

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Pavlína Posekaná

**Závislost poranění předního zkříženého vazů
na fázi menstruačního cyklu u mladých žen**

Diplomová práce

Praha 2018

Autor práce: Bc. Pavlína Posekaná

Vedoucí práce: MUDr. Lucie Pešicová

Oponent práce: Mgr. Michaela Havlíčková

Datum obhajoby: 2018

Bibliografický záznam

POSEKANÁ, Pavlína. Závislost poranění předního zkříženého vazů na fázi menstruačního cyklu u mladých žen. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2017. 75 s., 2 přílohy. Vedoucí bakalářské práce MUDr. Lucie Pešicová.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou závislosti poranění předního zkříženého vazů (LCA) na fázi menstruačního cyklu u mladých sportujících žen. V teoretické části popisuje kromě základních poznatků o vazivu a LCA také problematiku jeho poranění, zaměřuje se i na rizikové faktory a možnosti prevence poranění. Širší kapitola věnuje pohlavním hormonům a fyziologii menstruačního a ovariálního cyklu, která je pro pochopení celé problematiky klíčová. Hlavní část práce se zabývá samotným vlivem pohlavních hormonů a hormonální antikoncepce (HAK) nejen na vazivo, ale také na svalovou či nervovou tkáň, tedy komponenty, které mohou výskyt poranění LCA ovlivnit.

Praktická část je zpracována pomocí dotazníkového šetření. Celkem 52 respondentek ve věku 15-35 let s rupturou nebo parciální rupturou LCA zodpovědělo nestandardizovaný dotazník připravený přímo pro tuto práci a výsledky byly statisticky zpracovány. Celkem 14 respondentek užívalo HAK, zbylých 38 mělo fyziologický menstruační cyklus. Na základě teoretických poznatků práce předpokládala nejvyšší výskyt poranění LCA u žen neužívajících HAK ve fázi cyklu s nejvyššími hladinami estrogenu (10.-15.den), což bylo potvrzeno ($p=0,0218$) a byl také potvrzen celkově nižší výskyt poranění u žen užívajících HAK ($p=0,0006$). Předpokládaná vyšší incidence poranění LCA ve folikulární fázi ovariálního cyklu oproti luteální fázi potvrzena nebyla. Práce tedy potvrdila souvislost fáze menstruačního cyklu, respektive zvýšené hladiny estrogenu, s výskytem poranění předního zkříženého vazů a také určitou ochrannou funkci hormonální antikoncepce proti poraněním tohoto typu.

Klíčová slova

Poranění předního zkříženého vazů, menstruační cyklus, ovariální cyklus, pohlavní hormony, vazivová tkáň, sportující žena, hormonální antikoncepce

Bibliographical report

POSEKANÁ, Pavlína. The anterior cruciate ligament injury dependency on the menstrual cycle phase in young women. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, 2017. 75 pages., 2 attachments. Thesis supervisor MUDr. Lucie Pešicová.

Abstract

The aim of this diploma thesis was to summarize the topic of the anterior cruciate ligament (LCA) injury dependency on the menstrual cycle phase of young women with regular sport activity. The general part describes basic knowledge about connective tissue, LCA, issues of LCA injury and related risk situations. Large chapter is dedicated to sex hormones and menstrual and ovarian cycle, which is crucial for understanding the whole topic. The main part is focused on impact of sex hormones and hormonal contraception on connective tissue, but also on muscle and nervous tissues, which might be as well important for LCA injury incidence.

Next part of the thesis consists of a questionnaire survey. 52 respondents aged 15-35 with rupture or partial rupture of LCA answered the non-standardized questionnaire compiled specially for this thesis and the results were statistically processed. 14 respondents were using hormonal contraception, remaining 38 had physiological menstrual cycle. Based on the theoretical findings we expected highest incidence of LCA injuries among women without contraception in phases of menstrual cycle with highest levels of oestrogen (10th-15th day). That was confirmed (P-value: 0,0218) as well as overall lower incidence among women using contraception (P-value: 0,0006). Expected higher incidence in follicular phase compared to luteal phase was not confirmed. In conclusion, this thesis proved that there is a relationship between phase of menstrual cycle, or more precisely of higher levels of oestrogen, and the incidence of LCA injuries and that hormonal contraception has certain protective function on this kind of injuries.

Keywords

Anterior cruciate ligament injury, menstrual cycle, ovarian cycle, sex hormones, connective tissue, female athlete, hormonal contraceptive

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením MUDr. Lucie Pešicové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 14.5.2018

Bc. Pavlína Posekaná

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat MUDr. Lucii Pešicové za odborné připomínky a pomoc při vedení mé diplomové práce. Za pomoc při tvorbě dotazníku děkuji Viki Kolínské a za statistické zpracování dat Eduardu Filipovi. Dále bych chtěla poděkovat Jakubovi Novákovi za jeho přispění při volbě tohoto zajímavého tématu a soustavnou podporu v jeho zpracovávání. V neposlední řadě děkuji všem spolužákům, kolegům a kamarádům, kteří mi pomohli s distribucí dotazníku mezi respondenty. Ráda bych poděkovala oběma rodičům za podporu během celého studia.

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 PŘEHLED POZNATKŮ	11
1.1 VAZIVOVÁ TKÁŇ.....	11
1.1.1 Hypermobilita v kontextu poranění LCA.....	12
1.2 PŘEDNÍ ZKŘÍŽENÝ VAZ A JEHO PORANĚNÍ.....	13
1.2.1 Anatomie, histologie a kineziologie LCA – stručné shrnutí	13
1.2.2 Problematika poranění LCA.....	14
1.2.3 Prevence poranění LCA	19
1.3 MENSTRUAČNÍ CYKLUS A POHLAVNÍ HORMONY.....	20
1.3.1 Ovariální cyklus.....	21
1.3.2 Menstruační cyklus.....	22
1.3.3 Řízení menstruačního a ovariálního cyklu	25
1.3.4 Menopauza	32
1.4 VLIV POHLAVNÍCH HORMONŮ NA POHYBOVÝ APARÁT.....	33
1.4.1 Účinek pohlavních hormonů na vazivovou tkáň.....	33
1.4.2 Účinek pohlavních hormonů na svalovou tkáň	35
1.4.3 Účinek pohlavních hormonů na neuromuskulární kontrolu.....	36
1.4.4 Účinek pohlavních hormonů na kostní tkáň.....	38
1.4.5 Pohlavní hormony a organismus v zátěži.....	39
1.5 HORMONÁLNÍ ANTIKONCEPCE	40
1.5.1 HAK v kontextu pohybové soustavy a poranění LCA.....	41
1.5.2 HAK a organismus v zátěži.....	42
2 CÍLE A HYPOTÉZY	43
2.1 CÍLE PRÁCE	43
2.1.1 Dílčí cíle	43
2.2 HYPOTÉZY	43
3 METODIKA	44
3.1 SLEDOVANÝ SOUBOR	44
3.2 DOTAZNÍK A POSTUP SBĚRU DAT.....	44

3.3	ANALÝZA A ZPRACOVÁNÍ DAT	44
3.3.1	Podklady pro vyhodnocení dat	45
4	VÝSLEDKY	46
4.1	CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO SOUBORU	46
4.2	VÝSKYT PORANĚNÍ V JEDNOTLIVÝCH SKUPINÁCH A JEJICH POROVNÁNÍ.....	46
4.3	VÝSKYT PORANĚNÍ V ZÁVISLOSTI NA FÁZI MENSTRUAČNÍHO CYKLU U ŽEN NEUŽÍVAJÍCÍCH HAK	46
4.4	POROVNÁNÍ VÝSKYTU PORANĚNÍ VE FOLIKULÁRNÍ A LUTEÁLNÍ FÁZI OVARIÁLNÍHO CYKLU	47
4.5	SOUVISLOST VĚKU A PORANĚNÍ LCA.....	48
4.6	MECHANISMUS ÚRAZU	49
4.7	INCIDENCE V JEDNOTLIVÝCH SPORTECH	49
4.8	VYHODNOCENÍ HYPOTÉZ.....	50
4.8.1	Hypotéza H1	50
4.8.2	Hypotéza H2.....	50
4.8.3	Hypotéza H3	50
5	DISKUZE	51
5.1	DISKUZE K TEORETICKÉ ČÁSTI	51
5.2	DISKUZE K PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	54
	ZÁVĚR.....	58
	REFERENČNÍ SEZNAM	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	71
	SEZNAM PŘÍLOH	72
	PŘÍLOHY	73

SEZNAM ZKRATEK

AKL	anteriorní laxicita kolenního kloubu
CNS	centrální nervová soustava
COC	kombinovaná orální hormonální antikoncepce
DK	dolní končetina
FSH	folikulostimulační hormon
GABA	kyselina gama-aminomáselná
GAP	gonadotropin – releasing hormone associated peptid
GnIH	gonadotropní inhibiční hormon
GnRH	gonadotropin-releasing hormon
HAK	hormonální antikoncepce
IGF	insulin-like growth faktor
KH	konstituční hypermobilita
LCA	ligamentum cruciatum anterius
LH	luteinizační hormon
m.	musculus
MCA	mediální kolaterální vaz
ml	mililitr
NS	nervová soustava
OC	orálně podávaná hormonální antikoncepce
PA	pohybová aktivita
TEN	tromboembolická nemoc

ÚVOD

Poranění předního zkříženého vazů (LCA) je velmi častým zraněním, se kterým se ve svém životě potká mnoho mladých sportovkyň, dle studií je to konkrétně 1 z 10 sportujících žen. Jeho následkem je velmi dlouhá doba návratu do plného sportovního zatížení, která je spojena s rizikem opětovného poranění vazů při nedodržení správného postupu rekonvalescence. Při nutné náhradě vazů po kompletní ruptuře jedinec podstupuje poměrně náročnou operaci, která většinou zahrnuje kromě samotného nahrazení vazů i odejmutí štěpu, tedy další incizi, traumatizaci tkání a jizvu. Proto je velmi aktuální zkoumat možnosti prevence tohoto poranění a zahrnout je do běžných tréninkových programů sportovců, a především ženských sportovních týmů.

K tomu, abychom mohli preventivní postupy připravit „na míru“ tomuto poranění, je třeba velmi dobře znát podstatu všech rizikových faktorů. Vyšší incidence poranění LCA u žen je vysvětlována více teoriemi a jednou z nich je také vliv pohlavních hormonů na vlastnosti vazů. Přírozené kolísání hladin ženských pohlavních hormonů, především estrogenů, respektive estradiolu, tedy tvoří významný rizikový faktor pro toto poranění. Proto jsem zvolila jako téma své diplomové práce právě závislost výskytu poranění LCA na fázi menstruačního cyklu u mladých žen. Konkrétně se zaměříme na ženy sportující, protože poranění LCA je jedním z nejčastějších traumatických poranění vzniklých při sportu, a pomocí dotazníkového šetření se pokusíme potvrdit již publikovaná fakta o této problematice.

1 PŘEHLED POZNATKŮ

1.1 Vazivová tkáň

Vazivová tkáň patří mezi pojivové tkáně, je složena z buněk a mezibuněčné hmoty. Nacházíme zde několik typů buněk, které můžeme rozdělit na dvě skupiny. První skupinou jsou buňky fixní, kam patří např. fibroblasty, které mají schopnost sekrece bílkovin (kolagen, elastin) a glykoproteinů, tedy prekursorů mezibuněčné hmoty. Dále zde nacházíme fibrocyty (neaktivní fibroblast), retikulární buňky tvořící prostorovou síť vaziva, dále pigmentové buňky (melanocyty a chromatofory) a adipocyty. Druhou skupinu nazýváme buňky bloudivé, již z jejich názvu vyplývá, že některé z nich mají schopnost volného pohybu. Řadí se mezi elementy imunitního systému, patří k nim makrofágy a histiocyty, žírné buňky, plasmatické buňky a některé krevní elementy (Čihák 2011, s.14-17).

Mezibuněčná hmota je složena z amorfni (glykoproteiny, proteoglykany) a vláknité složky. Především vláknitá složka je velmi zajímavá, protože druh a množství jednotlivých typů vláken má významný vliv na mechanické vlastnosti dané vazivové struktury. Nacházíme zde vlákna kolagenní, která jsou pevná na tah a ohebná. Vyskytují se ve vazech a šlachách, tedy tam, kde je potřeba menší pružnost, ale velká pevnost. Jsou tvořena bílkovinou kolagenem, který se v lidském těle vyskytuje v několika typech. Nejhojnějším je kolagen I. typu, jehož vlákna mají největší průměr, a který je základem šlach, vazů, kostí atd. Ostatní typy kolagenních vláken jsou tenčí a vyskytují se v různém zastoupení v rozličných strukturách (vazivová chrupavka, meziobratlová destička, cévní stěny, fascie...). V některé literatuře se setkáme s rozlišením až 10 typů kolagenu (Čihák 2011, s. 14-17; Šmelhaus 2008).

Dalším typem vláknité složky vaziva jsou vlákna elastická, ta jsou tenčí a méně pevná než vlákna kolagenní, jejich výhodou je však velká protažitelnost. Samostatně se elastinová vlákna v lidském těle téměř nevyskytují, nacházíme je v příměsi s vlákny kolagenními. Do této skupiny patří také oxytalanová vlákna, která jsou o něco méně pružnější než elastinová, ale naopak pevnější v tahu. Poslední typ vláken se nazývá retikulární, jde o velmi tenká a větvená vlákna, která často tvoří síťovité podpurné struktury kolem svalových vláken, cév, žlázových buněk atd. Jsou tvořeny retikulinem, což je v podstatě kolagen typu III o velmi malé tloušťce (Čihák 2011, s. 14-17; Šmelhaus 2008)

Na základě rozličné stavby rozlišujeme 6 typů vaziva: mezenchymové (embryonální tkáň, ze které se následně vyvíjejí ostatní druhy vaziva a pojiva), rosolovité (embryonální tkáň, více diferenciovaná než mesenchym), kolagenní (nejrozšířenější v lidském těle), elastické (tvoří např. ligamenta flava), retikulární (lymfatická tkáň, kostní dřev, slezina) a tukové vazivo (vmezeřené vazivo, ve kterém převažují tukové buňky, má mimo jiné i endokrinní funkci, produkuje např. hormon leptin) (Čihák 2011, s. 17-19). Pro účely této práce je nejvýznamnějším typem vazivo kolagenní, jehož poddruh – uspořádané tuhé kolagenní vazivo – tvoří ligamenta (tedy také LCA), fascie či šlachy. Je tvořeno především vlákny kolagenu I a elastickými vlákny. Vlákna tvoří svazky, mezi nimiž jsou vmezeřeny buňky, a celé svazky jsou obklopeny řídkým vazivem. Řídké vazivo je druhým typem kolagenního vaziva, není tolik pevné a slouží především jako výplň mezi orgány, jednotlivými tkáněmi aj. (Čihák 2011, s.17-18; Svačina 2005).

