitet boli (95 % CI [-1,74; -0,44];  $p = 0,001$ ), smanjuje razinu onesposobljenosti (95 % CI [-1,48; -0,34];  $p = 0,002$ ) i poboljšava QoL (95% CI [0,14; 1,96];  $p = 0,02$ ) kod križbolje, dok nisu zabilježena značajna poboljšanja u statičkoj i dinamičkoj ravnoteži ili fleksibilnosti kralježnice (37).

Studija Rabieezadeh i sur. imala je za cilj istražiti učinak osmotjednog provođenja DNS-a na intenzitet boli, funkcionalnu onesposobljenost (engl. *disability*) i QoL kod osoba u dobi od 30 do 50 godina s kroničnom nespecifičnom križoboljom (engl. *chronic non-specific low back pain*). Rezultati su pokazali smanjenje intenziteta boli ( $p = 0,01$ ), poboljšanje funkcionalne osposobljenosti ( $p = 0,03$ ) i QoL ( $p = 0,02$ ) (46). Slične rezultate o pozitivnim učincima DNS-a u smislu smanjenja boli i onesposobljenosti pokazale su i neke druge kliničke studije (39,40,41). Najafi Ghagholestani i sur. proveli su usporedbu između DNS-a i konvencionalnih vježbi u vodi za osobe u dobi od 30 do 50 godina s kroničnom nespecifičnom križoboljom. Primijetili su da obje vrste vježbi imaju pozitivne i slične učinke na smanjenje intenziteta boli i onesposobljenosti, što sugerira da bi DNS mogao poslužiti kao alternativa vježbama u vodi za bolesnike s kroničnom nespecifičnom križoboljom (41).

Ghavipanje i sur. istraživali su učinke šestotjednog provođenja DNS-a na postporođajnu križobolju kod pretilih žena. Izvijestili su da su se intenzitet boli i onesposobljenosti smanjili kod ove skupine nakon provođenja DNS-a (40). U studiji Danytė i sur. koja je ispitala učinke DNS-a u bolesnika s degeneracijom intervertebralnog diska, zabilježeno je da su se nakon 8 tjedana provođenja DNS-a smanjili intenzitet boli i onesposobljenost bez obzira na dob (39). Karartı i sur. također su usporedili učinke konvencionalnih fizioterapijskih vježbi s DNS vježbama u šestotjednom periodu (3 dana u tjednu) na kroničnu nespecifičnu križobolju u starijih osoba. U DNS skupini zabilježeno je značajnije poboljšanje u ukupnom rezultatu *Functional Movement Screen* (skr. FMS) i većine njegovih komponenti (duboki čučanj, iskorak, iskorak s preponama, fleksibilnost ramena i stabilnost trupa) u usporedbi s fizioterapijskom skupinom. U pogledu QoL, poboljšanje između dviju skupina bilo je pozitivno, bez razlike među njima (42). Coulombe i sur. usporedili su učinke vježbi stabilnosti trupa (engl. *core stability*, skr. CS) i konvencionalnih vježbi na križobolju. Primijetili su da su, tijekom tromjesečnog razdoblja vježbanja, CS vježbe bile učinkovitije od konvencionalnih vježbi. Međutim, šestomjesečne i dvanaestomjesečne studije praćenja nisu pokazale značajnu razliku u trajnosti učinaka vježbanja između obje skupine ispitanika (43).

U studiji Mousavija i sur. učinak vježbanja DNS-a u osmotjednoj dinamici imao je značajan učinak na QoL ( $p = 0,025$ ), dok učinak CS vježbe nije bio značajan. I DNS ( $p = 0,002$ ) i CS ( $p = 0,005$ ) vježbe također mogu značajno smanjiti intenzitet boli, a dok se CS vježbama poboljšala fleksibilnost stražnje lože natkoljениčnih mišića ( $p < 0,001$ ), učinak DNS-a nije bio značajan ( $p = 0,091$ ) (44). Što se tiče učinaka DNS i CS vježbi na ravnotežu, čini se da se fiziološki mehanizmi sustava ravnoteže, posebno proprioceptora, posredstvom vježbi modificiraju, što rezultira njihovom povećanom osjetljivošću, smanjenjem intenziteta boli i poboljšanom ravnotežom. Inače, treba imati na umu da sustav ravnoteže uključuje višestruke senzorne podražaje vestibularnog, vizualnog, proprioceptivnog i somatosenzornog sustava, koji, pod utjecajem moždane kore, integrira informacije u moždanom deblu i u malom mozgu, te posljedično može utjecati na smanjenje intenziteta križobolje na somatskoj i psihološkoj razini (45).

