

# UČINKI TRANSKUTANE ELEKTRIČNE ŽIVČNE STIMULACIJE NA HITROST HOJE PRI PACIENTIH PO MOŽGANSKI KAPI - PREGLED LITERATURE

## EFFECTS OF TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVE STIMULATION ON GAIT SPEED IN PATIENTS AFTER STROKE - LITERATURE REVIEW

Jana Hočevar<sup>1</sup>, dipl. fiziot., izr. prof. dr. Urška Puh<sup>2</sup>, dipl. fiziot.

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

<sup>2</sup>Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije Soča

### Uvod

Pri pacientih po možganski kapi je hitrost hoje pogosto znižana. Transkutana električna živčna stimulacija (TENS) se lahko uporablja tudi za spodbujanje senzomotoričnih funkcij. Naš namen je bil pregledati literaturo o učinkih visokofrekvenčne TENS na hitrost hoje pri pacientih po možganski kapi.

### Metode:

Literaturo smo iskali v podatkovnih zbirkah PubMed, PEDro, Cochrane Library, Embase in CINAHL. Dodatno smo pregledali tudi sezname literature vključenih raziskav. Vključili smo randomizirane kontrolirane poskuse, v katerih so avtorji preverili učinek uporabe TENS na hitrost hoje pri pacientih po možganski kapi.

### Rezultati:

V pregled literature smo zajeli pet raziskav, v vseh so TENS uporabili pri pacientih v mirovanju. V treh so ugotovili statistično značilno večje izboljšanje hitrosti hoje pacientov v subakutnem in/ali kroničnem obdobju po možganski kapi v skupini s TENS, ki ji je sledila standardna vadba, v primerjavi s skupinami pacientov, ki so imeli le TENS, placebo TENS in standardno vadbo ali so bili brez obravnave.

### Zaključek:

Glede na rezultate pregledane literature kaže, da ima vsaj 30-minutna TENS, ki ji sledi vsaj 30-minutna standardna

### Abstract

#### Background:

*Decreased walking speed is common in patients after stroke. In rehabilitation, transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is used to improve sensorimotor functions. The purpose of this literature review was to investigate the effects of high-frequency TENS on walking speed in patients after stroke.*

#### Methods:

*The literature search was performed in the PubMed, PEDro, Cochrane Library, Embase, and CINAHL databases. In addition, the reference lists of included studies were reviewed. Randomised controlled trials that investigated the effects of TENS on walking speed of patients after stroke were included in the review.*

#### Results:

*Five studies that used TENS at rest in subacute and/or chronic stroke patients were included. Three studies found statistically significantly greater improvement in walking speed in the group of patients with TENS followed by conventional training compared with the groups of patients with TENS alone, placebo TENS followed by conventional training, or without treatment.*

#### Conclusion:

*Based on the reviewed literature, it appears that TENS for at least 30 minutes followed by functional training is an effective*

vadba, pozitivne učinke na hitrost hoje pacientov v kroničnem obdobju po možganski kapi, medtem ko TENS kot samostojna obravnava ni učinkovita. Za oblikovanje trdnih zaključkov o učinkovitosti TENS v kombinaciji s standardno vadbo pri pacientih v subakutnem obdobju po možganski kapi so potrebne raziskave visoke kakovosti.

#### **Ključne besede:**

transkutana električna živčna stimulacija; možganska kap; hitrost hoje

*intervention to improve walking speed in patients with chronic stroke, whereas TENS alone is not effective. High-quality studies are needed to draw firm conclusions about the effectiveness of TENS in combination with training in the subacute phase after stroke.*

#### **Keywords:**

*transcutaneous electrical nerve stimulation; stroke; gait speed*

## **UVOD**

Vsako leto več kot 13,7 milijona ljudi na svetu doživi možgansko kap, s posledično zmanjšanimi zmožnostmi pa živi več kot 116 milijonov ljudi (1). Zmanjšana sposobnost hoje velja za eno od najpogostejših in omejujočih posledic možganske kapi (2), zato je doseganje optimalne sposobnosti hoje, vključno s primerno hitrostjo hoje, temeljni cilj fizioterapije.

Na način in sposobnost hoje pacientov po možganski kapi vplivajo slabše ravnotežje in/ali pojav t.i. hemiplegičnega vzorca hoje, kar pa je posledica primarnih in sekundarnih okvar živčevja in mišično-skeletnega sistema. S sposobnostjo hoje so bolj povezane mišična zmogljivost, okvare gibalnih funkcij in motnje ravnotežja, med tem ko naj bi imele spastičnost, okvare senzorične in zmogljivost srčno-žilnega sistema manjši vpliv na sposobnost hoje (2). Posledica teh sprememb so spremenjeni vzorci kinematike in kinetike, odstopanja časovno-prostorskih spremenljivk (vključno s hitrostjo hoje), aktivacije mišic in večja poraba energije med hojo (2-4).