Pro naši práci jsou klíčové poznatky o přítomnosti receptorů pro pohlavní hormony (estrogen, relaxin) ve fibroblastech fasciálních tkání, vazů a dalších kloubních struktur, kde mají vliv na remodelaci tkáně a její pevnost (Fede et al. 2016b). Toto téma blíže představíme v kapitole 1.4.1. o vlivu hormonů na vazivovou tkáň. Dále vykazují fibroblasty fasciální tkáně například přítomnost kanabinoidních receptorů, což může hrát roli v modulaci bolesti a zánětlivé reakce. Jejich přítomnost vysvětluje pozitivní vliv kanabису na myofasciální bolest a je také pravděpodobné, že právě tyto receptory jsou stimulovány při faciální manipulaci i při cvičení (Fede et al. 2016a).

1.1.1 Hypermobilita v kontextu poranění LCA

Hypermobilita je stav se změněnou kvalitou vaziva, respektive zvýšenou flexibilitou pojivových tkání, kdy je rozsah kloubního pohybu větší, než je norma. Fyziologická je u dětí, vyšší incidence nacházíme u žen oproti mužům, a to již od nástupu puberty. Fyziologicky se hypermobilita zvyšuje v těhotenství vlivem hormonu relaxinu (viz kapitola 1.4.1.). Existují různé klasifikace hypermobility. Nejdůležitější je rozlišit hypermobilitu lokální a generalizovanou, která může být součástí onemocnění jako např. Marfanův syndrom či Ehler-Danlos, nejčastěji se však jedná o nezávažnou konstituční hypermobilitu (KH) (Drábková 2015; Dumas a Reid 1997; Jensen et al. 2016; Moriatis Wolf et al. 2011; Quatman et al. 2008).

Konstituční hypermobilita představuje určitou výhodou u některých sportovních aktivit jako tanec, balet, gymnastika či krasobruslení. Avšak její nevýhodou je zvýšené riziko

muskuloskeletálních bolestí, úponových bolestí, akutních i chronických poranění či dřívější nástup osteoartrózy. Současně je popsán zvýšený výskyt poranění LCA způsobený hyperextenzí a celkově větší volností pohybů v kolenním kloubu, což je stav spojený také s horší propriocepcí z daného kloubu (Ramesh et al. 2005). KH byla zjištěna u velké části jedinců s již prodělaným poraněním LCA, což výše zmíněné hypotézy potvrzuje (Bin Abd Razak et al. 2013; Moriatis Wolf et al. 2011; Ramesh et al. 2005).

U žen s KH byly zjištěny odlišné strategie ve svalové aktivaci, šlo například o sníženou schopnost aktivace hamstringů oproti ženám s normálním stavem vaziva. Překvapivá může být schopnost hypermobilních žen rychle vygenerovat větší sílu než jedinci bez konstituční hypermobility, což je zřejmě znakem motorické adaptace pro kompenzaci hypermobility (Jensen et al. 2016; Moriatis Wolf et al. 2011).

1.2 Přední zkřížený vaz a jeho poranění

1.2.1 Anatomie, histologie a kineziologie LCA – stručné shrnutí

Ligamentum cruciatum anterius je jeden z nitrokloubních vazů kolenního kloubu. Spojuje vnitřní plochu laterálního kondylu femuru s area intercondylaris anterior tibie. Je obalen dvěma vrstvami synoviální membrány, které ho izolují od synovie. Jedná se o dobře vaskularizovanou strukturu, především díky arteria genus medialis ze zadní části kloubního pouzdra. V distální třetině vazů a v oblasti jeho úponů však nacházíme drobné avaskulární oblasti s horší schopností reparace. Jde také o velmi dobře inervovanou strukturu, kterou z 1 % tvoří sama nervová tkáň. Nervová vlákna z nervus tibialis přicházejí podél cév ze zadní části kloubního pouzdra. Především na povrchu vazů se nacházejí mechanoreceptory, které registrují změny v postavení a pohybu v kloubu (Golgiho, Ruffiniho a Paciniho tělíska) (Bicer et al. 2010; Čihák 2011, s. 329; Hanzlíková 2014).

Délka vazů je průměrně mezi 2,1 – 4,1 centimetry, ale mění se s mírou napětí vazů. Tloušťka vazů se v jeho průběhu mění, ve střední části je vaz asi třikrát užší než v krajních oblastech (Bicer et al. 2010; Hanzlíková 2014).

Spolu se zadním zkříženým vazem zajišťuje LCA stabilitu kolenního kloubu (omezují především flexi a vnitřní rotaci tibie). LCA zajišťuje z 86% omezení anteriorní translace tibie, zbytek zajišťují kolaterální vazy, kůže, fascie a svaly (Lovering a Romani 2005). Při pohybech kolenního kloubu se napětí LCA mění. Při flexi z plné extenze, kde jsou oba zkřížené i postranní

vazy maximálně napjaté, dochází při prvních 5° flexe a sdružené vnitřní rotaci tibie k uvolňování LCA. Minimálně je LCA napjaté mezi 30-40° flexe a při následném zvětšování flexe se znovu napíná (s maximum v 90° flexe) a spolu s ligamentum collaterale tibiale zajišťuje pevnost kloubu ve flekčním pohybu (Čihák 2011, s. 329, 333-334; Krajíček 2006).

V současnosti popisujeme dvě funkčně odlišné části LCA – anteromediální a posterolaterální. Anteromediální svazek, který začíná na kondylu femuru více anteriorně a proximálně a na tibií se upíná anteromediálně, funkčně omezuje anteriorní translaci tibie. Posterolaterální svazek začíná více posteriorně a inferiorně, upíná se posterolaterálně a omezuje vnitřně rotační instability kolenního kloubu (Bicer et al. 2010; Espregueira-Mendes et al. 2012). V některé literatuře se můžeme setkat s třetím, tzv. intermediálním svazkem, který je však funkčně i anatomicky podobný anteromediální části vazů (Bicer et al. 2010; Hanzlíková 2014).

Z pohledu ultrastruktury je LCA je tvořen vazivovou tkání. Vřetenovité fibroblasty jsou sdruženy ve fasciklech, kde je obklopuje především kolagen typu I. Kolem fasciklů se nachází řídké vazivo tvořené hlavně vlákny kolagenu typu III, ale přítomná jsou také elastická či oxytalanová vlákna, díky kterým je vaz schopen odolávat opakovanému zatížení o velké intenzitě působícímu v různých směrech. Kromě fibroblastů zde nacházíme ještě buňky podobné chondrocytům, které produkují kolagen typu II. V délce 5-10 milimetrů nad tibiálním úponem je oblast vazů tvořená vazivovou chrupavkou, která je schopna odolávat zde působícím střížným a kompresivním silám. Úponové oblasti vazů, kde přechází vazivová tkáň v kost, jsou složeny ze 4 vrstev (vrstva kolagenního vaziva, nemineralizovaná chrupavčitá vrstva, mineralizovaná chrupavka a subchondrální kost). Tato struktura zajistí plynulý, pevný a zároveň dostatečně pružný přechod mezi vazivovou tkání a kostí, který dobře přenáší mechanické zatížení (Bicer et al. 2010; Hanzlíková 2014).

1.2.2 Problematika poranění LCA

Poranění LCA významně zasahuje do života pacientů, a to nejen ztížením mobility, ale často omezuje i jejich pracovní výkonnost a další odvětví běžného života (sportovní aktivity, volnočasové aktivity). V terapii po lézi LCA se uplatňuje operativní i rehabilitační léčba, které jsou samozřejmě časově i finančně náročné jak pro pacienta, tak pro zdravotnický systém (80 % všech operací kolenního kloubu pro poranění vazů je z důvodu poranění LCA).

Nevyhnutelným následkem je také dříve nastupující osteoartróza kolenního kloubu, jejíž predispozičním faktorem je právě i poranění LCA (Gianotti et al. 2009; Oiestad et al. 2009).

Rozlišujeme kontaktní a nekontaktní poranění LCA, v jejichž etiologii se uplatňuje mnoho rizikových faktorů, jako například:

- abnormální neuromuskulární kontrola, především při dopadech a doskocích (např. opožděný nástup aktivace musculus (m.) gluteus medius) (Abt et al. 2007; Balachandar et al. 2017)
- abnormální anatomické parametry dolní končetiny a s tím spojené biomechanické faktory (zvětšená addukce a vnitřní rotace kyčelního kloubu, vnitřní rotace tibie, valgozita kolene a hlezna, zvětšený Q-úhel, velikost a tvar interkondylární eminence, sklon tibiálního plató, velikost LCA (Balachandar et al. 2017; Barber-Westin et al. 2009; Quatman a Hewett 2009)
- deficit svalové síly m. quadriceps femoris a hamstringů, respektive jejich špatný poměr (silnější svaly přední strany stehna) (Abt et al. 2007)
- ženské pohlaví a s tím související menstruační cyklus (Ireland 2002)
- laxicita vaziva (konstituční i lokální hypermobilita) (Moriatis Wolf et al. 2011; Ramesh et al. 2005)
- Body mass index (Barber-Westin et al. 2009)
- kolektivní sporty s rizikem kontaktu, které navíc zahrnují rizikové pohyby (doskoky, změny směru), jako jsou basketbal, florbal, fotbal, házená či rugby (Barber-Westin et al. 2009; Ireland 2002; Quatman a Hewett 2009; Vauhnik et al. 2011)
- vnější faktory (obuv, povrch, klimatické podmínky) (Barber-Westin et al. 2009)

Ženy mají asi 4-6x větší riziko poranění LCA než muži a průměrně 1 z 10 sportujících žen zažije rupturu LCA (Balachandar et al. 2017; Drago et al. 2009; Hansen et al. 2009). Vyšší incidence poranění LCA u žen je vysvětlována několika teoriemi, kromě odlišných anatomických parametrů či nižší celkové svalové síly je jednou z nich také vliv pohlavních hormonů, respektive menstruačního cyklu.

Prepubescentní chlapci a dívky vykazují stejné procento úrazů LCA a také používají stejné motorické strategie během plnění funkčních testů. Rozdíly v obou parametrech se objeví až po nástupu puberty a znásobí se po jejím ukončení. I když jde samozřejmě o multifaktoriální

proces, poukazuje tento fakt na významný vliv pohlavních hormonů na úrazovost LCA (Casey et al. 2013). Pohlavní hormony navíc ovlivňují metabolismus kolagenu, kompozici a biomechanické vlastnosti tkání, což může pomoci ve vysvětlení pohlavně specifických rozdílů ve výskytu poranění LCA (Hansen et al. 2009).

Problematikou vlivu pohlavních hormonů na LCA a mechanismem jejich účinku se budeme detailněji zabývat v kapitole 1.4.1. o vlivu hormonů na vazivovou tkáň. Nyní se zaměříme na souvislost výskytu poranění LCA a jednotlivých fází menstruačního cyklu. I když se výsledky studií zabývajících se touto problematikou mírně liší, shodují se v tom, že největší vliv má na mechanické vlastnosti LCA (především pevnost a laxicitu) estrogen a výkyvy v jeho koncentraci během menstruačního cyklu. Byla prokázána nižší potřebná síla k porušení LCA korelující s vysokou hladinou estrogenu ve studii na králíčím LCA. Autoři se domnívají, že vyšší hladiny estrogenu korelují se sníženou pevností LCA také u lidí (Casey et al. 2013).

Dle Shultz et al. (2012) se nejvíce poranění LCA na základě rapidních změn koncentrací pohlavních hormonů očekává kolem ovulace, stejně tak Adachi et al. (2008) a Herzberg et al. (2017) prokázali vyšší laxicitu LCA a riziko poranění během ovulace oproti preovulační a postovulační fázi cyklu. Casey et al. (2013) naopak tvrdí, že se nejvíce poranění LCA vyskytuje nejen periovulačně, ale také během celé fáze folikulární (Adachi et al. 2008; Ruedl 2011; Slauterbeck et al. 2002; Wojtys 2002). V dalších studiích byl prokázán vyšší výskyt poranění mimo fázi menstruace (Ireland 2002). I Hewett (2007) potvrzuje největší riziko poranění LCA v pre a periovulační fázi cyklu, kdy byla současně prokázána signifikantně větší laxicita LCA (Belanger et al. 2013).

Riziko poranění může dále narůstat se současnou hypermobilitou, valgozitou kolenních kloubů a zevní rotací tibie během provádění funkčních aktivit. Sama laxicita vazů je sice spojena se zvýšeným rizikem poranění LCA, avšak nelze podle ní predikovat chování kloubu v zátěži, protože ve studiích není měřena společně s kompresivními silami na kloubní plochy, které hrají významnou roli ve stabilitě kloubu během fyziologické zátěžové situace (Balachandar et al. 2017). Cyklicky se měnící anteriorní laxicita kolenního kloubu během menstruačního cyklu je však dostatečně významná, aby ovlivnila jeho biomechaniku (Shultz et al. 2011b)

Kromě nekontaktních poranění LCA mají ženy také větší incidenci iliotibiálního syndromu, patelofemorálních bolestí a jiných poranění kolenního kloubu, ať už traumatických

či z přetížení. Ženy obecně vykazují větší abdukční úhly v kolenních kloubech, což mimo jiné způsobuje větší napětí iliotibiálního traktu, větší kontaktní síly v patelofemorálním skloubení a zvyšuje zátěž na LCA. Tento fakt podporuje teorii zabývající se vlivem mezipohlavních odlišností v anatomických parametrech na poranění LCA (Froehle et al. 2017).

Rozdíly mezi ženským a mužským LCA byly zjišťovány i ve studii na kadaverech. Ženské LCA mělo horší mechanické vlastnosti (menší potřebné napětí i tlak k jeho porušení, ale také menší modul pružnosti). Navíc subjekty staršího věku (nad 45 let) často reagovali avulzním poraněním. Naopak mladší jedinci většinou reagovali rupturou ligamenta v jeho průběhu. To poukazuje na další možný rizikový faktor - věk (Chandrashekar et al. 2006). Navíc je známo, že syntéza kolagenu je u mužů vyšší než u žen, a to jak v klidu, tak po zátěži, tedy i vlastnosti (především pevnost zajištěná právě kolagenem) jejich vaziva budou odlišné (Hansen et al. 2009).

Zajímavým faktem je, že anteriorní laxicita kolenního kloubu (AKL) se zvětšuje po cvičení u mužů i žen (souvisí to zřejmě s visko-elasticitou ligament). To znamená, že je LCA během pohybové aktivity více protažitelné a nemusí být schopné zajistit potřebnou stabilitu kolenního kloubu, aby zabránilo úrazu. Protože ženy mají obecně větší laxicitu vaziva a aktuální hladiny pohlavních hormonů ji mohou ještě zvýšit, riziko poranění LCA u nich roste. Navíc zvýšená laxicita vazů je spojená se sníženou propriocepcí z kloubu, a to může také podpořit úrazovost (Pollard et al. 2006).