## Zaključak

DNS naglašava postojanje već jednom savladanih i pohranjenih ontogenetskih motoričkih obrazaca koji regulacijom intraabdominalnog tlaka aktiviraju integrirani sustav stabilizacije kralježnice i pospješuju kvalitetu i fluentnost pokreta. Na taj način može utjecati na središnji živčani sustav i pomoći u rehabilitaciji kod disfunkcionalnih motoričkih obrazaca. Rezultati istraživanja upućuju na učinkovitost primjene DNS-a u bolnim sindromima, napose

u bolesnika s kroničnom nespecifičnom križoboljom. Potrebna su daljnja istraživanja s ciljem optimizacije primjene DNS-a kako u navedenom, tako i njezina primjena u nekim drugim medicinskim indikacijama.

## Izjava o sukobu interesa

Autori izjavljuju da nisu u sukobu interesa.

### Tablica 1 / Table 1

DNS procjena – pravilna i nepravilna aktivacija ISSS-a prilagođeno prema referenci (16)

*DNS assessment – correct and incorrect activation of the ISSS adjusted according to the reference (16)*

| <b>Test<br/>Test</b>                           | <b>Pozicija testa<br/>Test position</b>   | <b>Pravilna<br/>aktivacija<br/>Correct activation</b>   | <b>Nepravilna aktivacija<br/>Incorrect activation</b>   |
|--|---|---|---|
| Test podizanja ruke<br><i>Arm-lifting test</i> | Supinacijski položaj s ramenima u 120° fleksije. Terapeut promatra aktivaciju trbušnih mišića, kretanje toraksa i stabilnost torakolumbalnog prijelaza (skr. Th-L).<br><i>Supine position with shoulders in 120° flexion. The activation of the abdominal muscles, the movement of the thorax, and stability of the thoracolumbar (Th-L) junction are observed.</i> | Izolirana fleksija gornjih udova bez pokretanja toraksa, Th-L prijelaz je uz podlogu u stabilnom položaju, donja rebra nepomična.<br><i>Isolated flexion of the upper extremities without thorax movements, the Th-L junction is adjacent to the surface in a stable position, the lower ribs are stationary.</i> | Pokreti toraksa prema kranijalno s fleksijom ramena, povećana lordoza na Th-L prijelazu; povećana aktivacija m. rektusa abdominisa i gornjeg ruba trapeziusa.<br><i>Movements of the thorax in cranial direction with shoulder flexed, increased lordosis on the Th-L junction; increased activation of the rectus abdominis muscle and the upper portion of the trapezius.</i> |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <p>Fleksija vrata/<br/>trupa<br/><i>Neck/trunk<br/>flexion test</i></p> | <p>Supinacijski položaj s<br/>ekstendiranim donjim<br/>ekstremitetima.<br/>Postupno se flektira<br/>vrat i gornji dio<br/>toraksa; terapeut<br/>opaža položaj vratne<br/>kralježnice i ramenog<br/>obruča tijekom testa<br/>i palpacijom prati<br/>aktivaciju trbušnog zida<br/>i vratnih mišića.<br/><i>Supine position with<br/>lower extremities<br/>extended.<br/>Gradual flexion of the<br/>neck and upper part<br/>of the thorax; position<br/>of the cervical spine<br/>and shoulder girdle<br/>and the activation of<br/>the abdominal wall<br/>and neck muscles are<br/>observed during the<br/>test.</i></p>  | <p>Fluentna fleksija<br/>vratne i gornjeg<br/>dijela torakalne<br/>kralježnice;<br/>aktivacija dubokih<br/>fleksora vrata,<br/>uravnotežena<br/>aktivnost trbušnog<br/>zida i toraksa<br/>u neutralnom<br/>položaju.<br/><i>Fluent flexion of the<br/>cervical and upper<br/>thoracic spine;<br/>activation of the<br/>deep neck flexors,<br/>balanced activity of<br/>the abdominal wall<br/>and thorax in<br/>a neutral position.</i></p> | <p>Lateralni pomak rebra,<br/>ispupčenje lateralnog<br/>dijela trbušnog zida,<br/>hiperaktivacija m.<br/>rektusa abdominis;<br/>kranijalni pomak toraksa,<br/>protrakcija brade.<br/><i>Lateral displacement<br/>of the ribs, bulging<br/>of the lateral part of<br/>the abdominal wall,<br/>hyperactivation of<br/>the rectus abdominis<br/>muscle; cranial<br/>displacement of the<br/>thorax, chin protraction.</i></p>  |