Znižana hitrost hoje je ena od glavnih značilnosti hoje pacientov po možganski kapi (2) in pogosto njena trajna posledica. Zavedati se je treba tudi, da nižja hitrost hoje prispeva k spremenjenim vzorcem hoje. Hsu in sod. so poročali (5), da je hitrost hoje pacientov po možganski kapi z različnimi stopnjami okvare v razponu od približno 0,18 do 1,03 m/s, za paciente v kroničnem obdobju po možganski kapi pa od 0,2 do 1,1 m/s (6), s povprečno hitrostjo hoje 0,6 m/s (SO = 0,4 m/s) (7); medtem ko so zdravi preiskovanci primerljive starosti hodili v povprečju s hitrostjo 1,5 m/s (7). Ugotovili so, da na hitrost hoje pacientov po možganski kapi najbolj vplivata šibkost mišic plantarnih fleksorjev (6) oziroma fleksorjev kolka (5, 6) in ekstenzorjev kolena (5) na okvarjeni strani, pri čemer je bila hitrost sproščene hoje zmerno povezana še s funkcijami gibanja, ob tem pa nizko povezana z zmogljivostjo in spastičnostjo mišic plantarnih fleksorjev ter okvarami občutenja (5). V raziskavi, v kateri so ugotavljali povezanost okvare občutka za dotik in propriocepcije sklepov spodnjih

udov s sposobnostjo hoje pri pacientih z blago do hudo stopnjo možganske kapi, je bila povezanost visoka. V nasprotju s tem pa pri pacientih z blago do zmerno stopnjo okvare povezanosti hitrosti hoje s funkcijami občutenja niso ugotovili (8, 9).

Eden od terapevtskih pristopov, ki se uporablja v rehabilitaciji pacientov po možganski kapi, je transkutana električna živčna stimulacija (TENS). Najpogosteje opisujejo vpliv TENS na stimulacijo senzoričnih živčnih vlaken, kar lahko vodi v zmanjšanje bolečine (10). Mehanizmi učinkov TENS na funkcije gibanja in občutenja še niso povsem jasni, nevrofiziološke raziskave pa kažejo, da enkratna, 20- ali 30-minutna stimulacija povzroči aferentne spremembe v motorični skorji in kortikospinalni progi (11, 12). V rehabilitaciji lahko TENS uporabljamo tudi za izboljšanje funkcij gibanja in občutenja (13). Ameriške smernice za rehabilitacijo pacientov po možganski kapi (14) priporočajo uporabo TENS le za zmanjševanje spastičnosti, medtem ko so se dokazi o učinkih na hojo na podlagi opravljene metaanalize izkazali za pomanjkljive (15).

Slovenska Priporočila za fizioterapijo po možganski kapi (16) vključujejo uporabo TENS kot dodatek k standardni obravnavi v kroničnem obdobju rehabilitacije pacientov po možganski kapi, da bi z njo znižali spastičnost mišic spodnjih udov. Poleg tega avtorji priporočajo razmislek o uporabi TENS kot del standardne obravnave pri pacientih v subakutnem obdobju, da bi z njo izboljšali njihove sposobnosti hoje (16). O učinkih TENS pri pacientih po možganski kapi so bili objavljeni že vsaj trije sistematični pregledi literature z metaanalizo (16-18). V vseh so ugotovili možne pozitivne učinke na hitrost hoje, vendar so bile v vsakem od pregledov vključene zgolj tri raziskave z uporabo visokofrekvenčne TENS ( $v > 50$  Hz), v katerih je bila kot izid merjena hitrost hoje. V enem od pregledov (17) so med rezultate hitrosti hoje upoštevali tudi dosežke pacientov pri časovno merjenem Testu vstani in pojdi, ki pa je odraz tudi drugih elementov premičnosti. Zato smo s tokratnim pregledom literature želeli ugotoviti, kakšni so dokazi o učinkih visokofrekvenčne TENS na hitrost hoje pacientov po možganski kapi.

## METODE

Z uporabo naslednjih angleških ključnih besed oz. njihove kombinacije: (stroke[Title/Abstract] OR cerebrovascular insult[Title/Abstract]) AND (transcutaneous electrical nerve stimulation[Title/Abstract] OR tens[Title/Abstract]) AND (walk\*[Title/Abstract] OR gait[Title/Abstract]) AND (speed[Title/Abstract] OR velocity[Title/Abstract]) smo pregledali podatkovne zbirke PubMed, PEDro, Cochrane Library, Embase in CINAHL. Zadnji pregled je bil opravljen 19. oktobra 2022. Ključne besede je moral vsebovati naslov ali izvleček posameznega članka. Nato smo pregledali ustreznost vsebine glede na naslov in izvleček.