Poslední mechanismus, který determinuje správnou funkci DK v optimálních kinematických řetězcích s co nejlepší dynamickou stabilizací kloubu a s nejmenšími působícími silami na jejich struktury, je správná trupová stabilizace. Ta poskytuje stabilní bázi pro pohyby končetin a bez její správné funkce může být riziko poranění LCA opět zvýšené (Ireland 2002).

1.2.2.1 Mechanismus poranění LCA

Primárním zdrojem poranění LCA jsou sportovní úrazy (65%) (Gianotti et al. 2009). K nekontaktnímu poranění LCA dochází nejčastěji během změny směru, výpadu do strany, doskoků nebo dopadů na jednu dolní končetinu (DK) (Pollard et al. 2006). Jedná se o pohyby, kde na kolenní kloub působí síly ve více rovinách (Quatman a Hewett 2009). Z hlediska kineziologie zahrnuje klasický mechanismus nekontaktního poranění LCA vnitřní rotaci tibie, valgus stres na kolenní kloub, postavení kolenního kloubu v extenzi a také anteriorní posun tibie proti femuru. Když tibie rotuje dovnitř a posouvá se anteriorně, vytváří vlastně „pivot

shift“ a masivně napíná LCA. Pokud se vyskytuje zvýšená AKL, sám vaz méně omezuje pohyb mezi tibíí a femurem a kloub se tak snáze dostane do rizikového postavení. Dojde k takovému posunu mezi tibíí a femurem, kde již ostatní tkáně stabilizující kloub nedostačují a nastává riziko poranění LCA (Herzberg et al. 2017). Quatman a Hewett (2009) poznamenávají, že zřejmě nacházíme odlišnost v mechanismu poranění LCA u žen a mužů. U mužů je většinou klíčovým mechanismem anteriorní posun tibie, oproti tomu u žen je to kolaps do valgozity.

Jak již bylo řečeno, větší valgózní postavení kolenního kloubu ve statice i v dynamice zvyšuje riziko kolapsu do valgozity ve frontální rovině a tím poranění LCA (Quatman a Hewett 2009). Důkazy, že by sama valgozita kolene ve funkčních úkonech byla pod přímým vlivem menstruačního cyklu nemáme, avšak větší AKL v preovulační fázi je podle studií spojena s větší valgozitou a vnější rotací kolene během doskoků a výpadů, což také vysvětluje vyšší riziko úrazu v této fázi cyklu (Balachandar et al. 2017; Park et al. 2009; Shultz et al. 2011a).

Zvětšená valgozita kolenních kloubů se mimo jiné vyskytuje např. u dívek s dřívějším nástupem menarché, které si zachovávají některé nezralé znaky pohybových vzorů i postpubertálně (např. široká báze, která koreluje právě s větší valgózním postavením kolenního kloubu ve statice i dynamice). Dřívější nástup menarché způsobuje biomechanické podmínky, které jsou spojeny s vyšším rizikem nejen sportovních zranění kolenního kloubu včetně léze LCA (Froehle et al. 2017).

Zajímavé je, proč často nacházíme izolované poranění LCA, když poranění ve valgozitě by teoreticky mělo být vyjádřeno na mediálním kolaterálním vazů (MCA), který právě tento pohyb omezuje. Při čistém pohybu ve frontální rovině mají LCA i MCA stejné riziko poranění, avšak mechanismus poranění LCA zahrnuje pohyby i v ostatních rovinách. Na kadaverech zjištěná síla potřebná k přetržení MCA byla minimálně o 300 Newtonů vyšší než u LCA. MCA má navíc orientaci vláken ve stejné rovině, jako působí síly při valgózním stresu, naopak LCA má neoptimální orientaci vláken pro odolávání těmito silám. V neposlední řadě byla popsána menší hustota kolagenních vláken v LCA oproti MCA, což poukazuje na odlišnou pevnost v tahu (Quatman a Hewett 2009).

Nelze samozřejmě opomenout ani roli centrální nervové soustavy v mechanismu poranění LCA. Těsně před zatížením kloubu vždy proběhne krátká perioda integrace senzorických vstupů a komplexního motorického plánování. Výsledkem je pohyb – svalová koordinace, která by měla být co nejideálněji přizpůsobena dané situaci, v našem případě dopadu na DK v určitém terénu, pod určitými úhly atd. Pokud dojde k odchylce v tomto

procesu, např. špatné vyhodnocení situace či neočekávaný stimul, může dojít ke ztrátě kontroly nad danou situací a selhání připraveného plánu pohybu. Následná ztráta schopnosti optimálně regulovat dynamickou stabilitu kolenního kloubu vede k riziku jeho poranění (Swanik 2015).

Shrme-li tuto problematiku, dozvídáme se, že vyšší hladina estrogenu a tím způsobená laxicita LCA v preovulační a periovulační fázi menstruačního cyklu může vést k větší valgositě kolenního kloubu, vnitřní rotaci tibie, a AKL, což způsobí nadměrné zatížení LCA a může vyústit v jeho poranění. Ještě vyšší riziko poranění nacházíme u žen a dívek s predispozičními anatomickými parametry či konstituční hypermobilitou. Hraje zde ovšem roli také kvalita neuromuskulární kontroly, která může být proměnlivá v rámci cyklu a může ovlivnit i stabilizační funkci svalů kolem kolenního kloubu či celkovou kinestezii (viz dále) (Balachandar et al. 2017; Belanger et al. 2013).

1.2.3 Prevence poranění LCA

I když ženy mají poměrově vyšší incidenci poranění LCA, jsou to muži, kteří vykazují celkově větší počet sportovních poranění, tedy i poranění LCA. To je způsobeno jejich větší expozicí sportům, které jsou pro toto zranění rizikové (kontaktní sporty aj.), a tedy celkově větším počtem jedinců, kteří se do rizikové situace dostávají (Gianotti et al. 2009). Proto se prevence poranění nevztahuje jen na ženy, ale měla by být zařazena i do tréninkových programů mužských sportovních týmů.

Trenéři by si měli být vědomi rizikových faktorů pro poranění LCA a pokud spadá jejich svěřenec do rizikové skupiny, měl by tomu být jeho trénink přizpůsoben. Například valgózní postavení kolenního kloubu je jeden z důležitých predispozičních faktorů pro poranění LCA. Je však možné ho upravit ovlivněním biomechaniky kolenního kloubu pomocí evidence-based fyzioterapeutických technik (návčik neuromuskulární kontroly atd.) (Quatman a Hewett 2009). Uvědomovat by si tento fakt měli především trenéři dívčích týmů, kde s příchodem do puberty vzrůstá riziko poranění LCA (Casey et al. 2013; Ireland 2002). Zvýšená opatrnost se týká samozřejmě i ženských týmů. Ženy obecně mají větší laxicitu vaziva a aktuální hladiny pohlavních hormonů ji mohou ještě zvýšit, tudíž riziko poranění vzrůstá, a proto je třeba zařadit preventivní tréninkové strategie (Pollard et al. 2006).

Trénink neuromuskulární kontroly, který je založen na biomechanické analýze a ideálně i možnosti zpětné vazby pomocí např. EMG biofeedbacku, prokazatelně redukuje riziko poranění LCA. Efektivní tréninkové programy obsahují také plyometrický a balanční trénink,

zaměřený na zlepšení propriocepce (Quatman a Hewett 2009). Programy zahrnující trénink dopadů a doskoků zaměřené pouze na pohyb v sagitální rovině se neukázaly jako úspěšné, protože často nepostihly důležitou frontální a transversální rovinu, které mají na mechanismus poranění LCA velký vliv. Jako nejlepší se ukázalo zařadit cvičení zahrnující multiplanární pohyby v kolenním kloubu (Quatman a Hewett 2009). Mezi fungující tréninkové programy patří ty, které se zaměřují na kontrolu pozice nejen dolních končetin, ale i celého trupu. Dále je potřeba snížit pozici těžiště zvýšením flexe v kolenních a kyčelních kloubech a rozvinout svalovou sílu dolních končetin. Důležitá je také technika došlapů a dopadů, které musí být provedeny tak, aby reakční síly povrchu byly co nejnižší (Barber-Westin et al. 2009). Ideální je pro co nejlepší efekt v redukci poranění LCA kombinovat všechny tyto metody, např. samostatný balanční trénink totiž signifikantní snížení výskytu poranění neukázal. Dokonce se ukázalo, že balanční trénink bez zpětné vazby, tedy korekce fyzioterapeutem nebo trenérem, byl nejméně efektivním přístupem (Myer et al. 2013; Sugimoto et al. 2015).

V efektivitě neuromuskulárního tréninku pro ovlivnění rizika léze LCA hraje roli i věk. Potencionální „okno“, kdy je optimalizace rizika poranění LCA nejdosažitelnější, je před nástupem deficitu neuromuskulární kontroly a vrcholné incidence poranění kolenního kloubu, tzn. během ranné adolescence (14-18 let), než se plně rozvinou všechny mechanismy predisponující ženy k poranění LCA (Myer et al. 2013). Výhodné je výše zmíněné tréninkové strategie pro prevenci zahrnout jak v předsezónní přípravě sportovců, tak během sezóny pro udržení jejich efektu (Alentorn-Geli et al. 2009).

1.3 Menstruační cyklus a pohlavní hormony

Pohlavní hormony jsou důležitou složkou endokrinní regulace lidského organismu. Primárně rozeznáváme ženské a mužské pohlavní hormony, ale obě skupiny se vyskytují u obou pohlaví, avšak s odlišným účinkem. Např. testosteron u žen slouží především jako substrát pro metabolismus estrogenu, u mužů jde o hlavní pohlavní hormon důležitý pro vývoj pohlavních orgánů, sekundárních pohlavních znaků a rozmnožování a o hlavní anabolický hormon (Lovering a Romani 2005). Specifikem ženského organismu je menstruační cyklus, během něj dochází k fluktuaci hladin hormonů a tomu odpovídajícím fyziologickým procesům (Trojan, 2003, s. 521-522).

Pojem „menstruační cyklus“ popisuje poměrně pravidelné cyklické změny, které prodělává endometrium (endometriální cyklus). Jejich podstatou je příprava endometria

na nidaci zárodku, je tedy součástí reprodukčního cyklu ženy. Nelze ho zaměňovat za pojem „ovulační/ovariální cyklus“, i když mají oba děje přímý vztah a v některé literatuře nejsou rozlišovány. Ovariální cyklus charakterizuje proces zrání a uvolnění vajíčka z vaječníku. Všechny tyto cyklické změny jsou výsledkem koordinace mezi hormonální sekrecí a morfologickými změnami v různých orgánech (Dylevský 2009, s. 377-378; Ferin et al. 1997, s. 15). Ovariální cyklus má celkem tři fáze: folikulární, ovulační a luteální. U menstruačního cyklu se literatura poměrně liší, někteří autoři popisují 4 fáze (proliferační, sekreční, ischemická a menstruační), jiní pouze 3 (menstruační, proliferační a sekreční). Menstruační a proliferační fáze zhruba odpovídají folikulární fázi ovariálního cyklu a sekreční fáze odpovídá luteální fázi ovariálního cyklu. Proto např. Cibula (2002) popisuje 4 fáze menstruačního cyklu stejně jako fáze cyklu ovariálního, pouze s přidáním menstruační fáze (Cibula 2002, s. 65, 82; Trojan 2003, s. 521-522). Ač se oba dva cykly a jejich fáze prolínají a překrývají, pro přehlednost budou v této práci popsány zvlášť a u menstruačního cyklu využijeme rozdělení na proliferační, sekreční a menstruační fázi.

1.3.1 Ovariální cyklus

1.3.1.1 Folikulární fáze

Normální ovariální cyklus začíná folikulární fází (viz Obrázek č.1 – fáze A, str. 24), jejíž začátek se obecně popisuje jako shodný s prvním dnem menstruačního cyklu. Je tedy spojen se začátkem menstruace, jenž označuje ukončení předešlého a začátek nového endometriálního cyklu. Avšak menstruace není zcela přesným markerem začátku folikulární fáze, za přesnější považujeme při popisu cyklu sledovat hormonální markery. V tomto případě je nejčasnějším znakem nástupu folikulární fáze vzestup folikulostimulačního hormonu (FSH), ke kterému dochází ke konci předchozí luteální fáze, většinou 1-2 dny před samotnou menstruací.

Folikulární fáze trvá průměrně 12-14 dní, avšak její délka často kolísá. Je charakterizována jako období růstu primárního folikulu, což se děje pod vlivem FSH. Růst folikulu je kromě FSH a luteinizačního hormonu (LH) dán jeho vlastní produkcí estrogenů, které autokrinně působí na vlastní buňky folikulu a pozitivní zpětnou vazbou ovlivní produkci a výdej FSH a LH z adenohipofýzy. Následkem toho dochází k preovulačnímu vzestupu LH a FSH. Právě peak LH je nezbytný pro vyvolání řady změn v ovariu, které vedou k uvolnění oocytu z Graafova folikulu – ovulaci (Cibula 2002, s. 77-79, 86-87; Ferin et al. 1997, s. 15-17; Trojan 2003, s. 521).

1.3.1.2 Ovulační fáze

Folikulární fáze je ukončena a přechází ve fázi ovulační 14. den cyklu, kdy dojde ke zduření a ruptuře oocyty a jeho uvolnění z Graafova folikulu (jev nazývaný jako ovulace). Jedná se o poměrně krátký časový úsek. Pro spuštění ovulace je potřebná dostatečná doba (48-50 hodin) zvýšené koncentrace LH (LH peak), která je klíčová nejen pro samotnou ovulaci, ale také pro stimulaci buněčného dělení v oocyty a pro optimální funkci žlutého tělíska. Zde počínající buněčné dělení (meióza), je sice v určité fázi přerušeno, ale při případné fertilizaci opět pokračuje. Bez dostatečně dlouhého peaku LH by nemohlo dojít k úspěšnému vývoji zárodku, jen déle než 36 hodin trvající peak zaručí správnou funkci žlutého tělíska (Cibula 2002, s. 77-79, 86-87; Ferin et al. 1997, s. 15-17; Trojan, 2003, s. 521).

Lidé patří mezi tzv. spontánní ovulátory, spouštěč předovulačního vzestupu hladiny gonadotropinů je u lidí interní a je jím změna hladin endogenních ovariálních steroidních hormonů, které doprovázejí folikulární vývoj (Ferin et al. 1997, s. 15-16). Samotná ruptura folikulu je způsobena působením hydrolytických enzymů buněk theca externa a nastává 18 hodin po vyplavení LH (Cibula 2002, s. 77).

