

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

THE USE OF ELECTROMYOGRAM IN FOOTBALL: SYSTEMATIC REVIEW

Borko Katanić¹, Predrag Ilić¹, Aleksandar Stojmenović¹, Mima Stanković¹ i Manja Vitasović²

¹Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu, Srbija

² Konjički klub Gorska tim Beograd, Srbija

PREGLEDNI NAUČNI ČLANAK

doi: 10.5550/sgia.201601.se.kissv

UDK: 612:796.332

Primljeno: 04.11.2020.

Odobreno: 12.11.2020.

Sportlogia 2020, 16 (1), 48-70.

E-ISSN 1986-6119

Korespodencija: Borko Katanić

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija

E-mail: borkokatanić@gmail.com

SAŽETAK

Cilj ove pregledne studije bio je da ukaže na primenu elektromiografa u fudbalu. Za pretraživanje literature korišćene su sledeće elektronske baze podataka: Google Scholar, PubMed, Medline, Mendeley u periodu od 2005. do 2019. godine. Nakon procedure selekcije radova u odnosu na odgovarajuće kriterijume, odabrano je 20 studija koje odgovaraju potrebama ovog sistematskog preglednog istraživanja. Mišići koji su najviše bili ispitivani su: m.musculus quadriceps, m.biceps femoris, m.gastrocnemius, m.tibialis anterior i m. gluteus maximus. Pregledom je uočen prilično heterogen izbor tema kada je u pitanju uloga EMG u fudbalu, pa su i njihovi ostvareni rezultati grupisani prema određenim karakteristikama. S tim u vezi rezultati su razvrstani prema sledećim temama: akutni efekti specifične fudbalske aktivnosti, uticaj fudbalskog treninga snage, trening udaraca po lopti nogom, rezultati u odnosu na polne razlike i ostale teme koje nije bilo moguće razvrstati u pomenute grupe. Sumiranjem dosadašnjih rezultata stiče se uvid u višestruku primenu EMG u fudbalu sa ciljem što kvalitetnije analize neuro-mišićne aktivacije.

Ključne reči: EMG, elektromiograf, mišići, fudbal.

UVOD

Iako prvi dokumenti vezani za elektromiografiju (EMG) datiraju još iz 17. i 18. veka, ipak za tvorca se smatra nauènik dr Lambert, poznat kao "otac" EMG-a, koji je poèetkom šezdesetih godina prošlog veka, uz pomoæ svog saradnika Šmita, razvio mašinu koja je analizirala elektriène impulse i bila relativno jednostavna za upotrebu (Reaz, Hussain, & Mohd-Yasin, 2006). Dalji razvoj omoguæen je naroèito zahvaljujuæi napretku raèunarske tehnologije u poslednjih dvadestak godina koji je omoguæio da EMG sistem ima današnji izgled i funkcionalnost.

Elektromiografija predstavlja elektrofiziološku metodu registrovanja akcionih potencijala motornih jedinica mišića i ispitivanja provodljivosti senzornih i motornih perifernih nerava (Đuriæ & Mihaljev-Martinov, 1998). Drugim reèima, EMG je zapis prostornog i vremenskog obrasca elektriène aktivnosti u aktiviranim motornim jedinicama i veæ dugo se smatra zlatnim standardom kada je u pitanju prouèavanje neuromuskularne funkcije (Farina, Merletti, & Enoka, 2004; Kinugasa, & Akima, 2005). Generalne karakteristike površinskog EMG-a, kao što su njegova

amplituda i spektar snage, zavise od svojstava membrane mišićanih vlakana kao i od vremena delovanja mišićanog potencijala. Tako površinski EMG odražava i periferna i centralna svojstva neuromuskularnog sistema (Farina, et al., 2004). Poboljšanje elektromiografskih (EMG) ureðaja za detekciju elektriènih potencijala izvedenih voljnih složenih pokreta i evolucija metodoloških pristupa prikupljanja podataka, kao i kompjuterizovane analize obrazaca odgovorni su za sve veæu primenu EMG-a u bioinženjeringu, rehabilitaciji, sportu i na poljima biomehanike, fiziologije, zoologije i ergonomije (Clarys et al., 1988).

Praæenje performansi elitnih sportista je proces koji je od vitalne važnosti kako bi se postigli što bolji rezultati tokom takmièenja (Hernandez, Estrada, Garcia, Sierra, & Nazeran, 2010). Podruèja istraživanja kineziološke elektromiografije mogu se sumirati na sledeæi naèin, ta podruèja ukljuèuju: studije vezane za normalnu mišićanu funkciju tokom odabranih pokreta i položaja; studije mišićane aktivnosti u složenim sportovima; studije koje se tièu rehabilitacije i oporavka sportista; studije koje ispituju izometrijske

kontrakcije sa povećanjem tenzije u mišiću; studije koje procenjuju funkcionalne anatomske mišićne aktivnosti (validacija klasičnih anatomskih funkcija); studije koordinacije i sinhronizacije (kinematički lanac); studije u vezi specifičnosti i efikasnosti određenih trenažnih metoda; studije koje ispituju mišićnu izdržljivost i uticaj zamora; istraživanja koja ispituju odnos između elektromiografije i ispoljavanja mišićne sile čoveka i dr. (Clarys, 2000).

Poznato je da se EMG najviše koristi u medicini i njenim srodnim oblastima, pa je samim tim i najveći broj studija koje se bave elektromiografijom, upravo vezan za medicinu. Međutim, savremeni sport, koji se naročito u poslednje dve-tri decenije "naslanja" na medicinu i njene srodne oblasti, uočio je benefite i na polju elektromiografije, pa je zato danas primetna višestruka primena EMG i u sportu. S tim u vezi je i pretpostavka da i fudbal može imati benefite i na određene odgovore ispitivanjem na ovom polju. Stoga je cilj ove

pregledne studije da ukaže na primenu elektromiografa u fudbalu.

METOD

Izvori podataka i strategija

Za pretraživanje literature korišćene su sledeće elektronske baze podataka: Google Scholar, PubMed, Medline, Mendeley u periodu od 2005. do 2019. godine. Pretraživanje je vršeno korišćenjem sledećih ključnih reči: EMG, electromiograph, football, soccer.

Strategija pretraživanja je modifikovana za svaku elektronsku bazu, gde je to bilo moguće, u cilju povećanja senzitivnosti. Svi naslovi i abstrakti su pregledani za potencijalne radove koji će biti uključeni u sistematski pregled. Takođe, pregledane su liste referenci prethodnih preglednih i originalnih istraživanja. Relevantne studije su dobijene nakon detaljnog pregleda, ukoliko su ispunile kriterijume za uključivanje.

