

Manca Glušič¹

Vpliv menstrualnega cikla na mišično moč – mit ali dejstvo?

Izvleček

Čeprav vsako žensko spremlja menstrualni cikel, se le malo ve o njegovem vplivu na spremembe v mišični moči. Ženska se vse od pubertete oz. menarhe prek nosečnosti in poroda do menopavze in pozneje srečuje z dnevnimi hormonskimi spremembami, ki lahko vplivajo na optimalno zmogljivost, še zlasti ko govorimo o vrhunskem športu. Zato smo v zadnjem času lahko priča skokoviti rasti števila raziskav na tem področju. Kljub temu pa še vedno nimamo jasnega odgovora na vprašanje o vplivu menstrualnega cikla na mišično moč, saj je kakovost metodologije večine raziskav zelo slaba. Namen prispevka je predstaviti najnovejšo izsledke z omenjenega področja in ponuditi praktične napotke. Trenutni izsledki raziskav kažejo, da je akutni vpliv menstrualnega cikla na mišično moč minimalen, se pa toliko večji vpliv kaže v daljšem časovnem obdobju, ko govorimo o ciklizaciji vadbe moči. Na podlagi teh ugotovitev je smiselno, da treniramo ob upoštevanju svojega menstrualnega cikla. Ob tem pa se je treba zavedati, da je odziv žensk na menstrualni cikel povsem individualen, zato je sklepanje na podlagi povprečja rezultatov lahko napačno.

Ključne besede: menstrualni cikel, estrogen, progesteron, mišična moč, predmenstrualni sindrom



Influence of the menstrual cycle on muscle strength: myth or fact?

Abstract

Although the menstrual cycle accompanies every woman, little is known about its influence on changes in muscle strength. The female athlete, from puberty through pregnancy and childbirth to menopause and beyond, has to contend with a shifting spectrum of hormonal alterations that have the potential to interfere with optimal performance, especially at the elite level. As a result, we can observe a sharp increase in research in this area. Regardless, we still don't have a clear answer about the effect of the menstrual cycle on muscle strength, as the methodological quality of most research is poor. The purpose of the present paper was to shed some light on the latest findings from the aforementioned field and to provide practical guidance. Based on current literature, possible alterations to strength and power performance elicited by the menstrual cycle are more likely to occur during long-term menstrual cycle phase-dependent training interventions, rather than the acute testing of performance. Based on these findings, training with your menstrual cycle makes sense. However, it is necessary to be aware of the individual response of women during the menstrual cycle. Therefore, reasoning based on the "average" pattern of change may be incorrect.

Keywords: menstrual cycle, estrogen, progesterone, muscle strength, premenstrual syndrome

¹Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, Slovenija

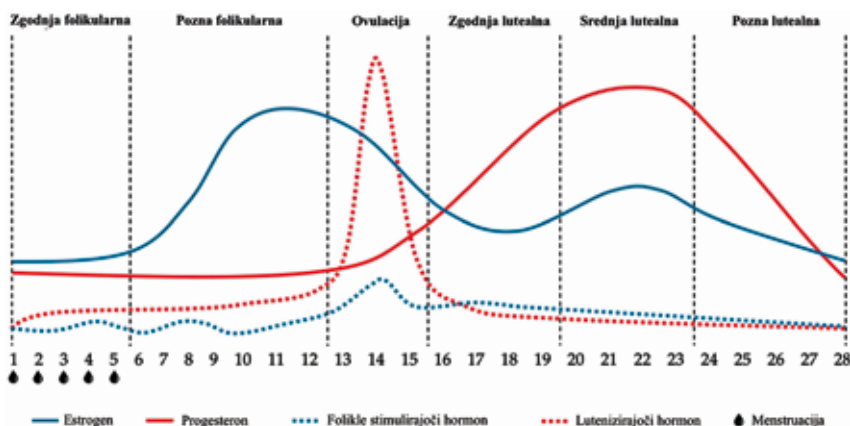
■ Uvod

V zadnjih treh desetletjih se je število žensk v športu občutno povečalo. Takšno rast je mogoče pripisati vse večjemu razvoju in vlaganju v ženski šport (Fink, 2015). Zaradi vse večje priljubljenosti telesne dejavnosti in športa pri ženskah v zadnjih nekaj desetletjih se potreba po izboljšanju znanja o njihovi fiziologiji in prilagoditvah na vadbo povečuje. Tradicionalno se je domnevalo, da je fiziološki odziv na vadbo med spoloma enak, zato so se priporočila o telesni vadbi za ženske desetletja predpisovala na podlagi ugotovitev, pridobljenih na moški populaciji, ne da bi se sploh preizkusilo, ali so te smernice ustrezne. Eden izmed razlogov za nizko zastopanost žensk v raziskavah je tudi v metodoloških težavah, povezanih z menstrualnim ciklom (García-Pinillos idr., 2021).

Pri nedavnem pregledu raziskav se je izkazala očitna premajhna zastopanost žensk v raziskavah, saj je le 4–13 % člankov vključevalo samo ženske (de Jonge idr., 2019). Število raziskav, ki vključujejo samo moške, močno presega število raziskav, v katerih sodelujejo samo ženske (~ 4 : 1) (Ansdell idr., 2020). Posledično so ugotovitve glede fiziologije in športne zmogljivosti, pridobljene le na moški populaciji, največkrat preprosto prenesene na ženski spol (Costello idr., 2014; Emmonds idr., 2019). Tudi če so ženske vključene v raziskave, se pogosto ne upoštevajo nihanja ženskih spolnih hormonov ali pa se testiranja izvedejo, ko so ravni hormonov nizke, s čimer se zmanjša možni učinek menstrualnega cikla (de Jonge idr., 2019).

■ Menstrualni cikel

Menstrualni cikel velja za enega izmed pomembnejših bioloških ritmov, pri katerem so ženske izpostavljene stalnemu in hitro spreminjajočemu se profilu endogenih spolnih hormonov. Menstrualni cikel se kaže kot posledica medsebojnega delovanja hipotalamusa, hipofize in jajčnikov (HPO-os) (Constantini idr., 2005). Čeprav je primarna funkcija ženskih spolnih hormonov skrb za reprodukcijo človeške vrste, številne raziskave kažejo, da spreminjajoče se koncentracije estrogena in progesterona med menstrualnim ciklom vplivajo na številne fiziološke sisteme (srčno-žilni, respiratorni, presnovni in živčno-mišični), kar bi lahko imelo za posledico spremembe v vadbni učinkovitosti (McNulty idr., 2020).



Slika 1. Hormonske spremembe med 28-dnevnim menstrualnim ciklom

Opomba: Iz »The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: A narrative review«, avtorji M. A. Carmichael, R. L. Thomson, L. J. Moran in T. P. Wycherley, 2021, International journal of environmental research and public health, str. 2.

