

KRANIĀLĀS ELEKTROSTIMULĀCIJAS IEDARBĪBA UZ MUSKUĻU KUSTĪBU FUNKCIJĀM DAŽĀDOS DARBA REŽĪMOS

The Effect of the Cranial Electrotherapy on the Muscle Motor Function in Different Operating Modes

Leonīds Čupriks

Andris Rudzītis

Aleksandra Čuprika

Latvijas Sporta pedagoģijas akadēmija

Sergejs Boičanka

Ščecinas Universitāte

Gundega Knipše

Latvijas Universitāte

Olga Mikitčik

Dņepropetrovskas Universitāte

Abstract. *The aim of the present study was to analyze the effect of cranial electrotherapy stimulation on muscle function analysis indicators. Instrumental assessment of muscle function (on a REV9000, Technogym®, Italy) was performed before and after cranial electrotherapy stimulation, assessments of the muscle function was performed during knee extension maximum voluntary, isometric contraction (MVIC), angle velocity with load 45Nm isotonic contraction and maximum pick torque in isokinetic contraction on 30°/s, 200°/s and 300°/s and neuromuscular efficiency measurements. To analyze data was used Excel program Statistics 3.1. Subjects of our study were twenty healthy athletes of sport fitness. 1 minute after cranial electrotherapy application the indicators of the analysis in 80% of cases are lower than before the cranial electrotherapy. After the application of the cranial electrotherapy the inhibition phase. 10 minutes after the cranial electrotherapy application the activation phase begins. During this phase the indicators of maximum voluntary isometric contraction increase in 41% of cases, the indicators of angle velocity with load 45Nm in isotonic contraction increase in 78% of cases and maximum peak torque indicators in isokinetic contraction on 30°/s increase in 25% of cases, on 200°/s increase in 80% of cases and on 300°/s indicators increase in 25% of cases. The results obtained in the research prove that the 20 minute effect of cranial electrotherapy stimulation partly influenced by the maximum isometric muscle strength, angular velocity and peak torque. The study results could be partially useful to optimize the different modes of operation of sports.*

Keywords: *cranial electrical stimulation, dynamometer, electromyogram, isometric, isotonic, isokinetic.*

Ievads

Introduction

Nepārtraukta sporta rezultātu palielināšanas notiek paaugstinot treniņu slodzi un intensitātes apjomu, uzlabojoties treniņu materiālajam nodrošinājumam, kā arī pielietojot kompleksu zinātnisku pieeju treniņa procesā. Kopā ar psiholoģiskajiem, bioloģiskajiem un metodiskajiem faktoriem tas viss

liek meklēt jaunas rezerves sporta treniņu efektivitātes palielināšanai. Pamatīgi izstrādātas periodizācijas, metožu un līdzekļu dinamika, saskaņotie treniņu režīmi veido daudzveidības kategorijas līmeņus ar augstāko pakāpi. Tās ir sociāli-psiholoģiskās, lietišķi - enerģētiskās un kinemātiski - dinamiskās variācijas sportista organisma iedarbībai ar ārējo vidi vingrinājuma izpildes laikā. Sportista attīstība un pilnveidošana, organisma funkcionēšana ir mērķtiecīgs treniņa process dažādos vides apstākļos lai sasniegtu mērķi. Bioloģiskās sistēmas tiek uzskatītas, ka priekšnoteikums sistēmas darbībai, bet informācijas daudzums – kā attīstības tempa izmaiņas iemesls. Informācija starp organismu un ārējo vidi tiek pieņemts kā process ar dažādu saskaņotību laikā un telpā. Šāda procesa vadības efektivitāte atkarīga no tā, cik iekšēja, mērķtiecīga organisma daudzveidība pārspēj ārējo daudzveidību, cik vadošās sistēmas daudzveidība pārsniedz pakļautībā esošo sistēmu daudzveidību. Treniņu iedarbības saglabā kvalifikācijas kritērijus un galveno kustības programmu noved pie sekmīga kustību uzdevuma atrisinājuma dažādos ārējas vides apstākļos.

Treniņa diapazons un raksturs veido informācijas rezervi veiksmīgai darbībai nākotnē, nodrošinot tālākas iespējas mērķtiecīgai attīstībai. Ja iedarbības akcenti nesakrīt ar attīstības lietderīgu virzienu un kustību elementiem, struktūru, stāvokļiem, tad apgūstama informācija iegūst destruktīva faktora lomu, kurš sagraus dabisko attīstības algoritmu, kas ir harmoniskā saskaņa ar visu pārējo organisma sistēmu attīstību.

Daudzas profesionālo sportistu komandas, kā arī universitātes lieto Alpha-Stim (sk.1.att.) lai uzlabotu treniņu programmu rezultātus, kā arī ārstētu treniņu vai sacensību laikā gūtās sāpes, sastiepumus, mazinātu muskuļu pārslodzi. Profesionālie sportisti arī lieto kraniālo elektrostimulāciju, lai palielinātu koncentrēšanās spējas pirms gaidāmajām sacensībām.



1.att. **Kraniālās elektrostimulācijas ierīce Alpha-Stim** (Mellen & Maskey, 2009)
Fig.1 The device of cranial eletrostimulation therapy Alpha-Stim (Mellen & Maskey, 2009)

Ir pierādīti Alpha - Stim lietošanas pozitīvie rezultāti un nekaitīgums (Braverman et al., 1990; Gilula & Kirsch, 2004; Molotanovs, 2013). Līdz šim precīzs fizioloģiskais kraniālās elektrostimulācijas mehānisms vēl nav pilnībā izprasts, tas joprojām tiek intensīvi pētīts. Šajā jomā nepārtraukti tiek veikti arvien jauni zinātniskie eksperimenti. Patlaban zinātnieki pieturas pie hipotēzes, ka kraniālā elektrostimulācija netieši iedarbojas uz smadzeņu audiem, hipotalāmus apgabalā (augstākais veģetatīvo funkciju regulācijas, nervu un endokrīnās sistēmas koordinācijas centrs) tādā veidā pieradinot smadzenes ražot neurohormonus un neiromediatorus, līdz atjaunojas pareizs šo vielu līdzsvars smadzenēs.