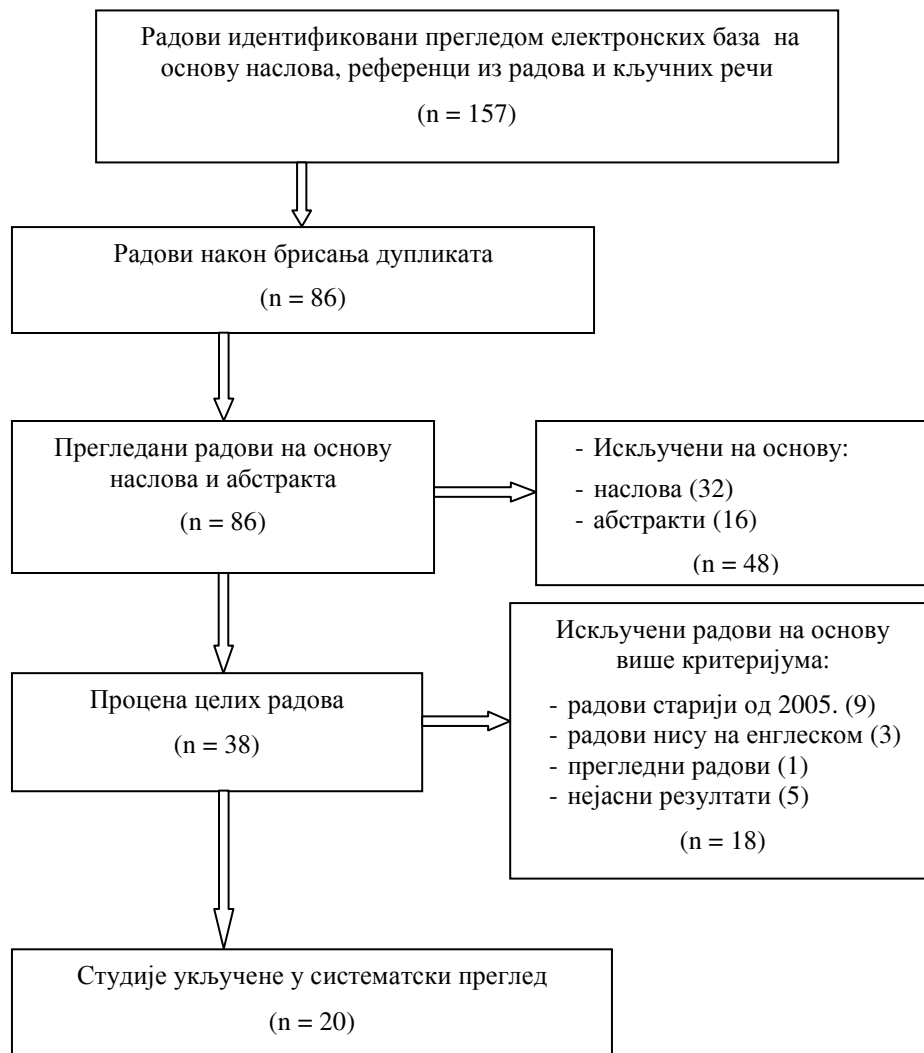
Kriterijumi za uključivanje:

- Istraživanja u kojima je na fudbalerima vršeno ispitivanje mišićnih potencijala elektromiografom
- Istraživanja pisana na engleskom jeziku
- Istraživanja objavljena u periodu od 2005. do 2019.
- Radovi objavljeni u celosti

Kriterijumi za isključivanje:

- Istraživanja pisana na drugim jezicima
- Istraživanja starija od 2005. godine
- Radovi koji nisu prikazani u celosti (samo abstrakti)
- Pregledna, sistematska istraživanja
- Istraživanja u kojima nisu jasno prikazani postignuti rezultati
- Duplikati istraživanja

Prikaz br. 1: *Dijagram toka analize radova*



PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

REZULTATI

Tabela 1. Sistematski pregled i karakteristike uključenih istraživanja

Prvi autor i godina	Uzorak ispitan.	Pol	Godine ispit.	Veličina uzorka (n)	Tema studije	Ispit. mišići	Ispit. EMG karakt.	Rezultati	Zaključak
Kaygusuz, et al. (2005)	E1: F E2: KO + RU KG: SE	M	19,9	30	Efekti različitih treninga na neuromišićnu aktivaciju	GCL GC M APB	AMP P AR FR HRT	E1: AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.05), AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.05); E2: AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.01), AMP GCL↑, GCM↑ (p<0.01), FR (p<0.05), HR (p<0.05)	Trening odbojke i košarke doprinosi neuromuskularnim razlikama i u gornjim i u donjim ekstremitetima više od treninga u fudbalu, jer se oba ekstremiteta uveliko koriste u ovom sportu.
Greig, et al. (2006)	E: F	M	24,7	10	Ispitivanje odgovora intermitentnog tredmila baziranog na nacionalnoj analizi odigravanja mečeva	RF BF	EMG peak total	HR INT↑ (p<0.01); RPE INT↑ (p<0.01); SS INT↑ (p<0.01); BF total INT>SS (p<0.01); BF peak INT>SS (p=0.05); RF total INT>SS (p<0.01); RF peak INT>SS (p<0.05);	Profil INT aktivnosti indukuje kumulativnost mehaničkog opterećenja mišićno-koštanog sistema. Povećana incidencija povreda u poslednjim fazama meča pripisuje se narušenoj mehanici pokreta, a ne fiziološkom naprezanju.
Manolopoulos, et al. (2006)	E: F K: F	M	20,8	20	Učinci kombinovanog treninga snage i udarca po lopti na biomehaniku fudbalskog udarca kod amaterskih igrača	RF BF VM GC M	MVC	TI i MVC CoM↑ (p<0.05); LV↓(p<0.05); AV↑(p<0.05); EMG BF↑ (p<0.05); MVC VM↑ (p<0.05); Fmax↑ (p<0.05); 10m↑ (p<0.05)	Trening nije imao efekta na vrednosti EMG, osim povećanja prosečne vrednosti u mišiću GCM, dok su maksimalna izometrijska snaga i vreme sprinta znatno poboljšani posle treninga. Rezultati ukazuju da je primena specifičnog fudbalskog programa vežbi snage posebno efikasna u poboljšanju performansi fudbalskog udarca.
Rahnmana, et al. (2006)	E: F	M	21,4	10	Elektromiografija mišića donjih ekstremiteta zamorenih intenzitetom fudbalske utakmice	RF BF TA GC M	MVC	MVC nakon 45 i 90' RF↓, BF↓, TA↓ (p<0.05)	Rezultati su pokazali da je, nakon simulacije intenziteta vežbanja fudbalske igre, EMG aktivnost u većim mišićima donjih udova bila manja nego ranije.