1.3.1.3 Luteální fáze

Po ovulaci buňky folikulu akumulují vlivem LH lutein (žlutý pigment), vyvíjí se corpus luteum (žluté tělísko) a nastává luteální fáze (viz Obrázek č.1 – fáze B, str. 24), která je shodná se sekreční fází menstruačního cyklu. Délka luteální fáze bývá konstantní a trvá mezi 12-15 dny. Vytvořené corpus luteum produkuje progesteron a v malé míře i estradiol. Tyto hormony mají za cíl umožnit implantaci zárodku v případě předchozího oplození oocyty, tedy ovlivňují endometrium. Také působí tlumivě na sekreci FSH a LH na úrovni hypotalamu, což zabrání zrání dalšího folikulu po dobu luteální fáze. Pokud nedojde k oplození oocyty, snižuje se prokrvení žlutého tělíska, které postupně involuje. Poklesne také produkce progesteronu a estradiolu, což má za následek snížení inhibice sekrece FSH, tedy jeho opětovné vyplavování z adenohipofýzy, a vzestup jeho hladiny označuje počátek nového ovariálního cyklu. Pokud by k oplození došlo, luteální fáze se prodlužuje a následuje těhotenství (Cibula 2002, s. 77-79, 86-87; Ferin et al. 1997, s. 15-17; Trojan 2003, s. 521).

1.3.2 Menstruační cyklus

Kromě vaječnicků podléhá cyklickým změnám také endometrium, tyto změny jsou způsobeny cyklickou produkcí estrogenů a progesteronu. U většiny žen trvá menstruační cyklus

mezi 25-30 dny, nejčastěji popisujeme fyziologický interval 28-30 dní. Menstruační cyklus je zahájen zvýšenou sekrecí gonadotropinů v 8.-10. roce života dívky, která je způsobena vyžíváním hypothalamu a určitou roli zde hraje zřejmě také celý limbický systém. Menarché (první menstruace) se objevuje na začátku puberty, zhruba mezi 8.-14. rokem života. První cykly bývají anovulační, způsobeno je to příliš malým množstvím produkovaného LH. Kolem 45.-50. roku ženy nastává klimakterium – cyklus začíná ustávat následkem zastavení tvorby pohlavních hormonů (hlavně estrogenů) po degeneraci posledních primordiálních folikulů v ovariích (Cibula 2002, s. 80-83; Trojan 2003, s. 522).

1.3.2.1 Menstruační fáze

Menstruační krvácení je nejvýraznějším klinickým projevem cyklických hormonálních změn u ženy. Dochází během něj k odloučení sekrečně přestavěné funkční vrstvy endometria. Pouze tato svrchní funkční vrstva podléhá cyklickým změnám. Endometrium se na odloučení připravuje již od druhé poloviny sekreční fáze, kdy dochází k lokální produkci vazokonstrikčně působících látek, zvyšuje se obsah proteolytických enzymů v lysozomech, akceleruje proliferace cévního zásobení nebo se objevuje edém stromatu. Iniciace odloučení endometria je výsledkem kombinace dvou v tomto případě fyziologických dějů: vazokonstrikčních změn a morfologických změn na podkladě lokální zánětlivé reakce. Vše probíhá v důsledku poklesu koncentrace estrogenů a progesteronu na konci luteální fáze.

Vazokonstrikce probíhá díky endotelinu a prostaglandinům syntetizovaným přímo v endometriu, prostaglandiny mají kromě vazokonstrikčního účinku schopnost podpořit kontraktilitu endometria, a tak pomoci jeho odloučení. Paralelně s vazokonstrikcí zde dochází k hromadění zánětlivých buněčných elementů a následnému uvolnění prozánětlivých cytokinů a výše zmíněných lysozomálních enzymů, nejvýznamnějším z nich jsou zřejmě tkáňové metaloproteinázy.

Během menstruace dochází také k aktivaci hemostatického a fibrinolytického systému, a to pouze lokálně pod vlivem progesteronu. Progesteron současně ovlivňuje produkci tkáňového faktoru, který iniciuje hemostatickou reakci. Pokles hladiny progesteronu na konci luteální fáze je zodpovědný za ovlivnění srážlivosti menstruační krve ve smyslu jejího snížení.

Všechny tyto proběhlé lokální změny jsou příčinou nekrózy buněk endometria, kromě nekrózy se zde zřejmě uplatňuje i mechanismus apoptózy. Dojde k prokrvácení funkční vrstvy endometria a zhruba do 48 hodin k jeho deskvamaci. Kromě buněk sliznice odchází průměrně 35 mililitrů (ml) krve a 35 ml serózní tekutiny, vypuzení obsahu napomáhají kontrakce děložní

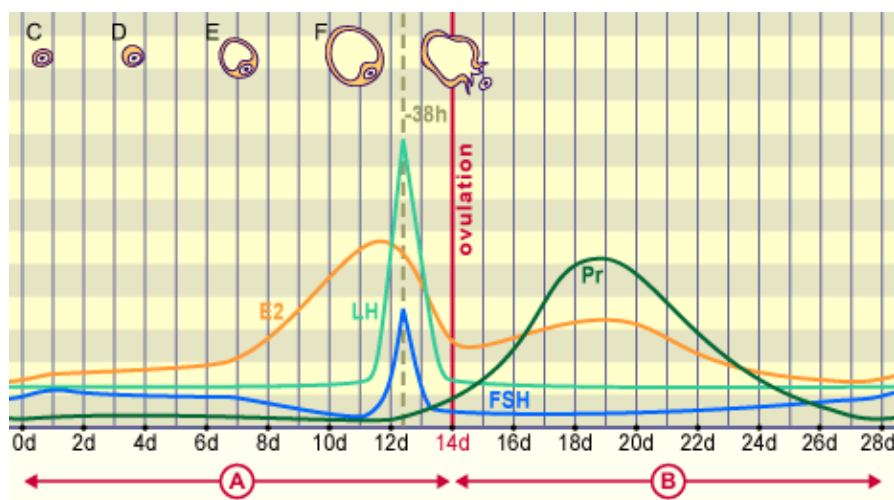
svaloviny. Menstruace trvá mezi 3-7 dny. Po ní dochází k regeneraci mikrovaskulárních elementů endometria v jeho bazální vrstvě pod vlivem různých tkáňových růstových faktorů (Cibula 2002, s. 80-83; Trojan 2003, s. 522).

1.3.2.2 Proliferační fáze

Proliferační fáze odpovídá folikulární fázi ovariálního cyklu. V její časné fázi je ovariální produkce hormonů nízká, endometrium je tenké a kompaktní, žlázy jsou krátké a úzké. Postupně dochází ke zvýšení počtu estrogenních a gestagenních receptorů buněk sliznice, která se ocitá pod dominantním vlivem estrogenů. Zvýší se také mitotická aktivita buněk, dochází k reepitelizaci, proliferaci žlázek a ztluštění a prodloužení spirálních arterií endometria. Tato fáze trvá od 5. do 14. dne cyklu (Cibula 2002, s. 80-83).

1.3.2.3 Sekreční fáze

Během sekreční fáze je sliznice pod vlivem progesteronu a dochází naopak k redukci počtu estrogenních a gestagenních receptorů. Během období tvorby žlutého tělíska se na endometriu objevují jen malé změny. Až po jeho dozrání dochází k sekreční diferenciaci endometriálních žlázek pod vlivem produkovaného progesteronu, což je důležité pro případnou implantaci zárodku. Sekreční produkty (např. glykogen) jsou mezi 6.-7. dnem sekreční fáze vyplavovány do lumina žlázek. Pokud došlo k oplodnění, zvyšuje se vaskularizace a množství sekreční tekutiny, která je důležitá pro implantaci a časné stádium vývoje zárodku. Nedojde-li k implantaci v posledních dnech této fáze, nastává velký pokles sekrece estradiolu a progesteronu a nastává menstruační fáze (Cibula 2002, s. 80-83)



Obrázek č.1: Hladiny hormonů během ovariálního cyklu

(<http://www.embryology.ch/francais/cgametogen/oogenese04.html>)

1.3.3 Řízení menstruačního a ovariálního cyklu

1.3.3.1 Hlavní hormonální markery

Menstruační a ovariální cyklus je charakterizován 4 hlavními hormonálními markery, jejichž cyklické změny koncentrací jsou zodpovědné za téměř veškeré děje v průběhu obou cyklů. Tyto změny lze dobře vidět na Obrázku č.1.

Luteinizační hormon: Největší změna v koncentraci LH probíhá na konci folikulární fáze, jde o tzv. předovulační peak LH. V ostatních fázích cyklu nedochází k velkým změnám jeho sekrece.

Folikulostimulační hormon: Vzestup hladiny FSH je shodný s excesivním vyplavením LH, pouze nedosahuje tak vysoké hladiny. (Jde o předovulační vzestup hladiny gonadotropinů, tedy právě LH a FSH.) Důležitější je však asi dvojnásobné zvýšení jeho koncentrace, tzv. časný folikulární vzestup FSH, který probíhá zhruba 1 den před menstruací. Toto je jediné období cyklu, kdy je hladina FSH vyšší než hladina LH.

Estradiol: Sekrece estradiolu je nízká během začátku folikulární fáze, zvýší se však asi 1 týden před předovulačním vzestupem hladin LH a FSH. Tento vzestup je nejdříve pomalý, ale pak prudce zrychlí a vrcholu dosahuje s počátkem vzestupu LH – předovulační vyplavení estradiolu. Po vyplavení gonadotropinů opět prudce klesá a další vzestup koncentrace následuje až s vytvoření corpus luteum, avšak ne již v tak velkých hodnotách. Maxima dosahuje asi 6-9 dnů po středocyklovém zvýšení hladin gonadotropinů.

Progesteron: Hladina progesteronu je během folikulární fáze nízká stejně jako u estradiolu, jeho velmi mírný nárůst sledujeme 12 hodin před počátkem vzestupu koncentrace LH. 12 hodin zůstává hladina progesteronu ve fázi plató a poté opět začne stoupat 36 hodin po začátku vzestupu LH. V průběhu luteální fáze jeho hladina stoupá a stejně jako u estradiolu dosáhne maxima 6-9 dnů po středocyklovém zvýšení hladin gonadotropinů (zhruba 20.den cyklu).

Všechny tyto změny koncentrací hormonů, ať už se jedná o rozdílnost amplitudy či frekvence jejich vyplavování, jsou samozřejmě velmi variabilní, a to nejen interindividuálně, ale i u jednotlivých menstruačních cyklů jedné ženy, což je do určitých mezí fyziologickou situací (Ferin et al. 1997, s. 16-17).

1.3.3.2 Hypothalamo-hypofýzo-ovariální komunikace

1.3.3.2.1 Hypothalamo – hypofyzární jednotka

Sekrece pohlavních hormonů je řízena pomocí osy hypotalamus-hypofýza, můžeme mluvit o neuroendokrinní složce řízení menstruačního cyklu. Další složkou je řízení na úrovni ovaria. Tyto dvě úrovně spolu samozřejmě neoddělitelně komunikují a vzájemně se ovlivňují.

Hypothalamus a Gonadotropin-releasing hormone (GnRH)

Neurony hypothalamu v rámci své endokrinní funkce vylučují GnRH. Jedná se o decapeptid, který je vytvořen rozpadem velké prekurzorové molekuly Gonadotropin – releasing hormone associated peptid (GAP). GnRH je tvořen v neuronech peptidergického systému hypothalamu, což jsou buňky při embryogenezi vznikající mimo centrální nervovou soustavu (CNS), a to konkrétně z olfaktorické ploténky, a do mozku migrují na konci vývoje embrya. V neuronu je hormon obsažen v granulích Golgiho aparátu, ta jsou transportována do terminálního axonu a k oblasti eminentia mediana, odkud začínají kapiláry zásobující hypofýzu. Tyto kapiláry (terminální větve arteria hypophysealis superior) se spojují do dlouhých portálních vén, které sestupují podél stopky hypofýzy a touto cestou spojují hypothalamus s adenohipofýzou. Podobně, a to cestou krátkých portálních vén, dochází také ke spojení s neurohypofýzou. Toto přímé rychlé cévní spojení ve formě portální cirkulace je základem endokrinní funkce adenohipofýzy, která nemá, na rozdíl od neurohypofýzy, přímé neurální spojení s hypothalamem.

GnRH je vylučován v pulzech (u mužů i žen). V adenohipofýze se váže na specifické receptory buněk produkujících FSH a LH. Jeho sekrece je ovlivněna dopaminergním systémem (ve smyslu inhibice při zvýšeném množství dopaminu), endogenními opioidy (především endorfiny a dynorfinem, opět ve smyslu inhibice) či různými neurotransmitery (neuropeptid Y), což vysvětluje poruchy menstruačního cyklu při stresu, redukci hmotnosti nebo zvýšené fyzické aktivitě (Cibula 2002, s. 66-68; Ferin et al. 1997, s. 21-27).

Adenohipofýza a gonadotropní hormony

Další strukturou CNS s významnou rolí v řízení menstruačního cyklu je přední lalok hypofýzy. Specializované buňky adenohipofýzy produkují gonadotropiny (FSH a LH), které zprostředkovávají řídicí vliv CNS na periferní tkáň (ovarium). Jsou také uvolňovány v pulzech a jejich frekvence a amplituda se mění v průběhu menstruačního cyklu. Např. frekvence pulsů LH je nejvyšší v pozdní folikulární fázi a nejnižší ve střední luteální fázi. Amplituda se však

chová inverzně, což vysvětluje poměrně konstantní produkci LH během celého cyklu (Cibula 2002, s. 30-31).

U všech savců, tedy i u člověka, je sekrece hypofyzárních hormonů řízena hypothalamem, a to prostřednictvím pulzující sekrece GnRH. Odpověď hypofyzárních buněk na GnRH je velmi rychlá (několik minut), ale mění se. Nejrychlejší odpověď, tedy nejvyšší sensitivitu hypofýzy na GnRH, nacházíme ve fázi před ovulací (předovulační peak gonadotropinů), což je způsobeno stoupající hladinou estradiolu (zde také nacházíme výjimečně vysokou amplitudu LH pulzů). Estradiol má také schopnost zpětně podněcovat sekreci FSH na úrovni hypofýzy, naopak progesteron snižuje frekvenci pulsů LH. To dokládá přímý vliv ovariálních steroidů na sekreci gonadotropinů hypofýzou, respektive její odpověď na sekreci GnRH (zvýšení počtu receptorů GnRH, větší afinita vazby GnRH na receptory atd.). Funguje zde zpětnovazebná modulace ovariálními hormony, což osu hypothalamus-hypofýza „prodlužuje“ na osu hypothalamus-hypofýza-ovarium. Dále se v řízení sekrece gonadotropinů uplatňuje systém inhibin-aktivin-foliatin. Tyto nesteroidní působky významně ovlivňují sekreci FSH a jsou nezávislé na GnRH. Stejně tak byl prokázán vliv některých neuropeptidů a endogenních opioidních peptidů, jejichž koncentrace korelují s periferní koncentrací gonadotropinů.