Kraniālā elektrostimulācija aktivizē smadzeņu peptīdu sistēmu, galvenokārt β -endorfīnu (Kirsch & Smith, 2004; Brotman, 1989). Speciālisti atzīmē, ka kraniālā elektrostimulācija ir depresijas, nemiera un bezmiega nefarmakoloģisks ārstēšanas veids (Hefferman, 1996). Kraniālā elektrostimulācija normalizē psihofizisko stāvokli, kā rezultātā ir antistresa un antidepresijas efekts (McKenzie et al., 1976), paaugstina darbības, samazina nogurumu, uzlabo miega kvalitāti (Kirsch & Smith, 2004), uzlabo audu dzīšanas procesus un ir efektīvs pretsāpju līdzeklis (Kirsch, 2008; Gibson, & O'Hair, 1989). Kraniālā elektrostimulācija normalizē veģetatīvas nervu sistēmas darbību, asinsvadu tonusu, arteriālo spiedienu un stimulē imūnsistēmu (Tan & Jensen, 2007), ietekmē parasimpātisko nervu sistēmu, kā rezultātā samazinās asinsvadu tonuss, palielinās skābekļa daudzums asinīs un normalizējas sirds asinsvadu sistēmas darbība kopumā. Elektrostimuls ietekmē elpošanas ciklus, tie kļūst retāki un padziļinās elpošanas dziļums (Tan et al., 2006).

Mūsu darba mērķis bija noteikt kraniālās elektrostimulācijas ietekmi uz ceļa locītavas ekstensoru muskuļu maksimālo izometrisko spēku, spēka momentu izokinētiskajā darba režīmā un maksimālo leņķisko ātrumu izotoniskajā darba režīmā.

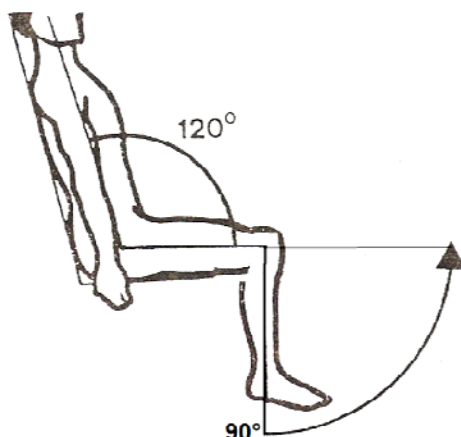
Metodika *Methods*

Ceļa locītavas ekstensoru muskuļu maksimālais izometriskais spēks tika pārbaudīts pielietojot dinamometru ierīci 'REV9000' (Technogym®, Itālija). Pētījumā piedalījās 20 atlēti, kas 3-4 gadus trenējās sporta fitnesā. Viņu vecums bija $21 \pm 1,5$ gadi, augums 177 ± 4 cm, ķermeņa masa 79 ± 11 kg. Visas ceļu locītavas bija veselas (nesāpīgas), netraumētas.

Pildot ceļa locītavas izometrisko ekstenziju atlēti atradās sēdus stāvoklī. Ceļa locītava bija saliekta 90° leņķī un fiksēta speciālajās ierīcēs, lai novērstu kustību.

Dinamometra sviras garums tika pielāgots atlēta apakšstilba garumam, piestiprinot fiksācijas manšeti katram atlētam vajadzīgajā fiksācijas vietā. Apakšstilba ekstensoru muskuļu grupu sasprindzināšanas un atslābināšanas

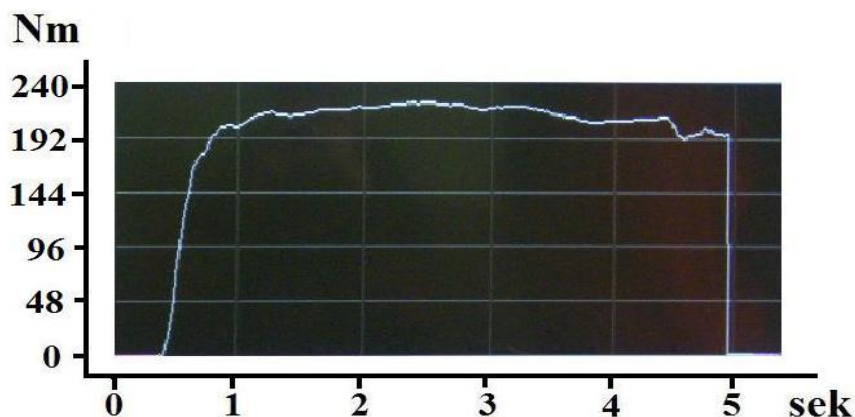
procesi tika mērīti izometriskos apstākļos. Leņķis starp rumpi un augšstilbu sēdus stāvoklī bija 120° (sk.2.att.).



2. att. Sportista stāvoklis apakšstilba spēka momenta procesa mērīšanas procedūras laikā (Catani, 1992)

Fig. 2 Athlete's position during torque measurement in knee joint (Catani, 1992)

Lai izvairītos no kustībām citās locītavās, krūškurvis un iegurnis tika fiksēti ar speciālām jostām. Katra testēšana tika koriģēta gravitācijas spēka ietekme. Testēšanas protokolā ietilpa piecu minūšu augšstilba muskuļu iestiepums, astoņu minūšu iesildīšanās ar brīvām kustībām, trīs minūšu speciālās iesildīšanās uz izokinētiskās ierīces REV-9000. Sekoja testēšana izometriskos apstākļos, ar diviem atkārtojumiem pa piecām sekundēm katra (sk.2. un 3.att.). Starp atkārtotiem testiem bija 20 sekundes pārtraukums. Aprēķinos tika ņemts vērā muskuļu attīstītais maksimālais izometriskais spēks labākajā atkārtojumā.