| <p>Test fleksije<br/>kuka<br/><i>Hip flexion test</i></p>               | <p>Sjed kao u dobi od 8<br/>mjeseci s uspravnom<br/>kralježnicom, gornji<br/>ekstremiteti oslanjaju<br/>se na natkoljenice sa<br/>supiniranim dlanovima.<br/>Podizanje jednog<br/>koljena do<br/>5 cm uz fleksiju<br/>kuka; Th-L prijelaz u<br/>stabilnom položaju, bez<br/>kifoze ili lordoze, toraks<br/>i zdjelica u neutralnom<br/>položaju.<br/><i>Sitting position as at the<br/>age of 8 months with an<br/>upward aligned spine,<br/>upper<br/>extremities rest on<br/>the thighs with palms<br/>supinated. Raising one<br/>knee to 5 cm with hip<br/>flexion, Th-L junction<br/>in a stable position,<br/>without kyphosis or<br/>lordosis, thorax and<br/>pelvis in a neutral<br/>position.</i></p> | <p>Kralježnica<br/>uspravna; Th-L<br/>prijelaz stabilan<br/>bez kifoze ili<br/>lordoze, prsni<br/>koš i zdjelica<br/>u neutralnom<br/>položaju.<br/><i>Spine in upward<br/>position; Th-L<br/>junction in a stable<br/>position.<br/>There is no kyphosis<br/>or<br/>lordosis, chest and<br/>pelvis in a neutral<br/>position.</i></p>  | <p>Fleksija ili ekstenzija<br/>kralježnice, povećana<br/>aktivnost<br/>paravertebralnih mišića<br/>(skr. PVM), odsutna<br/>ili slaba aktivacija<br/>posterolateralnog<br/>aspekta trbušnih mišića,<br/>povećana aktivnost m.<br/>rektusa abdominis,<br/>rotacija zdjelice,<br/>unutarnja rotacija kuka.<br/>Nestabilnost u Th-L<br/>prijelazu može dovesti<br/>do lateralnog pomaka<br/>prema strani flektiranog<br/>kuka, lateralnu fleksiju<br/>trupa i stražnji pomak<br/>prema neopterećenom<br/>kuku.<br/><i>Flexion or extension of<br/>the spine, increased<br/>activity of the<br/>paravertebral muscles,<br/>absent or weak<br/>activation of the<br/>posterolateral aspect<br/>abdominal muscles,<br/>increased activity of<br/>the rectus abdominis,<br/>rotation of the pelvis,<br/>internal rotation of the<br/>hip. Instability in the Th-L<br/>junction can lead to a<br/>lateral shift towards the<br/>lateral flexion of the hip,<br/>lateral flexion of the<br/>trunk and a posterior<br/>displacement towards<br/>an unloaded hip.</i></p> |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <p>Test ekstenzije glave/vrata<br/><i>Head/neck extension test</i></p> | <p>Pronacijski položaj kao u dobi od 3 mjeseca, glava usmjerena prema podlozi ili rotirana u stranu,<br/>donji ekstremiteti opuštenu ekstenzirani na podlozi,<br/>ruke ispred ramenog obruča. Postupno podizanje glave i gornjeg dijela trupa. U ispravnoj aktivaciji postiže se održavanje cilindričnog oblika trbušne stijenke, glava u produljenju trupa, lopatice paralelne s kralježnicom u neutralnom položaju, zdjelica podržana simfizom u neutralnom položaju, sakrum u stabilnom položaju.<br/><i>Prone position as at 3 months of age, head pointed towards the surface or rotated to the side, lower extremities loosely extended on the mat, hands facing in front of the shoulder girdle. Gradual lifting of the head and upper thorax. In the correct activation, it is achieved maintaining the cylindrical shape of the abdominal wall, head in the extension of the trunk, shoulder blades parallel to the spine in a neutral position, pelvis Symphysis in neutral position, the sacrum in a stable position.</i></p> | <p>Prednji nagib zdjelice, povećana lumbalna lordoza, povećana aktivacija PVM, ispupčenje lateralne strane trbušne stijenke, kifoza torakalne kralježnice, povećana aktivacija glutealnih mišića i mišića stražnje lože natkoljenica.<br/><i>Anterior pelvic tilt, increased lumbar lordosis, enlarged activation of the paravertebral muscles, bulging of the lateral side of the abdominal wall, kyphosis of the thoracic spine, Increased activation of the gluteal muscles and hamstrings.</i></p> | <p>Povećana aktivnost ekstenzora vrata koja uzrokuje hiperekstenziju/ slabost dubokih fleksora vrata, elevacija/adukcija lopatica, protrakcija ramena.<br/><i>Increased activity of the neck extensors that causes hyperextension/ weakness of the deep neck flexors, elevation/adduction of the shoulder blades, protraction of the shoulder.</i></p> |
|--|--|--|--|