Menstrualni cikel je sestavljen iz niza dogodkov, ki pripravljajo maternico na morebitno nosečnost (Reed in Carr, 2015). Prvi dan menstruacije (krvavitve) označuje začetek folikularne faze (razdeljene na zgodnjo folikularno in pozno folikularno fazo), ki traja vse do ovulacije. Za to fazo sta značilna nižja bazalna telesna temperatura in razvoj foliklov (folikulogeneza) v jajčnikih. Folikulogeneza se začne sicer že v prejšnjem menstrualnem ciklu, v zadnjih dneh s sproščanjem folikle stimulirajočega hormona (FSH), in traja vse do sprostitve zrelega folikla ob pojavu ovulacije. Za zgodnjo folikularno fazo je značilna nizka koncentracija estradiola (~ 5 pg/ml) (ena izmed oblik estrogena) (Chidi-Ogbolu in Baar, 2019) in progesterona, zaradi česar pride do menstruacije (Reed in Carr, 2015). S koncem menstruacije nastopi pozna folikularna faza, ko se koncentracija estradiola povečuje in doseže svoj vrh dan pred ovulacijo (običajno med 12. in 14. dnevom po začetku menstruacije), ko se zrelo jajčece sprosti iz folikla, kot posledica porasta ravni luteinizirajočega hormona (LH). Koncentracija estradiola ob vrhu doseže vrednosti med 200 in 450 pg/ml, medtem ko se vrednost progesterona ne spreminja in ostaja razmeroma nizka. Ovulacija se pojavi približno 10–12 ur po tem, ko LH doseže svojo najvišjo vrednost, in v tem času lahko pride do oploditve. Po ovulaciji sledi lutealna faza (razdeljena na zgodnjo lutealno, srednjo lutealno in pozno lutealno fazo), ki največkrat traja 14 dni. V zgodnji lutealni fazi se močno zniža raven estradiola (med 100 in 150 pg/ml) in postopno zviša raven progesterona, ki v srednji lutealni fazi doseže svoj vrh (med 8 in 10 ng/ml) (Haggstrom, 2014;

Patricio in Sergio, 2019). Tudi koncentracija estradiola se postopno zvišuje (med 150 in 200 pg/ml), vendar ne preseže koncentracije progesterona. Če do oploditve v času ovulacije ne pride, v naslednjih 5–7 dneh koncentracija obeh hormonov upade, s čimer nastopi pozna lutealna faza (Patricio in Sergio, 2019). Rumeno telo začne razpadati s pomočjo proteolitičnih encimov, pride do luščenja maternične sluznice, kar se kaže kot krvavitev oz. menstruacija (Holesh idr., 2017; Patricio in Sergio, 2019). Na Sliki 1 so prikazane glavne faze menstrualnega cikla in opisane hormonske spremembe na podlagi 28-dnevnega menstrualnega cikla.

Kot prikazuje zgornji diagram, se med menstrualnim ciklom pri ženskah dogajajo velike spremembe v nasprotju z razmeroma stabilnim hormonskim stanjem pri moških. Medtem ko se koncentracija testosterona pri zdravih odraslih moških vsakodnevno spreminja od 6 do 10 ng/ml (Bowen idr., 2011), estrogen in progesteron pri ženskah kažeta veliko večja ciklična nihanja. Na podlagi opisanega nihanja hormonov lahko med zgodnjo folikularno fazo (nizek estrogen in progesteron), pozno folikularno fazo (visok estrogen in nizek progesteron) in srednjo lutealno fazo (visok estrogen in progesteron) prepoznamo tri izrazito različna hormonska okolja (de Jonge idr., 2019).

Čeprav opisani vzorec hormonskih sprememb velja pri vseh ženskah, je opazna velika inter- in intraindividualna variabilnost tako v koncentraciji hormonov kot v nastopu posameznih faz menstrualnega cikla (Haggstrom, 2014). Še posebno pogoste so nepravilnosti v skrajnih legah reproduktivnega obdobja, tj. v času menarhe in meno-

pavze, ko je razvoj foliklov neustrezen. Lutealna faza je pri vseh ženskah razmeroma konstantna in traja običajno 14 dni. Spremembe v dolžini cikla navadno izhajajo iz različnih dolžin folikularne faze, ki lahko traja 10–16 dni in se sčasoma skrajša za 3–7 dni (Mihm idr., 2011; Reed in Carr, 2015).

■ Vpliv ženskih spolnih hormonov na mišično moč

Že od leta 1876, ko so opazili ciklične spremembe v mišični moči kot posledico cikličnih hormonskih sprememb v menstrualnem ciklu, raziskovalci poskušajo ugotoviti vzrok za nastale spremembe (Jacobi, 1877). Opravljene so bile številne raziskave, vendar pa raziskovalci nikakor ne morejo priti do skupnega mnenja o vplivu menstrualnega cikla na mišično moč. Medtem ko nekateri avtorji potrjujejo vpliv menstrualnega cikla na ciklične spremembe v mišični moči, drugi niso prišli do takšnih rezultatov (Elliot-Sale idr., 2021). V zadnjih nekaj desetletjih je bilo pridobljenih veliko informacij o estrogenu in progesteronu ter njunih vlogah v ženski fiziologiji. Kljub temu, da estrogen in progesteron vplivata na različne ciljne organe in spodbujata različne fiziološke odzive, se bomo v članku omejili le na vpliv na mišično moč.

Čeprav je anabolni učinek androgenih hormonov (predvsem testosterona) že dobro znan (Morton idr., 2016), je manj jasen vpliv ovarijskih hormonov (predvsem estrogena in progesterona) na regulacijo mišične mase in moči (Enns in Tiidus, 2010). Estrogen je po svoji strukturi podoben antioksidantom (predvsem vitaminu E), zato naj bi imel visoke antioksidativne sposobnosti in bil kot tak sposoben odstranjevanja prostih radikalov in omejevanja oksidativnih poškodb. Zaradi svoje strukture sposobnost interkalacije znotrajmembranskih fosfolipidov pomaga pri ohranjanju stabilnosti celičnih membran. Ta sposobnost je še zlasti pomembna za metabolizem pri vzdržljivostni vadbi, pri kateri zaradi oksidativnih procesov nastaja več prostih radikalov, ki ogrožajo delovanje in celovitost sarkoleme. Posledično prihaja do vnetja in poškodb skeletnih mišic (Enns in Tiidus, 2010; Oosthuyse idr., 2022). Estrogen lahko prosto prehaja skozi plazemsko membrano vse do jedra celic, kjer se veže na svoje estrogenske receptorje (ERα) in (ERβ) ter s tem spremeni izražanje genov. Zaradi svojega delovanja in oblike varuje pred poškodbami mišic, ki

jih povzroča vadba (zlasti intenzivnejša aerobna vadba in vadba z bremenijo), in zmanjšuje vnetni odziv s proliferacijo satelitskih celic po vadbi (Enns in Tiidus, 2010). Prek aktivacije receptorjev ERα na gabaergičnih nevronih zmanjša sproščanje inhibitornega nevrottransmiterja GABA in ustvari ekscitacijski učinek na živčni sistem (Tenan, 2017). To nakazuje na nevroekscitacijski učinek, s čimer se zmanjša inhibicija in poveča hotena mišična aktivacija (Ansdell idr., 2019). Estrogen tudi spodbuja aktivacijo nevronskih receptorjev, odgovornih za sproščanje glutamata, ki vpliva na ekscitatorni odziv v živčnem sistemu (Ansdell idr., 2020).