3. att. Sportistu dinamogramma izometriskajā muskuļu darba režīmā

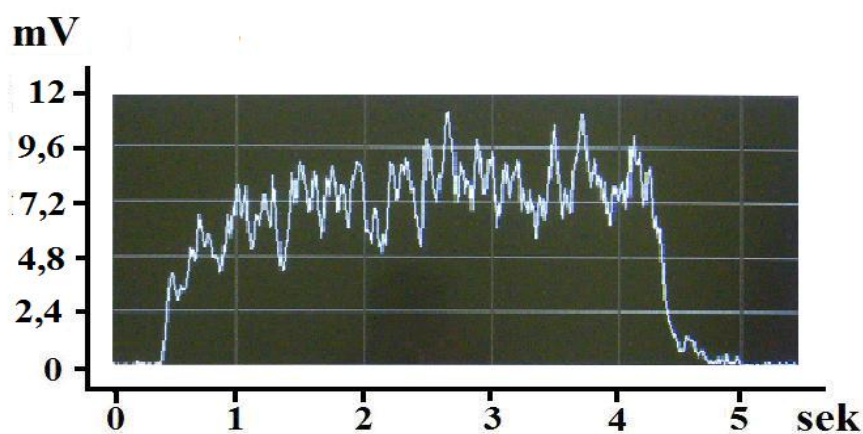
Fig. 3 Dynamogram of athletes muscles in isometric regimen

Uzreiz pēc testēšanas uz dinamometriskās ierīces REV-9000 katram atlētam tika veikta kraniālā elektroterapeitiskā stimulācija ar Alpha-stim® mikrostrāvu ierīci. Tika izmantota 20 minūšu ilga terapija. Kraniālā elektroterapeitiskā stimulācija tika veikta ar ausu elektrodu (klipšu) palīdzību. Atlētiem vispiemērotākais strāvas stiprums bija '2' (200 mikroampēri). Strāvas

padeves stiprums vienmēr tika palielināts lēni, bez strauja lēciena. Ja ierīces izmantošanas laikā parādījās reibonis, slikta dūša vai kāda cita diskomfortu izraisoša sajūta, nekavējoties tika samazināts strāvas padeves stiprums.

Pēc kraniālās elektrostimulācijas uzreiz tika veikti uz REV-9000 izometriska spēka mērījumi pirmajā sekundē, 20. sekundē un 10. minūtē. Tika noteikta maksimālā izometriska spēka dinamika pirms un pēc kraniālās elektrostimulācijas.

Elektromiogrāfiskai apstrādei izvēlējāmies labāko atkārtojumu. Elektrodi tika novietoti uz ādas tā kā to rekomendē metodika, ievērojot muskuļu šķiedru gaitu (Basmajan & Blumenstein, 1980). Ar elektrodu palīdzību tika reģistrēti muskuļu biopotenciāli (sk.4.att.). Elektrodi bija tieši saslēgti un sinhronizēti ar elektromiogrāfu. Elektromiogrāfiskais signāls tika padots no subjekta uz elektromiogrāfu ar optisko šķiedru palīdzību. Signāls elektromiogrāfā tālāk bija desmitkārtīgi palielināts un novadīts caur augstās frekvences caurlaidīgu filtru (200Hz). Lai ierobežotu neprecizitātes, signāls bija iztaisnots (attīrīts) un integrēts (10ms). Izmantojamie bipolārie elektrodi bija 10mm diametrā ar fiksētu starp elektrodu attālumu 20mm. Elektromiogrāfiskais faktors tika apstrādāts, izmantojot iztaisnotā un integrētā signāla laukuma amplitūdu. Analīzei bija izmantoti absolūtie rezultāti (Mayer et al., 1985; Sondeberg & Cook, 1983).



4. att. Atlētu elektromiogrāfiskā aktivitāte izometriskajā muskuļu darba režīmā
Fig. 4 Electromyographic activity of athletes muscles in isometric regimen

Muskuļu grupu maksimālais spēka moments, locītavas pilnas kustību amplitūdas laikā, tika mērīts Ņutona-metros (Nm). Locītavas spēka moments izrēķināts kā spēka reizinājums, kuru veic muskulis un sviras garums no spēka pielikšanas vietas tā griezes centram, kuram teorētiski ir jāsakrīt ar testējamās ekstremitātes kustību ass griezes centru. Laiks līdz spēka momenta maksimuma sasniegšanai bija mērīts milisekundēs.

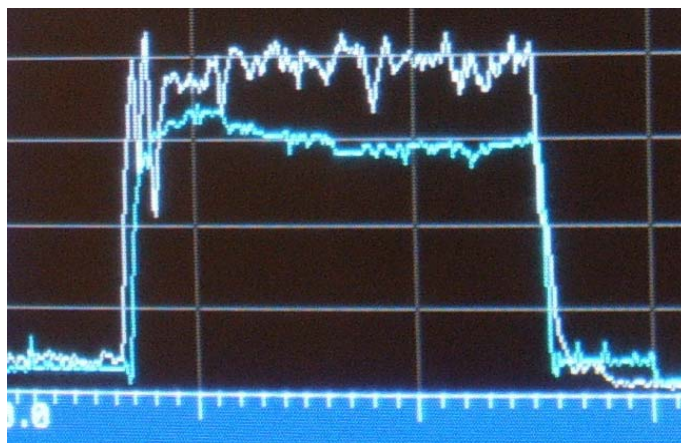
Otrā pētījuma posmā mēs noteicām kraniālās elektrostimulācijas iedarbības efektivitāti uz muskuļu kustību leņķisko ātrumu izotoniskajā darba režīmā ar slodzi 45Nm un uz muskuļu spēka momentiem pie dažādiem leņķiskie

ātrumiem (30°/s, 200°/s, 300°/s), sākot ar vismazāko un beidzot ar vislielāko ātrumu. Katrā leņķiskajā ātrumā tika izpildīti pieci pilni atkārtojumi, starp kuriem bija 2 minūtes atjaunošanas periods.