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p>Test četveronožnog ljuljanja prema naprijed<br/><i>Quadruped rock-forward test</i></p> | <p>Četveronožni položaj s ravnomjernim opterećivanjem gornjih i donjih ekstremiteta okomitima na podlogu. Blago pomicanje glave i trupa prema naprijed s većim prijenosom težine na gornje ekstremitete. Opaziti poziciju ručnih zglobova na podlozi, položaj lopatica, stabilizaciju Th-L prijelaza, položaj torakalne i vratne kralježnice, rotaciju zdjelice i položaj kukova.</p> <p><i>Quadruped position with even loading of the upper and lower extremities perpendicular to the ground. Slight forward movement of the head and thorax with greater weight shift to the upper extremities. The position of the wrists on the ground, shoulder blades, stabilization of the Th-L junction, thoracic and cervical spine, pelvic rotation and hip position are observed.</i></p> | <p>Centrirane i stabilne lopatice, uravnoteženi oslonac na tenaru i hipotenaru, kralježnica i zdjelica uspravno pozicionirane (bez lordoze, kifoze, prednjeg ili stražnjeg nagiba zdjelice), glava u produženju trupa.</p> <p><i>Centered and stable shoulder blades, balanced support on the thenar and hypothenar, spine and pelvis upright positioned (without lordosis, kyphosis, anterior or posterior pelvis inclination), head in the extension of the trunk.</i></p> | <p>Hiperabdukcija lopatica, oslonac na hipotenaru s flektiranim prstima, kifoza ili lordoza kralježnice, antefleksija glave, hiperekstenzija kralježnice.</p> <p><i>Scapular winging, a support on the hypothenar with fingers fingers, kyphosis or lordosis of the spine, anteflexion of the head, hyperextension of the spine.</i></p> |
| <p>Pronacijski test - 6 mjeseci<br/><i>Six-month prone test</i></p>                       | <p>Visoko ekstenzirane ruke, oslonac je na otvorenim dlanovima i distalnim dijelovima natkoljenica s ekstenziranim donjim ekstremitetima. Opaziti položaj Th-L prijelaza i donjeg dijela leđa, aktivnost laterodorzalne skupine trbušnog zida, položaj lopatica i glave.</p> <p><i>Prone position with upper extremities highly extended, support at the open palms and distal parts of the thighs with the lower extremities extended.</i></p> <p><i>The position of Th-L junction and lower back, activity of the laterodorsal group of the abdominal wall, the shoulder blades and head are observed.</i></p>   | <p>Kralježnica, glava, lopatice i zdjelica centrirane, uravnotežena aktivnost cijelog trbušnog zida, PVM-e i dijafragme; minimalna aktivnost mišića stražnje lože natkoljenice.</p> <p><i>The spine, head, shoulder blades, and pelvis are centered, balanced activity of the whole abdominal wall, paravertebral muscles and diaphragm; minimal muscle activity of hamstrings.</i></p>  | <p>Hiperekstenzija lumbalne kralježnice, hiperaktivacija PVM-e, elevacija lopatica, protrakcija ramena.</p> <p><i>Hyperextension of the lumbar spine, hyperactivation paravertebral muscles, shoulder blade elevation, shoulder protraction.</i></p>   |