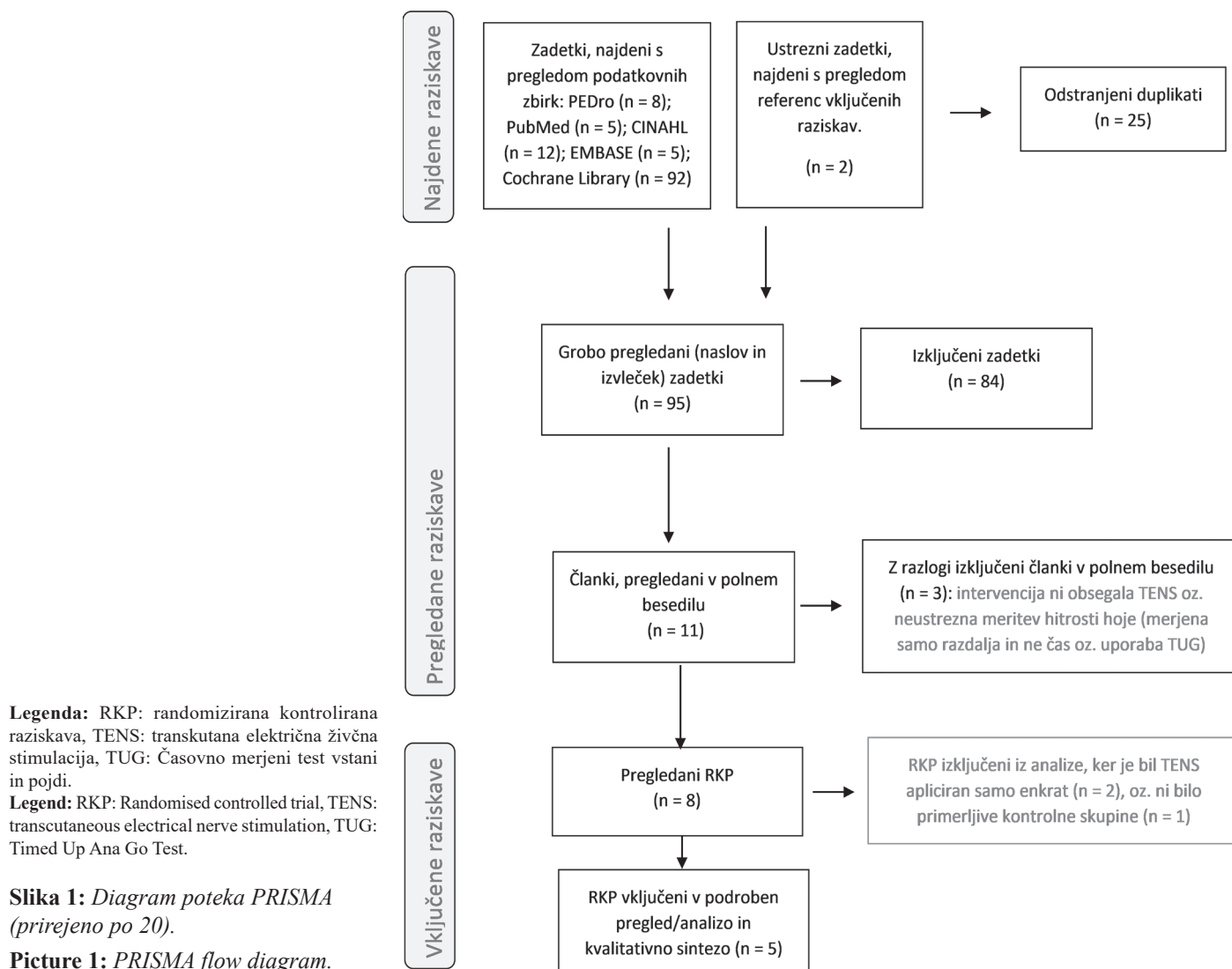
Upoštevali smo merila za vključitev: članki v angleškem jeziku, randomizirani kontrolirani poskusi, proučevanje TENS (lahko pred, med ali po vadbi), med izidi so morali avtorji poročati o hitrosti hoje. Izključili smo članke o raziskavah, v katerih so hitrost hoje merili z neustreznim testom (npr. časovno merjeni Test vstani in pojdi), raziskave, v katerih je bila frekvenca TENS manjša od 50 Hz, in raziskave, v katerih so TENS uporabili le enkrat. Za vrednotenje kakovosti raziskav smo uporabili ocene, povzete iz podatkovne zbirke PEDro (19). Dodatno smo pregledali tudi sezname literature vseh vključenih člankov. Pregled sistematičnosti poteka iskanja literature je predstavljen z diagramom PRISMA na Sliki 1.

## REZULTATI

Po pregledu in preverjanju ustreznosti glede na vključitvena in izključitvena merila smo v pregled literature vključili pet raziskav, ki so bile objavljene med letoma 2002 in 2020 (21 - 25). Glede na ocene po lestvici PEDro (19) so bile vključene raziskave nizke (25), srednje (21) in visoke kakovosti (22 - 24). Eno raziskavo (25) smo po lestvici PEDro ocenili sami. V štirih raziskavah so bili vključeni pacienti v kroničnem obdobju, v povprečju med enim letom in pol (24) in šestimi leti po možganski kapi (22). V eni raziskavi so sodelovali tudi pacienti v subakutnem obdobju po možganski kapi (21).

V štirih raziskavah je obravnava potekala 5 dni/teden, od tega v dveh raziskavah skupaj 6 tednov (21, 24), v dveh pa 4 tedne (22, 23). V eni raziskavi je obravnava trajala 3 tedne, vendar frekvence ne poročajo (25). TENS je bil v eksperimentalnih skupinah v vseh raziskavah apliciran na spodnje ude (21-25). Ostale značilnosti obravnave so predstavljene v Tabeli 1.