Pētījuma rezultātu apkopošana un apstrāde tika veikta ar MS Excel pievienojumprogrammu Statistika 3.1, kur tika noteikts Stjūdentā t-kritērijs saistītam kopām vai testa rezultātu izmaiņu ticamība.

Rezultāti *Results*

Var pieņemt, ka kraniālās elektrostimulācijas iedarbība uz muskuļu sasprindzināšanas un atslābināšanas procesiem dos iespēju kontrolēt nervu muskuļu aparāta funkcionālo stāvokli un noteikt pielietojamo elektronisko līdzekļu ietekmi uz biomotorām spējām (sk.5.att.).



5. att. Sportistu elektromiogrāfiskā aktivitāte un dinamogramma izometriskajā darba režīmā

Fig. 5 Electromyographic activity and dynamogram of athletes muscles in isometric regimen

Veicot testēšanas vingrinājumu izometriskajā režīmā, reģistrējot muskuļu sasprindzinājumu ar maksimālo spēku un maksimālo atslābināšanas ātrumu ir novērojami sekojoši analizējamo parametru rezultāti (skat.1.tab.).

Īpatnības, kas raksturo muskuļu sasprindzinājuma (kontrahēšanas) fāzi pirms kraniālās elektrostimulācijas akcentē uzmanību uz to, ka pēc bioelektriskās aktivitātes, ar aizkavēšanos uz elektromehāniskā pārnese laika $SP=0,04\pm 0,02ms$ (SP – slēptais periods), tiek novērots ceļa locītavas iztaisnotāj muskuļu spēka pieaugums viļņveidīgā veidā (Fp). Pēc kraniālās elektrostimulācijas elektromehāniskā pārnese laiks samazinājās ($SP=0,035\pm 0,01ms$, $\alpha < 0,05$). Ceļa locītavas iztaisnotāj muskuļu spēka viļņveidīgs pieaugums saglabājās. Pirms kraniālās elektrostimulācijas bioelektriskās aktivitātes viļņu sekošanās biežums uz EMG atbilst impulsiem uz DG (dinamogramma) un sastāda no 15 līdz 30 impulsiem vienā sekundē. Bet pēc kraniālās elektrostimulācijas viļņu sekošanās biežums sastāda no 20 līdz 40 impulsiem vienā sekundē.

Tabula 1

Muskuļu sasprindzināšanas un atslābināšanas parametri pirms un pēc kraniālās elektrostimulācijas pielietošanas (n=60) ($X_{vid} \pm S_x$)
Parameters of muscles before and after the application of the cranial electrostimulation (n=60) ($X_{vid} \pm S_x$)

Parametri	Augums cm	Ķermeņa masa/kg	LSL pēc EMG ms	LSL Pēc DG ms	SP ms	tp ms	Fp Nm	tFmax Nm	Fmax Nm	PDP ms	LAL ms	tatsl ms
Pirms $x \pm S_x$	177±7,5	79±11	0,19± 0,02	0,23± 0,03	0,04± 0,02	0,02± 0,03	74± 2,5	0,48± 0,08	252,08± 43,8	0,47± 0,01	0,38± 0,04	0,42± 0,03
Pēc $x \pm S_x$	177±7,5	79±11	0,19± 0,01	0,23± 0,04	0,035± 0,01	0,2± 0,02	76± 3,2	*0,46± 0,04	*259,73± 37,6	0,45± 0,02	0,38± 0,03	0,41± 0,02

* $\alpha < 0,05$

EMG – elektromiogramma;

DG – dinamogramma;

LSL – latentais sasprindzināšanas laiks;

SP – slēptais periods;

tp – pirmās dinamogrammas pīķa laiks;

Fp – pirmās dinamogrammas pīķa spēka moments;

Fmax – maksimālais izometriskais spēks;

PDP – pēcdarbības potenciāls;

LAL – latentais atslābināšanas laiks;

tatsl – atslābināšanas periods.

Pēc kraniālās elektrostimulācijas maksimālā izometriskā spēka pieauguma laikā izometriskajā režīmā ‘viļņu’ sekošanas biežums palielinās par 25%. Spēka pieauguma laikā pēc kraniālās elektrostimulācijas tika atzīmēta muskuļu bioelektriskās aktivitātes amplitūdas paaugstināšanos impulsos, un arī intervālos starp impulsiem tā kļuva augstāk. Tāpēc EMG sadalīšana ir maz izteikta.