## Literatura

1. Vojta V: A neurophysiological treatment. U: von Aufschneider D, ur. Movement disorders in children. Bremen 1992:7.
2. Bokarius V. Long-term efficacy of dynamic neuromuscular stabilization in treatment of chronic musculoskeletal pain. *Age*. 2008;18(25):3.
3. Wickstrom RL. Developmental kinesiology: Maturation of basic motor patterns. *Exerc Sport Sci Rev*. 1975;3(1):163.
4. Forslund M, Bjerre I. Growth and development in preterm infants during the first 18 months. *Early Hum Dev*. 1985;10(3-4):201-16.
5. Kobesova A, Osborne N. The Prague School of Rehabilitation. *Int musculoskelet Med*. 2012;34(2):39-41.
6. Frank C, Kobesova A, Kolář P. Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8(1):62.
7. Kobesova A, Kolář P. Developmental kinesiology: three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system. *J Bodyw Mov Ther* 2014;18(1):23-33.
8. Milić Z. The Effects of Neuromuscular Stabilization on Increasing the Functionality and Mobility of the Locomotor System. *Sport Sci Health*. 2020;19(1):54-9.
9. Kim DH, An DH, Yoo WG. Effects of 4 weeks of dynamic neuromuscular stabilization training on balance and gait performance in an adolescent with spastic hemiparetic cerebral palsy. *J Phys Ther Sci*. 2017;29(10):1881-2.
10. Kobesova A, Valouchova P, Kolář P. Dynamic neuromuscular stabilization: Exercises based on developmental kinesiology models. U: *Functional Training Handbook*. Wolters & Kluwer, 2014;25-51
11. Kolář P. Facilitation of agonist-antagonist coactivation by reflex stimulation methods. U: Liebensohn C, ur. *Rehabilitation of the spine-a practitioner's manual*. Baltimore: Lippincott Williams&Wilkins. 2006;531-65.
12. Novotny JE, Beynon BD, Nichols CE. Modeling the stability of the human glenohumeral joint during external rotation. *J Biomech*. 2000;33(3):345-54.
13. Borghuis J, Hof AL, Lemmink KAPM. The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med*. 2008;38(11):893-916.
14. McGill SM, McDermott A, Fenwick CM. Comparison of different strongman events: trunk muscle activation and lumbar spine motion, load, and stiffness. *J Strength Cond Res*. 2009;23(4):1148-61.
15. Murphy T, Woodrum D. Functional development of respiratory muscles. U: Polin R, ur. *Fetal and neonatal physiology*. Philadelphia: WB Saunders Company. 1998:1071-84.
16. Kolář P, Kobesova A, Valouchova P i sur. Dynamic Neuromuscular developmental kinesiology: Stabilization: breathing stereotypes and postural-locomotion function. U: Chaitow L, ur. *Recognizing and treating breathing disorders*. Churchill Livingstone, 2014;11-22.
17. Hodges PW, Gandevia SC. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *J Physiol*. 2000;522(1):165-75.
18. Hodges PW, Sapsford R, Pengel LHM. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *NeuroUrol Urodyn*. 2007;26(3):362-71.
19. Kolář P, Neuwirth J, Sanda J, Suchanek V, Svata Z, Volejnik J i sur. Analysis of diaphragm movement during tidal breathing and during its activation while breath holding using MRI synchronized with spirometry. *Physiol Res*. 2009;58(3):383-92.
20. Kolář P, Sulc J, Kyncl M, Sanda J, Cakrt O, Andel R i sur. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42(4):352-62.