V dveh raziskavah so za meritve hitrosti hoje uporabili test hoje na 10 m (21, 25), v treh pa sisteme za analizo časovno-prostorskih spremenljivk hoje (22-24). Merilna orodja in obdobje ugotavljanja učinkov so predstavljeni v Tabeli 2.



**Slika 1:** Diagram poteka PRISMA (prirejeno po 20).

**Picture 1:** PRISMA flow diagram.

**Tabela 1.** Opis obravnave v raziskavah učinkovitosti TENS za zvišanje hitrosti hoje po možganski kapi.  
**Table 1.** Description of treatment in studies of the effectiveness of TENS to increase gait speed after stroke.

Raziskava/ Research (N)	Obravnava po skupinah/ Intervention by groups	Značilnosti obravnave/ intervention characteristics
Peurala et al., 2002 (n = 59) (25)	1. TENS na SU 2 x 30 min 2. TENS na ZU 2 x 30 min	TENS: monofazni tok, $\nu$ = dvojni pulzi pri 50 Hz; tik pod senzoričnim pragom. VADBA: standardna.
Ng & Hui-Chan, 2007 (n = 80) (22)	1. TENS 60 min 2. TENS 60 min + VADBA 60 min 3. P-TENS 60 min + VADBA 60 min 4. brez obravnave	TENS: $t$ = 0,2 ms; $\nu$ = 100 Hz; dva- do trikratna vrednost senzoričnega praga VADBA: FV (mišična zmogljivost spodnjih udov, prehodi med položaji, hoja)
Ng & Hui-Chan, 2009 (n = 109) (23)	1. TENS 60 min 2. TENS 60 min + VADBA 60 min 3. P-TENS 60 min + VADBA 60 min 4. brez obravnave	TENS: $t$ = 0,2 ms; $\nu$ = 100 Hz; dvakratna vrednost senzoričnega praga (definiran: zaznan minimalni občutek mravljinčenja) VADBA: FV (mišična zmogljivost spodnjih udov, prehodi med položaji, hoja)
Park et al. 2014 (n = 29) (24)	1. TENS 30 min + VADBA 30 min 2. P-TENS 30 min + VADBA 30 min	TENS: $t$ = 0,2 ms; $\nu$ = 100 Hz; 90 % vrednosti senzoričnega praga. VADBA: gibljivost, mišična zmogljivost in hoja.
Jung et al. 2020 (n = 40) (21)	1. TENS 30 min + VADBA 2. P-TENS 30 min + VADBA	TENS: $t$ = 0,2 ms; $\nu$ = 100 Hz; dvakratna vrednost senzoričnega praga - vendar pod motoričnim pragom. VADBA: za mišično zmogljivost plantarnih fleksorjev.

**Legenda:** n – število preiskovancev; TENS – trnaskutana električna živčna stimulacija; P-TENS – placebo TENS; ZU – zgornji ud; SU – spodnji ud;  $\nu$  - frekvenca;  $t$  – čas trajanja električnega impulza; FV – funkcijska vadba.

**Legend:** n – number of participants; TENS – transcutaneous electrical nerve stimulation; P-TENS – placebo TENS; ZU – upper extremity; SU – lower extremity;  $\nu$  – frequency;  $t$  – pulse duration; FV – task-related training.

**Tabela 2.** Uporabljena merilna orodja in obdobje ugotavljanja učinkov TENS za zvišanje hitrosti hoje po možganski kapi.  
**Table 2.** Measurement tools used and period to determine the effects of TENS to increase gait speed after stroke.

Raziskava/ Research	Merilno orodje/ Evaluation instrument	Obdobje ugotavljanja učinkov/ Evaluation period
Peurala et al., 2002 (25)	test hoje na 10 m	Pred in po obravnavi.
Ng & Hui-Chan, 2007 (22)	GAITRite	Pred, po 2 in 4 tednih obravnave ter 4 tedne po koncu obravnave.
Ng & Hui-Chan, 2009 (23)	GAITRite	Pred, po 2 in 4 tednih obravnave ter 4 tedne po koncu obravnave.
Park et al. 2014 (24)	OptoGait,	Pred in po obravnavi.
Jung et al. 2020 (21)	test hoje na 10 m	Pred in po obravnavi.

Povečanje hitrosti hoje je bilo v treh raziskavah v skupini, v kateri je terapiji s TENS sledila vadba, statistično značilno večje kot v skupini s placebo TENS in vadbo (21-23), samo TENS (22, 23) ali v skupini brez obravnave (22, 23). Nasprotno pa se hitrost hoje ni spremenila v skupinah, ki so bile deležne le obravnave s TENS (22, 23, 25). V eni raziskavi se je hitrost hoje statistično značilno izboljšala tako v skupini s TENS in vadbo kot v skupini s placebo TENS in vadbo, vendar razlika v spremembi hitrosti hoje med skupinama ni bila statistično značilna (24) (Tabela 3).