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

									Ovo smanjenje ukazuje da produženo vežbanje ima uticaja na mišićnu aktivnost čak i ako se održava radna stopa.
Brophy, et al. (2010)	E1: F E2: F	M+Ž	19,6	25	Razlike između polova u aktivaciji mišića donjih ekstremiteta tokom udarca po lopti nogom	VM VL GC GM A GM E IL HM	MA zam. i staj.	Zam. IL 123%M>34%Ž (p=0.0007); staj. VM 124%M>55%Ž (p=0.005); GME 113%M>69%Ž (p=0.002); GMA 139%M>78%Ž (p=0.07)	Razlike između polova u usklađivanju donjih ekstremiteta i aktivaciji mišića javljaju se tokom fudbalskih bočnih nožnih udaraca. Smanjena aktivacija odvodioča kuka i veća aktivacija primicača kuka u potpornom udu za vreme fudbalskog udarca kod sportista može biti povezana sa povećanim rizikom od povrede prednjeg ukrštenog ligamenta.
Hart, et al. (2007)	E1: F E2: F	M+Ž	19,7	16	Razlike u polovima prilikom aktivacije mišića GME tokom izvođenja skoka u dalj kod fudbalera	GM E GC M VL LH M	MA	GME M 7.16>2.62 Ž (p=0.002)	Prosečna aktivnost mišića GME bila je značajno veća kod muškaraca nego kod žena, dok nije bilo razlika između polova za bilo koji drugi mišić.
Oliver, et al. (2008)	E: MF	M	15,8	10	Promene u parametrima vezanim za skok i mišićnu aktivaciju posle specifičnih fudbalskih vežbi	VL BF TA SO	MA	MA pri DJ: VL↓, BF↓, TA↓ (p<0.05); SO↑(p<0.05); SJ -1.4 (p<0.05); CMJ -3.0 (p<0.05); DJ -2.3 (p<0.05); MA & CMJ (p=0.07), MA & DJ (p<0.05)	Rezultati su pokazali da su nakon specifičnih fudbalskih aktivnosti smanjene performanse u svim skokovima. Smanjenje mišićne aktivnosti bilo je najveće za skok u dubinu, što sugeriše uticaj rastezanja mišića i opterećenja na smanjenu mišićnu aktivnost kada su zamoreni.
Beaulieu, et al. (2008)	E1: FP E2: FP	M+Ž	22,0	30	Razlike između polova u EMG parametrima vreme-učestalost nepredvidivih manevara	RF BF TA GC M VL+ M ST	EM G IC TI	EMG M=Ž ST, GCM, GCL (P>0.05); IC M>Ž za VL (P= 0.011, d= 0.99), VM (P= 0.010, d= 1.01) i tokom faze VL (P= 0.002, d= 1.23), RF (P= 0.025, d= 0.86) i VM (P= 0.005, d= 1.13); TI-pik ranije kod	Sportistkinje usvajaju drugačiju strategiju regrutovanja motornih jedinica što je posebno vidljivo kod IC-a što rezultira nižom frekvencijom u EMG signalu LHM. Ova strategija može igrati ulogu u objašnjavanju polnih razlika prilikom stope povreda ACL. Primećene su i polne

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

								Ž nego M za BF (P= 0.026, d= 0.86); a kasnije za TA (P= 0.003, d= 1.21)	razlike u kinematici zgloba kolena, izlažući ženski ACL većem naporu, što može biti rezultat razlika u neuromuskularnim strategijama kod stabilizacije zgloba kolena.
Thorlund, et al. (2009)	E: MF	M	17,6	9	Promena brze mišićne sile tokom fudbalske utakmice	QD HM	EM G MV C RFD	MVC↓ 10 % (p ≤0.01); RFD↓ 9% (0 – 200 ms); VL 17%, BF↓ 31% (p ≤0.05)	Primećeno je opadanje brze mišićne sile, koja verovatno ima negativne učinke na uticaj performansi u eksplozivnim aktivnostima (tj. ubrzanja, udaranja, sprintanje) koja su sastavni deo fudbalskih utakmica.
Cerrah, et al. (2011)	E1: FP E2: F	M	22,9	31	Aktivacijske karakteristike mišića kolena udarne noge tokom udarca u odnosu na parametre izokinetičke snage i brzinu lopte	RF BF VM VL GC	MV C80 0ms pre i 800 ms posle udarca	E1 < E2 190–380 ms RF (p<0.05); E1 > E2 200–620 ms VL (p<0.05); E1 < E2 470–580 ms VM (p<0.05); E1 > E2 650, 600, 100, 50ms BF (p<0.05); E1 < E2 250–400ms GC (p<0.05)	Nalazi ove studije, na osnovu EMG-a, pokazuju da se učinak profesionalnih igrača u poređenju s amaterima ne odnosi na faktor snage, nego na suptilne razlike u tehnici, koje se tiču same preciznosti.
Amorik - Khobasari & Kellis (2013)	E: F	M	18,8	12	Uticaj statičkog i dinamičkog istežanja na neuromišićne komponente prilikom udarca	VM VL RF	MA	E: F dinam. EMG RF↑ (p=0.015), VL↑ (p=0.004), VM↑ (p=0.049), AV↑ (p<0.001); stat. EMG RF↓ (p=0.015), VL↓ (p=0.004), VM↓ (p=0.049), AV↓ (p<0.001)	Na osnovu ovih rezultata, može se sugerisati da je dinamičko istežanje efikasnije u povećanju mišićne aktivacije mišića natkolena, kao i ugaone brzine prilikom ekstenzije u zglobu kolena tokom završne faze udarca nogom.
Chauhan, et al. (2013)	E: FPP	M	24,4	15	Predikcija mišićne arhitekture na osnovu izometrijske kontrakcije	VL RF	MA UP	UP & EMG RF (R ² =0.68, p<0.005); UP & EMG VL (R ² =0.40, p>0.05)	Rezultati ukazuju na snažan odnos između mišićne aktivnosti EMG i mišićne čvrstoće. Ovi nalazi predlažu da se mere zasnovane na EMG mogu koristiti za predviđanje čvrstoće mišića i mere zasnovane na ultrazvuku mogu biti korisne za predviđanje mišićne aktivnosti EMG. Ovo je zanimljivo jer ova dva

