

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Kineziologija

VPLIV JENDRASIKOVEGA MANEVRA NA HITROST ŠPRINTA S ŠTAFETNO PALICO

DIPLOMSKO DELO

MENTORICA:
izr. prof. dr. Katja Tomažin
RECENZENT
doc. dr. Aleš Dolenc

Avtor dela:
Urban Čehovin

Ljubljana, 2018

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici, izr. prof. dr. Katji Tomažin, za vso strokovno pomoč, nasvete, dostopnost in usmerjanje pri izdelavi te diplomske naloge.

Zahvaljujem se recenzentu, doc. dr. Alešu Dolencu za strokovni pregled diplomske naloge.

Hvala staršem, ki so mi omogočili študij ter me spodbujali. Hvala puncici, ki me je spodbujala pri zaključku pisanja diplomske naloge.

Hvala vsem merjencem, ki so si vzeli čas in sodelovali v raziskavi

Ključne besede: Jendrasikov maneuver, štafetni tek, šprint, hitrost teka

VPLIV JENDRASIKOVEGA MANEVRA NA HITROST ŠPRINTA S ŠTAFETNO PALICO

Urban Čehovin

IZVLEČEK

Namen diplomskega dela je bil ugotoviti ali lahko s stiskanjem štafetne palice, ki bi povzročila Jendrasikov maneuver, povečamo hitrost teka na 15 m z letečim štartom. Jendrasikov maneuver so preiskovanci izvajali s prijemom štafetne palice na dva načina: (1) s prsti in (2) s pestjo.

V raziskavi je sodelovalo 7 atletov (6 moških in 1 ženska), njihova povprečna starost je znašala $19,13 \pm 1,55$ let. Atleti so izvedli šprint na 15 m z letečim štartom brez štafetne palice in z držanjem štafetne palice v pesti in s prsti. V vseh treh pogojih teka smo izmerili: (1) povprečno hitrost teka na 15 m, (2) povprečno frekvenco in (3) dolžino korakov ter (4) čas kontakta faze opore med tekom na 15 m. Velikost stiskanja pesti pa smo spremljali posredno s pomočjo amplitude (RMS) EMG signala m. adductor pollicis.

Rezultati so pokazali, da so bili teki, kjer so atleti stiskali štafetno palico s prsti značilno hitrejši od tekov brez palice. Razlike med kinematičnimi parametrih pa niso bile statistično značilne. Povezanost med velikostjo EMG amplitude m. adductor pollicis in hitrostjo teka tudi ni bila značilna. Zato lahko zaključimo, da stiskanje s prsti ni pomemben dejavnik višje hitrosti teka.

Key words: Jendrassik maneuver, relays, sprinting, running speed

THE INFLUENCE OF THE JENDRASSIK MANEUVER ON THE SPRINT SPEED WITH THE BATON

Urban Čehovin

ABSTRACT

The purpose of my diploma thesis was to determine whether the speed of a 15-metre run with a flying start can be increased by gripping a relay baton tightly, thus producing the Jendrassik maneuver effect. The study participants performed the Jendrassik maneuver while receiving the baton in two ways: with their fingers and with their fist.

The study involved seven athletes (six men and a woman), their average age was 19.13 ± 1.55 years. The subjects performed a 15-metre sprint run with a flying start in three ways: without a baton, by holding a baton in their fist, and by holding a baton with their fingers. In all three running conditions we measured: (1) the average speed of the 15-metre run, (2) the average frequency and (3) the length of the steps, and (4) the contact time of the support phase during the 15-metre run. The strength of the fist clenching was monitored indirectly by the amplitude (RMS) of the EMG signal m. adductor pollicis.

The results show that the sprint runs in which the subjects were gripping the baton tightly with their fingers were significantly faster than those without a baton. On the other hand, the differences in the kinematic parameters are not statistically significant. Likewise, the correlation between EMG amplitude size m. the adductor pollicis and the speed of running is not significant. Therefore, it can be concluded that the gripping of a baton with fingers is not an important factor in achieving a higher speed of running.

Kazalo vsebine

1.	Uvod	7
1.1	Štafetni tek	8
1.1.1	Štafetna predaja	8
1.1.2	Tek sprinterjev med predajami	10
1.1.3	Taktika štafetnega teka	12
1.2	Razlika med posamičnim nastopom in nastopom v štafeti	13
1.3	Kohlerjev učinek	14
1.4	Jendrasikov manever	15
1.4.1	Dejavniki ki vplivajo na Jendrasikov manever	17
1.5	Cilji	19
2.	Metode dela	21
2.1	Preizkušanci	21
2.2	Postopek in pripomočki	21
2.2.1	Največje hoteno izometrično naprežanje	22
2.2.2	Tek z letečim štartom	24
2.2.3	Prijem štafetne palice	26
2.2.4	Statistična obdelava	28
3	Rezultati	29
3.1	Amplituda (RMS) EMG signala m. adductor pollicis med šprinti z letečim štartom	29
3.2	Kinematični parametri šprintov z letečim štartom	29
3.2.1	Hitrost šprintov z letečim štartom brez in s štafetno palico	29
3.2.2	Dolžina korakov med šprintom z letečim štartom brez in s štafetno palico	30
3.2.3	Čas faze kontakta tekaškega koraka ter faze leta med šprinti z letečim štartom brez in s štafetno palico	31
3.2.4	Frekvenca korakov med šprintom z letečim štartom brez in s štafetno palico	33
3.3	Povezanost amplitude m. adductor pollicis med prijemom palice in kinematičnimi parametri teka	33
4.	Razprava	35
5	Sklep	38
6	Viri	39

Kazalo slik

Slika 1.	Klasični prijem-prijem pest (osebni arhiv)	9
Slika 2.	Prijem s prsti (osebni arhiv)	10
Slika 3.	Parametri hitrosti teka (povzeto po Čoh, 2002).	12

Slika 4. Osnovni način izvedbe Jendrasikovega manevra (Povzeto po: Uršič 2010).....	16
Slika 5. Organiziranost motorične skorje (Povzeto po Enoka, 2002).	17
Slika 6. Mišice dlani (Štiblar-Martinčič, 2014).	19
Slika 7. Priprava dlani za namestitev elektrode (osebni arhiv).....	22
Slika 8. Pripravljena dlan za meritve (osebni arhiv).	23
Slika 9. Merjenje MVC m. adductor pollicis (osebni arhiv).	24
Slika 10. Območje merjenja (osebni arhiv).....	25
Slika 11. Fotocelice ter sistem optojump (osebni arhiv).	25
Slika 12. Digitalni prikazovalnik rezultatov teka (osebni arhiv).	26
Slika 13. Območje pospeševanja in pridobivanja hitrosti (osebni arhiv).	26
Slika 14. Pogoj 2 – stiskanje s prsti (osebni arhiv).	27
Slika 15. Pogoj 3 - pest (osebni arhiv).	27
Slika 16. Sprememba (Δ %) hitrosti teka na 15 m s štafetno palico (prijem s prsti, prijem s pestjo) glede na hitrost teka brez palice.	30
Slika 18. Sprememba (Δ %) dolžine koraka na 15 m glede na dolžino koraka na 15 m brez palice	31
Slika 19. Sprememba (Δ %) kontaktni čas teka na 15 m glede na kontaktni čas na 15m brez palice.	32
Slika 20. Sprememba (Δ %) faze leta teka na 15m glede na tek 15 m brez palice.....	32
Slika 21. Sprememba (Δ %) frekvence koraka teka na 15 m glede na tek 15 m brez palice.....	33

Kazalo tabel

Tabela 1. Absolutne vrednosti RMS med šprinti z letečim štartom.	29
Tabela 2. Povezanost med amplitudo površinskega EMG signala m. adductor pollicis med prijemom s prsti v fazi leta in spremembo kinematičnih parametrov teka.	34
Tabela 3. Povezanost med amplitudo površinskega EMG signala m. adductor pollicis med prijemom s pestjo v fazi leta in kinematičnimi parametri teka.	34

1. Uvod

Leta 2009 je Jamajški sprinter Usain Bolt, v teku na 100 m dosegel vrtočlavih 44,13 km/h. Marsikdo je bil ob tem dosežku osupel, saj nihče ni pričakoval, da lahko sprinter še toliko napreduje ter dosega takšne hitrosti. Gre za hitrost, ki jo redki ljudje dosegaajo pri vsakdanji vožnji s kolesom, kaj šele, da bi tako hitro tekli.

Danes za vrhunski rezultat ne zadostuje le trdo delo posameznika, ampak se za uspešnim sprinterjem skrivajo cele ekipe strokovnjakov, ki delujejo na različnih področjih (zdravniki, psihologi, kondicijski trenerji...). Prav tako ima velik vpliv znanost, ki s pomočjo najsodobnejše tehnike in tehnologije izboljšuje športno opremo, tehniko gibanja ter premika meje mogočega. Ker pa so v atletiki in športu nasploh, razlike med najboljšimi zelo majhne in velikokrat stotinka sekunde loči zmagovalca od poraženca, je vsako novo spoznanje zelo dobrodošlo.

To dejstvo pa je eden od razlogov za pisanje diplomske naloge o vplivu Jendrasikovega manevra (JM) na največjo hitrost teka. Zanimalo nas je ali lahko s pomočjo Jendrasikovega manevra (stiskanjem štafetne palice) povečamo hitrost teka s štafetno palico in ugotoviti ali različen prijem vpliva na učinkovitost pritiskanja na štafetno palico.

Jendrasikov manever (JM) je glede na enostavnost izvedbe zelo uporaben manever, s katerim lahko povečamo vzdražnost sklada alfa motoričnih nevronov mišic nog zaradi naprezanja obraznih mišic in distalnih mišic rok (Ebben, 2006). Njegov učinek velikokrat izkoriščamo v vsakdanjem življenju. Uporabljamo ga, ko dvigujemo težka bremena in sočasno napenjamo obrazne mišice. Tudi starejši si lahko pomagajo s stiskom dlani pri vstajanju z stola, hoji ob opori ipd. Zato se je porodila ideja, da bi JM lahko izkoriščali tudi med štafetnim tekom 4x100 m. Dokazan JM med tekom bi lahko tudi optimizirali sam prijem štafetne palice. Zato smo želeli ugotoviti ali je mogoče s pomočjo JM (stiskanjem štafetne palice) povečati največjo hitrost teka. Prav tako smo želeli ugotoviti ali dva različna prijema štafetne palice povzročita razlike v JM in hitrosti teka.

Raziskav, ki proučujejo vpliv JM na izboljšano delovanje človeka ni veliko. Eden redkih so Ebben idr. (2008), ki so testirali vpliv JM na izvedbo skoka z nasprotnim gibanjem. Nekoliko več raziskav najdemo v povezavi z motivacijo oz. Kohlerjevim efektom ter njegovim vplivom na samo uspešnost delovanja človeškega telesa (Feltz, Kerr in Irwin (2011), Kerr (2016)). Prav tako primanjkuje raziskav, ki bi analizirale štafetni tek.

Štafetni teki so po drugi strani edina atletska disciplina, kjer lahko govorimo o predanosti tekmovalca ekipi ter o ekipnem duhu. Prav zaradi te značilnosti so štafete zelo zanimive ter gledane. Tako na majhnih kot velikih tekmah predstavljajo štafete vrhunec tekmovalstva, ne nazadnje tudi zaradi velikega števila tekmovalcev, ki tekmujejo (Schmolinsky, 2000).

Kot smo že omenili, so štafete velikokrat vrhunec velikih tekmovalstev in požanjejo veliko pozornosti, zato tekmovalci velikokrat bolje tekmujejo v štafeti, kot pa v posamični disciplini. Ali pač? V sami atletiki ter športu nasploh obstaja mit, da so štafetne preizkušnje hitreje ter da tekmovalci dosegaajo višje hitrosti teka, plavanja ter nasploh boljše rezultate. Na to temo obstaja malo raziskav (Osborn, Irwin, Skogsberg in Feltz (2012), Hommel (2009), Skorski, Etxebarria in Thompson (2015)), le te pa so si v večini primerov protislovne.

1.1 Štafetni tek

V Štafetnem teku 4x100m sodelujejo 4 tekmovalci, kjer vsak teče opredeljen odsek, razlika je le v tem, da 1. ter 3. tekmovalec tečeta v krivini, 2. in 4. pa naravnost. Cilj štafete je, da tekmovalci čim hitreje prinesejo štafetno palico od štarta do cilja, le-to pa si morajo tekmovalci med seboj predajati v posebej označenem 20 metrskem prostoru. Sprinterji imajo pred predajnim prostorom na voljo še dodatnih 10 metrov, v katerem tekmovalec, ki sprejema štafetno palico pospešuje, z namenom, da bo palico sprejel pri najvišji hitrosti. V kolikor predaja ni opravljena v omejenem prostoru, ali če štafetna palica pade na tla, je ekipa diskvalificirana.