## RAZPRAVA

Rezultati treh od petih raziskav, vključenih v pregled, kažejo na to, da ima TENS pozitivne učinke na hitrost hoje pri pacientih

po možganski kapi v kroničnem (21–23) in subakutnem obdobju (21), vendar le kadar terapiji s TENS sledi standardna vadba. Kaže se tudi, da TENS kot samostojna obravnava nima pomembnih učinkov na hitrost hoje pri pacientih v kroničnem obdobju po možganski kapi (22, 23, 25). Poleg tega razlik v spremembi hitrosti hoje tudi med skupinama s TENS in vadbo po stimulaciji ter placebo TENS in vadbo po stimulaciji niso dokazali (24). Kljub temu pa so Park in sod. (24) v skupini s TENS in vadbo ugotovili statistično značilno večjo spremembo pri vseh ostalih merjenih spremenljivkah hoje (kadenca, dolžina koraka in dolžina dvojnega koraka), ki so sicer povezane tudi s hitrostjo hoje (26).

V vseh vključenih raziskavah so bili pacienti v kroničnem, v eni pa tudi v subakutnem obdobju (21) po možganski kapi, čeprav se

**Tabela 3.** Pregled rezultatov raziskav učinkovitosti TENS za zvišanje hitrosti hoje po možganski kapi.  
**Table 3.** Results of studies on the effectiveness of TENS for increasing gait speed after stroke.

Raziskava/ Research	Skupine/ Groups	Pred obravnavo/ before treatment	Po 2 tednih/ after 2 weeks	Po 3 tednih/ after 3 weeks	Po 4 tednih/ after 4 weeks	Po 6 tednih/ after 6 weeks	4 tedne po koncu/ at 4 weeks follow-up
Peurala et al., 2002 (25) <sup>1</sup>	1. TENS na SU	54,7 (34,0)	/	48,4 (33,0)	/	/	/
	2. TENS na ZU	36,5 (32,0)	/	31,6 (33,0)*	/	/	/
Ng & Hui-Chan, 2007 (22) <sup>2</sup>	1. TENS	54,8 (25,6)	58,1 (27,1)	/	62,9 (28,4)	/	58,8 (26,5)
	2. TENS + VADBA	50,6 (28,3)	64,9 (34,0)*°	/	68,2 (34,5)*°	/	72,2 (34,0)*°
	3. P-TENS + VADBA	48,7 (25,0)	53,9 (27,8)	/	57,7 (29,8)	/	58,3 (28,8)
	4. BREZ INT.	62,6 (24,6)	63,2 (25,8)	/	63,9 (24,1)	/	64,5 (23,8)
Ng & Hui-Chan, 2009 (23) <sup>2</sup>	1. TENS	57,7 (26,3)	59,6 (26,1)	/	60,9 (24,8)	/	61,2 (27,3)
	2. TENS + VADBA	47,9 (26,8)	63,2 (32,2)°	/	66,6 (32,5)°	/	70,2 (32,7)°
	3. P-TENS + VADBA	50,7 (24,5)	56,2 (27,0)	/	60,6 (29,7)	/	61,3 (28,6)
	4. BREZ INT.	58,9 (24,9)	59,6 (26,1)	/	60,9 (24,8)	/	61,2 (24,2)
Park et al., 2014 (24) <sup>2</sup>	1. TENS + VADBA	45,81 (15,22)	/	/	/	52,89 (17,43)*	/
	2. P-TENS + VADBA	46,85 (20,07)	/	/	/	49,40 (20,50)*	/
Jung et al., 2020 (21) <sup>1</sup>	1. TENS + VADBA	24,7 (4,0)	/	/	/	19,4 (3,3)*°	/
	2. P-TENS + VADBA	25,2 (4,8)	/	/	/	22,5 (5,0)*°	/

**Legenda:** podatki so v obliki povprečje (st. odklon); INT. – intervencija; TENS – transkutana električna živčna stimulacija; ZU – zgornji ud; SU – spodnji ud; P-TENS – placebo TENS; \*  $p < 0,05$  znotraj skupine – primerjava s stanjem pred intervencijo; °  $p < 0,05$  v primerjavi z ostalimi skupinami v isti raziskavi; <sup>1</sup> izid je čas na 10 m testu hoje (s); <sup>2</sup> izid je hitrost hoje (cm/s).

**Legend:** data are reported as mean (st. deviation); INT. – intervention, TENS – transcutaneous electrical nerve stimulation, ZU – upper extremity, SU – lower extremity, P-TENS – placebo TENS, \*  $p < 0.05$  within group – before vs. after intervention, °  $p < 0.05$  between groups in the same study, <sup>1</sup> outcome is the result of 10 m walk test (s), <sup>2</sup> outcome is gait speed (cm/s).

sicer največje izboljšanje gibalnih funkcij pričakuje v akutnem oz. subakutnem obdobju po kapi (27, 28). Skladno s tem so tudi Kwong in sod. (17) v pregledu literature ugotovili, da je z uporabo TENS prišlo do statistično značilnega zvišanja hitrosti hoje in znižanja spastičnosti samo pri pacientih v akutnem in subakutnem obdobju, ne pa tudi v kroničnem. Vendar pa naš pregled literature jasno kaže tudi na možne pozitivne učinke TENS na hitrost hoje v kroničnem obdobju po možganski kapi.