Jak již bylo zmíněno, gonadotropiny ovlivňují funkci ovaria. (Kromě FSH a LH mezi ně řadíme také choriogonadotropin, což je hormon tvořící se v těhotenství buňkami placenty, tudíž ho nyní v rámci řízení cyklu nebudeme popisovat.) Strukturálně se jedná o glykoproteinové hormony ze dvou podjednotek, které se v ovariu se váží na specifické receptory – v granulózových buňkách na receptory pro FSH, v thékálních buňkách pro LH. Toto rozdělení má význam pro následnou syntézu steroidních hormonů v ovariu. Další funkcí FSH je vývoj a růst ovariálních folikulů v době od dětství do doby pohlavního dospívání, u pohlavně zralých žen řídí ovariální cyklus. LH je důležitý pro proces ovulace a následnou funkci corpus luteum (Cibula 2002, s. 30-31).

1.3.3.2.2 Ovariální složka

V ovariu nacházíme dvě hormonálně aktivní jednotky, které se vyznačují cyklickou funkcí sekrece steroidních pohlavních hormonů a jsou aktivní v různých fázích ovariálního cyklu. Jedná se o folikul, který podporuje vývoj oocyty a corpus luteum, které je důležité pro implantaci a vývoj embrya (Ferin et al. 1997, s. 39). V následujících odstavcích uvádíme pro pochopení komplexní problematiky ovariálního cyklu a jeho řízení jednak informace o jednotlivých pohlavních hormonech, ale také popis vývoje folikulu a oocyty.

Ovariální steroidní hormony a jejich syntéza

Ovariální steroidní hormony vznikají z cholesterolu v buňkách ovariálních folikulů a v ovariálním stromatu. Z cholesterolu vzniká meziprodukt pregnenolon, ten se za účasti enzymů mění na progesteron. Odštěpením části progesteronu vznikají androgeny (testosteron a androstendion), které jsou substrátem pro tvorbu konečných produktů – estronu (z něj vzniká estriol) a 17-beta-estradiolu. Část androgenů se uvolní do krevního oběhu, zvláště testosteron má svou vlastní funkci v určitých tkáních, kde se mění na aktivní formu dihydrotestosteron (Cibula 2002, s. 32).

Ovarium obsahuje několik typů buněk se specifickou funkcí produkce steroidních hormonů. Tato funkce je řízena gonadotropiny FSH a LH za účasti mediátoru cyklického adenosinmonofosfátu a fosforylace proteinů. Granulózové buňky obklopují oocyt a ovlivňovány jsou především FSH. Právě pod jeho vlivem přeměňují androgeny v estrogeny, a to s maximem ve fázi velkého antrálního folikulu a v preovulačních folikulech. V pozdní folikulární fázi ovariálního cyklu produkují progesteron de novo, což je řízeno LH a FSH, avšak jeho metabolismus v buňce (na 20-alfa-dihydroprogesteron) řídí pouze FSH. Thékální buňky obklopují vrstvu granulózových buněk a objevují se až při pozdějších stádiích růstu folikulu (viz dále). Po stimulaci luteinizačním hormonem vytvářejí androgeny a na konci folikulární fáze progesteron (Ferin et al. 1997, s. 41).

Na thékální buňky ovaria působí LH, který podporuje tvorbu androgenů, ty jsou pak předány granulózovým buňkám, které jsou naopak pod vlivem FSH. Thékální buňky samy estrogeny netvoří, naopak granulózové buňky nejsou schopny tvořit androgeny, ale umí je přeměnit pomocí specifických enzymů na estrogeny. Proto je jejich spolupráce klíčová pro syntézu a sekreci estrogenu ve folikulu (Cibula, 2002, s. 34). V pozdních stádiích vývoje folikulu nacházíme buňky intersticiální (v atretických folikulech), jejichž funkce je podobná funkci thékálních buněk. Buňky luteální vznikají z granulózových a thékálních buněk po ovulaci a jsou hlavním zdrojem progesteronu a také estrogenu, jsou řízeny LH (Cibula 2002, s. 75-78; Ferin et al. 1997, s. 42).

System inhibin-aktivin-folistatin je důležitou složkou řízení ovariálního cyklu. Jde o látky vyskytující se mimo jiné ve folikulární tekutině se specifickým účinkem jak na hypofýzu, tak na ovarium. Nejvýznamněji působí inhibin, který je produkován buňkami ovaria. Zpětnovazebně ovlivňuje hypofýzu, kde snižuje tvorbu FSH. Inhibin vykazuje nízké koncentrace během folikulární fáze menstruačního cyklu, což odpovídá zvyšování koncentrace

FSH. Naopak vysoké koncentrace vykazuje v postovulačním období a uprostřed luteální fáze, díky čemuž dojde ke snížení hladiny FSH. Před koncem cyklu dochází k opětovnému snížení koncentrace inhibinu, což spolu s poklesem hladin ovariálních steroidů umožní vzestup gonadotropinů a tím počátek nového cyklu. Aktivin působí lokálně v hypofýze, kde stimuluje tvorbu FSH, ale také v ovariu, kde ovlivňuje tvorbu androgenů (inhibice) a estrogenů (aktivace). Folistatin je vazebný protein aktivinu, tudíž nepřímo ovlivňuje hladiny FSH (Cibula 2002, s. 34-35).

Vývoj folikulu

Tento proces probíhá kontinuálně celý život ženy až do menopauzy. Folikuly rostou postupně v 5 stádiích. Jeden folikul se od primárního stádia až do ovulace/atrézie vyvíjí mezi 40 a 90 dny. Každé ovarium má určitou zásobu tzv. primordiálních folikulů, které nerostou, a právě z nich se rekrutují všechny další v budoucnu rostoucí folikuly. Během fetálního vývoje jich vzniká až 2 miliony, po porodu klesá jejich počet asi na 500 000. K ovulaci nakonec dospěje pouze 400 nebo méně rekrutovaných folikulů a jejich vyčerpání znamená menopauzu. Primordiální folikul má bazální membránu obklopující zárodečné buňky s vrstvou pregranulózových buněk.

Rekrutovaný folikul se mění ve folikul primární, ve kterém začíná růst oocyt a tvoří se jedna vrstva organizovaných granulózových buněk, kterou od oocytu odděluje glykoproteinová zona pelucida. Proces rekrutace je obtížně sledovatelný a jeho řízení není zcela objasněno. Růst primárního folikulu není pod vlivem gonadotropních hormonů.

Proliferací granulózových buněk do několika vrstev vzniká sekundární folikul. V této fázi se také organizuje a vaskularizuje vrstva thekálních buněk (theca interna a externa) kolem vrstvy granulózové, která naopak vaskularizovaná není. Růst folikulu ještě není ovlivněn gonadotropiny, ale již vznikají receptory pro FSH a steroidní hormony.

Terciálním stádiem je tzv. antrální folikul, má průměr 400 μ m a uvnitř je tvořeno antrum (dutina) u jednoho pólu oocytu. Toto období bývá v některé literatuře členěno do 8 stádií folikulu, resp. tříd. První 4 třídy potřebují k vývoji jen minimální koncentrace gonadotropinů a nejsou ovlivněny kolísáním hormonů během cyklu. Naopak 5.-8. třída je na změny koncentrace gonadotropinů citlivější. Růst folikulu je pod vlivem FSH, LH je potřebný pro steroidogenezi v buňkách uvnitř folikulu. V antrálních folikulech se kumulují folikulární tekutina s obsahem steroidních hormonů a zlepšuje se diferenciací thekální vrstvy. Při každém ovariálním cyklu dochází pod vlivem FSH k rekrutaci kohorty terciálních folikulů (asi 6-12)

a pouze jeden se vyselektuje a stane se dominantním a plně dozrává. Všechny ostatní podléhají procesu atrezie, stejně jako většina z původních fetálně vzniklých folikulů. Mechanismy výběru konkrétního jednoho dominantního folikulu nejsou zcela objasněny. Atrézie probíhá za podpory LH a androgenů a je charakterizována poklesem lokální estrogenní produkce.

Posledním stádiem je Graafův folikul, který rychle roste až do velikosti 15 milimetrů a více vyčnívá na povrch ovaria. Všechny jeho buňky jsou již dobře diferenciovány, jedná se o zralý folikul, který spěje k ovulaci. Každý folikul je schopen produkovat určité vnitřní růstové faktory, které vedle gonadotropinů lokálně řídí a modulují folikulogenezi. Jedná se například o epidermální růstový faktor, insulin like growth factor (IGF) či fibroblast růstový faktor (Cibula 2002, s. 71-79; Ferin et al. 1997, s. 43-49, 55-59).

Vývoj oocyty

Vývoj oocyty probíhá paralelně s výše popsaným vývojem folikulu. Počátek nastává již intrauterinně, kde vzniká z kmenových buněk a končí v 7. gestačním měsíci. Vytvořená zásoba oocytů je finální pro celý život ženy a stejně jako folikuly se oocyty vyvíjí až do procesu ovulace nebo atrezie. Zralý oocyt v Graafově folikulu obnovuje a dokončuje svou (dočasně zastavenou) první meiotickou aktivitu v reakci na předovulační vyplavení LH a vyvíjí se v nefertilizované nezralé ovum. Následně nastává ovulace (2. zástava meiózy) a případná fertilizace (ukončení 2. meiotického dělení).

Ovulace sama je velmi zajímavým procesem, který je zahájen předovulačním vzednutím gonadotropinů (LH peak). To je ovlivněno dlouhou pozitivní zpětnou vazbou estradiolu, právě ta signalizuje hypofýze, že je folikul již zralý a může dojít k ovulaci. Vyplavení gonadotropinů ukončí syntézu estrogenů, dojde k syntéze progesteronu thekálními buňkami (předovulační vyplavení progesteronu). Po ovulaci se pod vlivem LH vytváří z Graafova folikulu corpus luteum, přechodný endokrinní orgán. Jeho granulózové buňky jsou schopny syntetizovat steroidní hormony de novo. Jedná se především o syntézu progesteronu, ale také relaxinu a inhibinu. K jeho udržení je potřebná dostatečná sekrece LH hypofýzou, ale také lokální vliv např. samotného progesteronu. Regrese corpus luteum nastává 7.-9. den luteální fáze, dochází k poklesu sekrece hormonů a jeho pozůstatek se nazývá corpus albicans. Pokud dojde k oplodnění, corpus luteum přetrvává (Cibula 2002, s. 77-78; Ferin et al. 1997, s. 50-53, 58-60).

1.3.3.3 Zpětné vazby v řízení ovariálního a menstruačního cyklu

Zpětná vazba je velmi důležitým mechanismem v endokrinologii, zajišťuje regulaci sekrece stimulujícího hormonu (v našem případě GnRH, FSH a LH) tak, aby nedošlo k hyperstimulaci cílového orgánu (ovaria). V reprodukčním systému člověka nacházíme dlouhou zpětnou vazbu mezi steroidními hormony a hypofýzou nebo hypothalamem a také mezi inhibinem a hypofýzou (viz výše).

Mezi ovariem a hypothalamem nacházíme tzv. dlouhou zpětnou vazbu. Pro fyziologický cyklus je důležitá především pozitivní dlouhá zpětná vazba estradiolu na sekreci gonadotropinů, která koordinuje dozrávání folikulu a ovulaci. Protože sekrece estradiolu probíhá paralelně se zrání folikulu, je právě on nejlepším markerem jeho vývoje a při jeho dostatečném vyplavení může dojít k přesně načasovanému vyplavení LH a následné ovulaci.

Progesteron v nízké koncentraci podporuje estradiolem vyvolané vyplavení gonadotropinů (pozitivní zpětná vazba na hypofýzu), avšak v příliš vysoké (ale stále fyziologické) koncentraci inhibuje tuto aktivitu, což vysvětluje průběh luteální fáze, kde nedochází ke zvýšení hladiny gonadotropinů i přes dostatečnou koncentraci estradiolu. Estradiol má také funkci negativně zpětnovazebně ovlivňovat hypothalamus (snížení amplitudy pulsů) a hypofýzu (snížení citlivosti na GnRH), spolu s progesteronovou negativní zpětnou vazbou ovlivňují generátor pulzů GnRH a zasahuje tak nejen do množství uvolněných hormonů, ale také do pulzatility jejich uvolňování (Ferin et al. 1997, s. 63-75).

1.3.3.4 Další hormony ovlivňující menstruační a ovariální cyklus

Leptin: Hormon produkovaný adipocyty zvaný také jako hormon sytosti a hladu. Jeho hlavní role je sice regulace tělesné energetické rovnováhy pomocí spolupráce s hypothalamem, avšak ovlivňuje také ženskou reprodukční schopnost. Receptory pro leptin se nacházejí ve vaječnících, u žen nacházíme jeho vyšší koncentrace oproti mužům nezávisle na množství tělesného tuku. Jedinci s geneticky daným deficitem leptinu nedosáhnou plné sexuální maturace, pro kterou je hormon také významný. Jeho hladiny fyziologicky narůstají během luteální fáze ovariálního cyklu a mění se paralelně s hladinami ostatních pohlavních hormonů. S leptinem je spojená tzv. cvičením navozená amenorea u žen s velkým energetickým výdejem a malým množstvím tukové tkáně. Tyto ženy mají porušený rytmus sekrece leptinu kvůli zredukovanému bazálnímu metabolismu a tím pádem dysfunkční menstruační cyklus (Vieira-Potter 2016).

Melatonin: Tento epifýzou produkováný hormon má hlavní schopnost regulovat cirkadiální rytmy, ale důležitý je také pro syntézu progesteronu, jehož sekreci stimuluje (Webley a Luck 1986).

Oxytocin: Jde o hormon produkováný neurohypofýzou spolu s antidiuretickým hormonem. Jeho hlavní funkcí je kontrola laktace, aktivace děložních stahů při porodu, ale je také nezbytný pro uhníždění embrya na sliznici (Hackney 2017; Stanton a Meston 2017; Trojan 2003).

Gonadotropní inhibiční hormon (GnIH): Jedná se o neuropeptid produkováný hypothalamem, který funguje jako inhibiční faktor pro sekreci GnRH (Tsutsui a Ubuka 2013). Kromě toho zasahuje také do regulací energetického metabolismu a jeho hladinu ovlivňuje nedostatečný kalorický příjem, intenzivní cvičení, extrémní teploty, infekce, bolest aj. Tudiž např. u vrcholových sportovkyň můžeme mluvit o funkční hypothalamické amenorhee kvůli supresi gonadotropní osy GnIH (Smith a Clarke 2010).