1.1.1 Štafetna predaja

Štafetna predaja je pri štafetnem teku eden pomembnih dejavnikov uspešnosti štafete. V kolikor ekipa predaje opravi brez napak, lahko s tem nadoknadi morebitni počasnejši tek sprinterjev. V primeru slabe usklajenosti sotekmovalcev pri predaji pa lahko vso pridobljeno prednost izgubijo in so v najslabšem primeru celo diskvalificirani.

Štafetno palico je potrebno predati v natančno določenem prostoru, ki je dolg 20 m in sicer pri kar se da največji hitrosti. Zato morata predajni prostor oba sprinterja čim bolj izkoristiti, tako da predata palico v čim večji hitrosti. Hitrost ter učinkovitost predaje je v osnovi odvisna predvsem od dobre sinhronizacije tistega, ki palico predaja in tistega, ki palico sprejema. Zanesljiva in dobra predaja je tista, pri kateri sprejemalec preteče 20 m do 22 m in sprejme štafetno palico v 2/3 predajnega prostora, torej med 12-15 m in to zato, ker je sprejemalec do tega trenutka že lahko razvil svojo največjo hitrosti. V tem primeru štafeta ne izgublja časa na račun pospeševanja. Pomembna je tudi varnost predaje, saj se ne malokrat zgodi, da je zaradi slabe usklajenosti sotekmovalcev, rezultat slabši.

V osnovi poznamo dva načina predaje in sicer zgornjo ter spodnjo predajo. Pri zgornji predaji potuje palica od zgoraj navzdol. Tekač, ki prinaša palico, jo preda sprejemalcu od zgoraj navzdol in sicer v nasprotno roko od tiste v kateri je sam imel palico. Sprejemalec mora roko držati v zaročenju, dlan je obrnjena navzgor, pogled pa usmerjen naprej. Ta vrsta predaje je primerna za štafete, ki dalj časa vadijo ter tekmujejo skupaj, saj je tudi hitrejša od spodnje predaje. Pri spodnji predaji prinašalec palico preda od spodaj navzgor, in sicer v nasprotno roko, v kateri jo je sam imel. Sprejemalec ima roko v rahlem zaročenju, dlan je obrnjena navzdol v obliki črke »V«. Ta vrsta predaje je nekoliko bolj zanesljiva, vendar pa počasnejša. Kateri način predaje bodo izbrali sprinterji, je povsem subjektivna izbira (Čoh, 2002).

Čoh (2002), pri štafetnem teku razlikuje tudi dve različni vrsti menjave in sicer notranjo ter zunanjo. Pri notranji menjavi sprinter, ki prinaša palico teče po notranji strani steze ter drži palico v desni roki. Sprejemalec pa sprejema palico v levo roko ter teče po zunanji strani proge. Pri zunanji menjavi, so stvari ravno obratne. Sprejemalec začne teči po notranji strani proge ter sprejme palico v desno dlan. Notranja predaja velja za počasnejšo, saj predaja palice ni tako tekoča kot pri zunanji.

Mnenja so si deljena tudi, ko govorimo o načinu predaje štafetne palice, saj v grobem poznamo predajo od zgoraj, od spodaj ter s potiskom. Katero vrsto predaje bo ekipa izbrala je odvisno od tekmovalcev samih ter tudi od njihove izkušnosti. Na koncu pa je ne glede na način predaje predvsem pomembno, da je predaja izvedena hitro ter varno, saj padec palice na tla pomeni konec tekme za ekipo.

Različni so tudi prijemi štafetnih palic. Večina sprinterjev uporablja klasičen prijem palice, kjer jo držimo v pesti z vsemi 5 prsti kar omogoča trden ter zanesljiv oprijem (slika 1).



Slika 1. Klasični prijem-prijem pest (osebni arhiv).

Predvsem pri Ameriških tekmovalcih je značilno, da imajo nekoliko posebno držo palice in sicer z iztegnjenimi prsti ter addukcijo palca oz. prijem s prsti (slika 2), kar je po našem mnenju nekoliko manj zanesljivo. Obenem je pomembno poudariti, da ameriške štafete obenem slavijo tudi po tem, da velikokrat izgubijo štafetno palico, kar bi bilo lahko tudi posledica posebne drže palice.



Slika 2. Prijem s prsti (osebni arhiv).

1.1.2 Tek sprinterjev med predajami

Štafetni tek se v osnovi ne razlikuje od šprinta, saj je osnovno izhodišče enako. Vsak sprinter mora namreč svoj del proge preteči najhitreje kakor zmore. Sama hitrost teka je zato ključna za uspeh v tej disciplini. V kolikor želi sprinter doseči veliko hitrost in jo nato tudi obdržati, mora sprinter v fazi opore razviti veliko silo na podlago v čim krajšem času. To omogoči ustrezno dolžino koraka. Hitrost teka pa je produkt dolžine in frekvence korakov. Hitrost lahko zato povečujemo z izboljšanjem ene ali druge komponente, lahko pa tudi preko obeh hkrati. Teoretično gledano bi največjo hitrost dobili z največjo frekvenco koraka pri največji dolžini koraka. Raziskave študij, kjer so posamezniki tekli pri različnih hitrostih, so pokazale, da se s povečevanjem hitrosti povečujeta tudi dolžina in frekvenca korakov. Do hitrosti 7 m/s je naraščanje dolžine in frekvence korakov linearno, nadaljnje povečanje hitrosti pa je povezano predvsem z višjo frekvenco korakov (Mero, Komi in Gregor, 1992). Povprečna dolžina in frekvenca korakov vrhunskih sprinterjev je 2,43 m in 4,77 Hz (Brüggeman in Glad, 1988; Scholch, 1978, v Podpečan 2013).

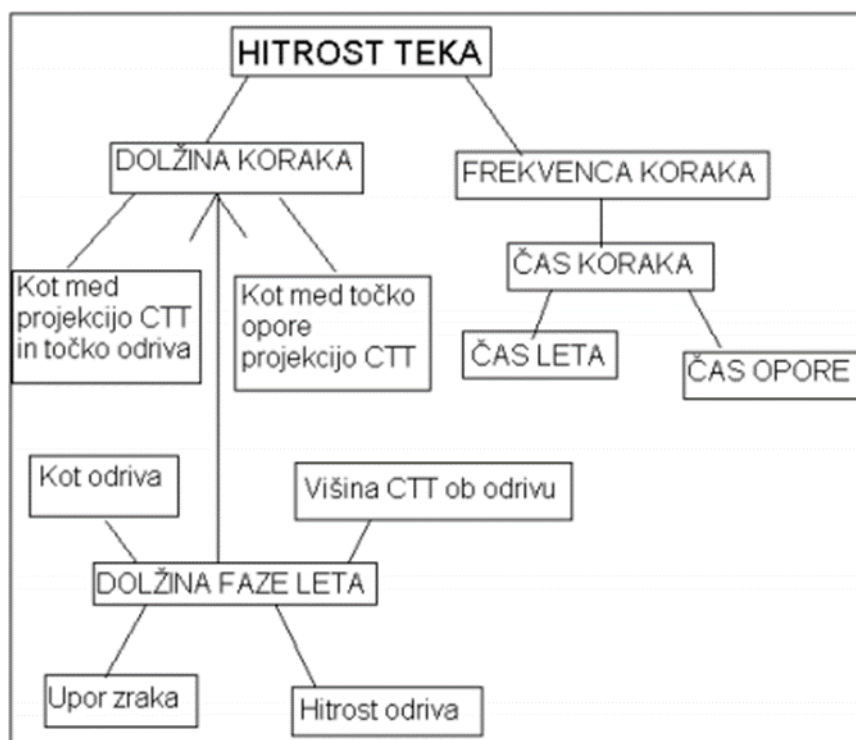
Ne glede na to ali govorimo o vrhunskih ali manj vrhunskih sprinterjih, so biomehanični parametri, ki opredeljujejo dolžino ter frekvenco koraka enaki (slika 3). Dolžina koraka je odvisna od hitrosti s katero sprinter potisne svoje težišče v smeri teka, višine težišča v trenutku odziva, kota odziva in upora zraka (Podpečan, 2013). Pomembne pa so tudi morfološke značilnosti sprinterjev. Na dolžino koraka lahko posredno vpliva tudi gibljivost kolčnega obroča v sagitalni ravnini, saj omejena gibljivost v sklepu lahko omejuje dolžino koraka. Frekvenco koraka pa opredeljuje trajanje faze opore (t.j. trajanje postavitve stopala odzivne noge na tla) in faze leta (t.j. trajanje brez oporne faze). Faza opore je sestavljena iz časa sprednje opore

(zaviranje) ter zadnje opore (pospeševanje). V fazi opore sile iztegovalk nog in njegova smer določata pot in hitrost premika težišče sprinterja v fazi leta. Sile mišic iztegovalk nog na podlago je odvisen od velikosti in trajanja sile. Za sprinterski tek je značilno, da morajo mišice iztegovalke kolka, kolena in gležnja v kratkem času razviti veliko silo, saj faza opore traja od 80 do 120 ms (Podpečan, 2013).

Komi (1984) v Mero, Komi in Gregor (1992) je pokazal, da med šprintom mišice nog razvijajo silo z ekcentrično-koncentričnim mišičnim naprežanjem, za katerega je značilno, da se mišično kitni kompleks najprej razteza in nato krajša. Ugotovili so, da se že pred samim kontaktom stopala s tlemi, pojavi visoka elektromiografska aktivnost (EMG) mišic nog. Izmerili so, da je velikost predaktivacije pri povprečju 5 mišic nog (m. gluteus maximus, m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. gastrocnemius in m. tibialis anterior) znašala od 50 do 70% največje amplitude EMG signala izmerjenega v fazi opore.

Ker se na začetku faze opore pojavljajo zelo velike sile, je zelo pomembno, da že pred samim kontaktom s podlago pride do predaktivacije zgoraj navedenih mišic. Ustrezno visoka predaktivacija poskrbi, da imajo mišice večjo togost in se lahko hitreje ter močneje upirajo silam podlage. Izvedba predaktivacije je pomembna tudi zato, ker se največje sile reakcije podlage pojavijo od 10 do 40 ms po prvem dotiku s tlemi in refleks na razteg ne more v polni meri prispevati k razvoju sile, saj so srednje in dolge latence refleksa na razteg od 60 do 90 ms. Tako lahko samo kratka latenca refleksa na razteg (~30 ms) pripomore k upiranju sile reakcije podlage v fazi opore. S povečano predaktivacijo obenem povečamo občutljivost mišičnega vretena, kar pomeni ojačano delovanje refleksa na nateg (Dietz idr., 1979; Mero in Komi, 1987 v Mero, Komi in Gregor, 2013).

Hameršak (2011) poudarja, da mora biti faza odriva pri sprinterju čim krajša. Boljši sprinterji imajo tako krajši oporni čas in daljši čas leta, vendar kljub krajšemu kontaktu razvijejo večjo silo reakcije podlage.



Slika 3. Parametri hitrosti teka (povzeto po Čoh, 2002).

1.1.3 Taktika štafetnega teka

O taktiki štafet lahko zato zasledimo ogromno raziskav (Lee (2010), Čoh (2002), Hetherington 2017)), ki nakazujejo kakšen je optimalni vrstni red tekmovalcev. Mnenja med strokovnjaki so si zelo različna. Lee (2010) trdi naj najhitrejši tekmovalec teče zadnji, najpočasnejši pa naj bi tekel kot tretji po vrsti. Enakega mnenja sta tudi Čoh (2002) ter Hetherington (2017). Slednji obenem priporoča, da moramo za prvega izbrati najizkušenejšega sprinterja, saj tako zmanjšamo možnost napačnega štarta. Na drugo mesto naj postavimo sprinterja, ki je bolj hitrostno vzdržljiv oz. specialista za 200 m ali 400 m, saj je del, ki ga mora tekmovalec preteči od prve do druge predaje, najdaljši (110 m).

Zanimivo raziskavo sta opravila tudi Ward-Smith in Radford (2001), ki sta med drugim dokazala, da je najoptimalneje teči po zunanji (8) stezi, kjer je krivina najmanj izrazita, saj maksimalna hitrost tekmovalca upada s povečevanjem krivine. Ugotovili so, da je razlika med tekom po notranji (1) ter zunanji (8) stezi na 400 m razdalji 0,27 s v prid 8 stezi. Ker pa je razpored po progah vedno naključen oz. odvisen od rezultatov predtekov ali prijavljenih rezultatov ter od žreba, sami tekmovalci ne morejo neposredno vplivati katero progo bodo dobili.