Glede na rezultate, da je bila obravnava s TENS učinkovita le, kadar ji je sledila vsaj 30-minutna vadba (19–21) in ne kot samostojna terapija (22, 23), bi lahko sklepali, da je vadba tista, ki je povzročila spremembo. Toda rezultati so pokazali, da med skupinama s placebo TENS v kombinaciji z vadbo in kontrolno skupino brez obravnave ni bilo statistično značilnih razlik (22, 23, 25). Naš pregled torej kaže na to, da je TENS v kombinaciji z vadbo učinkovitejši od samostojne uporabe TENS (22, 23, 25) ali same vadbe (21–23), ki se nista izkazali za učinkoviti za zvišanje hitrosti hoje. Nasprotno obstajajo tudi dokazi o učinkovitosti vadbe hoje (29) in drugih oblik vadbe kot samostojne obravnave na zvišanje hitrosti hoje pri pacientih v kroničnem obdobju

po možganski kapi. Šibki dokazi kažejo, da je pri pacientih v kroničnem obdobju po možganski kapi za zvišanje hitrosti hoje učinkovita tudi krožna vadba (30), vadba za ravnotežje z navidezno resničnostjo in vadba za krepitev mišic spodnjih udov (31). Dokazi zmerne kakovosti kažejo na učinkovitost kombinirane vadbe (aerobne vadbe in vadbe za mišično zmogljivost), dokazi visoke kakovosti pa učinkovitost aerobne vadbe s hojo pri pacientih v kroničnem obdobju po možganski kapi (30). Zato lahko sklepamo, da vadba v raziskavah s placebo TENS (21–23) ni bila dovolj intenzivna ali dovolj specifična za zvišanje hitrosti hoje in da je TENS pred vadbo preko spodbujanja t. i. nevro modulacije zvišal njeno učinkovitost v eksperimentalnih skupinah (21–23); to ugotavljajo po različnih vrstah elektrostimulacije pri pacientih z okvaro hrbtenjače (33, 34). V vseh vključenih raziskavah, ki so vključevale vadbo (21–24), je ta vedno sledila uporabi TENS, čeprav je TENS možno uporabljati tudi med vadbo. Vendar smo pri pacientih po možganski kapi zasledili le eno takšno raziskavo (35), ki v ta pregled zaradi ene same obravnave oziroma ugotavljanja le takojšnjih učinkov ni bila vključena. Avtorji te raziskave (35) niso poročali o statistično značilnem zvišanju hitrosti hoje pri obravnavi s TENS med vadbo.



Predstavljeni dokazi o pozitivnih učinkih kombinacije TENS in vadbe na hitrost hoje pri pacientih po možganski kapi izhajajo iz raziskav srednje (21) in visoke kakovosti (22, 23). Nasprotno pa v raziskavi visoke kakovosti, v kateri je bila jakost TENS pod senzoričnim pragom, učinkov na hitrost hoje niso potrdili (24). Dokazov o vplivu jakosti in drugih parametrov TENS na učinke pri pacientih po možganski kapi še ni, so pa v eni raziskavi (36) poročali, da je pri pacientih TENS s frekvenco 200 Hz povzročila plastične spremembe sinaptičnega prenosa, medtem ko TENS s frekvenco 50 in 100 Hz ni statistično značilno povečala pre-sinaptične Ia inhibicije. Kwong in sod. (17) so v meta-analizi ugotovili, da je TENS v mirovanju, ki traja eno uro, učinkovitejši od krajšega (20-30 min). To je skladno tudi z ugotovitvami našega pregleda. Hitrost hoje se je statistično značilno zvišala sicer tudi pri 30-minutni TENS, ki ji je sledila vadba (21), vendar pa je bila sprememba klinično pomembna ( $\Delta > 0,14$  m/s (37)) zgolj pri 60 min TENS in vadbi (22, 23).

Potrjeno je, da lahko TENS kot samostojna obravnava zniža spastičnost (17, 38), kar bi teoretično lahko vplivalo na izboljšanje hoje, čeprav je bila povezanost med spastičnostjo in hitrostjo hoje pri pacientih po možganski kapi nizka (5) ali ni bila potrjena (39). Hitrost hoje po možganski kapi je povezana tudi z dinamičnim ravnotežjem (40). Rezultati raziskav o vplivu TENS na dinamično ravnotežje po možganski kapi so nasprotujoči – metaanaliza, v kateri so upoštevali rezultate Časovno merjenega testa vstani in pojdi, ni pokazala učinkov (18); medtem ko je novejša raziskava (41), v kateri so dinamično ravnotežje ocenjevali s testom Funkcijskega dosega, pokazala statistično značilno izboljšanje v skupini, ki je vadbo za ravnotežje opravljala med uporabo TENS v primerjavi s skupino s placebo TENS. Ne nazadnje pa lahko predvidevamo, da TENS kot senzorična stimulacija vpliva na zvišanje hitrosti hoje preko izboljšanja senzoričnih funkcij in že prej omenjene nevro-modulacije.