Progesteron je drugi glavni reproduktivni hormon, ki prav tako kot estrogen nastaja kot posledica aktivnosti HPO-osi (Oosthuyse idr., 2022). Nekatere raziskave kažejo, da progesteron neposredno zavira delovanje estrogena z zniževanjem razpoložljivih estrogenskih receptorjev (ERα in ERβ) na različnih mestih nevronskih celic (Ansdell idr., 2019). V lutealni fazi, ko je njegova koncentracija visoka, lahko z blokiranjem vezavnih mest zavira vezavo estradiola na receptorje (ERα in ERβ). To povzroči pretvorbo 17β-estradiola v estron, ki velja za manj aktivno obliko estrogena (Davis in Hackney, 2017). Progesteron ima inhibitorni učinek na živčni sistem. S svojim delovanjem lahko poveča zaviralni odziv receptorja GABA_A do 80 % ob prisotnosti inhibitornega nevrottransmiterja GABA, ki je glavni zaviralni živčni prenašalec v možganih in vpliva na zmanjšano živčno vzdraženost in zmanjšan mišični tonus (Ansdell idr., 2020). Na podlagi teh ugotovitev je mogoče trditi, da je raven aktivacije višja na sredini cikla (tj. v pozni folikularni fazi oz. v času ovulacije), kar je povezano z visokimi vrednostmi estrogena, ki ima nevroekscitacijski učinek, sočasno pa so vrednosti progesterona nižje, s čimer je njegov nevroinhibitorni vpliv minimalen. Nasprotno je raven aktivacije nižja v srednji lutealni fazi zaradi višje koncentracije progesterona, ki ima, kot že rečeno, nevroinhibitorni učinek (Ansdell idr., 2019).

Poleg sprememb v živčnem sistemu pa ženski spolni hormoni vplivajo tudi na spremembe v kontraktilnih lastnostih mišic, pri čemer je bilo ugotovljeno, da je estrogen pomemben za vezavo aktina in miozina (Moran idr., 2006; Moran idr., 2007). Dolgotrajno pomanjkanje estrogena povzroči upad v mišični moči, zaradi spremenjene interakcije med aktinom in miozinom (Moran idr., 2006). Zmanjšana

koncentracija estradiola povzroči manjše število močno povezanih prečnih mostičev, zato se zmanjša sposobnost razvoja sile. Z nadomeščanjem estradiola se delovanje miozina povrne.

Največkrat so učinke estrogena in progesterona preučevali pri miših, pri katerih je bila izvedena ovariectomija (odstranitev jajčnikov) (Moran idr., 2006; Moran idr., 2007), ali pri ženskah v menopavzi, ki so eksogeno uživale estrogen (Lowe idr., 2010). Pri ženskah s staranjem upada koncentracija spolnih hormonov. Izrazito zmanjšanje estrogena opazimo v pozni fazi prehoda v menopavzo (Katajima in Ono, 2016). Pomanjkanje estrogena v menopavzi povečuje mišično atrofijo s povečano avtofagijo, signalizirano prek FOXO3 (forkhead box protein O3), kar se z eksogenim uživanjem estrogena zavira (Oosthuyse idr., 2022). Na podlagi izsledkov raziskav se domneva, da je upad mišične moči v menopavzi lahko povezan z upadom koncentracije estrogena. To bi lahko potrdili tudi z dejstvom, da se je ženskam na estrogenski hormonski terapiji (EHT) mišična moč ohranjala dlje kot ženskam, ki so že bile v menopavzi in estrogena niso nadomeščale z EHT. Upad mišične moči v menopavzi nakazuje možne pozitivne inotropne učinke estrogena na mišično moč (Lowe idr., 2010). Raziskave, izvedene na miših z odstranjenimi jajčniki, sicer podpirajo te dokaze, vendar moramo biti previdni, saj pri ovariectomiji ni postopnega in nelinearnega hormonskega upada, ki se pojavi pri prehodu iz perimenopavze v menopavzo (Smith idr., 2012). Pri normalnem ovulacijskem menstrualnem ciklu se sicer pojavljajo precejšnja nihanja v koncentraciji ženskih spolnih hormonov, pri čemer je koncentracija estrogena najnižja v zgodnji folikularni fazi. Pa vendar se je treba zavedati, da je raven estrogena v omenjeni fazi še vedno precej višja kot pri živalih z ovariectomijo in pri ženskah v menopavzi. Slednje lahko tudi pojasni, zakaj raziskovalci ne opazijo neposredne povezave med variacijo ravni spolnih hormonov med menstrualnim ciklom in spremembami v mišični moči. Poleg tega se spremembe v mišični moči pri živalih z ovariectomijo in ženskah v menopavzi kažejo kot posledica dolgoročnih učinkov in ne akutnega vpliva (Dam idr., 2022).

■ Iz teorije v prakso

Raziskovalci domnevajo, da ima estrogen (in morda tudi progesteron) podobno

vlogo pri uravnavanju mišične mase kot testosteron pri moških. Z razlogom sem uporabila besedo »domnevaj«, saj še danes zevala velika vrzel med raziskavami o tej temi. Čeprav je bilo v zadnjem času opravljenih veliko raziskav s tega področja, še vedno nimamo jasnega odgovora na vprašanje o vplivu menstrualnega cikla na mišično moč. Takšen rezultat je lahko posledica neenotne definicije menstrualnega cikla in tudi mišične moči. Pri primerjavi izsledkov raziskav je treba upoštevati število udeležencev v raziskavi in tudi njihov status (trenirani, netrenirani). Majhno število preiskovancev vodi do nezadostne moči pri odkrivanju statistično pomembnih razlik. Do neenotnih zaključkov prihaja zaradi različnih protokolov testiranja, velike interin intraindividualne variabilnosti glede hormonskih sprememb in neskladij v času testiranja (Lebrun idr., 2013).

V literaturi je mogoče zaslediti različne zaključke glede vpliva ženskih spolnih hormonov na mišično moč. Po eni strani se vpliv ženskih spolnih hormonov na mišično moč potrjuje (Gordon idr., 2013; Rodrigues idr., 2019; Phillips idr., 1996; Sarwar idr., 1996), medtem ko se po drugi zavrača (Lebrun idr., 1995; Romero-Moraleda idr., 2019). Zaključki pregledne raziskave Elliot-Sale (2014), pri kateri so podrobno preučevali povezavo med estrogenom in močjo, ne kažejo jasnega soglasja o učinku estrogena na mišično moč. Glavno vlogo pri povečevanju moči v folikularni fazi se pripisuje estrogenu, ki v pozni folikularni fazi doseže svoj vrh. V skladu s tem se pričakuje, da bo mišična moč v omenjeni fazi naraščala vse do ovulacije, ko upade koncentracija estrogena. Vendar pa rezultati raziskave De Jonge idr. (2001) ne kažejo povezave med spremembo serumske koncentracije estradiola in spremembami v mišični moči, utrujenostjo ter kontraktilnimi lastnostmi mišic. Poleg tega so Greeves idr. (1997) dokazali, da vrednosti estradiola nad fiziološkimi vrednostmi bistveno ne povečajo mišične moči, kar zbujala pomisleke o ugotovitvah raziskav avtorjev Phillipsa idr. (1996) ter Sarwarja idr. (1996), namreč, da akutne spremembe estradiola vplivajo na spremembe v mišični moči.