Zagotovo pa je dejstvo, da lahko na podlagi poznanih rezultatov posameznih tekmovalcev sklepamo na končni rezultat štafete. Namreč v kolikor so predaje pri štafeti 4x100 m izvedene optimalno je rezultat štafete lahko za 2-3 sekunde boljši od vsote rezultatov tekov na 100 m vseh njenih članov (Hetherington, 2017). To pa je tudi zaradi dejstva, da sprejemalec dobi

palico največji hitrosti ali zelo blizu nje, tako da govorimo o tako imenovanem letečem štartu. Na podlagi razlike vsote časov teh časa štafete lahko ocenimo tudi uspešnost štafete. Večja kot je razlika, bolj učinkovita je predaja štafetne palice.

1.2 Razlika med posamičnim nastopom in nastopom v štafeti

Homel (2009) je na podlagi rezultatov atletskega svetovnega prvenstva v Berlinu 2009 opravil biomehanično analizo teka na 100 m ter štafetnega teka 4x100m. Razdaljo 100 m je razdelil na pet 20 metrskih odsekov ter meril čas, ki so ga tekmovalci dosegli v odseku. Posredno je tako izračunal povprečno hitrost posameznega odseka ($hitrost = \frac{pot}{čas}$). Podatke je zbiral pri posamičnem in štafetnem nastopu ter ji nato primerjal. Po primerjavi rezultatov je ugotovil, da so sprinterji v povprečju dosegali za $0,31 \pm 0,17$ m/s višjo povprečno hitrost pri posamičnem nastopu v primerjavi z njihovim štafetnim nastopom. Pomanjkljivost raziskave je sicer v tem, da v samih rezultatih ni upošteval vremenskih pogojev (temperatura zraka, vlažnost, hitrost vetra), prav tako ni podatkov o jakosti ter smeri vetra na stezi v času šprinta. Brez teh podatkov je veljavnost rezultatov vprašljiva. V kolikor bi takšno raziskavo opravil v dvorani, bi bile ugotovitve zaradi konstantnih pogojev zunanjega okolja natančnejše.

Nasprotno pa so ugotovili Osborn, Irwin, Skogsberg in Feltz (2012), ki so raziskovali razliko v rezultatu med posamičnim in štafetnim nastopom v plavanju. Ugotovili so, da so slabši tekmovalci tekmovali veliko bolje v štafetnem teku, v primerjavi s posamičnim nastopom. Pri boljših tekmovalcih pa niso ugotovili pomembne razlike v rezultatu med nastopom v štafeti ter kot posameznik.

Drugačnega mnenja so Skorski, Etxebarria in Thompson (2015), ki so raziskovali mit o štafetnem plavanju. V raziskavo so vključili 166 vrhunskih plavalcev, ki so jih analizirali na 100 m razdalji. Pri tem so razdaljo razdelili na dva 50 m odseka ter primerjali rezultate. Ugotovili so, da so plavalci dosegali boljše rezultate v individualnem nastopu, saj je bil čas pri štafetnem nastopu za 0,28 - 0,77 sekunde slabši. Vedeti sicer moramo, da se štafeta plavanja močno razlikuje od atletske štafete, saj pri plavanju ne uporabljajo palice. Vendar pa se kljub temu tako v plavalnih kot v atletskih štafetah pojavlja ekipni duh, ki je lahko eden od razlogov za boljši nastop.

Razlogov za boljše delovanje tekmovalca v štafetni preizkušnji je lahko več. Eden od razlogov bi lahko bila tudi motivacija, saj tekmovalci čutijo pripadnost ter odgovornost do ekipe in je posledično nočejo pustiti na cedilu. Taylor (2013) trdi, da pri individualni športih ni ekipnega duha. Če pogledamo nogomet ali košarko lahko kaj hitro opazimo, da so igralci med sabo močno povezani ter skrbijo drug za drugega. Tu lahko govorimo o klasičnem ekipnem duhu. Pri individualnih športih, takšna ekipa ne obstaja in je posameznik sam odgovoren za svoje rezultate. Potem takem je razumljivo, da so ti športniki neodvisni ter se po večini primerov zanašajo le nase in na svoje sposobnosti. Vendar, ko pa nastopijo razna ekipna tekmovanja, se individualni športniki ne razlikujejo prav nič od nogometašev ali košarkarjev. Zato lahko tudi v individualnih športnih govorimo o ekipnem duhu, ki pa je sicer malo bolj specifičen.

V raziskavi, ki so jo opravili Osborn, Irwin, Skogsberg in Feltz (2012) so tekmovalci dosegali boljše rezultate v ekipnem nastopu. Razloge lahko iščemo predanosti posameznika ekipi oz. v

Kohlerjevem efektu. Razliko v prid štafetnemu nastopu v atletiki pa bi lahko povzročil tudi Jendrasikov maneuver, ki je podrobneje opisan v nadaljevanju.

1.3 Kohlerjev učinek

Prvi razlog za boljše delovanje posameznika v skupine je Kohlerjev učinek. Zaradi njega naj bi posamezniki bolje nastopili tudi v štafetnem plavanju in/ali teku.

Kohlerjev učinek je fenomen, ko oseba deluje boljše kot član skupine, kot pa ko deluje sam. Obstaja mnogo opravil, kjer lahko en član skupine s svojim slabim delom vpliva na delovanje celotne skupine. Če vzamemo na primer plezalno ekipo, lahko hitro ugotovimo, da je hitrost plezanja ekipe odvisna od hitrosti plezanja najpočasnejšega člana ekipe. Po principu Kohlerjevega učinka, se slabši posamezniki ekipe »najšibkejši člen« še posebej močno trudijo, da ne bi upočasnjevali oz. ovirali ekipe. V našem primeru, se bo najpočasnejši plezalec še dodatno trudil pri plezanju tako, da bo plezal hitreje, kot pa če bi nalogo opravljal sam (Kerr, 2016).

Kohlerjev učinek je leta 1920 odkril nemški industrijski psiholog Otto Kohler. Članom Berlinskega veslaškega kluba je zadal nalogo, da morajo izvajati upogib komolca z 44 kilogramskim bremenom dokler ne bodo tako izmučeni, da naloge ne bodo morali več opravljati. Nalogo so izvajali sami, v paru ter v različno velikih skupinah. V paru sta veslača dvigovala dvojno maso bremena, v treh pa trojno maso bremena. V tem primeru, ko bi eden od njih popustil, tudi ostala dva ne bi mogla več nadaljevati, saj bi bilo breme pretežko. Kohler je ugotovil, da so najslabši člani naredili več dvigov, ko so delali v skupini, kot pa ko so dvigovali sami.

Samo odkritje je nato padlo v pozabo, saj kar 60 let kasneje ni bilo izvedene nobene raziskave na to temo ter tudi zanimanje za ta izjemen fenomen je upadlo.

Irwin, Feltz in Kerr (2011) so izvedli raziskavo, v kateri v kateri so želeli testirati Kohlerjev učinek. 115 preizkušancem so zadal, da morajo držati oporo ležno spredaj (plank) čim dalj časa. To nalogo so ponovili pet-krat. Tako so dobili kontrolne rezultate. Nato so preizkušance naključno razdelili v 3 skupine, in sicer kjer so nalogo pet-krat ponovili kot posameznik, v paru brez dodatnega spodbujanja ter v paru z dodatnim spodbujanjem boljšega v paru. Ugotovili so, da so preizkušanci, ki so izvajali nalogo v paru dosegli veliko boljši rezultat (v povprečju 78,8 s) od preizkušancev, ki so nalogo izvajali posamezno. Poleg tega so odkrili tudi, da je skupina, kjer so nalogo izvajali v paru z dodatno spodbudo boljšega v paru oporo držali v povprečju 31,14 s manj kot skupina v paru brez dodatne spodbude. Dodatni trud boljšega posameznika v paru ni pozitivno vplival na končni rezultat.

Do enakih ugotovitev so prišli Feltz, Forlenza, Winn in Kerr (2014), ki so ugotavljali, če lahko s pomočjo računalniškega programa izzovejo Kohlerjev učinek. Merjenci so izvajali oporo ležno spredaj s pomočjo računalniškega programa, programiranega posebej za to raziskavo. Najprej so merjenci opravili nalogo sami, nato pa še s pomočjo programa, ki je na zaslonu prikazoval virtualnega prijatelja (ang. Cyber Buddy), ki je izvajal enako nalogo. Prišli so do ugotovitve, da so merjenci nalogo izvajali bolje s pomočjo virtualnega prijatelja, kot pa sami.

Kerr (2016) pravi, da ima Kohlerjev učinek več vzrokov za delovanje. Pri naj bi bil zakoreninjen kot medsebojna primerjava med posamezniki, drugi vzrok pa bi lahko bilo dejstvo da je posameznik nepogrešljiv za ekipo. Če ostanemo pri prvem razlogu, kaj kmalu vidimo, da ljudje težko gledamo kako je nekdo boljši od nas. V takem primeru, se popolnoma podzavestno bolj trudimo in se želimo še bolje odrezati. Nihče namreč noče izpasti kot najslabši član ekipe, ki bo kriv za njen neuspeh. Drugi razlog govori o tem, da če se ekipa zanaša na delovanje posameznika se bo le ta posameznik še dodatno motiviral in bolje opravil nalogo.

Na Kohlerjev učinek vpliva več dejavnikov in sicer spol ter podobnost sposobnosti posameznikov. Dodatne raziskave so kasneje pokazale tudi, da oseba, ki je slabša pri nekem ročnem delu, doseže večji Kohlerjev učinek v kolikor je njegov sodelavec ženska kakor pa moški. Kot kaže se moški nočejo osramotiti ter pokazati, da je ženska boljša od njih ter da nekega opravila ne morejo opraviti. Dokazali so tudi, da ko govorimo o medsebojni primerjavi, je bolj »sramotno« v kolikor te premaga član nasprotne ekipe, kot pa član tvoje ekipe (Kerr, 2016).

Obenem Kerr (2016) trdi, da je učinek Kohlerjevega učinka, če gledamo kot razlog medsebojno primerjavo, večji v kolikor so sposobnosti posameznikov podobne. V primeru, da je en posameznik veliko boljši od drugega, se slednji ne bo več primerjal z njim, saj ve, da je veliko boljši.

Zaradi vseh ugotovitev, bi lahko sklepali, da je Kohlerjev efekt eden od razlogov za boljše delovanje posameznika v štafetnem teku. Motivacija je namreč zelo močan dejavnik, ki lahko bistveno vpliva na samega posameznika.

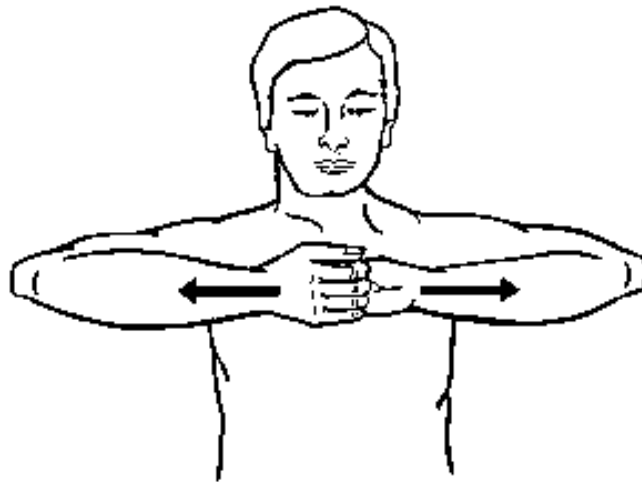
1.4 Jendrasikov manever

Drugi možen razlog za boljše delovanje tekmovalca v štafetnem teku bi lahko bil tudi Jendrasikov manever (JM). JM je aktivacija obraznih mišic in distalnih mišic rok za povečanje aktivacije tistih mišic, ki opravljajo nalogo. To pomeni, da z aktivacijo mišic obraza in rok lahko povečam aktivacijo iztegovalk kolena.

Ernst Jendrassik je manever pokazal že leta 1883. Manever se je na začetku uporabljal v klinični praksi in sicer z namenom povečanja refleksne vzdraženosti distalnih mišic. Na tak način so testirali, v kakšnem stanju je pacientova integriteta živčnega sistema (Bussel, Morin. in Pierrot-Deseilligny, 1978). V kineziologiji pa lahko JM uporabimo kot mehanizem, ki povzroči akutno izboljšanje delovanja živčno-mišičnega sistema. Izziv, ki si ga trenerji in znanstveniki postavljajo je, kako bi bilo mogoče uporabiti različne potenciacijske mehanizme (med katere spada tudi JM) med ali pred tekmovanjem in/ali v trenažnem procesu. Med te mehanizme poleg JM štejemo tudi Valsalva manever. Porth, Bamrah, Tristani in Smith (1984) navajajo, da se Valsalva manever izvede tako, da poizkusimo močno izdihniti, ob tem pa zapremo usta ter nos. Dogodek povzroči povišanje krvnega tlaka, intratorakalnega tlaka ter poveča dotok krvi v srce. Manever se v zdravniški praksi uporablja kot diagnostično orodje, s pomočjo katerega ugotavljamo patološka stanja srca.