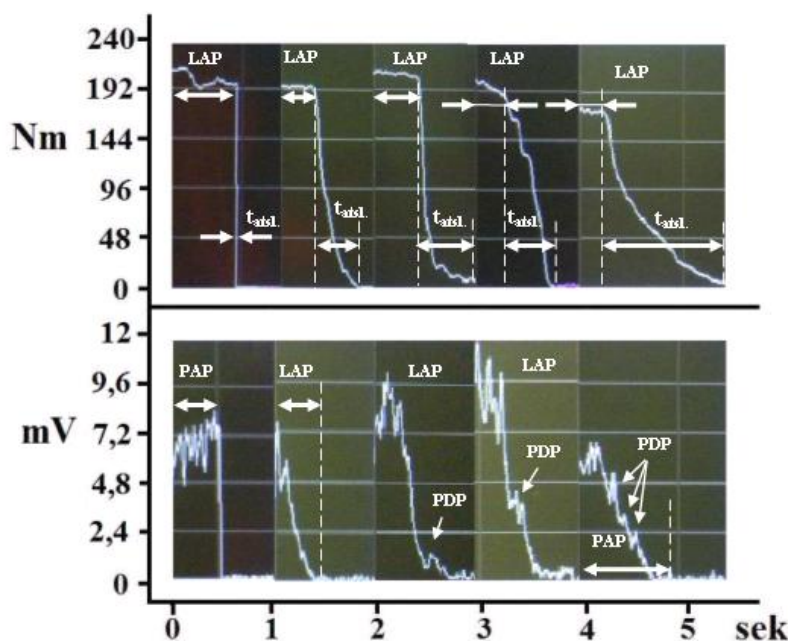
Nervu muskuļu aparāta atslābināšanās procesu raksturojam, izmantojot bioelektriskās aktivitātes parametrus (sk.1.tab.). Pēc kraniālās elektrostimulācijas uz elektromiogrammas novērojām strauju biopotenciālu amplitūdas samazināšanos un pilnu bioelektriskās aktivitātes pārtraukšanos ātrāk vidēji par 0,08±0,01ms nekā dinamogrammas parametru sākuma samazināšanās.

Latentais atslābināšanas periods atlētiem raksturīgs ar to, ka bioelektriskā aktivitāte samazinās pakāpeniski un pilnīgais impulsa zudums parādās spēka parametru sākuma samazināšanās, vidēji pēc 0,05±0,01ms. Tādu situāciju mēs novērojam 37% atlētiem, pēc kraniālās elektrostimulācijas. Citiem 65% biopotenciālu amplitūda arī pakāpeniski samazinājās, bet bioelektriskās aktivitātes impulsa zudums dinamogrammā notiek starp 4.un 5. sekundēm, vidēji pēc 0,22±0,01ms (sk.3.att.).

Pirms kraniālās elektrostimulācijas atlētiem uz atslābināšanās sākuma fona, pēc laika no 0,02 līdz 0,05 ± 0,01ms, parādās viens vai vairāki pēc

darbības potenciāli (PDP). Tāds zīmējuma raksturs bija novērots tiem atlētiem, kuriem izotoniskajā darba režīmā ar slodzi 45Nm locītavu kustību leņķiskais ātrums bija mazāks par 250°/s (sk.6.att.).

Tā kā pēc muskuļu bioelektriskās aktivitātes nevar precīzi noteikt latento atslābināšanas laiku (LAL), mēs izvēlējamies analizēt pilnu atslābināšanas periodu (PAP). Kraniālās elektrostimulācijas rezultātā atslābināšanas procesā pēc muskuļu bioelektriskās aktivitātes netika konstatēti pēcdarbības potenciāli (PDP). 57% atlētu pilns atslābināšanas periods (PAP) ir līdzīgs ātriem atslābināšanās periodiem (AAP) un lēniem atslābināšanas periodu (LAP). Tādiem atlētiem PAP ir līdzīgs laika periodam no audio signāla muskuļu atslābināšanai līdz muskuļu bioelektriskas aktivitātes pārtraukšanai.



6. att. **Muskuļu pēcdarbības potenciāli pirms kraniālās elektrostimulācijas**
Fig. 6 Muscle action potential after prior cranial electrtherapy stimulation

Pirms kraniālās elektrostimulācijas atlētiem raksturīgas kā viena impulsa tā arī daudz impulsu pēc darbības potenciāli uz muskuļu atslābināšanas fona. Pēc kraniālās elektrostimulācijas 45% atlētiem bija raksturīgi vienu potenciāli pēc muskuļu bioelektriskās aktivitātes samazināšanās, vidēji pēc $0,23 \pm 0,01$ ms, 35% sastādīja atlēti ar daudz impulsu pēc darbības potenciāliem, vidēji ar ilgumu $0,28 \pm 0,01$ ms. 20% atlētiem atslābināšanas process sastāv no viena LAP (latentais atslābināšanas periods) parametra. Šiem atlētiem maksimālais izometriskais spēks pēc kraniālas elektrostimulācijas palielinājās vidēji par $6,87 \pm 1,5$ Nm ($\alpha < 0,05$). Šiem atlētiem raksturīga ļoti aktīva muskuļu sasprindzinājuma iniciācijas fāze ar lielo 'viļņu' biežumu uz EMG. Pēc spēka līknes (dinamogrammas) atslābināšanas periods šiem atlētiem raksturojas ar latento atslābināšanas laiku (LAL = $0,259 \pm 0,01$ ms) un ar ļoti augstu atslābināšanas laika parametru (tatsl. = $0,19 \pm 0,01$ ms, $\alpha < 0,05$).

12 atlētiem pēc KES notika maksimāla izometriska spēka parametru kritums vidēji par $7,63 \pm 2,3 \text{ Nm}$. Šis grupas atlētiem raksturīga ilgstoša sasprindzinājuma iniciācijas fāze, maza biopotenciālu amplitūda. Atslābināšanas procesā tika novērota muskuļu bioelektriskās aktivitātes lēna samazināšanās ($LAP = 0,264 \pm 0,02 \text{ ms}$). Muskuļu pāreja no sasprindzināšanas procesa uz atslābināšanas procesu ilgst $0,215 \pm 0,02 \text{ ms}$.

2 atlētiem pēc KES spēka parametri saglabājas iepriekšējā pirms KES līmenī. Šiem atlētiem raksturīgas īpatnības, kas piemīt muskuļu kontrahēšanas fāžu periodiem (aktīva iniciācijas fāze un sasprindzinājuma pieaugšana, kā arī sasprindzinājuma saglabāšana).