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

									alata za procenu EMG-a i ultrazvuka mere različite aspekte funkcionisanja mišića.
Katis, et al. (2013)	E: F	M	23,7	21	Mišićna aktivacija udarne noge prilikom preciznih i nepreciznih udaraca	RF BF TA GC	MA	PR gornja TA↑ (p=0.026), BF↑ (p=0.043), GC↑ (p=0.040); donja TA↑ (p=0.041), RF↑ (p=0.041)	Igrači koji pokazuju veću aktivaciju mišića TA i RF mogu biti manje precizni u odnosu na donji cilj. Zaključeno je da aktiviranje mišića udarne noge predstavlja značajan mehanizam koji uveliko doprinosi tačnosti fudbalskog udarca.
Oliver, et al. (2014)	E: MF	M	15,8	10	Izmenjena neuromuskularna kontrola krutosti nogu nakon specifičnih fudbalskih aktivnosti	VL BF TA SO	MA MS	MS (26.6 vs. 24.0 kN·m-1, p > 0.05), CoM dis. (r = 0.90, p < 0.01), GRF (r = 0.58, p > 0.05); MA SO (r = 0.64, p < 0.05), VL (r = 0.98, p < 0.05)	Nakon fizičkih vežbi, pojedinačne promene u aktivaciji mišića ekstenzora, moduliraju promene u premeštanju centra mase i krutosti mišića nogu. Pojedine promene koje smanjuju preaktivaciju, aktivnost kočenja i posledično krutost mišića nogu uz zamor mogu povećati rizik od povrede.
Serner, et al. (2014)	E: FP	M	21,4	40	EMG evaluacija vežbi adukcije kuka kod fudbalera	AL GM E RA EAO	EM G	AL sa 14% na 108% EMG (p<0.0001); u 3 od 8 vežbi (35–48%, p<0.0001); RA sa 5% na 48% EMG (p<0.001)	Vežbe adukcije kuka sa elastičnom trakom mogu biti dinamične vežbe visokog intenziteta, koje se lako izvode u bilo kojoj ustanovi i stoga bi mogle da budu relevantne i da se uključe u buduće programe prevencije i lečenja.
Girard, et al. (2015)	E: FP	M	27±1	17	Neuromišićni zamor nakon utakmice u vrelin i standardnim uslovima	SO	MA MV C RFD	E: SO↓ -1.5% (p<0.05), PPT↓ -16.5% (p<0.05), F30↓, F50↓, F70↓ (p<0.05)	Promene u maksimalnoj voljnoj aktivaciji plantarnih pregibača su umerene i ne razlikuju se nakon takmičenja u umerenim i vrelin klimatskim uslovima.
Campayo-Piernas, et al. (2017)	E1: SF E2: F K: SS	M	24,4	28	Uloga čula vida kod zadataka nestabilne ravnoteže između slabovidih i fudbalera sa dobrim vidom	RF PL TA GCL	EM G	PC1=53.96%, PC2=17.41%, PC3=12.77%; PC1 E2 EMG↓ (dg=0.72), K EMG↓ (dg=0.49), PC2 i PC3 nema razlike među grupama	Što se tiče neuromuskularnog ponašanja, tri glavna obrazaca objasnili su 84,15% ukupne promenljivosti u izmerenim podacima i to PC1-veličina i oblik obrasca amplitde

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

									aktivacije, PC2-veza između fleksora i ekstenzora, i PC3-veza između pronacije i supinacije. Poboljšanje ostalih čula uzrokovano vizuelnom uskraćenošću ne omogućava slepima bolju ravnotežu od F i SS u uslovima zatvorenih očiju. Slabovidi povećavaju svoju mišićnu koaktivaciju kao sigurnosnu strategiju, ali takvo ponašanje nije različito od onog koje prikazuju ljudi u uslovima zatvorenih očiju.
Schuerman, et al. (2017)	E: F K: F	M	24.3	51	Ispitivanje proksimalne neuromuskularne kontrole na zaštitu od povrede kolena	HM GM A TM	MV C	GMA↑ faza leta (P= 0.027); TM↑ faza leta (P=0.042); HM↓ bol sa 20% na 6% (P<0.024)	Čini se da je mišićna aktivnost tokom eksplozivnog trčanja povezana sa pojavom povrede zadnje lože kod fudbalera. Veća količina mišićne aktivacije mišića GMA i TM tokom faze leta prilikom trčanja, povezana je sa manjim rizikom od povreda zadnje lože. Sadašnji rezultati pružaju osnovu za poboljšanu rehabilitaciju i prevenciju zasnovanu na dokazima, posebno fokusirajući se na povećanje neuromuskularne kontrole glutealnih i mišića trupa tokom sportskih aktivnosti.
Privalova, et al. (2019)	E: F	M		12	Testiranje funkcije mišića uključenih u izvođenje udarca po lopti nogom	VL VM GCL GC M	AM P FR	VLd>VLI, FR GCd>GCl (p<0.05), AMP GCl>GCd (p<0.05), VL & GM (p<0.05)	Sportski trening usmeren na poboljšanje tehnike udaraca nogom fudbalera, doprinosi formiranju funkcionalnih mišićnih kompleksa koji učestvuju u aksijalnoj rotaciji žila i bočnom pomicanju kolena.
Read, et al. (2019)	E: F	M	28.2	10	Uticaj ugla u zglobu kolena na mišićnu aktivaciju zadnjeg lanca pri izometrijskom testu kod	GM A BF ST GC M	MV C	MVC BF30°>BF90° (31%>22%, p<0.002); GMA (CV% = 36.1 vs. 19.8), GCM (CV% 31	Ugao od 90° pokazao je manje varijacije u performansama, posebno kod gluteus makimusa i medijalnog gastroknemiusa. Stoga, vežbači koji koriste test za

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

					fudbalera			vs.22.6)	procenu snage mišića buta, mogu da daju prednost položaju kolena od 30°.
--	--	--	--	--	-----------	--	--	----------	--