JM uporabljamo tudi v vsakdanjem življenju. Ob dvigovanju težjih bremen samodejno stisnemo zobe, napnemo obrazne mišice in napnemo mišice trebuha.

V osnovi se JM izvede tako, da se z rokami, ki so odročene pokrčene not, primemo in jih nato poizkušamo silovito razkleniti (slika 4).

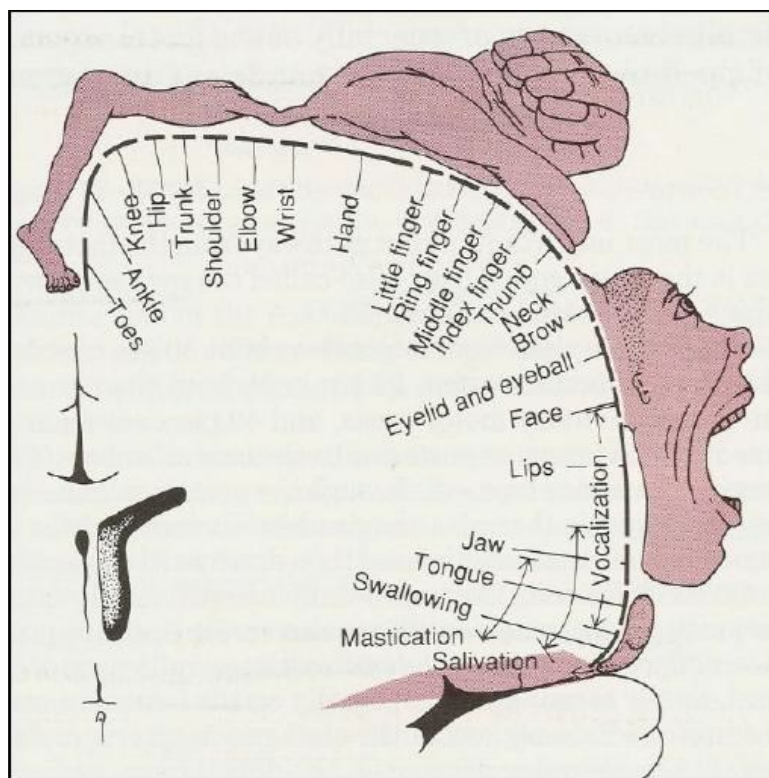


Slika 4. Osnovni način izvedbe Jendrasikovega manevra (Povzeto po: Uršič 2010).

Vendar pa se pri tej izvedbi manevra vključene mnoge mišične skupine zgornjega uda in ne samo male mišice dlani in prstov. Delwaide in Toulouse (1981) sta izvedbo JM poenostavila samo na ekstenzijo zapestja, ki se je izkazala za zadosten potenciacijski mehanizem. S tem sta si omogočila spremljanje vpliva JM na spremembo refleksa T m. rectus femoris ob hkratni modifikaciji moči kontrakcije iztegovalk zapestja (Uršič, 2010).

Raziskave v zvezi z JM so zelo različne in sicer tako glede metod, ki se jih uporablja, kot glede raziskovalnih postopkov. V novejših študijah lahko opazimo raziskave, ki se ukvarjajo z vplivom JM v bolj praktičnih primerih. Ebben idr. (2008) so testirali vpliv JM na izvedbo skoka z nasprotnim gibanjem. Merjenci so na tenziometriški plošči izvajali skok z nasprotnim gibanjem, in sicer z stiskanjem zob v zato narejen ščitnik ali z oprtimi usti. Rezultati so pokazali ~20% večji prirastek in hitrejši doseganje maksimalne sile pri skokih z JM kot pri skokih z odprtimi usti. ob. Velikost maksimalne sile pa ni bila različna med obema načinoma skakanja. Višina skokov ter njene razlike med pogoji v raziskavi niso bile merjene.

Mehanizem delovanja JM je povezan z razporeditvijo različnih mišic v primarnem motoričnem korteksu (slika 5). Temu pravimo motorični homunkulus. Primarna motorična skorja je somatotopično urejena, kjer mišice prstov in dlani zasedajo veliko večjo površino, kakor mišice nog. Podobno velja za obrazne mišice in mišice grla. Najverjetneje je osnovno vodilo velikosti zastopanosti področja v primarnem korteksu natančnost gibalne kontrole, saj z rokami, obrazom in grlom izvajamo veliko bolj natančne gibe kot z nogami. Zaradi velike zastopanosti mišic rok in obraznih mišic v primarnem motoričnem korteksu naj bi njihova aktivacija povzročila povečanje oz. prenos vzdražnosti tudi na mišice nog oz. ostale dele korteksa. Obratno pa prenos poteka v manjši meri, saj aktivacija manjšega področja primarnega dela motorične skorje (npr. dela, ki oživčuje sprednjo stegensko mišico) ne bo omogočila povečanje vzdražnosti v predelu, ki oživčuje mišice rok in obraza.



Slika 5. Organiziranost motorične skorje (Povzeto po Enoka, 2002).

Povečana vzdražnost primarnega korteksa pa lahko povzroči večjo frekvenco AP motoričnih nevronov, ki oživčujejo mišice nog. To pa se odrazi v učinkovitejši rekrutaciji, frekvenčni modulaciji in sinhronizaciji motoričnih enot mišic nog, kar posledično povzroči večjo silo. Torej JM lahko izboljša nivo aktivacije mišic nog zaradi boljše znotraj-mišične koordinacije (rekrutacija, frekvenčna modulacija, sinhronizacija), kar pa se odrazi v večji sili.

Če si torej z JM lahko pomagamo pri dvigovanju bremen ali pri vsakdanjih opravilih, kot na primer vstajanje iz stola, bi lahko JM tudi izboljšal hitrost teka zaradi večje produkcije sile mišic nog.

1.4.1 Dejavniki ki vplivajo na Jendrasikov maneuver

JM lahko izvedemo z različnim mišičnimi napreznji, ki se med seboj razlikujejo glede trajanja, intenzivnosti in vrste (izometrično vs. izotonični). Vrsto mišičnega napreznja sta proučevala Delwaida in Toulousa (1981). Raziskovala sta ali lahko že s spremembo načina izvedbe mišičnega napreznja vplivamo na pojavnost JM. Testiranje je obsegalo dve vrsti napreznj in sicer prvič so merjenci izvedli izteg zapestja brez odpora z maksimalno intenzivnostjo (izotonično napreznje), drugič pa so izvedli izteg s postopnim naraščanjem sile v izometričnih pogojih. Ugotovila sta, da je tako izometrično kot izotonično krčenje povečalo refleks T na mišici quadriceps za maksimalno 175%, kar pomeni, da sta obe obliki mišičnega napreznja izzvale podobno povečanje občutljivosti refleksa na nateg, kar lahko nakazuje, da JM ni odvisen od vrste napreznja.

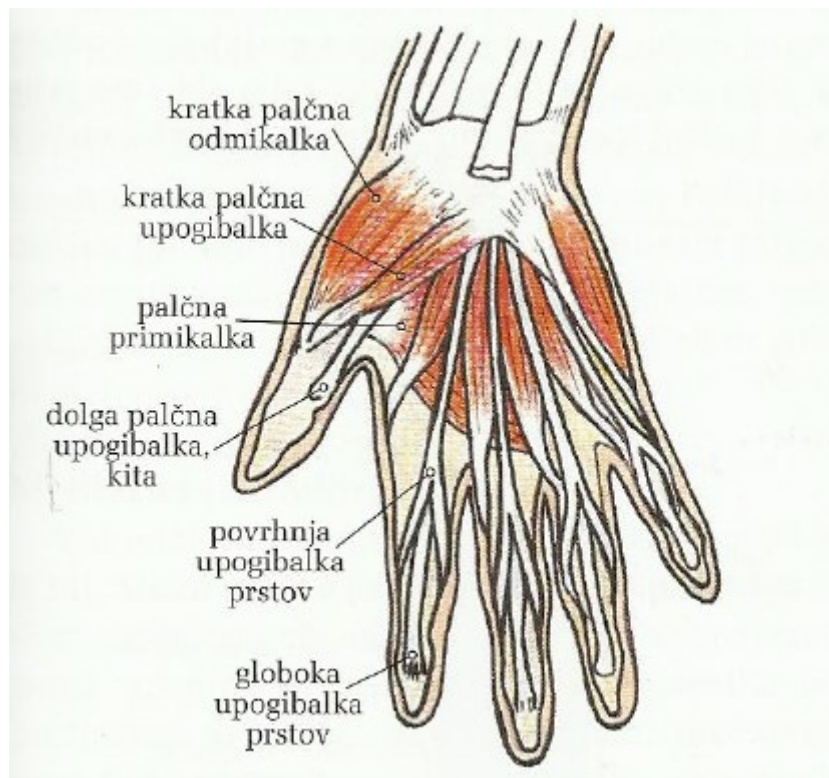
Intenzivnost naprežanja je naslednji dejavnik, ki lahko vpliva na pojavnost JM. To so proučevali Bussel idr. (1978, v Uršič 2010), ki poročajo, da je hiter in silovit stisk z obema rokama učinkovitejši v primerjavi z dalj časa trajajočim submaksimalnim naprežanjem. Prav tako se velikosti refleksa T in H povečujeta, če se dolgotrajen stisk izvaja pri različnih jakostih (pri 25%, 50% in 100% maksimalne sile je refleks H za 131%, 152% in 150% večji od kontrolne vrednosti, refleks T pa za 135%, 140% in 180% večji od kontrolne vrednosti).

Trajanje mišičnega naprežanja pa je tretji dejavnik, ki vpliva na pojavnost JM. To so raziskovali Bussel idr., ki navajajo, da se JM s podaljšanjem trajanja mišičnega naprežanja manjša. Po 300ms, ko je dosežena maksimalna vzdraženost, le ta popolnoma izzveni, če se mišično trajanje naprežanja podaljša na 10 s.

Raziskave so pokazale, da JM lahko uporabimo kot mehanizem, ki povzroči akutno izboljšanje delovanja živčno-mišičnega sistema (Bussel idr. (1978)). Pojavnost JM bi lahko izkoristili tudi pri povečevanju hitrosti med šprintom. Izometrično stiskanje štafetne palice bi lahko povzročilo večjo vzdraženost motoričnega korteksa in s tem višjo frekvenco AP alfa motoričnih nevronov mišic nog. To posledično lahko povzroči boljšo frekvenčno modulacijo in sinhronizacijo motoričnih enot iztegovalk nog med odzivom tekaškega koraka. Boljša znotraj-mišična koordinacija iztegovalk nog pa se lahko odrazi v višjem prirastku sile in hitrejšem doseganju največje sile med odzivom, kar posledično lahko poveča frekvenco korakov in s tem tudi hitrost teka (Ebben, Flanagan in Jensen, 2008)

Večja frekvenčna modulacija in sinhronizacija AP lahko tudi povečata sunek sile na podlago, ki je tudi ključni dejavnika dolžine koraka med šprintom. Če izvedba JM poveča sunek sile na podlago, poveča dolžino koraka in s tem tudi hitrost teka. Tako želimo v nalogi preveriti ali s stiskanjem štafetne palice med tekom lahko izboljšamo njegovo hitrost in spremenimo njegove kinematične parametre (čas odziva, čas faze leta)

Stiskanje štafetne palice lahko izvedemo z dvema prijemoma. Prvi je prijem s pestjo, drugi je prijem z addukcijo palca. Pri prijemu s pestjo izometrično naprežanje izvajamo z vsemi mišicami upogibalk prstov in palca, medtem ko pri prijemu s prsti izvajamo izometrično naprežanje predvsem z dolgo palčno upogibalko (m. flexor pollicis longus), kratko palčno upogibalko (m. flexor pollicis brevis), palčno primikalko (m. adductor pollicis) in upogibalkami prsta kazalca (povrhnja ter globoka upogibalka prsta), ki jih lahko vidimo na sliki 6. V mišično akcijo je pri prijemu s pestjo vključenih več mišičnih skupin kar pomeni večji vpliv JM v primerjavi z addukcijo palca, saj so v večji meri tam aktivne le mišice palca ter kazalca.



Slika 6. Mišice dlani (Štiblar-Martinčič, 2014).

V nalogi želimo tudi preveriti ali oba načina izometričnega stiskanja štafetne palice povzročita enake spremembe hitrosti teka z letečim štartom ali vplivata drugače na kinematične parametre teka (čas odziva, čas faze leta).