Astoņiem eksperimenta dalībniekiem pēc KES pēc 20 sekundēm notika spēka pieaugums salīdzinājumā ar sākuma parametriem (pirms KES) vidēji par $8,52 \pm 1,25 \text{ Nm}$ ($\alpha < 0,05$). Šiem subjektiem spēka pieauguma laikā novērojama biopotenciālu amplitūdas paaugstināšanas impulsos, un arī intervālos starp impulsiem tā kļūst augstāk. Tāpēc EMG sadalīšana ir maz izteikta. Šai atlētu grupai atslābināšanas procesa laikā pēc EMG nav pēcdarbības potenciāli (PDP) un atslābināšanas periods ir vienāds ar ātro un lēno atslābināšanas periodiem.

12 atlētiem pēc KES pēc 20 sekundēm notika maksimāla izometriskā spēka parametru kritums. Šai grupai pēc pirmā impulsa biopotenciālu amplitūda samazinās, reizēm (15%) konstatēta pilnā īslaicīga bioelektriskās aktivitātes samazināšanās, novērojama muskuļu spēka samazināšanās. Novērojamai atlētu grupai atslābināšanas periods raksturīgs ar to, ka biopotenciāli samazinās pakāpeniski, bet bioelektriskās aktivitātes pilnīgais impulsu zudums parādās dinamogrammas parametru sākumā, samazināšanas vidēji pēc $0,04 \pm 0,005 \text{ ms}$.

Pēc 10 minūtēm KES rezultātā 8 atlētiem notika maksimālā izometriska spēka pieaugums. Atlētu grupai tiek novērots muskuļu spēka pieaugums viļņveidīgā veidā vidēji par $7,65 \pm 1,8 \text{ Nm}$ ($\alpha < 0,05$). 'Viļņu' sekošanas biežums uz dinamogrammas atbilst impulsiem uz EMG un sastāda no 10 līdz 15 impulsiem sekundē. Šai grupai raksturīga lēna muskuļu bioelektriska aktivitāšu samazināšana. Pēc dinamogrammas atslābināšanās sākas ātrāk, latentais atslābināšanas laiks ir $0,206 \pm 0,02 \text{ ms}$. Atslābināšanas procesa novērojams spēka izpausmju 'vilnis', kurš iz izsaukts ar pēcdarbības potenciāliem. Atslābināšanas laiks ir vēl lielāks nekā pēc KES pēc 20 sekundēm un ir vidēji $0,252 \pm 0,012 \text{ ms}$.

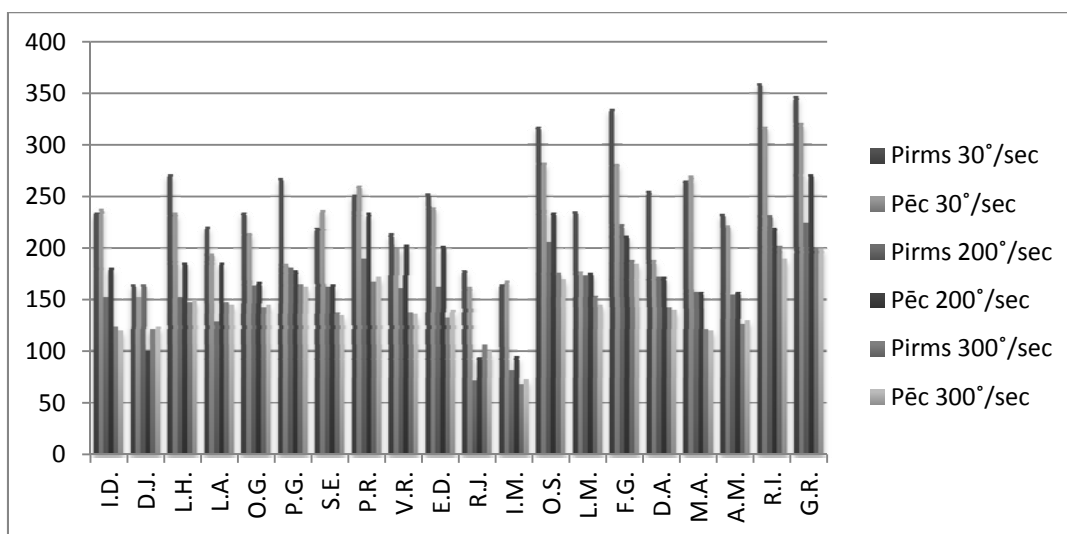
Atlētu grupai no 12 cilvēkiem pēc 10 min. KES rezultātā notika maksimālā spēka parametru samazināšanās vidēji par $4,04 \pm 1,01 \text{ Nm}$ ($\alpha < 0,05$). Spēka pieauguma laikā pēc maksimāliem radītājiem izometriskajā režīmā 'viļņu' sekošanās biežums samazinājās. Spēka pieauguma laikā novērojama biopotenciālu amplitūdas samazināšanas impulsos un arī intervālos starp impulsiem tā kļūst zemāk. Atslābināšanas process bija ļoti ilgstošs ($t_{atsl.} = 0,39 \pm 0,014 \text{ ms}$). Šai atslābināšanas formai ir raksturīga mazvoltīga EMG, kur arī eksistē pēcdarbības potenciāli ($PDP = 0,432 \pm 0,01 \text{ ms}$).

Skaitliskā materiālā analīze parādīja augstu maksimālā spēka, spēka momenta un leņķiska ātruma dažādību (sk.7.att.) Tā, eksperimenta laikā

izotoniskajā darba režīmā ar slodzi 45Nm 17 dalībniekiem bija locītavu leņķiska kustību ātruma izaugsme pēc KES iedarbības vidēji par $15,35 \pm 3,05^\circ/s$ ($\alpha < 0,05$) un 3 dalībniekiem tika konstatēta kustību leņķiska ātruma samazināšanās.