21. Ferreira PH, Ferreira ML, Maher CG, Refshauge K, Herbert RD, Hodges PW i sur. Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. *Br J Sports Med* 2010 ;44(16):1166-72.
22. O'Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Man Ther* 2005;10(4):242-55.
23. Chou R. Low back pain (chronic). *BMJ Clinical Evidence* 2010 :1116.
24. Vlaeyen JWS, Maher CG, Wiech K, Van Zundert J, Meloto CB, Diatchenko L i sur. Low back pain. *Nat Rev Dis Primers* 2018;4(1):52.
25. Vos T, Lim SS, Abbafati C, Abbas KM, Abbasi M, Abbasifard M i sur. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* 2020;396(10258):1204-22.
26. Buchbinder R, Blyth FM, March LM, Brooks P, Woolf AD, Hoy DG i sur. Placing the global burden of low back pain in context. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2013;27(5):575-89.
27. Volinn E. The Epidemiology of Low Back Pain in the Rest of the World: A Review of Surveys in Low- and Middle-Income Countries. *Spine* 1997;22(15):1747.
28. Mahdieh L, Zolaktaf V, Karimi MT. Effects of dynamic neuromuscular stabilization (DNS) training on functional movements. *Hum Mov Sci* 2020;70:102568.
29. Yoon HS, You J (Sung) H, Ciaccio EJ, Liu F. Reflex-mediated dynamic neuromuscular stabilization in stroke patients: EMG processing and ultrasound imaging. *Technol Health Care* 2017;25(Suppl 1):99-106.
30. Juárez-Albuixech ML, Redondo-González O, Tello-Díaz-Maroto, de la Guía JLT, Villafañe JH, Jiménez-Antona C. Feasibility and efficacy of the Vojta therapy in subacromial impingement syndrome: a randomized controlled trial. *J Exerc Rehabil* 2021;17(4):256-64.
31. Anderson BE, Bliven KCH. The Use of Breathing Exercises in the Treatment of Chronic, Nonspecific Low Back Pain. *J Sport Rehabil* 2017;26(5):452-8.
32. Shahidi B, Padwal J, Lee E, Xu R, Northway S, Taitano L i sur. Factors impacting adherence to an exercise-based physical therapy program for individuals with low back pain. *PLoS ONE* 2022;17(10):e0276326.
33. Cavalcanti IF, Antonino GB, Monte-Silva KK, Guerino MR, Ferreira AP de L, das Graças Rodrigues de Araújo M. Global Postural Re-education in non-specific neck and low back pain treatment: A pilot study. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2020;33(5):823-8.
34. Huijnen IPJ, Kindermans HPJ, Seelen HAM, Peters ML, Smeets RJEM, Serroyen J i sur. Effects of self-discrepancies on activity-related behaviour: Explaining disability and quality of life in patients with chronic low back pain. *Pain* 2011;152(9):2165-72.
35. Zhu K, Devine A, Dick IM, Prince RL. Association of back pain frequency with mortality, coronary heart events, mobility, and quality of life in elderly women. *Spine* 2007;32(18):2012.
36. Boutevillain L, Dupeyron A, Rouch C, Richard E, Coudeyre E. Facilitators and barriers to physical activity in people with chronic low back pain: A qualitative study. *Plos ONE* 2017;12(7):e0179826.
37. Kong YS, Kim YM, Shim JM. The effect of modified cervical exercise on smartphone users with forward head posture. *J Phys Ther Sci* 2017;29(2):328-31.
38. Rabieezadeh A, Mahdavejad R, Sedehi M, Adimi M. The effects of an 8-week dynamic neuromuscular stabilization exercise on pain, functional disability, and quality of life in individuals with non-specific chronic low back pain: a randomized clinical trial with a two-month follow-up study. *BMC Sports Sci Med Rehabil* 2024;16(1):161.
39. Dantytė S, Dudonienė V. Transcutaneous electrical nerve stimulation and dynamic neuromuscular stabilization are equally effective in patients of different ages with spinal degeneration. *Reabilitacijos mokslai: slauga, kineziterapija, ergoterapija* 2022;1(26):11-20.

40. Ghavipanje V, Rahimi NM, Akhlaghi F. Six Weeks Effects of Dynamic Neuromuscular stabilization (DNS) training in obese postpartum women with low back pain: A randomized controlled trial. *Biol Res Nurs* 2022;24(1):106-14.
41. Najafi Ghagholestani B, Gandomi F, Assar S, Richard Spears L. Effects of dynamic neuromuscular stabilization and aquatic exercises on the pain, disability, lumbopelvic control, and spinal posture of patients with non-specific low back pain. *Iran Rehabilitation J* 2022;20(3):333-44.
42. Karartı C, Özsoy İ, Özyurt F, Basat HÇ, Özsoy G, Özüdoğru A. The effects of dynamic neuromuscular stabilization approach on clinical outcomes in older patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized, controlled clinical trial. *Somatosens Mot Res* 2023;40(3):116-25.
43. Coulombe BJ, Games KE, Neil ER, Eberman LE. Core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *J Athl Train* 2017;52(1):71-2.
44. Mousavi SMS, Mirsafaei Rizi R. Effect of central stability and dynamic neuromuscular stabilization exercises on pain, flexibility, balance, muscle endurance and quality of life in men with nonspecific chronic low back pain. *J Guil Univ Med Sci* 2022;31(2):136-49.
45. Rahimi M, Hasanpor Z, Sharifi R, Haghghi M. Effect of eight-week dynamic neuromuscular stabilization training on balance, fall risk and lower extremity strength in healthy elderly women. *Sports Med* 2020;12(28):107-26.