1.5 Cilji

Glede na sam predmet ter problem raziskave smo si zadali naslednje glavne cilje:

- Ugotoviti ali med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo in šprintom brez nje prihaja do razlik v kinematičnih parametrih šprinta na 15 m z letečim štartom.
- Ugotoviti ali med šprintom s stiskanjem štafetne palice s prsti in šprintom brez nje prihaja do razlik v kinematičnih parametrih šprinta na 15 m z letečim štartom.
- Ugotoviti ali se kinematični parametri šprinta na 15 m metrov razlikujejo med obema prijemoma palice.

1.6 Hipoteze

H1: Hitrost šprinta s stiskanjem štafetne palice je statistično značilno višja, kot hitrost šprinta brez nošenja štafetne palice.

H2: Hitrost šprinta s stiskanjem štafetne palice s prsti je statistično značilno višja, kot hitrost šprinta brez nošenja štafetne palice.

H3: Hitrost šprinta s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno višja kot hitrost šprinta s stiskanjem štafetne palice s prsti.

H4: Čas kontakta stopala s tlemi med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno krajši kot pri šprintu brez nošenja palice.

H5: Čas kontakta stopala s tlemi med šprintom s stiskanjem štafetne palice s prsti je statistično značilno krajši kot pri šprintu brez nošenja palice.

H6: Čas kontakta stopala s tlemi med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno krajši kot pri šprintu s stiskanjem štafetne palice s prsti.

H7: Dolžina koraka med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno daljša kot pri šprintu brez nošenja palice.

H8: Dolžina koraka med šprintom s stiskanjem štafetne palice s prsti je statistično značilno daljša kot pri šprintu brez nošenja palice.

H9: Dolžina koraka med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno daljša kot pri šprintu s stiskanjem štafetne palice s prsti.

H10: Frekvenca koraka med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno višja kot pri šprintu brez nošenja palice.

H11: Frekvenca koraka med šprintom s stiskanjem štafetne palice s prsti je statistično značilno višja kot pri šprintu brez nošenja palice.

H12: Frekvenca koraka med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo je statistično značilno višja kot pri šprintu s stiskanjem štafetne palice s prsti.

2. Metode dela

2.1 Preizkušanci

V raziskavi je sodelovalo 7 merjencev (6 moških in 1 ženska), njihova povprečna starost je znašala $19,13 \pm 1,55$ let. Merjenci se že več let aktivno ukvarjajo s treningom atletike, povprečna doba treniranja znaša $4,12 \pm 1,73$ let. Trije merjenci so trenirali skok v daljino, 5 pa je treniralo šprinte na razdalji do 400m. Obenem so bili vsi merjenci v času testiranja zdravi ter nepoškodovani (nedavno niso imeli resnejših poškodb). Vsi merjenci so imeli izkušnje s tekom s štafetno palico, saj je bil to eden od pogojev. V primeru, da merjenec še ni tekel z njo, bi to lahko privedlo do odstopanj v hitrosti teka ter posledično tudi v samih rezultatih naloge. Merjencem pred samim začetkom merjenja nismo predstavili naših ciljev in hipotez in posledično niso vedeli kaj želimo preveriti, saj bi to lahko vplivalo na izmerjene rezultate. Vsakemu od merjencev je bilo pred samim tekom rečeno samo to, da mora teči maksimalno hitro in močno stisniti štafetno palico. Merjenci so privolili, da lahko rezultate njihovih posameznih tekov uporabimo v raziskovalne namene diplomske naloge. Merjenci so pred izvedbo raziskave podpisali informirano privolitev. Prav tako pa je bil eksperiment izveden v skladu s Helsinško-Tokijsko deklaracijo.

2.2 Postopek in pripomočki

Raziskavo smo opravljali v dvorani Fakultete za šport, ki je imela tla prekrita z atletsko podlago – tartanom. Merjenci so izvajali šprint na 15 m z letečim štartom brez štafetne palice in s štafetno palico z dvema različnima prijemoma. Eksperiment smo namenoma organizirali tako, da so merjenci tekli posamično in med njimi ni bilo nikakršnega sodelovanja. Tako smo izničili enega od ključnih možnih razlogov, zakaj bi bolje tekli v štafetnem teku.

Pred začetkom eksperimenta smo področje m. adductor pollicisa ustrezno pripravili ter nanj namestili EMG elektrode, nakar je sledilo testiranje največjega izometričnega stiska pesti. Merjenci so opravili 3 ponovitve stiska pesti, med vsako ponovitvijo pa je bila 1 minuta odmora. Sledilo je ogrevanje merjenca, ki ni bilo izrecno predpisano, ampak se je merjenec ogrel, kakor mu je to v navadi pred treningi oz. tekmovanji.

Osnovni test je bil šprint na 15 metrov z letečim štartom. Za dosego maksimalne hitrosti pa je imel na voljo 30 metrov zaleta. Merjenci so tekli 6-krat, in sicer 2-krat brez štafetne palice, 2-krat s palico tako, da so jo stiskali v pest, 2-krat s palico tako, da so jo stiskali s prsti. Vrstni red tekov je bil naključno izbran, med tem ko pa je bil odmor med njimi natančno določen (opis v poglavju 2.2.2), s čimer smo izničili vplive utrujenosti in potenciacije.

2.2.1 Največje hoteno izometrično naprežanje

Pred samim začetkom eksperimenta smo morali merjence ustrezno pripraviti. Na njihovi dominantni roki smo v skladu s smernicami (SENIAM, 2009) postavili elektrodo (Delsys Inc., Boston, MA, USA) za zajemanje površinskega EMG signala na adductor pollicis. Pred postavitvijo elektrod smo kožo najprej ustrezno pripravili tako kot prikazuje slika 7. Za zajemanje površinskega EMG signala smo uporabili brezžični sistem Trigno (Delsys Inc., Boston, MA, USA), ki je bil povezan s sistemom PowerLab (16/30 – ML880/P, ADInstruments, Bella Vista, Australia). Podatke smo zajemali s frekvenco 2000 Hz.



Slika 7. Priprava dlani za namestitev elektrode (osebni arhiv).

Po namestitvi elektrode, smo elektrodo še dodatno zaščitili z mrežico, da smo zagotovili njeno mirovanje med tekom z največjo hitrostjo (slika 8).



Slika 8. Pripravljena dlan za meritve (osebni arhiv).

Po končani pripravi je vsak preizkušanec izvedel največje izometrični naprežanje tako kot prikazuje slika 9. Za ogrevanje so preizkušanci najprej razvili 40%, nato 60% in 80% največje sile. Med posameznimi submaksimalnimi ponovitvami je bilo 30 sekund odmora. Sledila je meritev največje izometrične sile, kjer so preizkušanci silo razvijali počasi, tako da so dve sekundi po začetku razvil največjo in jo zadržali 3 sekunde. Meritev so opravili 3-krat, odmor med vsako ponovitvijo je bil 1 minuto. Med največjim izometričnim naprežanjem smo spremljali največjo silo in površinski EMG signal m. adductor pollicis. Dinamometer (Jamar) je bil povezan s sistemom PowerLab (16/30 – ML880/P, AD Instruments, Bella Vista, Australia). Podatke smo zajemali s frekvenco 2000 Hz. V analizo je bilo vključeno tisto naprežanje pri katerem so merjenci razvili največjo silo. V intervalu 0,5 sekunde med največjo izometrično silo smo izračunali povprečno kvadratno vrednost amplitude površinskega EMG signala m. adductor pollicis (RMS_{MVC}). Omenjena vrednost je bila uporabljena za normalizacijo EMG signala m. adductor pollicis med prijemom štafetne palice s pestjo in prijemom z addukcijo palca. Podatki so bili analizirani z LabChart programom 8.3 (AD Instruments, Bella Vista, Australia).



Slika 9. Merjenje MVC m. adductor pollicis (osebni arhiv).

2.2.2 Tek z letečim štartom

Po opravljeni meritvi največjega izometričnega naprežanja, je sledilo individualno ogrevanje preizkušancev. Preizkušanci so izbrali standardno ogrevanje, ki ga po navadi izvajajo pred tekmo. V povprečju so preizkušanci porabili za ogrevanje ~30 minut. 2 minuti po končanem ogrevanju so preizkušanci začeli z izvedbo šprintov z letečim štartom. Izvedli so 3 serije po 2 šprinta. Med serijami je bilo 7 minut odmora. Med posameznimi šprinti pa je bilo 5 minut odmora. Predpisano trajanje odmora je bilo natančno nadzorovano. Vrstni red serij je bil izbran naključno, zato ker je posamezna serija vključevala šprint na 15 m brez palice, ali s palico v pesti, ali s palico, ki so jo merjenci držali samo s prsti. Ne glede na to ali je bil tek izveden s štafetno palico ali brez so preizkušanci imeli na voljo 30 m za pospeševanje do največje hitrosti, ki so jo nato zadržali 15 metrov (slika 13). Med šprintom z največjo hitrostjo (15 m) smo merili: čas teka (čas_{TEKA} (s)), čas kontakta s tlemi (čas_{FK} (s)), čas faze leta (čas_{FL} (s)). Nato smo izračunali: (1) povprečno hitrost teka (m/s) (enačba 1), (2) povprečno dolžino korakov (m) (enačba 2) in (3) povprečno frekvenco korakov (s^{-1}) (enačba 3) med tekom na 15 m.

$$\text{Povprečna hitrost} = \frac{15\text{m}}{\text{čas teka}} \quad (\text{Enačba 1})$$

$$\text{Povprečna dolžina korakov} = \text{čas}_{\text{FL}} \times \text{povprečna hitrost} \quad (\text{Enačba 2})$$

$$\text{Povprečna frekvenca korakov} = \frac{1}{\text{čas FL} + \text{čas FK}} \quad (\text{Enačba 3})$$



Slika 10. Območje merjenja (osebni arhiv).

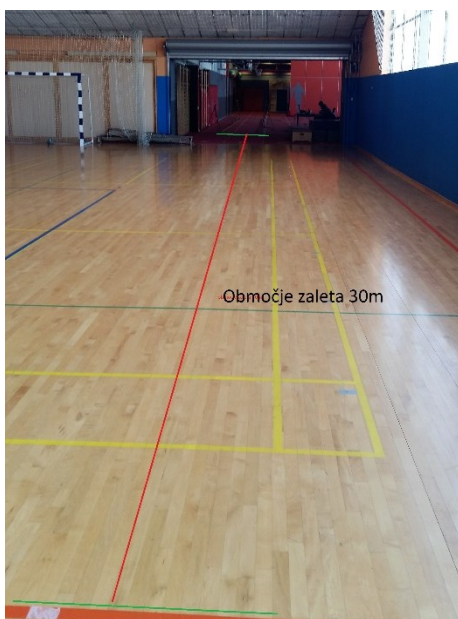
Za merjenje časa, ki so ga merjenci potrebovali za šprint smo uporabili fototelice (Brower Timing System, Utah, ZDA) (slika 10 in 11), ki so bile postavljene na začetek in konec 15 metrske proge. Čase smo razbrali s pomočjo digitalnega prikazovalnika, ki je bil brezžično povezan z fototelicami (slika 12). Za merjene časa faze kontakta in časa faze leta smo uporabili sistem verige fototelic (Microgate, Italija), ki so bile postavljene vzdolž celotne 15-metrske razdalje tako kot prikazuje slika 10 in 11. Podatke pa smo zajemali s pomočjo sistema PowerLab (Microgate, Italija) in analizirali s programom LabChart (Microgate, Italija).



Slika 11. Fototelice ter sistem optojump (osebni arhiv).



Slika 12. Digitalni prikazovalnik rezultatov teka (osebni arhiv).



Slika 13. Območje pospeševanja in pridobivanja hitrosti (osebni arhiv).

2.2.3 Prijem štafetne palice

Med sprintanjem s štafetni palico so preizkušanci uporabili dva različna prijema. Štafetno palico so prijeli tako, da so jo stiskali s prsti oz. s poudarjeno addukcijo palca (slika 14) ter s prijemom v pest (slika 15). Poudariti velja, da štafetna palica, ki smo jo na meritvah uporabili, s svojimi karakteristikami ustreza standardom IAAF in jo je moč uporabljati na vseh tekmovanjih.



Slika 14. Pogoj 2 – stiskanje s prsti (osebni arhiv).



Slika 15. Pogoj 3 - pest (osebni arhiv).

Površinski EMG signal m. adductor pollicis smo spremljali med vsakim šprintom. Izračunali smo povprečno kvadratno vrednost površinskega EMG signala med fazo kontakta (RMS_{FK}) in fazo leta (RMS_{FL}) tekaškega koraka med največjo hitrostjo. Upoštevali smo tudi elektromehansko zakasnitev, ki je znašala 30 ms. Podatki so bili analizirani z LabChart programom 8.3 (ADInstruments, Bella Vista, Australia). V analizi smo upoštevali delež povprečne vrednosti RMS_{FK} in RMS_{FL} najhitrejšega šprinta brez, s palico v pesti in s palico med prsti (stiskanje z addukcijo palca). Delež RMS_{FK} in RMS_{FL} smo izračunali tako, da smo vrednosti RMS_{FK} in RMS_{FL} delili z RMS_{MVC} . V statistični obdelavi smo uporabili naslednje spremenljivke: (1) delež RMS_{MVC}

med fazo kontakta brez palice ($BREZRMS_{FK}$), s palico v pesti ($PESTRMS_{FK}$) in s palico med prsti ($PRSTIRMS_{FK}$), (2) delež RMS_{MVC} med fazo odriva tekaškega koraka med tekom brez palice ($BREZRMS_{FL}$), s palico v pesti ($PESTRMS_{FL}$) in s palico med prsti ($BREZRMS_{FL}$).