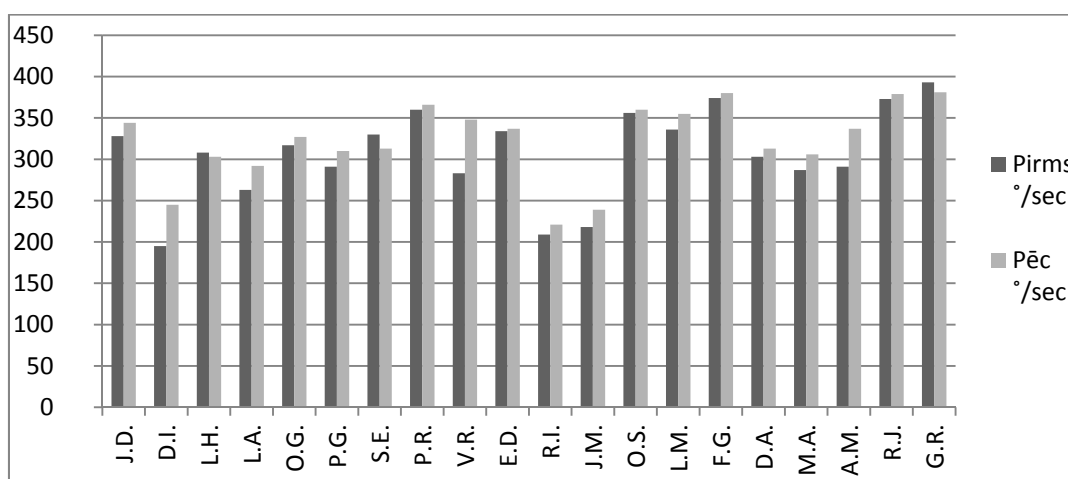
Eksperimentālai grupai pirms KES vidējais kustību leņķiskais ātrums sastādīja $311,14 \pm 11,03^\circ/s$. Pēc KES vidējais kustību leņķiskais ātrums sastādīja $322,8 \pm 28,09^\circ/s$.

Tāds locītavu kustību leņķiska ātruma rezultāts KES iedarbības rezultātā acīmredzot ir saistīts ar muskuļu spēju ātri pāriet no sasprindzināšanas uz atslābināšanas procesu un uz nākošo sasprindzinājumu. Iegūtos rezultātus var saistīt ar muskuļu funkcionālo stāvokli, kā arī ar komponentu variācijām.



7. att. Spēka parametru dinamika pie dažādiem leņķiskiem ātrumiem kranialās elektrostimulācijas iedarbības rezultātā

Fig. 7 Strenght parameters of the dynamics at different angular velocity cranial electrotherapy stimulation exposure



8. att. Leņķiskā ātruma dinamika izotoniskajā režīmā (45Nm) pēc kranialās elektrostimulācijas iedarbības

Fig. 8 Angular velocity Dynamics isotonic mode (45Nm) after cranial electrotherapy stimulation effects

Kontrolējot muskuļu spēka momenta izaugsmes aktivitāti pie dažādiem leņķiskiem ātrumiem (30°/s, 200°/s, 300°/s) izokinetiskajā režīmā pirms un pēc KES, mēs noteicām katra dalībnieka un visas grupas spēka momenta dinamiku (sk.7., 8. att.).

Pie 30°/s vidējais spēka moments grupā pēc KES samazinājās no 250,4±21,5Nm līdz 227,5±19,17Nm. Tika konstatēts, ka eksperimenta dalībniekiem pie šī leņķiskā ātruma muskuļu spēka pieaugums bija viļņveidīgā veidā gan pirms KES, gan pēc. Bet pēc KES muskuļu sasprindzinājuma fāzēm (iniciācijas fāze, spēka pieauguma fāze, spēka noturēšanas fāze) tika noteikti mazāki spēka parametri, vidēji par 23,1±3,2Nm.

Testēšana 200°/s parādīja pozitīvu spēka momenta dinamiku visā eksperimentālajā grupā pēc KES (sk.7.att.) – pirms 161,15±17,12Nm, pēc 179,75±14,07Nm.

Tik dažāds spēka rezultāts, kā arī dažāds izpildījuma laiks maksimālā spēka momenta sasniegšanai acīmredzot ir saistīts ar nevienādo spēju ātri pāriet no sasprindzināšanas uz atslābināšanas procesu un uz nākošo sasprindzinājumu.

Testēšana 300°/s tika fiksēta neliela spēka momenta parametru samazināšanās pēc KES – pirms 145,35±9,17Nm, pēc 144,15±8,07Nm. Sasprindzināšanas un atslābināšanas procesu līmenis neļauj atlētiem pie ātruma 300°/s vienlaicīgi rekrutēt ievērojamu kustību vienību daudzumu un tāpat ātri un dziļi tās atslābināt.

Secinājumi **Conclusions**

Izveidojot muskuļu sasprindzināšanas un atslābināšanas procesu izometrisko un dinamisko (izotonisko, izokinētisko) raksturojumu dinamiku trijos leņķiskajos ātrumos pēc KES, ieguvām dažādus muskuļu darbības variantus:

- Atlēti, kuriem muskuļi lēni sasprindzinās un lēni atslābinās;
- Atlēti, kuriem muskuļi lēni sasprindzinās un ātri atslābinās;
- Atlēti, kuriem muskuļi ātri sasprindzinās un lēni atslābinās.

Pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka kraniālās elektrostimulācijas 20 minūšu iedarbība daļēji ietekmē muskuļu maksimālo izometrisko spēku, kustību leņķisko ātrumu, maksimālo spēka momentu, kas varētu būt noderīgs atlētu pirmsacensību stāvokļa optimizēšanai.