V dveh vključenih raziskavah (22, 23) so ugotovili, da se učinki TENS v kombinaciji z vadbo na hitrost hoje ohranijo vsaj en mesec po končani obravnavi. To je skladno z ugotovitvijo novejših raziskave o učinkih živčno-mišične električne stimulacije, v kateri so prav tako ugotovili dolgotrajen učinek na motorično funkcijo zgornjega uda pri pacientih po možganski kapi (42).

Spremljanje neželenih stranskih učinkov TENS, med katere sodijo rdečina kože, bolečina, neprijetni občutki ali vnetje kože, so navedli le avtorji ene od vključenih raziskav (21), a jih ni bilo. To se ujema tudi z navedbo Johnsona (43), da je ob pravilni uporabi TENS pojav neželenih učinkov redek.

Omejitev opravljenega pregleda literature je, da v vključenih raziskavah ni bilo pacientov v akutnem obdobju po možganski kapi in da je bil vključen del pacientov v subakutnem obdobju le v eni raziskavi (21). Zato lahko izsledke pregleda posplošimo le na populacijo pacientov v kroničnem obdobju po kapi. V prihodnje bi bilo smiselno z raziskavami visoke kakovosti dodatno raziskati učinke TENS pred in med vadbo na izboljšanje dinamičnega ravnotežja in hitrosti hoje tudi v akutnem in subakutnem obdobju po možganski kapi.

## ZAKLJUČEK

Na podlagi pregledanih raziskav smo ugotovili, da ima vsaj 30-minutna TENS z jakostjo nad pragom zaznave, ki ji sledi vsaj 30-minutna standardna vadba, pozitivne učinke na hitrost hoje pri pacientih v kroničnem obdobju po možganski kapi, medtem ko TENS kot samostojna obravnava ni učinkovita. Za oblikovanje trdnih zaključkov o učinkovitosti TENS v kombinaciji z vadbo v subakutnem obdobju po možganski kapi so potrebne raziskave visoke kakovosti.

## Literatura:

- Lindsay MP, Norrving B, Sacco RL, Brainin M, Hacke W, Martins S, et al. World Stroke Organization (WSO): global stroke fact sheet 2019. *Int J Stroke*. 2019;14(8):806-17.
- Mohan DM, Khandoker AH, Wasti SA, Ismail Ibrahim Ismail Alali S, Jelinek HF, Khalaf K. Assessment methods of post-stroke gait: a scoping review of technology-driven approaches to gait characterization and analysis. *Front Neurol*. 2021;12:650024.
- Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin*. 2015;45(4-5):335-55.
- Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke. *PM R*. 2014;6(7):635-42.
- Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84:1185-93.
- Kim CM, Eng JJ. The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke. *Phys Ther*. 2003;83(1):49-57.
- Titianova EB, Pitkänen K, Pääkkönen A, Sivenius J, Tarkka IM. Gait characteristics and functional ambulation profile in patients with chronic unilateral stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(10):778-823.
- Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient. *Am J Phys Med*. 1987;66(2):77-90.
- Nadeau S, Arsenault AB, Gravel D, Bourbonnais D. Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 1999;78(2):123-30.
- Sluka KA, Walsh D. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain*. 2003;4(3):109-21.
- Lai MI, Pan LL, Tsai MW, Shih YF, Wei SH, Chou LW. Investigating the effects of peripheral electrical stimulation on corticomuscular functional connectivity stroke survivors. *Top Stroke Rehabil*. 2016;23(3):154-62.
- Veldman MP, Zijdwind I, Solnik S, Maffiuletti NA, Berghuis KM, Javet M, et al. Direct and crossed effects of somatosensory electrical stimulation on motor learning and neuronal plasticity in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2015;115(12):2505-19.
- Enoka RM, Amiridis IG, Duchateau J. Electrical stimulation of muscle: electrophysiology and rehabilitation. *Physiology (Bethesda)*. 2020;35(1):40-56.
- Winstein CJ, Stein J, Arena R, Bates B, Cherney LR, Cramer SC, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the