Blagrove idr. (2020) so z analizo ugotovili, da ima menstrualni cikel trivialni učinek na največjo hoteno mišično kontrakcijo, maksimalni izokinetični navor in eksplozivno moč. Na podlagi tega so sklepali, da menstrualni cikel ne vpliva na rezultate moči. To je tudi v skladu z rezultati preglednega

članka McNulty idr. (2020), ki je vključeval 73 raziskav. Analiza je bila izvedena med šestimi menstrualnimi fazami (zgodnja folikularna faza, pozna folikularna faza, ovulacija, zgodnja lutealna faza, srednja lutealna faza in pozna lutealna faza), vse primerjave pa so pokazale trivialen učinek menstrualne faze na mišično moč ($ES = 0,01-0,14$), pri čemer je bila opažena največja razlika med zgodnjo folikularno in pozno folikularno fazo ($ES = 0,14$). Na podlagi tega so avtorji sklepali, da bi lahko bila telesna zmogljivost bolj zmanjšana v zgodnji folikularni fazi v primerjavi s preostalimi menstrualnimi fazami. Vendar pa se moramo zavedati, da je med vključenimi raziskavami bila zelo velika variabilnost, metodološka kakovost pa precej nizka. Zato avtorji poudarjajo, da se na podlagi rezultatov ne smejo podajati priporočila in smernice za vadbo (McNulty idr., 2020).

Iz napisanega je razvidno, da je akutni vpliv ženskih spolnih hormonov na mišično moč zelo majhen oz. celo trivialen. A ne glede na to se večji vpliv na morebitne spremembe v mišični moči kaže pri dolgotrajnih vadbenih intervencijah, ko govorimo o ciklizaciji vadbe moči. V raziskavi Sunga idr. (2014), ki je potekala 3 zaporedne menstrualne cikle, so po protokolu, po katerem so ženske opravile 8 vadbenih enot v folikularni fazi in 2 vadbeni enoti v lutealni fazi, ugotovili večje izboljšanje v največji izometrični moči m. quadriceps v primerjavi z drugim protokolom, po katerem so opravile 8 vadbenih enot v lutealni fazi in 2 vadbeni enoti v folikularni fazi (40 % proti 27 %). Poleg tega so po prvem protokolu, po katerem je bilo več treningov opravljenih v folikularni fazi, nastale večje razlike v premeru mišice v primerjavi z lutealno fazo po končani intervenciji. To razliko je mogoče pojasniti z višjim razmerjem med sintezo in razgradnjo beljakovin med vsakim treningom moči ali po njem v folikularni fazi v primerjavi z lutealno fazo (Sung idr., 2014). Pri raziskavi Reisa idr. (1995) se je pokazal večji razvoj največje moči m. quadriceps v skupini, v kateri je bila večina treningov izvedena v folikularni fazi (na vsak drugi dan v folikularni fazi in enkrat na teden v lutealni fazi skozi celoten menstrualni cikel), v primerjavi s skupino, ki je trenirala neodvisno od menstrualne faze (na vsake tri dni skozi celoten menstrualni cikel), in sicer 31 % proti 13 %. Tudi v raziskavi Wikstrom-Frisen idr. (2017) se je pokazalo, da pride do boljših rezultatov vadbe moči, ko je ta večkrat izvedena v folikularni fazi, tako pri največji moči in pusti telesni masi, kakor če je vadba izve-

dena v lutealni fazi. Trening moči, izveden v prvih dveh tednih menstrualnega cikla, je povzročil celo večji prirastek puste telesne mase kot redni trening skozi celoten menstrualni cikel. Po drugi strani pa do takšnih zaključkov niso prišli Sakamaki-Sunaga idr. (2016) v raziskavi, ki so jo s podobno zasnovo treningov, temelječih na menstrualnih fazah, izvedli na zgornjih okončinah. Do povečanega prečnega preseka mišic, 1RM in izometrične jakosti je prišlo tako v skupini, ki je več trenirala v folikularni fazi, kot tudi v skupini, ki je več trenirala v lutealni fazi, brez statistično pomembnih razlik. To bi lahko pomenilo, da se učinki treningov kažejo drugače glede na mišično skupino (Kissow idr., 2022).

Na podlagi rezultatov raziskav Sung idr. (2014), Wikstrom-Frisen idr. (2017) ter Reis idr. (1995) se sklepa, da so učinki vadbe za moč večji, ko je večji delež vadbenih enot izveden v folikularni fazi, in ne v lutealni fazi, ali ko se trenira neodvisno od menstrualnih faz skozi menstrualni cikel. Po izsledkih raziskav se razlike pojavljajo zaradi delovanja ženskih spolnih hormonov. V svoji raziskavi so Dieli-Conwright idr. (2009) poročali, da je pri ženskah na hormonski terapiji v primerjavi s kontrolno skupino prišlo do znatno večje regulacije pri izražanju proanaboličnega gena, tako v mirovanju kot po ekscentrični vadbi. Estrogen s svojim delovanjem vpliva na hitrost obnove mišic po poškodbah z aktivacijo in proliferacijo satelitskih celic, kar se kaže v prilagoditvi celic po vadbi za moč (Enns in Tiidus, 2010). Markofski in Braun (2014) sta ugotovila manjše poškodbe mišic in boljše okrevanje, ko so ženske opravile en trening v folikularni fazi – v primerjavi z lutealno fazo. Poleg tega se koristni učinki estrogena na mišično moč kažejo z izboljšano intrinzično kakovostjo skeletnih mišic, pri čemer se miozin med mišično kontrakcijo močno veže na aktin, kar se kaže v generiranju večje sile med treningom (Lowe idr., 2010). V raziskavi Sunga idr. (2014) je bilo z mišično biopsijo ugotovljeno, da v folikularni fazi v primerjavi z lutealno fazo pride do statistično značilnega večjega premera mišičnih vlaken tipa II. Pogoji za povečanje števila in/ali velikosti miofibril je povečanje specifične biosinteze beljakovin, kar je odvisno od anaboličnih učinkov estrogena in testosterona. Premer mišičnih vlaken tipa II se je bolj povečal v folikularni fazi, ko je koncentracija estrogena in testosterona višja, v primerjavi z lutealno fazo, ko je koncentracija omenjenih hormonov nižja (Sung idr., 2014). Vendar pa je treba biti pri

sklepanju na podlagi omenjenih raziskav previden zaradi pomanjkljive metodologije, s čimer se zmanjša veljavnost rezultatov (Colenco-Semple idr., 2023).

Veliko raziskav na tem področju je pomanjkljivih zaradi nezadostne metodologije. Posamezne faze niso določene z merjenjem koncentracije estrogena in progesterona v krvi, slini ali urinu, ki veljajo za zlati standard pri določanju posameznih faz menstrualnega cikla (De Jonge idr., 2019; Thompson idr., 2020). Večina raziskav se nanaša na 28 dni dolg menstrualni cikel, pri katerem se ovulacija pojavi na 14. dan. Zaradi velike variabilnosti v dolžini menstrualnega cikla med ženskami in tudi pri nastopu posameznih menstrualnih faz je takšno posploševanje povsem napačno. Le pri 10 % žensk z 28-dnevnim ciklom se kaže 14-dnevno trajanje folikularne in lutealne faze. Sedem odstotkov žensk, ki ima sicer normalno dolžino cikla, nima ovulacije (anovulacijski menstrualni cikel), zlasti je to pogosto pri deklicah po menarhi in pri ženskah pred menopavzo (60 % deklet v starosti 10–14 let in 34 % žensk, starejših od 50 let) (Mihm idr., 2011; Reed in Carr, 2015). Mnogo žensk v rodni dobi z rednim menstrualnim ciklom ne občuti mesečnih hormonskih nihanj. Za okvaro lutealne faze (angl. luteal phase-deficient-LPD) in anovulacijski menstrualni cikel je značilen neustrezen porast LH zaradi motenj v pulzirajočem izločanju sproščevalnega hormona gonadotropinov (GnRH), kar povzroči zmanjšano izločanje estrogena in progesterona (De Jonge idr., 2019). Vse naštetu lahko vodi do neenotnih zaključkov med raziskavami, zato je zelo pomembno, da se v raziskavah natančno preverijo akutne spremembe spolnih hormonov v vsaki fazi menstrualnega cikla, s čimer se tudi potrdi ali ovrže prisotnost določene faze cikla. Schaumberg idr. (2017) predlagajo za preverjanje menstrualnih faz 3-stopenjsko metodo, ki združuje koledarsko sledenje menstruaciji, določanje ovulacije prek testiranja LH ter merjenje koncentracije estrogena in progesterona v krvi.