1.3.4 Menopauza

Menopauza je fyziologický proces, kterým procházejí ženy kolem 51. roku života, a je spojený se snížením produkce ovariálních steroidů a sekundárními změnami na mnoha úrovních endokrinního řízení a metabolických regulací. Kromě běžných projevů, jako jsou návaly horkosti, nadměrné pocení, problémy se spánkem či vaginální suchost, u nich nacházíme také vyšší riziko pro kardiovaskulární a cerebrovaskulární onemocnění, osteoporózu a s ní související fraktury, Alzheimerovu nemoc či jiná neurodegenerativní onemocnění. Z toho vyplývá, že pohlavní hormony mají vliv na mnohé metabolické pochody a jejich nedostatek se projeví velkými změnami v organismu. Někteří autoři mluví dokonce o ochranném efektu těchto hormonů. Mnohým z těchto problémů se dá předejít hormonální substitucí, což také potvrzuje vliv pohlavních hormonů na výše zmíněné tkáně a procesy v ženském organismu (Turgeon et al. 2006).

1.4 Vliv pohlavních hormonů na pohybový aparát

1.4.1 Účinek pohlavních hormonů na vazivovou tkáň

Estrogen

Je známo, že pevnost šlacho-svalové komponenty u žen negativně koreluje s hladinami estrogenu (Bell et al. 2012). Fibroblasty fascií a zřejmě i ostatních vazivových struktur exprimují receptory pro estrogen, který má schopnost ovlivnit proliferaci kolagenu i extracelulární matrix vazivové tkáně ve smyslu inhibice fibrotizace. Proliferace fibroblastů a syntéza kolagenu je inhibována estrogenem již v jeho fyziologických koncentracích. Na fibroblasty má opačný efekt progesteron, který svou zvyšující se koncentrací mírní inhibiční účinky estrogenu, avšak efekt estrogenu je stále dominantní i v případě vysoké hladiny progesteronu (Fede et al. 2016b; Yu et al. 2001).

Delší deficit estrogenu (např. postmenopauzálně) způsobuje zvýšenou fibrotizaci vazivové tkáně. Fasciální napětí ale ovlivňuje také senzitivitu fasciálních nociceptorů. Při zvýšeném napětí fascie (např. při nižší hladině estrogenu) se její nociceptory senzitivizují a způsobují zvýšení napětí svalů ležících pod fascií a následně bolest (Fede et al. 2016b).

Na vliv pohlavních hormonů konkrétně na šlachy se zaměřili Oliva et al. (2016). Podle jejich rešerše mají ženské šlachy pomalejší rychlost růstu nové pojivové tkáně a horší reakci na mechanickou zátěž než mužské. I když neprokázali signifikantní změny mechanických vlastností šlach v různých fázích menstruačního cyklu tvrdí, že kontinuální změny hormonálních hladin mají negativní vliv na stavbu šlach z důvodu snížení proliferace fibroblastů.

Relaxin a těhotenství

Receptory pro relaxin jsou přítomny kromě fibroblastů také v nervech a cévách vazivové tkáně (Fede et al. 2016b). Jedná se o hormon, který nacházíme u žen (těhotných i netěhotných), avšak nikdy u mužů. Nejvyšší hladiny vykazuje v těhotenství, ale i některé netěhotné ženy vykazují vysoké hodnoty v séru. Během normálního ovariálního cyklu dosahuje relaxin nejvyšších hladin během luteální fáze, a to zhruba 6 dní po peaku LH, což může vysvětlovat výskyt kloubních poranění mimo pre a periovulační fázi cyklu (Fischetto a Sax 2013).

Relaxin má kolagenolytický efekt na vazivovou tkáň, tak zvyšuje laxicitu vaziva a způsobuje určitý druh hypermobility. Svou hlavní funkci má v těhotenství a při porodu, kde se

podílí na dilataci děložního krčku a relaxaci pánevní vazivové tkáně. Zvýšenou laxicitu vaziva však v těhotenství nacházíme nejen v pánvi, ale i v periferních kloubech (Bryant- Greenwood et al. 1995; Dragoo et al. 2009).

Těhotenská laxicita vaziva nastupuje po zvýšení hladiny relaxinu v prvním trimestru, zde laxicita nabývá maxima a vydrží konstantní během 2. poloviny těhotenství. Hladiny relaxinu však od 2. poloviny těhotenství mírně klesají. Po porodu se sice laxicita vaziva snižuje, a to asi o 14 % během prvních 4 měsíců. Avšak zvýšená hypermobilita přetrvává i nadále a s každým dalším těhotenství se zvyšuje. Někteří autoři popisují výskyt ortopedických diagnóz a poranění pohybového aparátu vzniklých právě na základě zvýšené laxicity v těhotenství, např. chondromalacie patelly (Dumas a Reid 1997).

Je prokázáno, že účinky relaxinu úzce souvisejí s účinky estrogenu. Mají synergistický efekt na kolagenolýzu a tím na hustotu a organizaci vazivové tkáně čímž jsou schopny snížit její nosnost (Dragoo et al. 2009). Dle Wahl et al. (1997) se efekt relaxinu se projeví až po prvořadém uvolnění estrogenu (Dumas a Reid 1997; Wahl et al. 1997).

1.4.1.1 Účinek pohlavních hormonů na LCA

Puberta má velký účinek na biomechanickou diferenciaci mezi chlapci a dívkami. Kromě změn anatomických poměrů nacházíme i změny pohybových vzorů. U dívek je menarché přesným indikátorem puberty a je spojeno se zpomalením a následným zastavením skeletálního růstu, a tím pádem má velký vliv na postavení a biomechaniku nejen dolních končetin. Dřívější nástup puberty může být spojen s přetrváváním prepubertálních pohybových vzorů a anatomických znaků, některé z nich patří mezi rizikové faktory poranění LCA (Froehle et al. 2017).

Samo LCA obsahuje receptory pro estrogen (17-beta-estradiol). Tento estrogen má vliv na proliferaci fibroblastů a syntézu kolagenu ve smyslu inhibice, nejvíce v preovulační a periovulační fázi cyklu (Balachandar et al. 2017). Ovlivňuje také syntézu proteinů důležitých pro stavbu chrupavky v proximální části LCA (Yoshida et al. 2009).

Fáze snížení syntézy kolagenu (např. předovulačního vzestup estrogenu) těsně předchází období se zvýšenou AKL. A protože větší laxicita vazů a snížená pevnost jsou spojovány se sníženou odolností v tahu, jsou tyto poznatky potvrzením teorie, že vyšší hladiny estrogenu inhibují syntézu kolagenu a sílu vazů a tím pádem vedou k riziku jejich poranění (Hansen et al. 2009; Shultz et al. 2012; Yu et al. 2001). Estrogen má stejný význam i u mužů.

Muži s generalizovanou kloubní laxicitou, kteří jsou více rizikováni k poranění LCA, vykazují kromě vyšších koncentrací testosteronu i více 17-beta-estradiolu (Stijak et al. 2015).

V LCA byly nalezeny také receptory pro relaxin, jehož vliv ve spojení s estrogenem přispívá k všeobecné etiologii nekontaktního poranění LCA (Dragoo et al. 2009). Ženy s vyšší hladinou relaxinu mají až 4x vyšší riziko poranění LCA, u mužů k tomuto efektu nedochází (Herzberg et al. 2017; Fede et al. 2016b).

Testosteron

Jde primárně o mužský pohlavní hormon, ale svou fyziologickou úlohu má u obou pohlaví, kromě sekundárních pohlavních znaků má vliv např. na kvalitu kosterní tkáně či svalovou hmotu. V ženském organismu se vyskytuje především jako substrát pro metabolismus estrogenu. Jeho funkce jsou mimo jiné zvýšení syntézy kolagenu v prostatě, prsních žlázách a kloubní tkáni, kde má vliv na reparační procesy ligament. Receptory pro androgeny se nacházejí kromě mnoha ženských tkání také v LCA, což je předpokladem pro korelaci pevnosti LCA s koncentrací testosteronu (Lovering a Romani 2005).

Hladiny testosteronu jsou u žen nejvyšší kolem ovulace a nejnižší na začátku menstruace (což koreluje s hladinami estrogenu, k jehož syntéze je testosteron potřebný). Ženy s vyšším relativním poměrem estrogenu a testosteronu mají vyšší laxicitu LCA jak během ovulace, tak během luteální fáze. To potvrzuje hlavní vliv estrogenu na zvýšenou laxicitu LCA. Dostupnost testosteronu, a tedy i jeho účinek, je navíc ovlivněn jeho afinitou k vazebným proteinům, která je vyšší než afinita estrogenu. V krvi tedy nacházíme méně volného testosteronu, který může projevit svůj účinek (Cibula 2002, s. 32; Lovering a Romani 2005).

1.4.2 Účinek pohlavních hormonů na svalovou tkáň

Estrogen

Estrogen funguje jako ochranný faktor proti cvičením indukovanému poškození svalové tkáně. Je schopen stabilizace svalové membrány, ovlivňuje zánětlivou reakci svalové tkáně (např. po zranění či po zátěži) a následně stimuluje reparační procesy (aktivaci a proliferaci satelitních buněk). Zlepšuje také rekonvalescenci ze svalové atrofie a pomocí zlepšení objemu kontraktilních složek svalu může pozitivně ovlivnit i svalovou sílu (Tiidus 2016).

Svalová síla

Ženy jsou schopny generovat maximální svalovou sílu během folikulární fáze, po ovulaci tato schopnost o něco klesá a postupně se snižuje k hodnotě na začátku folikulární fáze, což však může být výsledkem zvýšené excitability kortikospinálního traktu přítomné právě během folikulární fáze (Tenan 2016).

Sarwar et al. (1996) testoval sílu, schopnost relaxace a únavnost kosterních svalů během menstruačního cyklu. U žen užívajících hormonální antikoncepci nenašel žádné změny během cyklu. U žen s fyziologickým cyklem zjistil, že m. quadriceps femoris má mezi 12.-18.dnem cyklu největší sílu, avšak je více unavitelný a potřebuje delší dobu k relaxaci. Phillips et al. (1996) popsal nejvyšší sílu m. adductor pollicis během folikulární fáze, avšak výrazně nízkou během ovulace. Dle Fischetto a Sax (2013) ženy s fyziologickým menstruačním cyklem vykazují vyšší svalovou sílu ve střední luteální fázi, což souvisí s vyššími hladinami progesteronu. Naopak nejnižší svalovou sílu popsali v pozdní folikulární fázi, kdy je ve svém peaku estrogen, tím odporují ostatním výše zmíněným tvrzením.

Na základě výše zmíněných studií lze tvrdit, že pohlavní hormony mají vliv na svalovou sílu, avšak nelze jednotně říci, jak přesně tyto mechanismy fungují. Zda je to estrogen či progesteron, kdo má pozitivní vliv na svalovou sílu kosterních svalů. Mnohé další studie však vyvrátily tato tvrzení, když nenalezly žádné signifikantní změny nejen v izometrické svalové síle či unavitelnosti, ale ani při elektricky stimulované kontrakci, kdy sledovaly svalový záškub a tetanickou kontrakci. Navíc měření volní maximální svalové síly není nikdy přesné a jde o parametr, který je ovlivněn mnoha vnitřními a vnějšími prvky (motivace, momentální stav organismu aj.). Dalším limitem těchto studií bylo např. nepřesné určení fáze cyklu (neprovedené měření koncentrací hormonů atd.) (Janse De Jonge et al. 2001).

Pohlavní hormony ovlivňují také růst svalové hmoty. Naproti testosteronu, který má v kombinaci s pohybovou aktivitou anabolický efekt, estrogeny tento stimulační efekt pohybové aktivity spíše neutralizují (Hansen et al. 2009).

1.4.3 Účinek pohlavních hormonů na neuromuskulární kontrolu

Je nesporně prokazatelné, že pohlavní hormony a jejich metabolity ovlivňují nervový systém na buněčné úrovni. Mnoho z těchto hormonů je také produkováno samotnými strukturami nervové soustavy (NS), vliv pohlavních hormonů z periferie na NS je zřejmě oproti centrálním působkům méně významný. Pohlavní hormony však mohou ovlivnit náš výkon

i z pohledu kvality motorických funkcí, avšak za přítomnosti velké interindividuální variability (Tenan 2016).

Pregnenolone (prekurzor progesteronu), progesteron i estrogen mají díky ovlivnění GABA (kyselina gama-aminomáselná) systému účinky na NS, inhibiční v případě progesteronu, excitační v případě estrogenů. Estrogeny navíc hrají svou roli i ve fyziologickém vývoji CNS. Kortikospinální trakt je tedy menstruačním cyklem ovlivňován na úrovni mozku, což vysvětluje facilitaci generace pohybů v pozdní folikulární fázi cyklu (Tenan 2016).

Při pohledu na jemnou a hrubou motoriku nacházíme během cyklu určité změny. Kvalita jemné motoriky je zlepšena ve střední luteální fázi oproti folikulární, naopak kvalita hrubé motoriky se během luteální fáze zhorší. Během této fáze jsou však zmírněny funkční asymetrie. Užívání HAK tyto rozdíly stírá (Tenan 2016). Koordinaci nacházíme nejlepší postovulačně, avšak může být ovlivněna i jinými faktory (Fridén et al. 2006). U žen bez premenstruačního syndromu byla prokázána lepší koordinace v pozdní luteální fázi proti folikulární, u žen s premenstruačním syndromem byla však zjištěna v luteální fázi koordinace horší (Abt et al. 2007).

Míšní excitabilita (H-reflex) se během cyklu nemění (Tenan 2016). Hoffman et al. (2008) tvrdí, že excitabilita motoneuronů nekoreluje s hladinami pohlavních hormonů a není odlišná u mužů a žen. To potvrdil měřením H-vlny a M-vlny v m. soleus a zkoumáním její korelace s hladinami hormonů ve slinách.

Někteří autoři připisují rozdíly mezi pohlavími ve výskytu sportovních zranění motorickému řízení. Vývoj specifických pohybových vzorů je sice velmi individuální a multifaktoriální, ale Casey et al. (2013) se zaměřili právě na vliv pohlavních hormonů. Ve studii prokázali, že se odpověď na napínací reflex mění v průběhu cyklu u žen užívajících i neužívajících HAK, a to snížením intenzity odpovědi perioovulačně (s peakem estrogenu). Výsledky se lišily pro různé svaly, což může být způsobeno různou intermuskulární stavbou jednotlivých svalů, respektive vazivové složky svalu, která je pohlavními hormony významně ovlivněna. Navíc sensitivita svalových vřetének se snižuje s menší pevností kolagenních vláken ve šlachách, což částečně objasňuje mechanismus estrogenem ovlivněných změn napínacího reflexu (Casey et al. 2013).

Další teorie popisuje vliv pohlavních hormonů na přenos nervového vzruchu, konkrétně na substráty účastnící se přenosu na úrovni mozku a míchy. Estrogen podle ní zvyšuje

excitabilitu presynaptické membrány a tím i přenos vzruchu, naopak progesteron zde hraje inhibiční roli (Casey et al. 2013).