2.2.4 Statistična obdelava

Za vse parametre so bile izračunane povprečne vrednosti in povprečni odkloni od njih. Normalna porazdelitev predstavljenih parametrov je bila preverjena s Kolmogorov-Smirnov testom. Razlike med šprinti z nošenjem štafetne palice in brez smo računali z analizo variance za ponavljajoče meritve z enim faktorjem. Za vse uporabljene statistične teste je značilnost sprejeta statistična značilnost pri napaki alfa je 5%. Dobljene rezultate smo obdelali s pomočjo statističnega programa Statistica 6.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, ZDA).

3 Rezultati

Rezultati so predstavljeni v dveh delih. Najprej je prikazana amplituda EMG signala m. adductor pollicis med šprinti brez, s palico v pesti in med prsti, nato sledi prikaz kinematičnih parametrov šprintov na 15 metrov z letečim štartom brez palice, s palico v pesti in med prsti.

3.1 Amplituda (RMS) EMG signala m. adductor pollicis med šprinti z letečim štartom

Povprečna vrednost RMS m. adductor pollicis je bila spremljana v fazi kontakta in fazi leta tekaškega koraka. Vse vrednosti so bile izražene na največjo vrednost RMS m. adductor pollicis med izometričnim stiskom pesti.

Absolutne vrednosti RMS med izometrično kontrakcijo in med šprinti so prikazane v tabeli 1. Povprečen delež $BREZRMS_{FK}$ m. adductor pollicis je bil 25 ± 19 %, povprečen delež $PRSTIRMS_{FK}$ je bil 56 ± 36 %, povprečen delež $PESTRMS_{FK}$ pa je bil 32 ± 17 %. Analiza variance za ponavljajoče meritve ni pokazala značilnih razlik med teki v velikosti deleža RMS m. adductor pollicis v fazi opore ($F_{1,5}=2,7$ do $5,2$; vse $p>0,05$).

Povprečni deleži RMS m. adductor pollicis pa so se v fazi leta tekaškega koraka razlikovali med pogoji teka. Povprečna vrednost $BREZRMS_{FL}$ je znašala 22 ± 20 % in je bila značilno nižja kot $PRSTIRMS_{FL}$, ki je bila 62 ± 31 % ($F_{1,5}=8$; $p<0,05$) in kot $PESTRMS_{FL}$, ki je bila 33 ± 21 % ($F_{1,5}=10,9$; $p<0,05$). V fazi leta je bil povprečen delež $PRSTIRMS_{FL}$ tudi višji kot $PESTRMS_{FL}$ ($F_{1,6}=6,5$; $p<0,05$).

Tabela 1.

Absolutne vrednosti RMS med šprinti z letečim štartom.

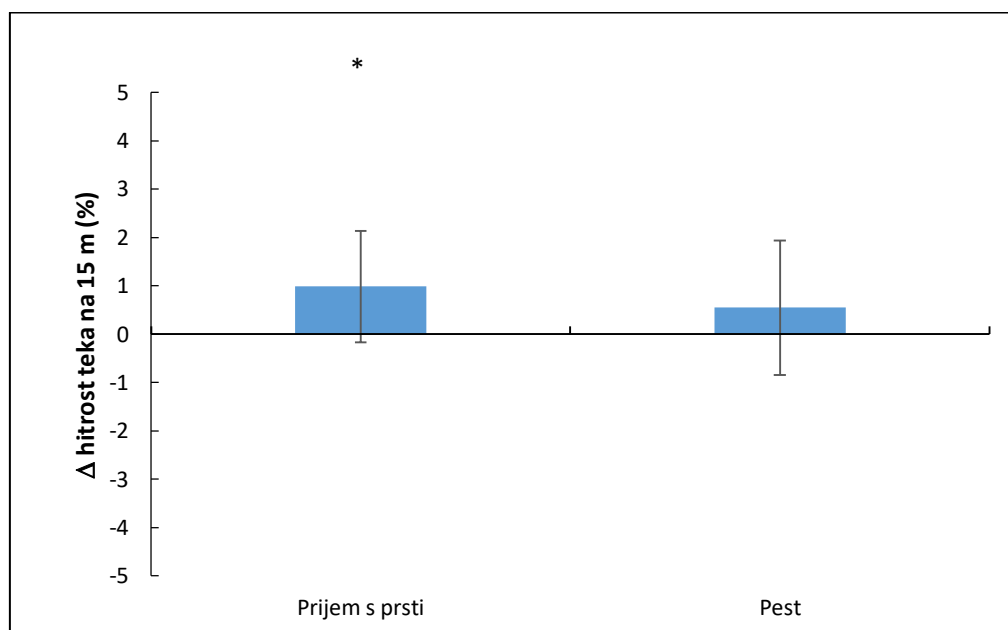
RMS_{MVC} (mV)	$BREZRMS_{FK}$ (mV)	$BREZRMS_{FL}$ (mV)	$PRSTIRMS_{FK}$ (mV)	$PRSTIRMS_{FL}$ (mV)	$PESTRMS_{FK}$ (mV)	$PESTRMS_{FL}$ (mV)
765,1 $\pm$ 427,5	183,1 $\pm$ 117,2	160 $\pm$ 121	432,5 $\pm$ 352,7	516,4 $\pm$ 419,5	239,1 $\pm$ 140,5	248,5 $\pm$ 172,4

3.2 Kinematični parametri šprintov z letečim štartom

3.2.1 Hitrost šprintov z letečim štartom brez in s štafetno palico

Povprečna hitrost teka brez štafetne palice je znašala $9,06 \pm 0,57$ m/s, pri teku s prijemom s prsti je bila $9,15 \pm 0,62$ m/s, pri teku s prijemom palice s pestjo pa je bila $9,11 \pm 0,6$ m/s. Ugotovili smo, da je bila hitrost teka pri prijemu s prsti značilno višja od hitrosti teka brez štafetne palice ($F_{1,6}=5,86$; $p<0,05$). Primerjava hitrosti teka s pestjo ter teka brez štafetne palice je pokazala, da hitrost teka s pestjo ni bila značilno višja od teka brez štafetne palice ($F_{1,6}=1,06$; $p>0,05$). Prav tako se hitrosti teka pri prijemu palice s pestjo in prijemu s prsti nista razlikovali.

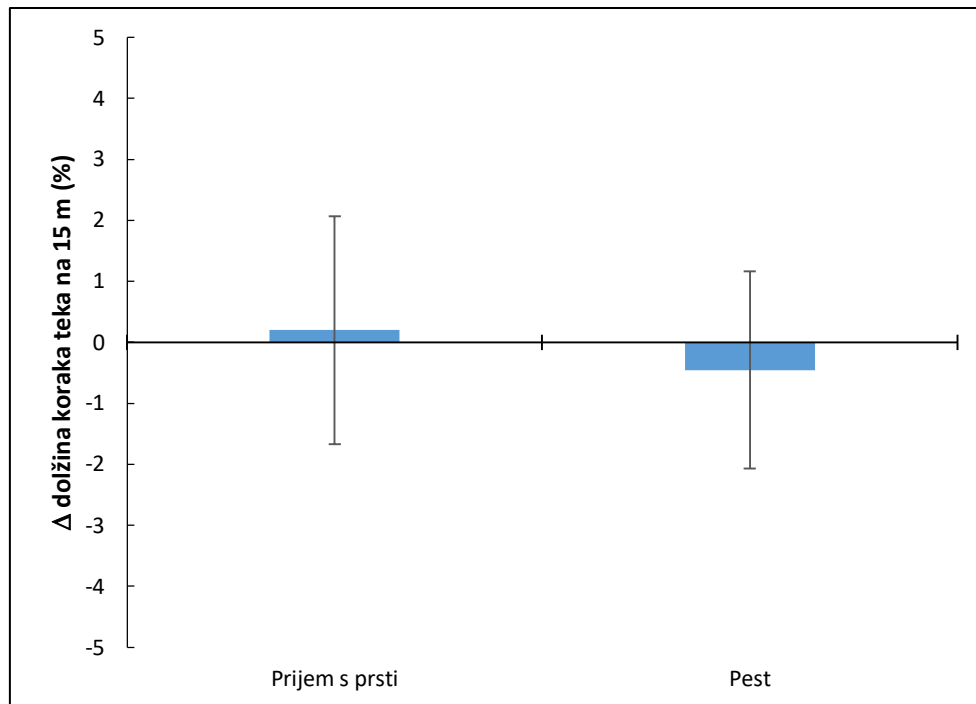
($F_{1,6}=0,48$; $p>0,05$). Na sliki 16 so prikazane relativne spremembe hitrosti šprintov s štafetno palico glede na hitrost šprinta brez nje.



Slika 16. Sprememba ($\Delta\%$) hitrosti teka na 15 m s štafetno palico (prijem s prsti, prijem s pestjo) glede na hitrost teka brez palice.

3.2.2 Dolžina korakov med šprintom z letečim štartom brez in s štafetno palico

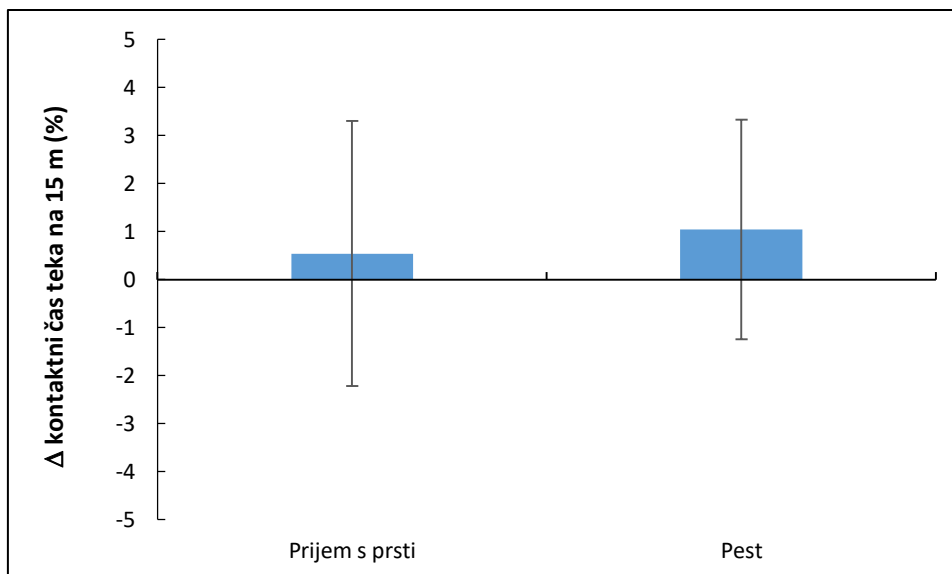
Povprečna vrednost dolžine koraka pri teku na 15m leteče brez štafetne palice je znašala $2,15 \pm 0,11$ metra, pri teku s prijemom s prsti je bila $2,16 \pm 0,12$ metra, pri teku s pestjo pa je znašala $2,14 \pm 0,11$ metra. Značilnih razlik med teki nismo izračunali, saj je bila vrednost F testa vseh primerjav med 0,11 – 0,65 (vse $> 0,05$). Na sliki 17 so prikazane relativne spremembe dolžine koraka med šprintoma s štafetno palico glede na dolžino koraka med šprintom brez nje.