- American Heart Association/American Stroke Association. Stroke. 2016;47(6):e98-169.
15. Robbins SM, Houghton PE, Woodbury MG, Brown JL. The therapeutic effect of functional and transcutaneous electric stimulation on improving gait speed in stroke patients: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(6):853-9.
  16. Puh U, Kržišnik M, Freitag T, Rudolf M, Štrum T, Goljar N. Priporočila za fizioterapijo po možganski kapi. *Fizioterapija.* 2022;30(1):51-82.
  17. Kwong PW, Ng GY, Chung RC, Ng SS. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation improves walking capacity and reduces spasticity in stroke survivors: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2018;32(9):1203-19.
  18. Lin S, Sun Q, Wang H, Xie G. Influence of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on spasticity, balance, and walking speed in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med.* 2018;50(1):3-7.
  19. PEDro scale. 1999. Dostopno na: <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/> (citirano 6. 12. 2022).
  20. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Ann Intern Med.* 2009;151(4):264-9.
  21. Jung KS, Jung JH, In TS, Cho HY. Effectiveness of heel-raise-lower exercise after Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in patients with stroke: a randomized controlled study. *J Clin Med.* 2020;9(11):3532.
  22. Ng SS, Hui-Chan CW. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation combined with task-related training improves lower limb functions in subjects with chronic stroke. *Stroke.* 2007;38(11):2953-9.
  23. Ng SS, Hui-Chan CW. Does the use of TENS increase the effectiveness of exercise for improving walking after stroke? A randomized controlled clinical trial. *Clin Rehabil.* 2009;23(12):1093-103.
  24. Park J, Seo D, Choi W, Lee S. The effects of exercise with TENS on spasticity, balance, and gait in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Med Sci Monit.* 2014;20:1890-6.
  25. Peurala SH, Pitkänen K, Sivenius J, Tarkka IM. Cutaneous electrical stimulation may enhance sensorimotor recovery in chronic stroke. *Clin Rehabil.* 2002;16(7):709-16.
  26. Jordan K, Challis JH, Newell KM. Walking speed influences on gait cycle variability. *Gait Posture.* 2007;26(1):128-34.
  27. Cassidy JM, Cramer SC. Spontaneous and therapeutic-induced mechanisms of functional recovery after stroke. *Transl Stroke Res.* 2017;8(1):33-46.
  28. Ko SB, Yoon BW. Mechanisms of functional recovery after stroke. *Front Neurol Neurosci.* 2013;32:1-8.
  29. Teasell R, Salbach NM, Foley N, Mountain A, Cameron JI, Jong A, et al. Canadian Stroke Best Practice Recommendations: rehabilitation, recovery, and community participation following stroke. Part One: Rehabilitation and recovery following stroke; 6th edition update 2019. *Int J Stroke.* 2020;15(7):763-88.
  30. English C, Hillier SL, Lynch EA. Circuit class therapy for improving mobility after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;6(6):CD007513.
  31. Hornby TG, Reisman DS, Ward IG, Scheets PL, Miller A, Haddad D, et al. Clinical practice guideline to improve locomotor function following chronic stroke, incomplete spinal cord injury, and brain injury. *J Neurol Phys Ther.* 2020;44(1):49-100.
  32. Saunders DH, Sanderson M, Hayes S, Johnson L, Kramer S, Carter DD, et al. Physical fitness training for stroke patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2020;3(3):CD003316.
  33. Megía García A, Serrano-Muñoz D, Taylor J, Avendaño-Coy J, Gómez-Soriano J. Transcutaneous spinal cord stimulation and motor rehabilitation in spinal cord injury: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair.* 2020;34(1):3-12.
  34. Rahman MA, Tharu NS, Gustin SM, Zheng YP, Alam M. Trans-spinal electrical stimulation therapy for functional rehabilitation after spinal cord injury: review. *J Clin Med.* 2022;11(6):1550.
  35. Park SJ, Wang JS. The immediate effect of FES and TENS on gait parameters in patients after stroke. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(12):2212-4.
  36. Koyama S, Tanabe S, Takeda K, Sakurai H, Kanada Y. Modulation of spinal inhibitory reflexes depends on the frequency of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in spastic stroke survivors. *Somatosens Mot Res.* 2016;33(1):8-15.
  37. Lund C, Dalgas U, Grønberg TK, Andersen H, Severinsen K, Riemenschneider M, et al. Balance and walking performance are improved after resistance and aerobic training in persons with chronic stroke. *Disabil Rehabil.* 2018;40(20):2408-15.
  38. Chen SC, Chen YL, Chen CJ, Lai CH, Chiang WH, Chen WL. Effects of surface electrical stimulation on the muscle-tendon junction of spastic gastrocnemius in stroke patients. *Disabil Rehabil.* 2005;27(3):105-10.
  39. Bohannon RW, Andrews AW. Correlation of knee extensor muscle torque and spasticity with gait speed in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(5):330-3. Erratum in: *Arch Phys Med Rehabil* 1990;71(7):464.
  40. Britto HJM de S, Mendes L de A, Moreno C de C, Silva EMG de S, Lindquist ARR. Correlation between balance, speed, and walking ability in individuals with chronic hemiparesis. *Fisioterapia Em Movimento.* 2016;29(1):87-94.
  41. Yang Y, Lee J, Choi W, Joo Y, Lee S. Balance trainer training with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation improves spasticity and balance in persons with chronic stroke. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2020;9:67-73.
  42. Chen CC, Tang YC, Hsu MJ, Lo SK, Lin JH. Effects of the hybrid of neuromuscular electrical stimulation and noxious thermal stimulation on upper extremity motor recovery in patients with stroke: a randomized controlled trial. *Top Stroke Rehabil.* 2019;26(1):66-72.
  43. Johnson M. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation: mechanisms, Clinical application and evidence. *Rev Pain.* 2007;1(1):7-11.