Většina kvalitních studií s velkým vzorkem probandů neprokázalo signifikantní změny v neuromuskulární kontrole během funkčních úkolů jako seskok či výpad (Abt et al. 2007; Balachandar et al. 2017). Avšak Shultz et al. (2011a) prokázali větší prodlevu v aktivaci m. quadriceps femoris při seskoku u žen s větší AKL v preovulační fázi, což by mohla být další z příčin častějších poranění v tomto období.

Se zvýšenou laxicitou vaziva je spojena zhoršená stabilita. Ta je způsobená nejen větší volností vaziva v kloubech zajišťujících balanční strategie, ale také zhoršenou propiocepcí tkání s laxicitou. Např. i LCA je bohatě inervovaná struktura a redukce propioceptivní informace z něj pocházející může opravdu vést ke zhoršené stabilitě (Petrofsky a Lee 2015).

Kinematika

Výsledky studií hodnotících změny v kinematice kolenního kloubu během menstruačního cyklu se poměrně liší. Studie zkoumaly rizikové pohyby pro poranění LCA (výpady do strany, seskoky do dřepu) během cyklu. Prokázala se zvýšená AKL, valgozita a interní i externí rotační momenty v kolenním kloubu ve folikulární fázi v porovnání s luteální fází, během které byla však také zaznamenána větší valgozita kolenního kloubu. Během seskoků se projevila větší vnitřní rotace tibie (Abt et al. 2007; Balachandar et al. 2017; Park 2008). Shultz et al. (2011a) tyto rozdíly však popírá.

1.4.4 Účinek pohlavních hormonů na kostní tkáň

Vliv menstruačního cyklu a fluktuace pohlavních hormonů na kostní metabolismus je již dlouho diskutovaným tématem. Byly publikovány práce, jejichž výsledky střídavě potvrzovaly i vyvracely tvrzení o spojitosti pohlavních hormonů a kostního zdraví.

Podle studií publikovaných po roce 2000 korelují markery kostní resorpce s hladinami estrogenu. Čím vyšší hladinu estrogenu v organismu nacházíme, tím nižší hladiny markerů kostní resorpce tomu odpovídají (nejnižší nacházíme kolem ovulace). Estrogen, jako ženský anabolický hormon, má tedy pozitivní vliv na kostní tkáň. Během puberty, kdy jeho hladiny stoupají, má spolu s růstovým hormonem a IGF významný vliv na růst a vývoj kostí. Na konci puberty pak kontroluje uzávěr růstových plotének a poté zvyšuje celkovou kostní hmotu do dosažení jejího maxima. Pozitivně ovlivňuje také kostní remodelaci v závislosti

na mechanickém zatížení, má vliv i na metabolismus vitamínu D a zvyšuje počet jeho receptorů v kostech. Při stavu s deficitem estrogenu, jako je např. postmenopauzální období, dochází k poruše těchto procesů a významné redukci kostní hmoty, jeho nedostatek tedy přispívá ke vzniku osteoporózy.

Související FSH je zapojen do procesu ztráty kostní hmoty při deficitu estrogenu, protože jeho zvýšená hladina souvisí právě se sníženou hladinou estrogenu. Přímý vliv cirkulujícího FSH na kosti zatím nebyl prokázán.

Efekt progesteronu na kostní tkáň již není tak dobře prozkoumán, jako je tomu u estrogenu. Studie na zvířatech prokázaly pozitivní efekt na kostní metabolismus při současném podání estrogenu a progesteronu, a stejně tak tomu je zřejmě i u člověka, kde progesteron spolu s estrogenem přispívá ke stimulaci vývoje kostí u rostoucího organismu a k udržování kostní hustoty u premenopauzálních žen.

Androgeny, především testosteron, hrají podstatnou roli v metabolismu kostí u žen i mužů. Jednak jsou u žen substrátem pro tvorbu estrogenu, ale mají na kostní tkáň také přímý efekt. Snižují apoptózu osteoblastů, významný vliv mají také na růst dlouhých kostí, což může vysvětlovat větší vzrůst u mužů oproti ženám. Pozitivní efekt mají na kostní denzitu, což dokazují ženy se syndromem polycystických ovarií, které mají jak vyšší hladiny androgenů, tak právě vyšší kostní denzitu (Cromer 2008; Trémollières 2013).

1.4.5 Pohlavní hormony a organismus v zátěži

Reakce organismu na zátěž může být ovlivněna mnoha prvky a jedním z nich jsou také pohlavní hormony. To dokazuje např. tzv. premenstruační syndrom, který je spojen s celkově horším sportovním výkonem. Naopak první dny po menstruaci ženy označují za fázi cyklu se schopností podat nejlepší výkony (Fischetto a Sax 2013).

Pohybová aktivita (PA) zvyšuje hladinu testosteronu u mužů i u žen. Mechanismem je změna endokrinní sekrece na úrovni nadledvin a zvýšení sekrece prolaktinu z hypofýzy, což má inhibiční efekt na GnRH, tedy nepřímo na snížení sekrece estrogenu u žen. Dále zde hraje roli snížení celkového množství tuku při pravidelné zátěži a tím snížení konverze androgenů na estrogy, která právě v tukové tkáni probíhá. Oproti klidu však u žen PA zvyšuje hladiny estrogenu i progesteronu (Fischetto a Sax 2013).

Během luteální fáze dochází ke zvýšení tělesné teploty, objemu plasmy a s tím spojenému zvýšení klidové tepové frekvence a mírnému nárůstu ventilace v klidu. To zajišťuje progesteron, který je schopen zvýšit nastavenou hodnotu centrálního termoregulačního centra ovlivněním neuronů v preoptické oblasti a tím zvýšit bazální tělesnou teplotu (Fischetto a Sax 2013). Žádný z těchto parametrů se však neprojeví zvýšenou tepovou frekvencí nebo ventilací v zátěži (Smekal et al. 2007). Menší hodnoty ventilačních parametrů žen oproti mužům jsou dány menší velikostí plic, nejde o přímý vliv pohlavních hormonů (Duke 2016).

Ve střední luteální fázi dochází k mírnému nárůstu vytrvalostní výkonnosti. Příčinou je pravděpodobně zlepšení metabolismu tuků, šetření glykogenu a nižší hladiny laktátu oproti jeho vyšším hladinám ve střední folikulární fázi. Vliv zde však mohou mít i další prvky jako nutriční, hydratační, únava organismu aj. (Fischetto a Sax 2013). K ovlivnění výkonu při spíše anaerobní zátěži (krátké sprinty) zřejmě nedochází (Julian et al. 2017).

1.5 Hormonální antikoncepce

Hormonální antikoncepce je velmi efektivní metoda reverzibilní ochrany proti početí. Pomocí mechanismu negativní zpětné vazby vstupuje do hypothalamo-hypofyzo-ovariální řídicí osy, čímž způsobí potlačení ovulace (kombinovaná HAK) nebo znehodnocení jejich následků (gestagenní HAK) (Hrušková 2009). Konkrétně dochází díky estrogenům k potlačení hypofyzární sekrece FSH a LH negativní zpětnou vazbou. Gestageny inhibují předovulační vyplavení gonadotropinů (Vojtová 2015).

HAK rozdělujeme na jednotlivé druhy dle účinných látek či způsobu užívání. Orálně podávaná HAK (OC) má dvě základní formy – kombinovanou (COC) (obsahuje estrogen i progesteron) a gestagenní (progesteron). COC existuje ve formě monofázické (stejná hladina hormonů během cyklu) či polyfázické (různé hladiny hormonů během cyklu), která více napodobuje fyziologický menstruační cyklus. COC snižuje vlastní produkci estrogenu a progesteronu. Gestagenní OC je vhodná pro ženy kojící či s vyšším rizikem tromboembolické nemoci (TEN) (Bennell et al. 1999; Hrušková 2009; Maged et al. 2017).

Neperorální kombinovaná HAK je zastoupena transdermální antikoncepcí (náplast) či vaginálním kroužkem. Dále existuje nitroděložní HAK (tzv. nitroděložní tělíčko) s účinnou látkou gestagenem, podkožní implantáty uvolňující hormony, či intramuskulární injekční aplikace gestagenní antikoncepce. Poslední formou HAK je postkoitální antikoncepce, která patří mezi gestagenní preparáty (Bennell et al. 1999; Hrušková 2009).

Mezi obecně známé nežádoucí účinky HAK patří zvýšené riziko TEN u žen s dalšími rizikovými faktory (obezita, trombofilní mutace, imobilizace, kouření aj.) a s tím související riziko infarktu myokardu či cévní mozkové příhody. Kancerogeneze není nežádoucím účinkem HAK (Hrušková 2009).

1.5.1 HAK v kontextu pohybové soustavy a poranění LCA

Ženy užívající HAK mají prokazatelně méně traumatických poranění a vykazují menší laxicitu LCA oproti ženám s fyziologickým menstruačním cyklem (Fede et al. 2016b). Sensitivita tkání na syntetické hormony, konkrétně estradiol, je podobná, jako pro hormony endogenní, avšak dynamika změn jejich koncentrací je odlišná, a tím i následný klinický obraz (Hansen et al. 2009). Je prokázáno, že uživatelky HAK mají signifikantně nižší laxicitu LCA, díky uměle upravené hladině hormonů totiž nepodstupují fyziologické zvýšení laxicity LCA v preovulační fázi cyklu, jak tomu je u žen bez HAK (Lee et al. 2014). Tím pádem vykazují celkově méně poranění LCA. HAK lze proto označit za protektivní faktor pro poranění LCA, snižuje riziko poranění až o 20% (Herzberg et al. 2017).

Zaměříme-li se detailněji na účinek HAK na vazivo, nacházíme nižší koncentrace markerů kolagenní produkce i degradace, ale i menší průměr kolagenních fibril, což značí horší kvalitu kolagenní struktury. Vše ale závisí na fázi cyklu, na druhu antikoncepce, způsobu jejího užívání a dalších individuálních faktorech (Burrows, Peters 2007; Shultz et al. 2012). I pod vlivem HAK však dochází k supresi syntézy kolagenu v reakci na zvýšené dávky estradiolu ve 2.-4. týdnu menstruačního cyklu (Yu et al. 2001). HAK sice syntézu kolagenu nepodporuje, ale také přímo nezpůsobuje rozpad vazivové tkáně, tudíž nezvyšuje incidenci poranění vazivové tkáně (Hansen et al. 2009). HAK pravděpodobně potencuje sekreci relaxinu, ženy užívající HAK vykazují vyšší hladiny tohoto hormonu, což by může způsobovat celkově vyšší laxicitu vaziva (Fischetto a Sax 2013; Lee et al. 2014).

Zajímavé jsou další účinky na lidský organismus. Užívání HAK např. stírá rozdíly v kvalitě funkcí hrubé a jemné motoriky v průběhu menstruačního cyklu, které jsou pro ženy s normálním menstruačním cyklem přirozené (Tenan 2016). Dle Maged et al. (2017) HAK zlepšuje také balanční schopnosti.

Pod vlivem HAK však dochází k redukci syntézy proteinů kosterních svalů (Hansen et al. 2011). Syntetické ženské pohlavní hormony mají inhibiční efekt i na syntézu kolagenu, a to v klidu i po zátěži, a nejen ve vazivu, ale i v kostech. Nenacházíme však žádné důkazy,

že by měla kombinovaná HAK negativní efekt na dosažení maxima kostní hustoty u dospělých, především pokud je podávána po 3 letech od menarché. V případě žen s nastupující menopauzou může HAK působit dokonce preventivně proti ztrátě kostní hmoty navozené deficitem estrogenu. Nelze však vyloučit, že podávání HAK během puberty může souviset s vyšším rizikem osteoporózy v budoucnu (Trémollières 2013; Hansen et al. 2009).

1.5.2 HAK a organismus v zátěži

Zatím nebyly nalezeny žádné významné odlišnosti v reakci kardiorepiračního systému na zátěž u uživatelů HAK (Duke 2017). Jedinou nevýhodou HAK je zřejmě rozdíl v pozátěžovém zvýšení syntézy kolagenu ve svalovém vazivu, které je u uživatelů HAK nižší a ty tím ztrácejí tento benefit z pohybové aktivity (Hansen et al. 2009). Naopak výhodu přináší HAK ženám užívajícím její monofázickou formu, ty vykazují sníženou utilizaci glykogenu a vyšší dostupnost tuků jako zdroje energie, což má pozitivní efekt na vytrvalostní zátěž. Anaerobní zátěž však HAK neovlivňuje (Fischetto a Sax 2013).

Častým problémem spojeným s užíváním HAK je zadržování vody a tím způsobené zvýšení hmotnosti, což může ovlivnit např. vytrvalostní sportovkyně. Během fyziologického menstruačního cyklu (v luteální fázi) totiž zvýšení hladiny progesteronu iniciuje zvýšené vylučování vody a elektrolytů, na což sekundárně reaguje aldosteron. Když hladina progesteronu klesá, aldosteron je v nadbytku a vede ke kompenzační retenci vody a elektrolytů. Tento mechanismus je u HAK změněn (Fischetto a Sax 2013).

Užívání HAK může mít pro sportovkyně také své výhody. Jde především o kontrolu menstruačního cyklu, menší bolestivost během menstruace, slabší krvácení a v neposlední řadě o ochranu proti početí (Bennell et al. 1999; Fischetto a Sax 2013).

2 CÍLE A HYPOTÉZY

2.1 Cíle práce

Primárním cílem práce je prokázat souvislost poranění LCA s aktuální fází menstruačního cyklu, čímž chceme objasnit problematiku vlivu pohlavních hormonů na vazivovou tkáň a riziko jejího poranění.

2.1.1 Dílčí cíle

- Porovnat incidenci poranění LCA u žen užívajících HAK oproti ženám s fyziologickým menstruačním cyklem.
- Zjistit, v jaké fázi ovulačního cyklu dochází k nejvyššímu výskytu poranění LCA u pacientek s fyziologickým menstruačním cyklem.

2.2 Hypotézy

- **Hypotéza H1:** Výskyt poranění LCA u žen užívajících HAK bude nižší než u žen bez HAK.
- **Hypotéza H2:** K největšímu výskytu poranění LCA dojde u žen neužívajících HAK během pre a periovulační fáze.
- **Hypotéza H3:** Během luteální fáze cyklu bude incidence poranění LCA nižší oproti folikulární fázi fyziologického menstruačního cyklu.

3 METODIKA

3.1 Sledovaný soubor

Dotazník byl určen pro ženy, které prodělaly poranění LCA ve věku 15-35 let, a to buď jeho úplnou nebo parciální rupturu. Podmínkou zařazení do výzkumu byl fyziologický menstruační cyklus či užívání HAK v době úrazu. Ženy také nesměly být před úrazem ani v jeho době gravidní či podstupovat hormonální léčbu. Respondentky musely v době úrazu pravidelně sportovat (min. 1 až 2x týdně).