Najpogostejše uporabljena metoda za določanje posameznih menstrualnih faz v raziskavah je merjenje koncentracije LH z urinskimi testi in spremljanje sprememb v bazalni telesni temperaturi (Vitzthum, 2021). Ovulacija se običajno pojavi od 10 do 12 ur po porastu LH, zato se LH-testiranje tradicionalno uporablja za ugotavljanje, ali je menstrualni cikel ovulacijski in kdaj pride do ovulacije. Ti testi imajo občutljivost med 10 in 60 mIU/l in pokažejo pozitiven

rezultat (potrdijo ovulacijo), ko je presežen prag občutljivosti. Z vidika standardizacije pojava ovulacije so testi z elektronskim odčitavanjem boljši, vendar so nekoliko dražji (Schmalenberger idr., 2021). Čeprav sta obe metodi neinvazivni in razmeroma poceni, sta veljavnost in zanesljivost za potrditev ovulacije prek spremljanja bazalne telesne temperature vprašljivi (Su idr., 2017). Pri nekaterih ženskah se ovulacija pojavi brez jasnih sprememb v bazalni telesni temperaturi. Tako bi bila ovulacija določena ob napačnem času in podani napačni zaključki o vplivu menstrualnega cikla na mišično moč.

McNulty idr. (2020) ter Colenso-Semple idr. (2023) ugotavljajo, da je metodološka kakovost raziskav slaba. V preglednem članku so Colenso-Semple idr. (2023) navedli, da so pomembne razlike v mišični moči med menstrualnimi fazami ugotovili v raziskavah, ki so po kakovosti razvrščene nizko, medtem ko pri študijah srednje do visoke kakovosti kar 90 % raziskav ni ugotovilo razlik v mišični moči med menstrualnimi fazami. Menstrualni cikel ima na podlagi ugotovitev najnovejšega sistematičnega pregleda Colenso-Semple idr. (2023) majhen vpliv na mišično moč. Trenutni zaključki večinoma temeljijo na nizkokakovostnih raziskavah, s slabo metodološko kakovostjo. Zato avtorji pozivajo k uporabi metodološko ustrežnejših metod za določanje menstrualnih faz, s čimer bo zaključke o vplivu menstrualnega cikla na mišično moč lažje podati.

■ Doživljanje menstrualnega cikla med ženskami

Doživljanje sprememb v menstrualnem ciklu se med ženskami razlikuje in tudi pojav simptomov je drugačen. Hkrati je tudi odziv žensk na spremembe v menstrualnem ciklu različen. Medtem ko nekatere ženske čutijo močan vpliv menstrualnega cikla, nekatere teh sprememb sploh ne zaznajo (Brown idr., 2021). Kljub trenutnim izsledkom, da je učinek menstrualnega cikla na mišično moč minimalen, so izkušnje žensk povsem drugačne in niso v skladu s trenutnimi ugotovitvami raziskav. Veliko športnic zaznava spremembe v telesni zmogljivosti med menstrualnim ciklom. Večina zaznava upad zmogljivosti v zgodnji folikularni in/ali pozni lutealni fazi, kar se časovno ujema s pojavom menstrualnih simptomov, ki se

kažejo kot posledica predmenstrualnega sindroma (PMS) (Carmichael idr., 2021). Poslabšanje fizičnih sposobnosti v lutealni fazi se najpogosteje pripisuje simptomom predmenstrualnega sindroma, pri čemer ženske občutijo povečano utrujenost, zastajanje tekočin v telesu, pridobivanje teže in dismenorejo (Giacomoni idr., 2000). Ti simptomi lahko vplivajo na delovno in akademsko uspešnost, zvišajo zdravstvene stroške in zmanjšajo kakovost življenja (Nworie idr., 2018). V raziskavi García-Pinillos idr. (2021) je skoraj 80 % športnic navedlo, da menstrualni cikel vpliva na njihovo telesno zmogljivost. V raziskavi Armour idr. (2020) so športnice poročale o zaznanem upadu vzdržljivosti in povečani utrujenosti poleg zmanjšane mišične moči, hitrosti in agilnosti. Bolečo menstruacijo je imelo 82 % žensk, vključenih v raziskavo, in 83 % se jih je spoprijemalo s PMS. Poleg menstrualne bolečine so športnice pogosto zaskrbljene zaradi menstrualne krvavitve, ki bi morebiti lahko bila vidna (Findlay idr., 2020). V raziskavi Ergin in Kartal (2020), v kateri so sodelovale vrhunske odbojkarice, je večina udeleženk med prvim in tretjim dnevom menstruacije zaznala spremembe, povezane z menstruacijo. Vsi ti dejavniki so pomembni za uspešnost športnice. Nezmožnost izvajanja določenih taktičnih nalog in veščin, ki je posledica povečane utrujenosti in drugih menstrualnih simptomov, lahko negativno vpliva ne samo na rezultat športnice, temveč tudi na uspeh celotne ekipe (Armour idr., 2020).

Vzroki za PMS še vedno niso jasni, so pa med njimi lahko nekateri prehranski dejavniki, kot je pomanjkanje aminokislin, kalcija, magnezija, vitamina B (Mumtaz idr., 2018). Simptomi se lahko med ženskami ali skupinami žensk razlikujejo, zato dejavniki za razvoj PMS niso jasno opredeljeni. Učinek estrogena in progesterona na serotonin, GABA in dopamin je lahko vzrok za spremembe v razpoloženju, kar lahko vpliva na sistem renin-angiotenzin. Slednje je lahko vzrok za simptome, povezane z napenjanjem, otekanjem in posledičnim pridobivanjem telesne teže (Nworie idr., 2018).

Resnost predmenstrualnih simptomov se od ženske do ženske razlikuje in še danes zeva vrzel v razumevanju subjektivnega odziva žensk na menstrualni cikel. Julian idr. (2021) so ugotovili, da so nekatere športnice bolj ali manj dovzetne za spremembe v telesni zmogljivosti, ki so posledica cikličnih hormonskih sprememb v menstrualnem ciklu. Posledično dobimo širok

spekter odgovorov o vplivu menstrualnega cikla na splošno počutje in telesno zmogljivost (Armour idr., 2020; Solli idr., 2020). To pomeni, da je treba ženske obravnavati individualno. Sklepe o vplivu menstrualnega cikla na splošno počutje kot tudi na športno uspešnost je treba delati na podlagi individualnih izkušenj žensk in ne na podlagi povprečja pridobljenih odgovorov (Brown idr., 2021; Carmichael idr., 2021).