Slika 17. Sprememba (Δ %) dolžine koraka na 15 m glede na dolžino koraka na 15 m brez palice

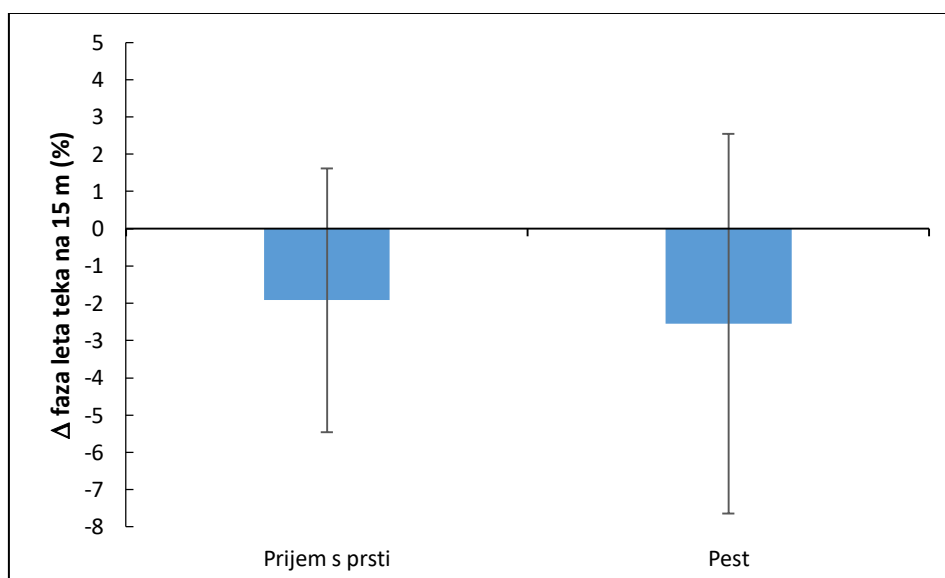
3.2.3 Čas faze kontakta tekaškega koraka ter faze leta med šprinti z letečim štartom brez in s štafetno palico

Povprečna vrednosti kontaktnega časa pri teku na 15m leteče brez štafetne palice je znašala $0,114 \pm 0,009$ sekunde, pri teku s prijemom s prsti je bila $0,11 \pm 0,008$ sekunde, pri teku s pestjo pa je znašala $0,115 \pm 0,008$ metra. Kontaktni čas niso bili značilno različni, saj so bile vrednosti testa F med 0,19 – 1,16 (vse $p > 0,05$). Na sliki 18 so prikazane relativne spremembe časa kontakta med šprintoma s štafetno palico glede na čas kontakta med šprintom brez nje.



Slika 18. Sprememba ($\Delta\%$) kontaktni čas teka na 15 m glede na kontaktni čas na 15m brez palice.

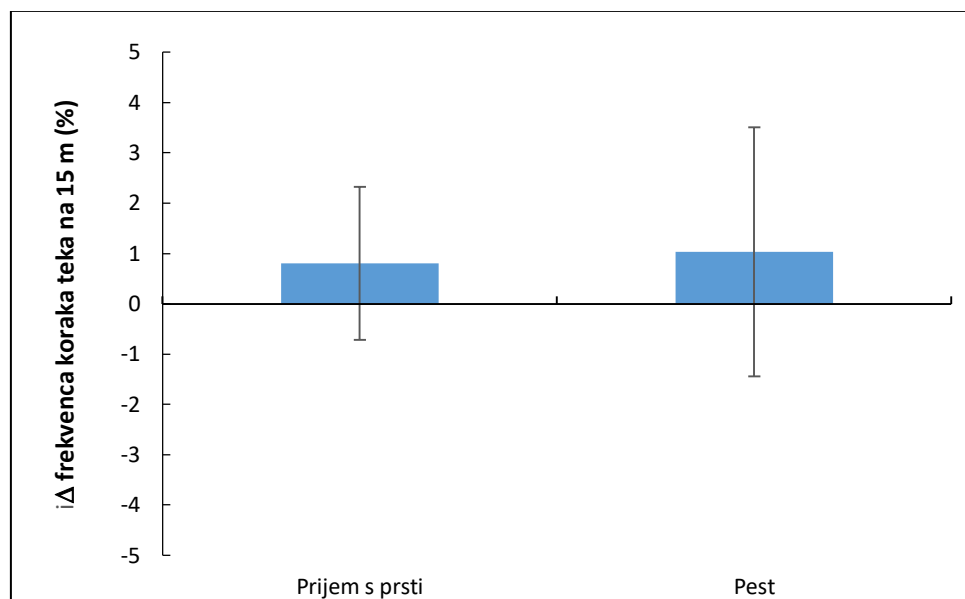
Tako kot pri kontaktnih časih, kjer so bile razlike zanemarljive so tudi pri fazi leta povprečni časi med posameznimi teki podobni. Povprečna vrednost časa faze leta pri teku na 15 m leteče brez štafetne palice je znašala $0,123 \pm 0,006$ sekunde, pri teku s prijemom s prsti je bila $0,121 \pm 0,007$ sekunde, pri teku z pestjo pa je znašala $0,120 \pm 0,002$ metra. Statistično značilnih razlik ni, saj so bile vrednosti testa F med 0,17 – 2,1 (vse $p > 0,05$). Na sliki 19 so prikazane relativne spremembe časa kontakta med šprintoma s štafetno palico glede na čas kontakta med šprintom brez nje.



Slika 19. Sprememba ($\Delta\%$) faze leta teka na 15m glede na tek 15 m brez palice.

3.2.4 Frekvenca korakov med šprintom z letečim štartom brez in s štafetno palico

Povprečna vrednost frekvence koraka pri teku na 15 m leteče brez štafetne palice je znašala $4,20 \pm 0,10 \text{ s}^{-1}$, pri teku s prijemom s prsti je bila $4,26 \pm 0,08 \text{ s}^{-1}$, pri teku s pestjo pa je znašala $4,25 \pm 0,14 \text{ s}^{-1}$. Statistično značilnih razlik ni, saj so bile vrednosti testa F med 0,01 in 1,91; vse $p > 0,05$). Na sliki 20 so prikazane relativne spremembe frekvence koraka med šprintoma s štafetno palico glede na dolžino koraka med šprintom brez nje.



Slika 20. Sprememba ($\Delta\%$) frekvence koraka teka na 15 m glede na tek 15 m brez palice.

3.3 Povezanost amplitude m. adductor pollicis med prijemom palice in kinematičnimi parametri teka

Velikosti povezanosti med amplitudo površinskega EMG signala m. adductor pollicis med prijemom s prsti in spremembo kinematičnih parametrov šprinta na 15 m so prikazane v tabeli 2.

Tabela 2.

Povezanost med amplitudo površinskega EMG signala m. adductor pollicis med prijemom s prsti v fazi leta in spremembo kinematičnih parametrov teka.

	Δ (%) hitrost teka	Δ (%) čas kontakta	Δ (%) čas faze leta	Δ (%) dolžine koraka	Δ (%) frekvence koraka
R	-0,031	0,120	-0,43	-0,190	0,480
Sig	0,948	0,798	0,330	0,673	0,266

R – Pearsonov koeficient korelacije, Sig – značilnost Pearsonovega koeficienta korelacije.

Velikosti povezanosti med amplitudo površinskega EMG signala m. adductor pollicis med prijemom s pestjo in spremembo kinematičnih parametrov šprinta na 15 m (glede na tek brez palice) so prikazane v tabeli 3.

Tabela 3.

Povezanost med amplitudo površinskega EMG signala m. adductor pollicis med prijemom s pestjo v fazi leta in kinematičnimi parametri teka.

	Δ (%) hitrost teka	Δ (%) čas kontakta	Δ (%) čas faze leta	Δ (%) dolžine koraka	Δ (%) frekvence koraka
R	-0,465	,684	-,378	-,198	-,625
Sig	,294	,090	,403	,670	,133

R – Pearsonov koeficient korelacije, Sig – značilnost Pearsonovega koeficienta korelacije.

4. Razprava

Namen naloge je bil preveriti ali s stiskanjem štafetne palice s pestjo in s prsti lahko povečamo največjo hitrost teka. Želeli smo tudi preveriti ali se zaradi prijema štafetne palice značilno spremenijo kinematični parametri teka (dolžina in frekvenca korakov).

Ugotovili smo, da je bila povprečna hitrost teka s prijemom palice s prsti statistično višja od hitrosti teka brez štafetne palice ($F_{1,6}=5,86$; $p<0,05$; slika 16). Medtem, ko značilne razlike v povprečni hitrosti med prijemom štafetne palice s pestjo in tekom brez nje nismo izračunali (slika 16). Pričakovali smo, da bo hitrejši tek s štafetno palico temeljil na višji frekvenci in dolžini koraka, ker je hitrost teka namreč njun produkt. Vendar značilnih razlik med šprinti s palico in brez nje v spremljanih kinematičnih parametrih ni bilo. Pričakovali smo, da bo prijem štafetne palice povzročil večji prirastek sile in skrajšal čas do maksimalne sile v fazi opore tekaškega koraka zaradi Jendrasikovega manevra (JM). Do sedaj še ni bilo narejene študije, ki bi proučevala sočasen vpliv stiska štafetne palice na največjo hitrost teka in njegove kinematične parametre, zato rezultate naše študije ne moremo neposredno primerjati z ostalimi raziskovalci. Lahko pa jih primerjamo z raziskavo Ebben idr., 2008, kjer so želeli preveriti vpliv stiskanja čeljusti med skokom z nasprotnim gibanjem. Pokazali so, da je stiskanje čeljusti med skokom privedlo do krajšega časa, ki je bil potreben za razvoj največje sile (~ 308 ms vs ~ 385 s) in tudi višjega prirastka sile (~ 3360 Ns⁻¹ vs ~ 2700 Ns⁻¹) kot brez stiskanja. Pomembna razlika med njihovo in našo študijo je trajanje mišičnega naprežanja. Celotno naprežanje pri skoku z nasprotnim gibanjem je med 500 - 800 ms, medtem ko je trajanje faze opore med šprintom od 100 do 120 ms. Predpostavimo lahko, da je čas naprežanja prekratek, da bi bil dosežen večji učinek JM. Kljub temu, da je primerjava povprečnih vrednostih RMS m. adductor pollicis med pogoji je pokazala, da je bila značilno višja ravno v fazi leta (prijem s prsti), je čas faze leta in opore še vedno zelo kratek (~ 240 ms), kar verjetno ne zadošča, da bi JM v fazi opore v večji meri povečal prirastek in največjo silo iztegovalk nog.

Delwaide in Toulouse, 1981 sta pokazala, da je manever smiselno začeti že pred samo izvedbo gibanja, kar je med samim šprintom težko doseči, saj je čas faze leta izredno kratek (~ 120 ms), kar otežuje izvedbo manevra. Prevelika osredotočenost na stiskanje palice lahko privede do poslabšanja šprinta. Na učinkovitost JM vpliva tudi intenzivnost naprežanja distalnih mišic. Bussela idr. (1978) ugotavljajo, da je večkratno maksimalno stiskanje bolj učinkovito kot pa le držanje palice s submaksimalno intenzivnostjo. Natančneje pri stisku pesti, ki je znašalo 25 %, 50 % in 100 % največje vrednosti, se je refleks H m. soleus povečal za 131 %, 152 % in 150 % njegove kontrolne vrednosti, medtem ko se je refleks T m. quadriceps povečal za 135 %, 140 % in 180 % njegove kontrolne vrednosti. Rezultati naše študije so pokazali, da je bila aktivnost m. adductor pollicis pri prijemu s prsti med fazo leta 62 % njene največje vrednosti, medtem ko pri prijemu s pestjo doseže njena aktivacija 33 %, kar je lahko posredno primerljivo z zgoraj omenjenimi vrednostmi. Vendar značilne povezanosti med aktivacijo m. adductor pollicis pri prijemu s prsti in pestjo ter spremembo hitrosti teka nismo ugotovili. Prav tako nismo ugotovili statistično značilne povezanosti med spremembo kinematičnih parametrov teka in velikostjo aktivacije m. adductor pollicis (tabela 2 in 3). Potrebno je sicer poudariti, da m. adductor pollicis ni edina distalna mišica, ki se aktivira, ko stisnemo štafetno palico, zato je njena aktivacija lahko samo posredna ocena stiska pesti oz. izvedbe JM. Na osnovi dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da unilateralno stiskanje štafetne palice s prsti ali pestjo ni bilo dovolj učinkovito, da bi lahko izzvalo povečanje frekvence in/ali dolžine korakov med tekom z

največjo hitrostjo. Najverjetneje stiskanje štafetne palice s pestjo in/ali prsti moti osredotočenost tekmovalcev na tek, saj smo izračunali tendenco povezanosti med velikostjo amplitude EMG m. adductor pollicis med stiskanjem štafetne palice s pestjo in časom kontakta (faze opore) med tekom. To pomeni, da so tekmovalci, ki so močnejše aktivirali m. adductor pollicis s prijemom štafetne palice, podaljšali fazo opore med tekom. Izračun povezanosti ni pokazal zveze med velikostjo aktivacije m. adductor pollicis in največjo hitrostjo teka. Razlogi so lahko naslednji: (1) unilateralno stiskanje pesti ni enako učinkovito kot je bilateralno stiskanje, da bi se JM lahko izrazil, (2) unilateralno stiskanje ni bilo mogoče izvesti dovolj silovito (eksplozivno), (3) povprečen čas tekaškega koraka je bil prekratek, da bi se lahko JM učinkovito izrazil, (4) osredotočenost tekmovalcev na stiskanje štafetne palice je deloma spremenila tehniko teka.