Legenda: ACL (anterior cruciate ligament) – prednji ukršteni ligamenti; AL (m.adductor longus) - mišić dugi primicač; AMP (amplitude) - amplituda je zbir razlika električnih potencijala mišića; APB (m. abductor policis brevis) – dugački odmicač palca; AR (area) - površina ispod krive potencijala; AV (angular velocity) – ugaona brzina; BF (m. biceps femoris) – dvoglavi bedreni mišić; CV (coefficient of variation) – koeficijent varijacije; vs. (versus) – naspram; CoM dis. (center of mass displacement) – premeštanje centra mase; DJ (deep jump) – skok u dubinu; DUR (duration) - trajanje potencijala; E (1-2) - eksperimentalne grupe; EAO (m.external abdominal oblique) – spoljašnji kosi trbušni mišić; EMG (electromiograph) – elektromiograf, registracija elektr. aktivnosti u mišiću; F – fudbaleri; FP – fudbaleri profesionalci; FPP – fudbaleri polu-profesionalci; F-R (F response) - sekundarni mišićeni odgovor; FR (frequency) – frekvencija; GCM (m. gastrocnemius caput mediale) – trbušasti mišić lista, unutrašnja glava; GCL (m. gastrocnemius caput laterale) - trbušasti mišić lista, spoljašnja glava; GMA (m.gluteus maximus) – veliki sedalni mišić; GME (m.gluteus medius) – srednji sedalni mišić; GRF (ground reaction force) - reaktivna sila podloge; HM (hamstrings) - zadnja loža buta; H-R (H-reflex) - refleksna reakcija na električni stimulus; HRT (half relaxation time) - relaksirajuće vreme; IC (initial ground contact) - početni kontakt sa tlom; IL (m. iliacus) – bočni mišić; INT – interminento; KO – košarkaši; KG – kontrolna grupa; LHM (lateral hamstrings) - spoljašnja strana zadnje lože buta; LV (linear velocity) – linearna brzina; M- muškarci; MA (muscular activation) - mišićena aktivacija; MS (musculus stiffness) – mišićena krutost; MH (medial hamstrings) - unutrašnja strana zadnje lože buta; MF – mladi fudbaleri; MVC (maximal voluntary contraction) - maksimalna voljna kontrakcija; MV (M-wave) – M-talas, primarni mišićeni odgovor; PC (principal component) – faktor glavnih komponenti koje objašnjavaju neuro-mišićeno ponašanje; PL (m. peroneus longus) - dugi lišnjačeni mišić; PTT (peak twitch torque/force) - vršna sila trzanja; RA (m.rectus abdominis) – pravi trbušni mišić; RF (m. rectus femoris) - pravi mišić buta; RFD (rate of force/torque development) - stopa prirasta sile RU – rukometaši; QD (m.quadriceps) – četvoroglavi mišić buta; RPE (rating of perceived exertion) - ocena percipirane vežbe; SE – sedentarne osobe; SF – slabovidni fudbaleri; SS - slabovidni studenti; ST (m.semitendanosus) – polutetivni mišić; SO (m. soleus) – listoliki mišić; TA (m. tibialis anterior) - prednji golenjačeni mišić; TI (approximation of the EMG signal's power) - aproksimacija snage; TM (trunk muscles) – mišići trupa; UP (ultrasound pennation angle) - ultrazvuk perastog ugla; VA (voluntary activation) - voljna aktivacija; VM (m.vastus medialis) – unutrašnji stegnjeni mišić; VL (m.vastus lateralis) – spoljašnji stegnjeni mišić; Ž – žene.

DISKUSIJA

Preglednim istraživanjem je obuhvaćeno 20 studija u kojima je primenjeno ispitivanje elektromiografom na fudbalerima. Istraživanje je obuhvatilo ukupno 387 ispitanika, što je u proseku oko 19 ispitanika po studiji. Najmanje ispitanika u jednom istraživanju je 9, a najviše 51. Ispitivanje mišićne aktivacije kod fudbalera uglavnom se odnosilo na donje ekstremitete, a mišići koji su najviše bili akcentovani su: m.musculus quadriceps (m.vastus lateralis et medialis 11, rectus femoris 10), m.biceps femoris 12, m.gastrocnemius 11 puta, a potom slede m.tibialis anterior 6 i m. gluteus maximus et medius 6 puta. Uočeno je da su istraživanja koja su vršila ispitivanje mišićne aktivacije pomoću elektromiografa imala prilično heterogene teme. Određene studije su analizirale akutne efekte fudbalskih aktivnosti, druge su ispitivale uticaj različitih vrsta treninga na mišićnu aktivnost, kao i ispitivanje mišićne aktivacije prilikom izvođenja udarca nogom. Manji broj studija bavio se ispitivanjem povreda i uzroka povređivanja, polnih razlika u mišićnoj aktivaciji fudbalera i dr.

Nekoliko studija je ispitivalo akutne efekte fudbalskih aktivnosti. Rezultati su pokazali da je, nakon specifičnih fudbalskih aktivnosti, došlo do smanjenja mišićne aktivnosti (Girard, Nybo, Mohr, & Racinais, 2015; Oliver, Armstrong, & Williams, 2008; Oliver, Croix, Lloyd, & Williams, 2014; Rahnama, Lees, & Reilly, 2006; Thorlund, Aagaard, & Madsen, 2009), stope prirasta sile i smanjenja eksplozivnih performansi (Oliver, Armstrong, & Williams, 2008; Thorlund, Aagaard, & Madsen, 2009), iako se održava radna stopa (Rahmana et al., 2006). Thorlund et al. (2009) su ustanovili da je nakon utakmice došlo do značajnog smanjenja aktivacije mišića VL za 17% i BF za 31% ($p \leq 0.05$) i prosečno ukupnog smanjenja u QD i HM za 10%, uz smanjen RFD za 9% ($p \leq 0.01$), što se negativno odražava na eksplozivne aktivnosti. Rahmana et al. (2006) su utvrdili značajno nižu aktivaciju mišića RF, BF i TA i nakon 45 minuta, a naročito nakon 90 minuta fudbalske utakmice ($p < 0.05$). Za razliku od klasične utakmice, Oliver et al. (2008) su posmatrali interminutno specifično trčanje koje odgovara intenzitetu fudbaskog meča i

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

nakon 43 minuta trčanja, aktivacija kod svih skokova je bila niža, a naročito je bila smanjena kod skoka u dubinu za mišiće VL↓, BF↓, TA↓ ($p < 0.05$). Autori su ustanovili i ostvaren negativan uticaj na mehaniku kretanja, što dovodi do moduliranja promena koje smanjuju preaktivaciju, aktivnosti premeštanja centra mase i zaustavljanja tela (Greig, Mc Naughton, & Lovell, 2006; Oliver et al., 2014). Narušena mehanika pokreta za posledicu ima povećanje rizika od povreda kod fudbalera (Greig et al., 2006; Oliver et al., 2014). Girard et al. (2015) ističu da se promene u maksimalnoj voljnoj aktivaciji ne razlikuju nakon takmičenja u umerenom i vrućem okruženju.