■ Praktične smernice in implementacija

Optimalna športna pripravljenost je glavni cilj vsakega športnika in športnice. Zahteve vrhunškega športa so vse večje. Medtem ko je bilo včasih za izjemen rezultat dovolj, da je nadarjeni posameznik veliko treniral, mora danes ta posameznik upoštevati še mnogo drugih dejavnikov. Menstrualni cikel bi lahko bil med dejavniki, ki bi ga bilo treba upoštevati pri načrtovanju vadbene programa, skupaj z drugimi dejavniki: prehrano, utrujenostjo, kakovostjo spanja, stresom, poškodbami in motivacijo. Poleg tega raziskave nakazujejo veliko večji učinek nihanja spolnih hormonov skozi menstrualni cikel v daljšem časovnem obdobju, torej ko govorimo o ciklizaciji vadbe moči. Tradicionalno je za oblikovanje vadbe moči veljal koncept FITT, s katerim določimo frekvenco, intenzivnost, tip in čas trajanja (time) vadbe, k čemur bi lahko na podlagi ugotovitev raziskav dodali tudi fazo menstrualnega cikla.

Prva prednostna naloga v povezavi z menstrualnim ciklom v praksi je izobraževanje tako športnic kot tudi trenerjev oz. trenerk in ozaveščanje, da so simptomi (negativni ali pozitivni) pogosti in povezani z naravnimi fiziološkimi ritmi (tj. hormonskimi spremembami) cikla. Trenerji in trenerke morajo pridobiti znanje s področja ženske fiziologije, s čimer bo zagotovljena lažja komunikacija s športnico glede menstrualnega cikla. Zaradi velike interindividualne razlike v ciklu in stranskih učinkih, ki jih doživljajo športnice med menstrualnim ciklom, je komunikacija med trenerjem in športnico izrednega pomena. Poleg tega je dobro, da ženske sistematično spremljajo svoj cikel in tudi simptome, saj bomo s tem lažje razumeli vsako posameznico ter zaznali odstopanja znotraj cikla. Z beleženjem simptomov bomo tudi lažje ugotovili, kakšen učinek (pozitiven/negativen) imajo hormonske spremembe v posamezni fazi menstrualnega cikla na vsako posamezni-

co posebej. Trenerji bodo tako dobili dolgočnejši vpogled v vpliv menstrualnega cikla na trenažni proces, s čimer bodo lažje prilagodili vadbeni program. Cikel lahko spremljamo z najrazličnejšimi pripomočki, tudi s preprostim papirnatim dnevnikom ali pa z uporabo različnih mobilnih aplikacij.

Potreba po boljšem razumevanju ženske fiziologije ter opredelitvi učinkov cikličnih variacij ženskih spolnih hormonov, tako pozitivnih kot negativnih, in njihovega vpliva na športno uspešnost je izredno pomembna. Hkrati je treba določiti, kako spremembe v koncentraciji ženskih spolnih hormonov vplivajo na spremembe v biomehaniki in fiziološkem profilu žensk ter kako vse skupaj vpliva na trening, tveganje za poškodbe in športno učinkovitost. Boljše razumevanje menstrualnega cikla je potrebno za kritično vrednotenje negativnih vplivov na različne vadbene parametre in preprečevanje nadaljnjih razlik v zastopanosti žensk v raziskavah. Glede na to, da je odziv žensk na ciklične hormonske spremembe različen in povsem individualen ter da se ta odziv pri posamezni ženski spreminja iz meseca v mesec, je pomemben celosten pristop pri spremljanju športnice z vidika prilagajanja trenažnega procesa vsaki posameznici posebej. V raziskavah Brown idr. (2021) ter Carmichael idr. (2021) so predlagali, da je treba zaključke o razlikah v telesni zmogljivosti podajati individualno, še toliko pomembneje pa je to v vrhunskem športu, v katerem je lahko razlika med uspešnim in neuspešnim nastopom zelo majhna. Raven ženskega športa raste, zato je čedalje večja potreba po oblikovanju optimalnih vadbениh programov, pri katerih bi morebiti bilo smiselno upoštevati tudi menstrualni cikel.

■ Zaključek

Izsledki raziskav o učinkih menstrualnega cikla na mišično moč – oz. če pogledamo celostno na telesno zmogljivost – so bili in so še vedno nedosledni. Eden izmed glavnih vzrokov za nedoslednost v ugotovitvah so metodološke omejitve raziskav. Upoštevati je treba standardne vidike načrtovanja raziskav, kot so testni protokoli, število udeležencev in metode za preverjanje faz menstrualnega cikla. Slednje velja za najpomembnejši dejavnik na področju raziskav menstrualnega cikla. Kot zlati standard za določanje faz menstrualnega cikla velja metoda z merjenjem koncentracije estrogena in progesterona v krvi, urinu ali slini. Brez analize krvi ni jasno, katero hor-

monsko okolje se preiskuje, zato je težko narediti natančne sklepe o vplivu menstrualnega cikla na žensko telo in neposredne primerjave z drugimi raziskavami.

Ženske z normalnim, ovulacijskim menstrualnim ciklom so pogosto izključene iz raziskav, zaradi možnega učinka hormonskih sprememb med menstrualnim ciklom na rezultate. Po drugi strani pa izsledke raziskav, opravljenih na moškem vzorcu, ekstrapoliramo na ženski spol. Fiziološke razlike med spoloma so dejstvo, zato si s takšnim posploševanjem vsekakor ne delamo veliko uslug pri razumevanju menstrualnega cikla. Za boljše razumevanje vpliva menstrualnega cikla, tako na mišično moč kot na druge parametre, je treba začeti sistematično vključevati ženske v raziskave, saj bomo le tako prišli do končnega odgovora.

Ženski šport je v polnem razmahu. To nam dokazuje podatek, da se je število tekmovalk na olimpijskih igrah s 34 % v Atlanti leta 1996 povečalo na 48 % v Tokiu leta 2021. Na olimpijskih igrah leta 2024 v Parizu pa se pričakuje enako število tekmovalk in tekmovalcev (The International Olympic Committee, 2022). Razumevanje vpliva menstrualnega cikla na vadbo pri ženskah je ključnega pomena tako za športne strokovnjake kot tudi za trenerje. Z upoštevanjem tega lahko zagotovimo optimalno zdravje in dobro počutje žensk, hkrati pa izberemo ustrezen vadbeni program. Treba pa se je zavedati, da je še prezgodaj dajati zaključke o tej temi, saj je metodološka kakovost izvedenih raziskav (pre)nizka. Z odgovorom na vprašanje iz naslova bomo morali še počakati, saj bi bilo na tej točki povsem napačno podajati kakršnekoli zaključke. Kljub še vedno različnim mnenjem raziskovalcev o vplivu menstrualnega cikla na mišično moč pa je skupno mnenje vseh, da je na tem področju treba izvesti še veliko raziskav.