Kljub temu, pa je bil tek s stiskanjem štafetne palice, značilno hitrejši od teka brez palice. Med tekom s stiskanjem s pestjo in brez pa ni bilo značilne razlike. Zato lahko hipotezo 1, ki pravi, da bo hitrost šprinta s stiskanjem štafetne palice višja, kot hitrost šprinta brez nošenja štafetne palice, ovržemo. Drugo hipotezo, ki pravi, da bo hitrost šprinta s stiskanjem štafetne palice s prsti višja, kot hitrost šprinta brez nošenja štafetne palice, pa potrdimo. Kljub temu, da palica v roki podaljša ročico zamaha in pripomore k večjemu navoru v ramenskem obroču ter večji stabilnosti trupa med tekom, to ni edini dejavnik. Zamah z rokami med sprintom je ključen za stabilnost telesa, ker omogoči nasprotno usmerjen navor v horizontalni ravnini in okrog vertikalne osi kot ga proizvedejo iztegovalke nog (Biomech, 2013).

Večji navor v horizontalni ravnini zaradi zamaha roke s palico lahko poveča silo reakcije podlage iztegovalk nog, kar bi lahko povečalo dolžino koraka in s tem tudi hitrost teka v naši študiji. Vendar je do značilno večje hitrosti prišlo samo med tekom, kjer so preizkušanci stiskali štafetno palico s prsti, ne pa tudi s pestjo. Zato daljša ročica zamaha najverjetneje ni najpomembnejši dejavnik, ki je povzročila večjo hitrost teka. Največja hitrost teka se tudi ni razlikovala med tekom s stiskanjem palice s prsti in s pestjo, zato lahko tudi tretjo hipotezo ovržemo.

Prav tako smo ovrgli tudi ostale hipoteze (H4, H5, H6, H7 in H8), ker nismo uspeli pokazati statistično značilnih razlik kinematičnih parametrov tekov brez in s stiskanjem palice.

Naša študija ima tudi več omejitev. Največja omejitev raziskave je, da je bil manever spremljan posredno preko EMG amplitude in ne preko sile. Poleg tega tudi nismo preverili ali s stiskanjem palice izzovemo povečanje H refleksa. Obenem moramo tudi vedeti, da je JM časovno zelo težko opredeliti. Naslednja pomanjkljivost raziskave je majhno število merjencev (N=7). Kljub majhni populaciji merjencev, pa je potreba omeniti, da so vsi merjenci bili ustrezno trenirani v šprintih, kar je preprečilo variabilnost izvedbe tekov. Dodati velja tudi o ustreznosti izbire same mišice, s katero bomo spremljali gibanje EMG signala. Ker je JM izzvan z distalnim mišicami, imamo na izbor preko 20 malih mišic prstov ter dlani. V našem primeru smo izbrali m. adductor pollicis, ki je ena največjih ter najlažje dostopnih za merjenje.

V prihodnje bi predvsem morali povečati število merjencev, saj bi tako dobili bolj zanesljivo bazo podatkov. Če bi želeli še bolj spoznati kaj se dogaja s samim prijemom palice med tekom, bi bila priporočljiva vstavitev senzorja sile na samo palico. Tako bi lahko pridobili neposredne podatke o sami sili ter navoru ne samo m. adductor pollicis, temveč vseh mišic, ki

izvajajo stisk.. Večji poudarek bi lahko tudi dali na samo učenje stiskanja palice oz. da bi se merjenci naučili izvajati manever.

5 Sklep

Ravno zaradi pojava velike zgoščenosti tekmovalnih rezultatov ter velike konkurenčnosti posameznikov je tehnologija treninga prisiljena iskati nove načine, kako bi tekmovalci svoje rezultate popravili za odstotek ali dva in s tem dosegali medalje ter naslove na velikih tekmovanjih. Izkoristek Jendrasikovega manevra bi lahko predstavljal ta odstotek in to je bil razlog, da smo se odločili raziskati možen vpliv Jendrasikovega manevra v šprintu oz. natančneje v štafetnem teku.

Jendrasikov manever (JM) je fenomen s pomočjo katerega z aktivacijo distalnih mišic (mišice rok, obraza) povečamo aktivacijo mišic nog. Ta fenomen nezavedno izkoriščamo tudi v vsakdanjem življenju, ko dvigujemo težje predmete, nehotе stisnemo čeljusti. Tudi starostniki si pri vstajanju s stola pomagajo tako, da z rokami stisnejo oporo, itd. Mi pa smo želeli manever izkoristiti zavedno, in sicer s pomočjo štafetne palice. Stisk štafetne palice naj bi namreč povzročil nastanke JM, ki bi nato vplival na povečano vzdraženost mišic nog in posledično vplival na hitrejši tek.

V raziskavi je sodelovalo 7 merjencev (6 moških in 1 ženska), njihova povprečna starost je znašala $19,13 \pm 1,55$ let. Vsi merjenci so bili atleti, ki so tekmovali v šprintih in skoku v daljino. Vsi merjenci so imeli izkušnje s štafetnim tekom, saj je bil to eden od vključitvenih pogojev za sodelovanje v raziskavi, obenem pa jim pred začetkom merjenja, nismo predstavili naših cilje in hipotez in posledično niso vedeli kaj iščemo, saj bi to lahko vplivalo na rezultat. Vsakemu od merjencev je bilo pred samim tekom rečeno samo to, da mora teči maksimalno hitro. Osnova testa je bil tek na 15 m z letečim štartom, ki smo ga izvedli na 3 načine: (1) tek brez palice, (2) tek s stiskanjem štafetne palice s pestjo in (3) tek s stiskanjem s prsti.

V raziskavi smo postavili tri cilje, s katerimi smo želeli ugotoviti: (1) ali med šprintom s stiskanjem štafetne palice s pestjo in šprintom brez nje prihaja do razlik v kinematičnih parametrih šprinta na 15 m z letečim štartom, (2) ali med šprintom s stiskanjem štafetne palice s prsti in šprintom brez nje prihaja do razlik v kinematičnih parametrih šprinta na 15 m z letečim štartom in (3) ali se kinematični parametri šprinta na 15 m metrov razlikujejo med obema prijemoma palice.

Po opravljenih meritvah ter obdelavi podatkov smo prišli do glavne ugotovitve, da je štafetni tek s stiskanjem štafetne palice hitrejši, kot tek brez štafetne palice. Obenem nismo uspeli dokazati, da so bile razlike v kinematični parametrih šprinta (dolžina koraka, frekvenca, kontaktni čas, faza leta...) pri tekih v različnih pogojih statistično značilne.

Ker raziskave, ki bi se ukvarja z podobnim problemom nismo zaznali, smo tako rekoč orali ledino na tem področju. V kontroliranih laboratorijskih pogojih smo pokazali, da so štafetni teki hitrejši, vendar nismo uspeli dokazati, da bi bil stisk pesti ali prstov ključen dejavnik višje hitrosti teka.

6 Viri

Burke, J.R., Schutten, M.C., Koceja, D.M., Kamen, G. (1996). Age-dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 77(6), 600-604. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8831479>

Bussel, B., Morin, C. in Pierrot-Deseilligny, E. (1978). Mechanism of monosynaptic reflex reinforcement during Jendrassik manoeuvre in man. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 41 (1), 40-44.

Bundle, M. (22.1.2010). Humans Could Run 40 mph, in Theory. *Live science*. Pridobljeno iz <http://www.livescience.com/8039-humans-run-40-mph-theory.html>

Čoh, M. (2002). *Atletika*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport.

Čoh, M., Uranjek, I. (1997). *Starogrška atletika*. Ljubljana: Fakulteta za šport, Inštitut za šport

Delwaide, P. J. in Toulouse, P. (1981). Facilitation of monosynaptic reflexes by voluntary contraction of muscles in remote parts of the body: Mechanisms involved in the Jendrassik manoeuvre. *Brain*, 104 (4), 701-719.

Ebben, W. P. (2006). A brief review of concurrent activation potentiation: theoretical and practical constructs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 985-991.

Ebben, W. P., Flanagan, E. P. in Jensen, R. L. (2008). Jaw clenching results in concurrent activation potentiation during the countermovement jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (6), 1850-1854. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18978622>

Enoka, R. M. (2002). *Neuromechanics of human movement. Fourth edition*. Human Kinetics

Feltz, D.L., Kerr, N.L. in Irwin, B.C. (2011). Buddy up: the Köhler effect applied to health games. *Journal of sport and exercise psychology*, 33 (4), 506-526. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21808077>

Feltz, D.L., Forlenza, S.T., Winn, b. in Kerr, N.L. (2014). Cyber Buddy Is Better than No Buddy: A Test of the Köhler Motivation Effect in Exergames. *Games for health journal*, 3 (2), 98-105. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26196051>

Hameršak, D. (2011). *Biomehanske značilnosti teka ter tipične tekaške poškodbe in njihova preventiva* (Diplomska naloga). Fakulteta za šport, Ljubljana. Pridobljeno iz <http://www.fsp.uni-lj.si/cobiss/diplome/Diploma22057910HammersakDavid.pdf>

Hamner, S.R., Delp, S.L. (2013). Muscle contributions to fore-aft and vertical body mass center accelerations over a range of running speeds. *Journal of biomechanics*. 46(4), 780-787. Pridobljeno iz <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23246045>

Hetherington, N. (12.7.2017). *An Introductory Guide to 4 x 100m Relay Racing*. Pridobljeno iz http://www.friidrott.se/docs/4x100_Relay_Strategies.pdf

Hommel, H. (2009). Biomechanical analyses of selected events at the 12th IAAF World Championship in Athletics, Berlin 15-23 August 2009.

Irwin, B.C., Feltz, D.L., Kerr, N.L. (4.6.2013). *Silence is Golden: Effect of Encouragement in Motivating the Weak Link in an Online Exercise Video Game*. Journal of medicine internet research, 15 (6), 104. Pridobljeno iz <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3713945/#>

Kerr, N. L. (19.5.2016). Köhler effect. *Encyclopedia Britannica*. Pridobljeno iz <https://www.britannica.com/topic/Kohler-effect>

Lee, J. (28.11.2010). Exploiting your 4x100 meter Relay Personnel. *Speedendurance*. Pridobljeno iz <http://speedendurance.com/2010/11/28/exploiting-your-4x100-meter-relay-personnel>

Mero, A., Komi, P.V. in Gregor, R.J. (1992). Biomechanics of sprint running: A review. *Sports medicine*, 13(6), 376-392.

Podpečan, A. (2013). *Utrujenost po šprintih na 100m, 200m in 400m*. (Magistrska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport). Pridobljeno iz <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Mag/Magisterij22990233PodpecanAna.pdf>

Porth, C.J., Bamrah, V.S., Tristani, F.E., Smith, J.J. (1984). The Valsalva maneuver: mechanisms and clinical implications. *Hearth & lung: the journal of critical care*, 13 (5), 507-518. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6565684>

Rosenbaum, R. (19.5.2017). *Strategies for the 4 x 100 Relay Race*. ThoughtCo. Pridobljeno iz <https://www.thoughtco.com/strategies-for-the-4-x-100-relay-race-3259122>

Schmolinsky, G. (2000). *Track and field*. Toronto: Sport books publisher.

Skorski, S., Etxebarria, N., Thompson, KG. (26.8.2015) Breaking the Myth That Relay Swimming Is Faster Than Individual Swimming. *International journal of sports physiology and performance*, 11 (3), 410-413. Pridobljeno iz <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26308382>

Štiblar-Martinčič, D., Cvetko, E., Cor, A., Marš, T., Finderle, Ž. (2014). *Anatomija, histologija in fiziologija*. Ljubljana: Medicinska fakulteta.

Taylor, J. (29.7.2013). Build a Positive and High-performing Sports Team Culture. *Psychology Today*. Pridobljeno iz <https://www.psychologytoday.com/blog/the-power-prime/201307/build-positive-and-high-performing-sports-team-culture>

The editors of Encyclopedia Britannica. (26.8.2014). Relay race. *Encyclopedia Britannica*. Pridobljeno iz <http://www.britannica.com/sports/relay-race>

Uršič, M. (2010). *Vpliv jendrasikovega manevra na spremembo v refleksu h mišice soleus* (Diplomska naloga). Fakulteta za šport, Ljubljana. Pridobljeno iz <http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Diplome/Diploma22058520UrsicMitja.pdf>

Ušaj, A. (2003). *Kratek pregled osnov športnega treniranja*. Ljubljana: Fakulteta za šport, inštitut za šport.

Ward-Smith, A.J. in Radford, P.F. (19.11.2001). A mathematical analysis of the 4x100 m relay. *Journal of Sport Sciences*, 20, 369-381.

4x100 metres relay. (14.3.2016). Home of World Athletics. International Association Athletics Federation. Pridobljeno iz <http://www.iaaf.org/disciplines/relays/4x100-metres-relay>