Ostale studije koje su se bavile uticajem treninga, bile su eksperimentalnog karaktera.

Specifičan fudbalski trening snage doveo je do povećanja prosečne vrednosti EMG u mišićima GCM, BF i VM ($p < 0.05$), dok su maksimalna izometrijska snaga i vreme sprinta znatno poboljšani posle treninga ($p < 0.05$) (Manolopoulos, Papadopoulos, & Kellis, 2006). Amiri-Khorasani & Kellis (2013) su ispitivali uticaj dinamičkog istezanja i pokazali da je ono efikasno u

povećanju aktivacije mišića natkolena (VM, VL i RF) i ugaone brzine prilikom ekstenzije u zglobu kolena tokom završne faze udarca. Dok su Serner et al. (2014) ukazali na pozitivan uticaj treninga sa elastičnom trakom na prevenciju od povreda mišića primicača kuka. Nakon programa vežbi pokretljivosti zgloba kuka došlo je do značajnog povećanja aktivacije u mišićima AL sa 14% na 108% EMG ($p < 0.0001$) i RA sa 5% na 48% EMG ($p < 0.001$) i značajnog poboljšanja u 3 od 8 vežbi (35–48%, $p < 0.0001$). Jedina studija koja je upoređivala fudbalere sa drugim sportistima, pokazala je značajno povećanje amplituda impulsa u mišićima GCLi GCM i u grupi KO + OD i kod fudbalera, s tim što je ipak zaključak da treninzi odbojke i košarke više doprinose neuromuskularnim razlikama u gornjim i u donjim ekstremitetima uz (Kaygusuz, et al. 2005).

Nekoliko studija analiziralo je fudbalski udarac i nivo aktivacije prilikom izvođenja. Sportski trening fudbalera usmeren na poboljšanje tehnike udaraca nogom, doprinosi formiranju funkcionalnih mišićnih kompleksa koji učestvuju u poboljšanju performansi fudbalskog udarca (Manolopoulos et al., 2006; Privalova et al.,

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

2019). Prilikom udarca po lopti obema nogama, pokazana je veća aktivacija u mišiću VL desne u odnosu na levu nogu ($p < 0.05$), dok je GC desne imao veću frekvenciju, a manju amplitudu u odnosu na GC leve noge ($p < 0.05$), takođe ostvarena je veza između mišića VL & GM ($p < 0.05$) (Privalova, et al. 2019). Cerrah et al. (2011) su na osnovu EMG-a, utvrdili značajne razlike između profesionalnih i amaterskih igrača u aktivaciji mišića RF, BF, VM, VL i GC ($p < 0.05$), pokazavši da se učinak profesionalnih igrača u poređenju s amaterima ne odnosi na faktor snage, izuzev mišića GCM, nego na suptilne razlike u tehnici, koje se tiču same preciznosti. Katis et al. (2013) ističu da igrači koji pokazuju veću aktivaciju mišića TA i RF mogu biti manje precizni. Takođe, zapažaju da aktiviranje mišića udarne noge predstavlja značajan mehanizam koji uveliko doprinosi preciznosti fudbalskog udarca. Brophy et al. (2010) su kod muškaraca utvrdili veću aktivaciju mišića stajne noge VM, GME i GMA (VM 124% > 55%, $p = 0.005$; GME 113% > 69%, $p = 0.002$; GMA 139% > 78% $p = 0.07$) i mišića IL (IL 123% > 34%, $p = 0.0007$) zamajne noge u odnosu na žene prilikom bočnih udaraca. Što se dovodi u

vezu sa povećanim rizikom od povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kod žena.

Nekolicina studija bavila se ispitivanjem povreda i uzroka povređivanja fudbalera. Schuermans et al. (2017) su ispitivali mišićnu aktivnost tokom eksplozivnog trčanja i njenu vezu sa pojavom povrede zadnje lože kod fudbalera. Zaključivši da je veća količina mišićne aktivacije GMA ($p = 0.027$) i TM ($p = 0.042$) tokom faze leta prilikom trčanja, povezana sa manjim rizikom od povreda zadnje lože. Greig et al. (2006) su ispitivali uzrok povećane incidencije povreda u poslednjim fazama meča zaključivši da uzrok leži u narušenoj mehanici pokreta, a ne fiziološkom naprezanju. Posmatrajući polne razlike, Beaulieu, Lamontagne & Xu (2008) ističu da sportistkinje usvajaju drugačiju strategiju regrutovanja motornih jedinica. Primetne su razlike u nižoj frekvenciji u EMG signalu mišića LHM, kao i izlaganju ACL većem opterećenju. Nema razlike između muškaraca i žena u aktivaciji mišića ST, GCM, GCL ($P > 0.05$), veća aktivacija kod muškaraca ostvarena je u VL i VM ($P = 0.01$), kao i sve vreme tokom izvođenja pokreta u mišićima VL, RF i VM. Žene značajno ranije dostižu maksimalnu

aktivaciju mišića BF, a kasnije mišića TA u odnosu na muškarce. Ove informacije mogu igrati ulogu u objašnjavanju polnih razlika prilikom stope povreda ACL.

Ispitujući razlike u mišićnoj aktivaciji muškaraca i žena fudbalera prilikom skoka u dalj, grupa autora zapaža da je samo aktivacija u mišiću GME ($7.16 > 2.62$, $p=0.002$) bila značajno veća kod muškaraca nego kod žena, dok nije bilo razlika između polova za bilo koji drugi mišić (Hart, Garrison, Kerrigan, Palmieri-Smith, & Ingersoll, 2007). U svojoj studiji Beaulieu et al. (2008) su našli razliku jedino u mišiću LHM, dok su Brophy et al. (2010) utvrdili veću aktivaciju mišića VM, GME i GMA stajne noge kod muškaraca i mišića IL udarne noge. Autori nisu tražili vezu između ovih parametara i fudbalskih performansi, već uglavnom njihov uticaj na povređivanje sportista. Navedene polne razlike mogu biti povezana sa povećanim rizikom od povreda.