■ Literatura

1. Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Simoes, D. C., Thomas, K., Howatson, G., Hunter, S. K. in Goodall, S. (2019). Menstrual cycle-associated modulations in neuromuscular function and fatigability of the knee extensors in eumenorrheic women. *Journal of Applied Physiology*, 126(6), 1701–1712. <https://doi.org/10.1152/jap-physiol.01041.2018>
2. Ansdell, P., Thomas, K., Hicks, K. M., Hunter, S. K., Howatson, G. in Goodall, S. (2020). Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: Acute and chronic

- implications. *Experimental Physiology*, 105(12), 2007–2021. <https://doi.org/10.1113/EP088548>
3. Armour, M., Parry, K. A., Steel, K. in Smith, C. A. (2020). Australian female athlete perceptions of the challenges associated with training and competing when menstrual symptoms are present. *International journal of sports science & coaching*, 15(3), 316–323. <https://doi.org/10.1177/1747954120916073>
 4. Blagrove, R. C., Bruinvels, G. in Pedlar, C. R. (2020). Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 23(12), 1220–1227. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.04.022>
 5. Bowen, R. S., Turner, M. J., in Lightfoot, J. T. (2011). Sex hormone effects on physical activity levels. *Sports Medicine*, 41(1), 73–86. <https://doi.org/10.2165/11536860-000000000-00000>
 6. Brown, N., Knight, C. J. in Forrest, L. J. (2021). Elite female athletes' experiences and perceptions of the menstrual cycle on training and sport performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(1), 52–69. <https://doi.org/10.1111/sms.13818>
 7. Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J. in Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: A narrative review. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1667. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041667>
 8. Chidi-Ogbolu, N. in Baar, K. (2019). Effect of estrogen on musculoskeletal performance and injury risk. *Frontiers in physiology*, 9(1834), 10.3389/fphys.2018.01834
 9. Colenso-Semple, L. M., D'souza, A. C., Elliott-Sale, K. J. in Phillips, S. M. (2023). Current evidence shows no influence of women's menstrual cycle phase on acute strength performance or adaptations to resistance exercise training. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 10.3389/fspor.2023.1054542
 10. Constantini, N. W., Dubnov, G. in Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in sports medicine*, 24(2), e51–e82. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003>
 11. Costello, J. T., Bieuzen, F. in Bleakley, C. M. (2014). Where are all the female participants in sports and exercise medicine research? *European Journal of Sport Science*, 14(8), 847–851. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.911354>
 12. Dam, T. V., Dalgaard, L. B., Sevdalis, V., Bibby, B. M., De Jonge, X. J., Gravholt, C. H. in Hansen, M. (2022). Muscle Performance during the Menstrual Cycle Correlates with Psychological Well-Being, but Not Fluctuations in Sex Hormones. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(10), 1678–1689. 10.1249/MSS.00000000000002961
 13. Davis, H. C. in Hackney, A. C. (2017). The hypothalamic-pituitary-ovarian axis and oral contraceptives: Regulation and function. V A. C. Hackney (ur.), *Sex hormones, exercise and women: Scientific and clinical aspects* (str. 1–17). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44558-8_1
 14. De Jonge, X. J., Boot, C. R. L., Thom, J. M., Ruell, P. A. in Thompson, M. W. (2001). The influence of menstrual cycle phase on skeletal muscle contractile characteristics in humans. *The Journal of physiology*, 530(1), 161–166. 10.1111/j.1469-7793.2001.0161m.x
 15. de Jonge, X. J., Thompson, B. in Han, A. (2019). Methodological recommendations for menstrual cycle research in sports and exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(12), 2610–2617. 10.1249/MSS.00000000000002073
 16. Dieli-Conwright, C. M., Spektor, T. M., Rice, J. C., Sattler, F. R. in Schroeder, E. T. (2009). Influence of hormone replacement therapy on eccentric exercise induced myogenic gene expression in postmenopausal women. *Journal of applied physiology*, 107(5), 1381–1388. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00590.2009>
 17. Elliot-Sale, K.S. (2014). The relationship between oestrogen and muscle strength: A current perspective. *The Brazilian Journal of Physical Education and Sport*, 28(2), 339–349. <https://doi.org/10.1590/1807-55092014000200339>
 18. Elliott-Sale, K. J., Minahan, C. L., de Jonge, X. A., Ackerman, K. E., Sipilä, S., Constantini, N. W., Lebrun, C. M. in Hackney, A. C. (2021). Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: A working guide for standards of practice for research on women. *Sports Medicine*, 51(5), 843–861. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01435-8>
 19. Emmonds, S., Heyward, O. in Jones, B. (2019). The challenge of applying and undertaking research in female sport. *Sports Medicine-Open*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0224-x>
 20. Enns, D. L. in Tiidus, P. M. (2010). The influence of estrogen on skeletal muscle. *Sports medicine*, 40(1), 41–58. <https://doi.org/10.2165/11319760-000000000-00000>
 21. Ergin, E. in Kartal, A. (2020). Menstrual Cycle and Sporting Performance Perceptions of Elite Volleyball Players. *International journal of applied exercise physiology*, 9(10), 57–64.
 22. Findlay, R. J., Macrae, E. H., Whyte, I. Y., Easton, C. in Forrest, L. J. (2020). How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: Experiences and perceptions of elite female rugby players. *British journal of sports medicine*, 54(18), 1108–1113. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2019-101486>
 23. Fink, J. S. (2015). Female athletes, women's sport, and the sport media commercial complex: Have we really "come a long way, baby"? *Sport management review*, 18(3), 331–342. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.05.001>
 24. García-Pinillos, F., Bujalance-Moreno, P., Jerez-Mayorga, D., Velarde-Sotres, A., Anaya-Moix, V., Pueyo-Villa, S. in Lago-Fuentes, C. (2021). Training habits of eumenorrheic active women during the different phases of their menstrual cycle: A descriptive study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3662. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073662>
 25. Giacomoni, M., Bernard, T., Gavarry, O., Altare, S. in Falgairette, G. (2000). Influence of the menstrual cycle phase and menstrual symptoms on maximal anaerobic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(2), 486–492.
 26. Gordon, D., Hughes, F., Young, K., Scruton, A., Keiller, D., Caddy, O., Baker, J. in Barnes, R. (2013). The effects of menstrual cycle phase on the development of peak torque under isokinetic conditions. *Isokinetics and Exercise Science*, 21(4), 285–291. 10.3233/IES-130499
 27. Greeves, J. P., Cable, N. T., Luckas, M. J., Reilly, T. in Biljan, M. M. (1997). Effects of acute changes in oestrogen on muscle function of the first dorsal interosseus muscle in humans. *The Journal of Physiology*, 500(1), 265–270. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1997.sp022016>
 28. Haggstrom, M. (2014). Reference ranges for estradiol, progesterone, luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone during the menstrual cycle. *WikiJournal of Medicine*, 1(1), 1–5. 10.15347/wjm/2014.001
 29. Holesh, J. E., Bass, A. N. in Lord, M. (2017). Physiology, ovulation. *Europe PMC*. <https://europepmc.org/article/NBK/nbk441996>
 30. Jacobi, M. P. (1877). *The question of rest for women during menstruation*. GP Putnam s Sons.
 31. Julian, R., Skorski, S., Hecksteden, A., Pfeifer, C., Bradley, P. S., Schulze, E. in Meyer, T. (2021). Menstrual cycle phase and elite female soccer match-play: Influence on various physical performance outputs. *Science and Medicine in Football*, 5(2), 97–104. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1802057>
 32. Kissow, J., Jacobsen, K. J., Gunnarsson, T. P., Jessen, S. in Hostrup, M. (2022). Effects of follicular and luteal phase-based menstrual cycle resistance training on muscle strength and mass. *Sports Medicine*, 52, 2813–2819. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01679-y>
 33. Kitajima, Y. in Ono, Y. (2016). Estrogens maintain skeletal muscle and satellite cell functions. *The journal of endocrinology*, 229(3), 267–275. 10.1530/JOE-15-0476
 34. Lebrun, C. M., Joyce, S. M. in Constantini, N. W. (2013). Effects of female reproductive