Nemot vērā, ka kraniālā elektrostimulācija mūsu eksperimentā neietekmē visu eksperimenta dalībnieku muskuļu spēka radītājus (sasprindzināšanas un atslābināšanas procesi), locītavu kustību leņķiska ātruma radītājus (45Nm) un spēka momentus pie dažādiem leņķiskiem ātrumiem (30°/s, 200°/s, 300°/s) var secināt, ka, lai panāktu ticamāku kraniālās elektrostimulācijas iedarbības efektivitāti, ir nepieciešami veikt ilgstošāku pētījumu.

Summary

Fitness is characterized by high competition among athletes, where the results are distinguished by each athlete's individual mastery. Athletes' functional condition changes every day. Cranial electrostimulation (CES) in the sport science is not fully understood and explored. CES effect on the athletes' muscle functional condition is not well known. The aim of the present study was to analyze the effect of cranial electrotherapy stimulation on muscle function analysis indicators. Instrumental assessment of muscle function (on a REV9000, Technogym, Italy) was performed before and after cranial electrotherapy stimulation. Subjects of our study were twenty healthy athletes of sport fitness. 1 minute after the cranial electrotherapy application the indicators of the analysis in 80% of cases are lower than before the cranial electrotherapy. After the application of the cranial electrotherapy the inhibition phase. 10 minutes after the cranial electrotherapy application the activation phase begins. During this phase the indicators of the maximum voluntary isometric contraction increase in 41% of cases, the indicators of angle velocity with load 45Nm in isotonic contraction increase in 78% of cases and maximum pick torque indicators in isotonic contraction on 30°/s increase in 25% of cases, on 200°/s increase in 80% of cases and on 30°/s indicators increase in 25% of cases. The results obtained in the research prove that the 20 minute effect of cranial electrotherapy stimulation partly influenced by the maximum isometric muscle strength, angular velocity and peak torque.

Literatūra References

1. Basmajian, J., Blumenstein, R. (1980). Electrode placement for EMG biofeedback. Baltimore, MD, *Williams & Wilkins*, p.16-89.
2. Braverman, E., Smith, R., Smaydah, R., Blum, K. (1990). Modification of P300 amplitude and other electrophysiological parameters of drug abuse by cranial electrical stimulation. *Current Therapeutic Research*, 48, p.586-596.
3. Brotman, P. (1989). Low intensity transcranial electrostimulation improves the efficacy of thermal biofeedback and quieting reflex training in the treatment of classical migraine headache. *American Journal of Electromedicine*, 6(5), p.120-123.
4. Catani, F. (1992). User manual REV9000. *Forli: Technogym research Center*, p.55-60.
5. Gilula, M., Kirsch, D. (2004). Cranial electrotherapy stimulation review: a safer alternative to psychopharmaceuticals in the treatment of depression. *Journal of Neurotherapy*, 9(2), p.7-26.
6. Gibson, T., O'Hair, D. (1989). Cranial application vs relaxation instruction in anxious patients. *American Journal of Electromedicine*, 1 (4), p.18-21.
7. Hefferman, M. (1996). The effect of a single cranial electrotherapy stimulation on multiple stress measures. In: *Eight International Montreux Congress on Stress*, Montreux Switzerland, p.60-64.
8. Kirsch, D. (2008). CES for mild traumatic brain injury. *Practical Pain Management*, 8(6), p.70-77.
9. Kirsch, D., Smith, R. (2004). Cranial electrotherapy stimulation for anxiety, depression, insomnia, cognitive dysfunction and pain. *Bioelectrical medicine*, p.727-740.
10. Mayer, T., Smith, S., Keely, J., Money, V. (1985). Quantification of Lumbar Function Part 2: Sagittal Plane Flexion Strength in Chronic Low Back Pain Patients. *Spine*, 10, p.765-772.
11. Mellen, R., Mackey, W. (2009). Reducing sheriff's officers' symptoms of depression using cranial electrotherapy stimulation (CES): a control experimental study. *The Correctional Psychologist*, 41(1), 9-15.

12. Molotanovs, A. (2013). Sacensību darbības optimizēšana handbola vārtsargiem (uz HK LSPA komandas piemēra). *Promocijas darbs*. Rīga, LSPA, lpp.40-80.
13. Sondeberg, G.L., Cook, T.M. (1983). An electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. *Physical Therapy*, 63, p.1434-1438.
14. Tan, G., Alvarez, J., Jensen, M. (2006). Complementary and alternative medicine approaches in pain management. *Journal of Clinical Psychology*, 62(11), 1419-1431.
15. Tan, G., Jensen, M. (2007). Integrating complementary and alternative medicine (CAM) into multidisciplinary chronic pain treatment. *In Multidisciplinary Chronic Pain Management: a Guidebook for Program Development and Excellence of Treatment*, p. 75-99.

dr.paed., profesors Leonīds Čupriks	Latvijas Sporta pedagoģijas akadēmijas Smagatlētikas katedras vadītājs e-pasts: leonids.cupriks@lspa.lv, tel.nr.: +37129422179
dr.paed., profesors Andris Rudzītis	Latvijas Sporta pedagoģijas akadēmijas, Sporta Spēļu katedras vadītājs e-pasts: andris.rudzitis@lspa.lv
Aleksandra Čuprika	Latvijas Sporta pedagoģijas akadēmijas 2.studiju gada doktorantūras studente; Eiropas Sociālā fonda (ESF) projekta „Atbalsts sporta zinātnei” mērķstipendijas saņēmēja; e-pasts: aleksandra.cuprika@lspa.lv, tel.nr.: +37129750183
Dr.hab.profesors Sergejs Boičenko	Ščecinas Universitāte
Dr.med., prof. Gundega Knipše Olga Mikitčik	Latvijas Universitāte e-pasts: gundega.knipse@lu.lv Dņepropetrovskas Universitāte, Fiziskās audzināšanas un sporta zinātņu kandidāte, docente, aspirantūras vadītāja e-pasts: olga_mikitchik@mail.ru