Preostale studije proučavale su različite teme, tako su Campayo-Piarnas, Caballero, Barbado, & Reina, (2017) ispitivali razlike među slabovidim fudbalerima i fudbalerima sa dobrim vidom. Iako pod pretpostavkom da su slabovidi usled vizuelne uskraćenosti, razvili ostala

čula, ipak ona im nisu omogućila bolju ravnotežu od regularnih fudbalera u uslovima zatvorenih očiju. Takođe, u svom radu su utvrdili tri glavna obrasca objašnjavaju 84,15% ukupne promenljivosti neuromuskularnog ponašanja, a to su PC1 (53.96%)- veličina i oblik obrasca amplitde aktivacije, PC2 (17.51%)- veza između fleksora i ekstenzora, i PC3(12.77%)- veza između pronacije i supinacije. Chauhan, Hamzeh, & Cuesta-Vargas, (2013) su utvrdili snažan odnos između mišićne aktivnosti EMG i mišićne gustine. Ovi nalazi predlažu da se mere zasnovane na EMG mogu koristiti za predviđanje čvrstoće mišića, kao i da mere zasnovane na ultrazvuku mogu biti korisne za predviđanje mišićne aktivnosti EMG. Grupa autora, pri izometrijskom testu čučnja, je utvrdila da je veća aktivacija ostvarena prilikom ugla od 30° u zglobu kolena u odnosu na ugao od 90° kod mišića zadnjeg lanca BF, GMA i GCM (Read, Turner, Clarke, Applebee, & Hughes, 2019).

Analiza dosadašnjih rezultata potvrđuje konstataciju Clarysa (2000) da su područja primene elektromiografa u sportu vrlo raznolika. Konkretno, u ovom slučaju, izdvojilo se nekoliko različitih polja

PRIMENA ELEKTROMIOGRAFA U FUDBALU PREGLEDNO ISTRAŽIVANJE

ispitivanja: akutni efekti specifične fudbalske aktivnosti, specifične fudbalske vežbe snage, trening udaraca po lopti nogom, polne razlike i dr. Na osnovu svih

pruženih informacija, ukazano je na mogućnost višestruke primene EMG u fudbalskom sportu.

ZAKLJUČAK

Ovaj pregledni rad bio je usmeren ka tome da pokaže višestruku primenu elektromiografa u fudbalu. Preglednim istraživanjem obuhvaćeno je 20 studija u kojima je primenjeno ispitivanje

- m.musculus quadriceps
- m.biceps femoris
- m.gastrocnemius
- m.tibialis anterior
- m.gluteus

Uočeno je da su istraživanja koja su vršila ispitivanje mišićne aktivacije pomoću elektromiografa imala prilično heterogene teme, tako da su postignuti i različiti

- smanjenje mišićne aktivnosti
- smanjenje stope prirasta sile
- smanjenje eksplozivnih performansi
- narušavanje mehanike kretanja
- održavanje radne stope

2) Uticaj fudbalskog treninga snage doveo je do:

- povećanja prosečne vrednosti EMG u mišiću GCM
- poboljšanje maksimalne izometrijske snage

elektromiografom na fudbalerima. Ispitivanje mišićne aktivacije kod fudbalera uglavnom se odnosilo na donje ekstremitete, a mišići koji su najviše bili akcentovani su:

rezultati. Ostvareni rezultati grupisani su prema zajedničkim temama.

1) Akutni efekti specifične fudbalske aktivnosti su:

- poboljšanja vremena u sprintu
- 3) Trening udaraca po lopti nogom utiče na:
- poboljšanje performansi fudbalskog udarca
 - suptilne razlike u tehnici udarca
 - igrači sa većom aktivacijom TA i RF su manje precizni
 - nema uticaja na faktor snage
- 4) Rezultati u odnosu na polne razlike:
- aktivnost GME bila značajno veća kod muškaraca
 - veću aktivaciju mišića VM, GME i GMA stajne noge muškaraca
 - veća aktivacija GMA i TM tokom faze leta prilikom trčanja muškaraca
- 5) Ostali dobijeni rezultati:
- dinamičko istezanje utiče na povećanje MA i UB ekstenzora natkolena
 - vežbe sa elastičnom trakom utiču na prevenciju od povreda primicača
 - trening OD i KO više doprinosi neuro-mišićnim razlikama
 - slabovidni nemaju bolju ravnotežu od fudbalera sa dobrim vidom
 - utvrđen je snažan odnos između EMG aktivnosti i mišićne čvrstoće

Sumiranjem dosadašnjih rezultata stiče se uvid u višestruku primenu elektromiografa u fudbalu. Ostvareni rezultati grupisani su prema zajedničkim temama. Određene studije su analizirale akutne efekte fudbalskih aktivnosti, druge su ispitivale uticaj različitih vrsta treninga na mišićnu aktivnost, kao i ispitivanje mišićne aktivacije prilikom izvođenja udarca nogom.

Manji broj studija bavio se ispitivanjem povreda i uzroka povređivanja, polnih razlika u mišićnoj aktivaciji i dr.

Na osnovu svih pruženih informacija, ukazano je na mogućnost višestruke primene elektromiografa u fudbalu, odnosno potvrđeno je široko polje upotrebe EMG u cilju pružanja jasnog uvida u stanje neuro-mišićne aktivacije kod fudbalera.

LITERATURA

1. Amiri-Khorasani, M., & Kellis, E. (2013). Static vs. dynamic acute stretching effect on quadriceps muscle activity during soccer instep kicking. *Journal of human kinetics*, 39(1), 37-47.
<https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0066>
PMid:24511339 PMCID:PMC3916919
2. Beaulieu, M. L., Lamontagne, M., & Xu, L. (2008). Gender differences in time-frequency EMG analysis of unanticipated cutting maneuvers. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(10), 1795-1804
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817b8e9e>
PMid:18799990
3. Brophy, R. H., Backus, S., Kraszewski, A. P., Steele, B. C., Ma, Y., Osei, D., & Williams, R. J. (2010). Differences between sexes in lower extremity alignment and muscle activation during soccer kick. *JBJS*, 92(11), 2050-2058.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.I.01547>
PMid:20686049
4. Campayo-Piernas, M., Caballero, C., Barbado, D., & Reina, R. (2017). Role of vision in sighted and blind soccer players in adapting to an unstable balance task. *Experimental brain research*, 235(4), 1269-1279.
<https://doi.org/10.1007/s00221-017-4885-8>
PMid:28197674
5. Chauhan, B., Hamzeh, M. A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2013). Prediction of muscular architecture of the rectus femoris and vastus lateralis from EMG during isometric contractions in soccer players. *Springerplus*, 2(1), 548.
<https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-548>
PMid:24171156 PMCID:PMC3806983
6. Cerrah, A. O., Gungor, E. O., Soyulu, A. R., Ertan, H., Lees, A., & Bayrak, C. (2011). Muscular activation patterns during the soccer in-step kick. *Isokinetics and Exercise Science*, 19(3), 181-190.
<https://doi.org/10.3233/IES-2011-0414>
<https://doi.org/10.3233/IES-2012-0457>

7. Clarys, J. P., Cabri, J., De Witte, B., Toussaint, H., De Groot, G., Huytng, P., & Hollander, P. (1988). Electromyography applied to sport ergonomics. *Ergonomics*, 31(11), 1605-1620.
<https://doi.org/10.1080/00140138808966810>
PMid:3068053

8. Clarys, J. P. (2000). Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. *Ergonomics*, 43(10), 1750-1762.
<https://doi.org/10.1080/001401300750004159>
PMid:11083153

9. Đurić, S. i Mihaljev-Martinov J. (1998). *Klinička neurofiziologija*. Niš: Prosveta i Medicinski fakultet.

10. Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. M. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of applied physiology*, 96(4), 1486-1495.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01070.2003>
PMid:15016793

11. Girard, O., Nybo, L., Mohr, M., & Racinais, S. (2015). Plantar flexor neuromuscular adjustments following match □ play football in hot and cool conditions. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25, 154-163.
<https://doi.org/10.1111/sms.12371>
PMid:25943666

12. Greig, M. P., Mc Naughton, L. R., & Lovell, R. J. (2006). Physiological and mechanical response to soccer-specific intermittent activity and steady-state activity. *Research in Sports Medicine*, 14(1), 29-52.
<https://doi.org/10.1080/15438620500528257>
PMid:16700403

13. Hart, J. M., Craig Garrison, J., Casey Kerrigan, D., Palmieri-Smith, R., & Ingersoll, C. D. (2007). Gender differences in gluteus medius muscle activity exist in soccer players performing a forward jump. *Research in sports medicine*, 15(2), 147-155.
<https://doi.org/10.1080/15438620701405289>
PMid:17578754

14. Hernandez, C., Estrada, E., Garcia, L., Sierra, G., & Nazeran, H. (2010). Traditional sEMG fatigue indicators applied to a real-world sport functional activity: Roundhouse kick. In 2010 20th International Conference on Electronics Communications and Computers (CONIELECOMP) (pp. 154-158). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CONIELECOMP.2010.5440776>

15. Katis, A., Giannadakis, E., Kannas, T., Amiridis, I., Kellis, E., & Lees, A. (2013). Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 125-131.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.08.020>
PMid:23021602

16. Kaygusuz, A., Meric, F., Ertem, K., Duzova, H., Karakoc, Y., & Ozcan, C. (2005). The effects of different skill training on neuromuscular electric activity of the limbs in amateur sportsmen. *Isokinetics and exercise science*, 13(3), 175-178.
<https://doi.org/10.3233/IES-2005-0201>

17. Kinugasa, R., & Akima, H. (2005). Neuromuscular activation of triceps surae using muscle functional MRI and EMG. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(4), 593-598.
<https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000159026.99792.76>
PMid:15809557

18. Manolopoulos, E., Papadopoulos, C., & Kellis, E. (2006). Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(2), 102-110.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00447.x>
PMid:16533348

19. Oliver, J., Armstrong, N., & Williams, C. (2008). Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise. *Journal of sports sciences*, 26(2), 141-148.
<https://doi.org/10.1080/02640410701352018>
PMid:17852695

20. Oliver, J. L., Croix, M. B. D. S., Lloyd, R. S., & Williams, C. A. (2014). Altered neuromuscular control of leg stiffness following soccer-specific exercise. *European journal of applied physiology*, 114(11), 2241-2249.
<https://doi.org/10.1007/s00421-014-2949-z>
PMid:25034627

21. Privalova, I. L., Bobrovskij, E. A., Nikolaev, S. G., Kuranov, V. B., Mamaeva, A. A., Trubitsyn, R. V., & Pushkina, V. (2019). Objectification of function test of the muscles involved in the implementation of targeted kicking actions of football players using the multichannel registration of surface electromyogram method. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*, 5(2).

22. Rahnama, N., Lees, A., & Reilly, T. (2006). Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(3), 257-263.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2005.07.011>
PMid:16146698

23. Read, P. J., Turner, A. N., Clarke, R., Applebee, S., & Hughes, J. (2019). Knee angle affects posterior chain muscle activation during an isometric test used in soccer players. *Sports*, 7(1), 13.
<https://doi.org/10.3390/sports7010013>
PMid:30621242 PMCID:PMC6359063

24. Reaz, M. B. I., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological procedures online*, 8(1), 11-35.
<https://doi.org/10.1251/bpo124>
<https://doi.org/10.1251/bpo115>
PMid:16799694 PMCID:PMC1455479

25. Schuermans, J., Danneels, L., Van Tiggelen, D., Palmans, T., & Witvrouw, E. (2017). Proximal neuromuscular control protects against hamstring injuries in male soccer players: a prospective study with electromyography time-series analysis during maximal sprinting. *The American journal of sports medicine*, 45(6), 1315-1325.
<https://doi.org/10.1177/0363546516687750>
PMid:28263670

26. Serner, A., Jakobsen, M. D., Andersen, L. L., Hölmich, P., Sundstrup, E., & Thorborg, K. (2014). EMG evaluation of hip adduction exercises for soccer players: implications for exercise

selection in prevention and treatment of groin injuries. *Br J Sports Med*, 48(14), 1108-1114.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091746>
PMid:23511698

27. Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *International journal of sports medicine*, 30(04), 273-278.
<https://doi.org/10.1055/s-0028-1104587>
PMid:19199196

ABSTRACT

The aim of this systematic review was to indicate and discuss the use of electromyogram in football. For the literature review, following electronic databases were used: Google School, PubMed, Medline and Mendeley for the period from 2005. to 2019. 20 papers were selected for this systematic review based on the established criteria. These studies focused the most on researching the following muscles: m.musculus quadriceps, m.biceps femoris, m.gastrocnemius, m.tibialis anterior and m. gluteus maximus. The review has determined quite a heterogenic choice of topics when it comes to the use of the electromyogram (herein after referred to as: EMG) in football, so the obtained results were grouped based on the similar characteristics. Therefore, the results were categorized according to the following topics: acute effects of the specific football activity, impact of the football strength training, training of kicking on the ball, results based on the difference in sexes, while the rest of the results were sorted in the joint group. Summarizing of the obtained results provides the insight in the multiple possibility for use of EMG in football in order to develop high quality analysis of the neuro-muscle activation of a certain muscle regions of the football players.

Key words: *EMG, electromyogram, muscles, soccer, football*

Primljeno: 04.11.2020.

Odobreno: 12.11.2020.

Korespodencija:

Borko Katanić

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Nišu

E-mail: borkokatanic@gmail.com