- hormones on sports performance. V A. C. Hackney in N. W. Constantini (ur.), *Endocrinology of physical activity and sport* (str. 281–322). Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-314-5_16
35. Lebrun, C. M., McKenzie, D. C., Prior, J. C. in Tanton, J. E. (1995). Effects of menstrual cycle phase on athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(3), 437–444.
36. Lowe, D. A., Baltgalvis, K. A. in Greising, S. M. (2010). Mechanisms behind estrogens' beneficial effect on muscle strength in females. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(2), 61–67. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873087/>
37. Markofski, M. M. in Braun, W. A. (2014). Influence of menstrual cycle on indices of contraction-induced muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2649–2656. 10.1519/JSC.0000000000000429
38. McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K. in Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(10), 1813–1827. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
39. Mihm, M., Gangooly, S. in Muttukrishna, S. (2011). The normal menstrual cycle in women. *Animal reproduction science*, 124(3–4), 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.030>
40. Moran, A. L., Nelson, S. A., Landisch, R. M., Warren, G. L. in Lowe, D. A. (2007). Estradiol replacement reverses ovariectomy-induced muscle contractile and myosin dysfunction in mature female mice. *Journal of applied physiology*, 102(4), 1387–1393. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01305.2006>
41. Moran, A. L., Warren, G. L. in Lowe, D. A. (2006). Removal of ovarian hormones from mature mice detrimentally affects muscle contractile function and myosin structural distribution. *Journal of applied physiology*, 100(2), 548–559. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01029.2005>
42. Morton, R. W., Oikawa, S. Y., Wavell, C. G., Mazara, N., McGlory, C., Quadrilatero, J., Baechler, B. L., Baker, S. K. in Phillips, S. M. (2016). Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. *Journal of applied physiology*, 121(1), 129–138. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00154.2016>
43. Mumtaz, T., Roohi, N. in Iqbal, M. A. (2018). A census of premenstrual syndrome in young adolescent girls: Facts about women health in developing country. *Medical Reports & Case Studies*, 3(2). 10.4172/2572-5130.1000159
44. Nworie, K. M., Aluh, D. O. in Onyekwum, C. A. (2018). Assessment of premenstrual syndrome among female students in Southeast Nigeria. *Journal of Obstetrics and Gynecological Investigations*, 1(1), 55–61. <https://doi.org/10.5114/jogi.2018.79426>
45. Oosthuysen, T., Strauss, J. A. in Hackney, A. C. (2022). Understanding the female athlete: molecular mechanisms underpinning menstrual phase differences in exercise metabolism. *European Journal of Applied Physiology*, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05090-3>
46. Patricio, B. P. in Sergio, B. G. (2019). Normal menstrual cycle. V O. I. Lutsenko (ur.), *Menstrual cycle*, 10.5772/intechopen.79876
47. Phillips, S. K., Sanderson, A. G., Birch, K., Bruce, S. A. in Woledge, R. C. (1996). Changes in maximal voluntary force of human adductor pollicis muscle during the menstrual cycle. *The Journal of physiology*, 496(2), 551–557. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021706>
48. Reed, B. G. in Carr, B. R. (2015). The normal menstrual cycle and the control of ovulation. *Europe PMC*. <https://europepmc.org/article/nbk/nbk279054>
49. Reis, E., Frick, U. in Schmidtbleicher, D. (1995). Frequency variations of strength training sessions triggered by the phases of the menstrual cycle. *International journal of sports medicine*, 16(8), 545–550. 10.1055/s-2007-973052
50. Rodrigues, P., de Azevedo Correia, M. in Wharton, L. (2019). Effect of menstrual cycle on muscle strength. *Journal of Exercise Physiology Online*, 22(5).
51. Romero-Moraleda, B., Del Coso, J., Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., Grgic, J. in Lara, B. (2019). The influence of the menstrual cycle on muscle strength and power performance. *Journal of human kinetics*, 68, 123–133. 10.2478/hukin-2019-0061
52. Sakamaki-Sunaga, M., Min, S., Kamemoto, K. in Okamoto, T. (2016). Effects of menstrual phase-dependent resistance training frequency on muscular hypertrophy and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1727–1734. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001250>
53. Sarwar, R., Niclos, B. B. in Rutherford, O. M. (1996). Changes in muscle strength, relaxation rate and fatigability during the human menstrual cycle. *Journal of Physiology*, 493(1), 267–72. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021381>
54. Schaumberg, M. A., Jenkins, D. G., de Jonge, X. A. J., Emmerton, L. M. in Skinner, T. L. (2017). Three-step method for menstrual and oral contraceptive cycle verification. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(11), 965–969. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.013>
55. Schmalenberger, K. M., Tauseef, H. A., Barone, J. C., Owens, S. A., Lieberman, L., Jarczok, M. N., Girdler, S. S., Kiesner, J., Ditzen, B. in Eisenlohr-Moul, T. A. (2021). How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*, 123, 104895. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104895
56. Smith, G. I., Reeds, D. N., Hall, A. M., Chambers, K. T., Finck, B. N. in Mittendorfer, B. (2012). Sexually dimorphic effect of aging on skeletal muscle protein synthesis. *Biology of sex differences*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/2042-6410-3-11>
57. Solli, G. S., Sandbakk, S. B., Noordhof, D. A., Ihalaenen, J. K. in Sandbakk, Ø. (2020). Changes in self-reported physical fitness, performance, and side effects across the phases of the menstrual cycle among competitive endurance athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 15(9), 1324–1333. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2019-0616>
58. Su, H. W., Yi, Y. C., Wei, T. Y., Chang, T. C. in Cheng, C. M. (2017). Detection of ovulation, a review of currently available methods. *Bioengineering & translational medicine*, 2(3), 238–246. <https://doi.org/10.1002/btm2.10058>
59. Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C. in Platen, P. (2014). Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women. *Springerplus*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-668>
60. Tenan, M. S. (2017). Sex hormone effects on the nervous system and their impact on muscle strength and motor performance in women. V A. C. Hackney (ur.), *Sex hormones, exercise and women* (str.59–70). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44558-8_4
61. The International Olympic Committee (2022, oktober). *Gender equality through time: At the Olympic games*. <https://olympics.com/ioc/gender-equality/gender-equality-through-time/at-the-olympic-games>
62. Thompson, B., Almarjawi, A., Sculley, D. in Janse de Jonge, X. (2020). The effect of the menstrual cycle and oral contraceptives on acute responses and chronic adaptations to resistance training: a systematic review of the literature. *Sports Medicine*, 50(1), 171–185. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01219-1>
63. Vitzthum, V. J. (2021). Field methods and strategies for assessing female reproductive functioning. *American Journal of Human Biology*, 33(5). <https://doi.org/10.1002/ajhb.23513>
64. Wikström-Frisén, L., Boraxbekk, C. J. in Henriksen-Larsen, K. (2017). Effects on power, strength and lean body mass of menstrual/oral contraceptive cycle based resistance training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(1–2), 43–52. 10.23736/S0022-4707.16.05848-5

Manca Glušič, mag. kin.
manglusic@gmail.com