3.2 Dotazník a postup sběru dat

Pro účely sběru dat do této diplomové práce byl připraven nestandardizovaný dotazník (viz Příloha č.1), který byl anonymní. Jednotlivé otázky a struktura dotazníku byly sestaveny na základě poznatků z odborné literatury a dříve publikovaných vědeckých prací vztahujících se k danému tématu.

Dotazník má celkem 10 otázek a 3 podotázky. Otázky číslo 2,4,5 a 5.1 až 5.3 jsou zaměřeny na menstruační cyklus a HAK, otázky 1,3,6 a 7 jsou zaměřeny na okolnosti úrazu. Otázky 8-10 se týkají sportovní aktivity, jsou důležité pro kontrolu, zda žena opravdu pravidelně sportuje a také pro zjištění případné souvislosti určitého druhu sportu se zvýšenou incidencí poranění LCA.

Sběr dotazníku probíhal dvěma způsoby: 1) pomocí webového formuláře stránky vplnto.cz, 2) ve zdravotnických zařízeních, kde fyzioterapeuti dotazníkové formuláře rozdávali svým pacientkám spadajícím do cílové skupiny dotazníku. Spolupráce proběhla s rehabilitačními a ortopedickými pracovišti Fakultní nemocnice Motol, zdravotnickými zařízeními Geri a Orthotes, s Centrem komplexní péče Roseta a Rehabilitační nemocnicí Beroun. Dále byly dotazníky distribuovány fyzioterapeuty a studenty fyzioterapie mezi pacienty a sportovní týmy (např. ženská reprezentace pozemního hokeje, florbalové týmy Tatranu Střešovice, ženská basketbalová reprezentace, volejbalové týmy aj.).

3.3 Analýza a zpracování dat

Výsledné údaje z dotazníků, statistické výpočty a grafy byly zpracovány v programu Microsoft Excel 2010. Hypotézy byly vyhodnoceny statistikem pomocí Pearsonova chí - kvadrátového testu.

3.3.1 Podklady pro vyhodnocení dat

Pro stanovení rizikových fází menstruačního cyklu jsme využili poznatky vycházející z teoretické části práce a dříve publikovaných studií.

U skupiny žen, které neužívají HAK, očekáváme nejvyšší výskyt poranění LCA během period s nejvyšší hladinou estrogenu, tedy během pre a periovulační fáze cyklu. Protože hladina estrogenu stoupá zhruba od 8. dne cyklu, maxima dosahuje 12.-13.den cyklu a zpět na původní hladinu se dostává mezi 14.-15.dnem, zvolili jsme jako období s předpokládaným nejvyšším výskytem poranění 10.-15. den cyklu. 10.den již estrogen dosahuje přibližně dvojnásobné koncentrace oproti počátku folikulární fáze. Účinek estrogenu na tkáň může mít určitou prodlevu, a navíc počítáme s variabilitou délky cyklu, tedy i peaku estrogenu, tudíž stanovujeme konec této rizikové fáze na 15.den. Ovulace probíhá zhruba 14.den cyklu, avšak s určitou interindividuální variabilitou (dle některých autorů mezi 10.-17.dnem cyklu), my její rozmezí stanovujeme na 13.-15.den cyklu (periovulační fáze) (Fehring et al. 2006; Ferin et al. 1997, s. 16-17). Dále očekáváme celkově vyšší výskyt poranění ve folikulární fázi cyklu (1.-14.den) oproti luteální fázi (15.-28.den) (Casey et al. 2013; Lefevre et al. 2013).

U skupiny žen užívajících HAK očekáváme celkově nižší výskyt poranění LCA, protože HAK je považována za ochranný faktor proti vzniku tohoto poranění, jelikož redukuje cyklické fluktuace hladin pohlavních hormonů, které způsobují rizikové změny vlastností vaziva během cyklu (Herzberg et al. 2017).

4 VÝSLEDKY

4.1 Charakteristika zkoumaného souboru

Dotazník celkově zodpovědělo 71 respondentek a vyhodnoceno bylo celkem 52 dotazníků. Z výzkumu byly vyřazeny respondentky udávající nepravidelný cyklus, opakované poranění stejného kolenního kloubu, ženy menstrující méně než dva roky a ženy užívající HAK méně než tři měsíce, stejně tak i ženy zraněné do 3 měsíců po vysazení HAK.

Průměrný věk v době poranění LCA byl 20,3 let, ($SD \pm 4,49$). Skupina uživatelék HAK po vyloučení nevhodných respondentek čítala 14 žen, skupina bez HAK 38 žen.

4.2 Výskyt poranění v jednotlivých skupinách a jejich porovnání

Výsledný poměr mezi počtem respondentek ve skupině užívající a neužívající HAK potvrzuje naše předpoklady. Respondentek neužívajících HAK je 73,1 %, z celého počtu vyhodnocených dotazníků, tedy 2,7x více než respondentek užívajících HAK. Rozdíl mezi skupinami je 46,2 %.

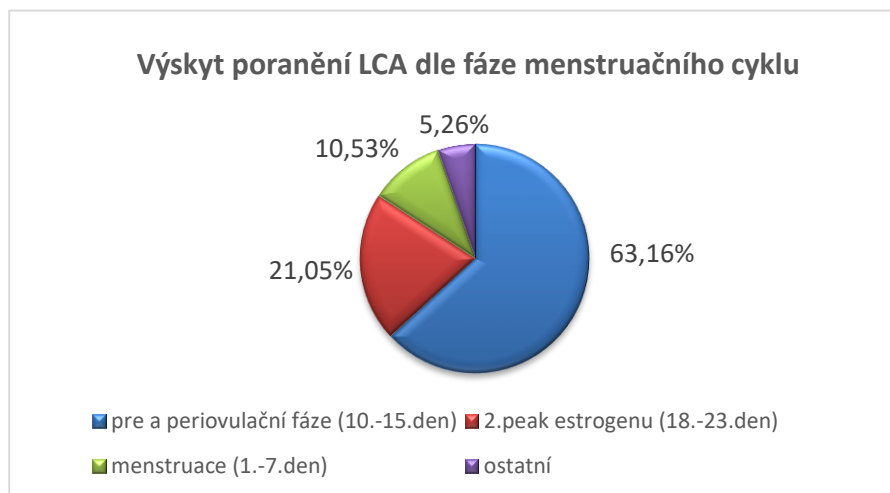


Graf č. 1

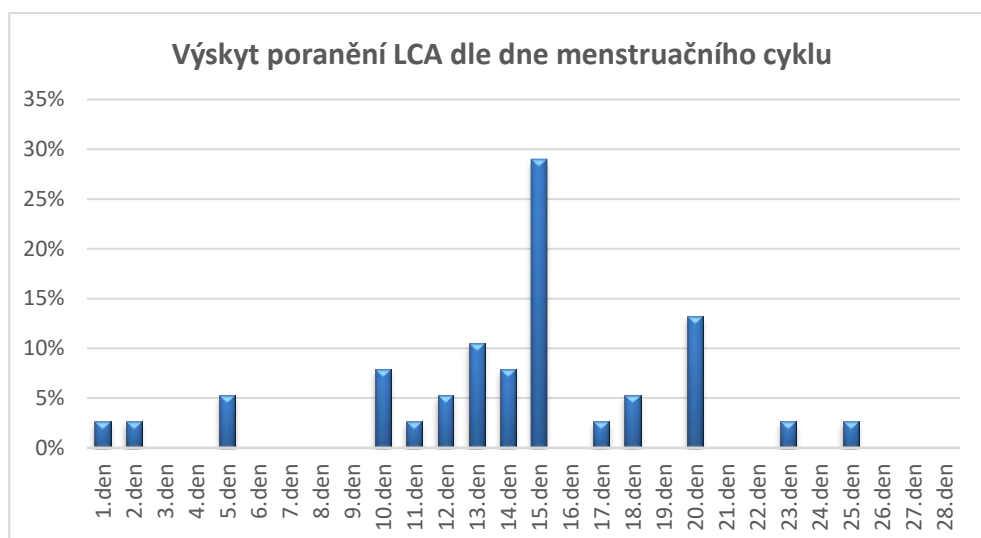
4.3 Výskyt poranění v závislosti na fázi menstruačního cyklu u žen neužívajících HAK

Dle teoretických poznatků jsme předpokládali nejvyšší incidenci poranění u žen neužívajících HAK v preovulační a periovulační fázi ovariálního cyklu (10.-15.den cyklu), což se při analýze výsledků potvrdilo. Konkrétně se podle údajů respondentek v této fázi stalo 63,16 % poranění. Druhou nejfrekventovanější udávanou fází cyklu byla první polovina luteální fáze, konkrétně období korelující s druhým peakem estrogenu, který nastává asi 6-9 dní

po předovulačním vyplavením gonadotropinu, tedy 18.-19.den cyklu a trvá zhruba 3-4 dny, tedy do 22.-23.dne cyklu. V tomto období udává poranění 21,05 % respondentek. Nejméně poranění bylo zjištěno během menstruace (10,53 %) a ve zbytku cyklu (5,26 %).



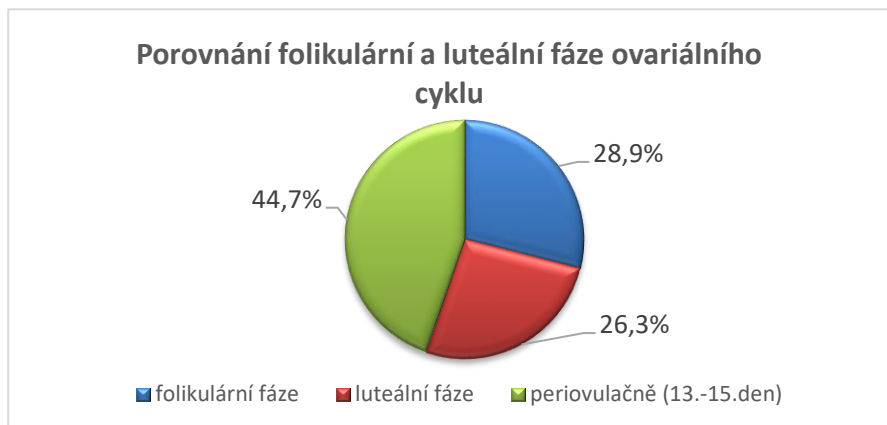
Graf č. 2



Graf č. 3

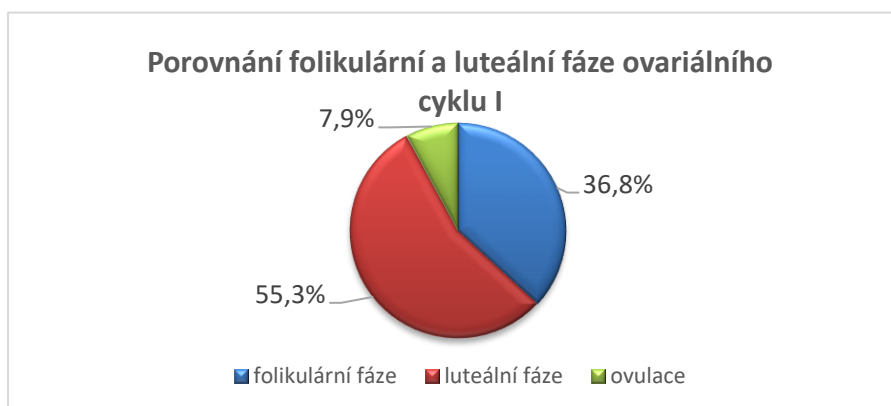
4.4 Porovnání výskytu poranění ve folikulární a luteální fázi ovariálního cyklu

Pokud dobu ovulace stanovíme v rozmezí 13.-15.dne ovariálního cyklu, během folikulární fáze dojde ke 28,9 % úrazů, během fáze luteální k 26,3 % úrazů. Periovulační fáze zde opět svou incidencí velmi dominuje (44,7 %).



Graf č. 4

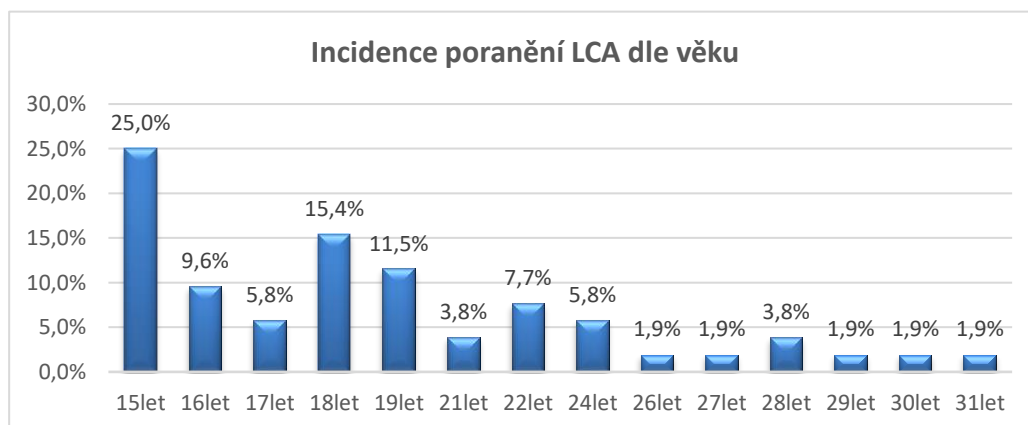
Stanovíme-li však ovulaci striktně na 14.den cyklu bez ohledu na možnost interindividuální variability, sledujeme vyšší výskyt poranění v luteální fázi (15.-28.den cyklu), a to 55,3 %, ve folikulární fázi celkem 36,8 % a v den ovulace 7,9 %.



Graf č. 5

4.5 Souvislost věku a poranění LCA

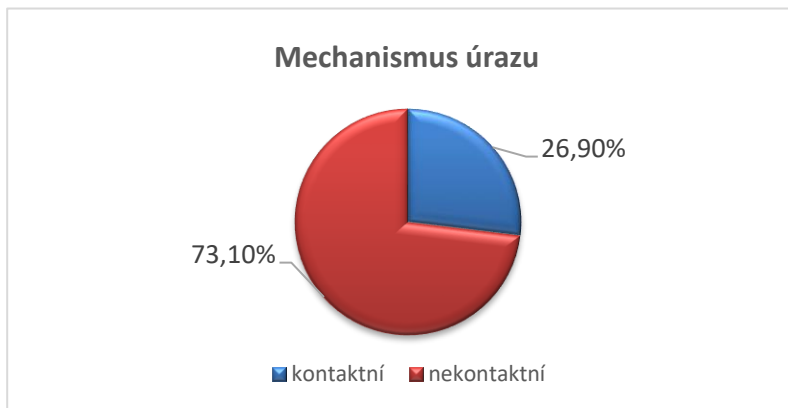
Nejvíce zastoupené věkové skupiny mezi respondentkami byly 15, 18 a 19 let, což poukazuje na velkou incidenci tohoto poranění u adolescentních žen.



Graf č. 6

4.6 Mechanismus úrazu

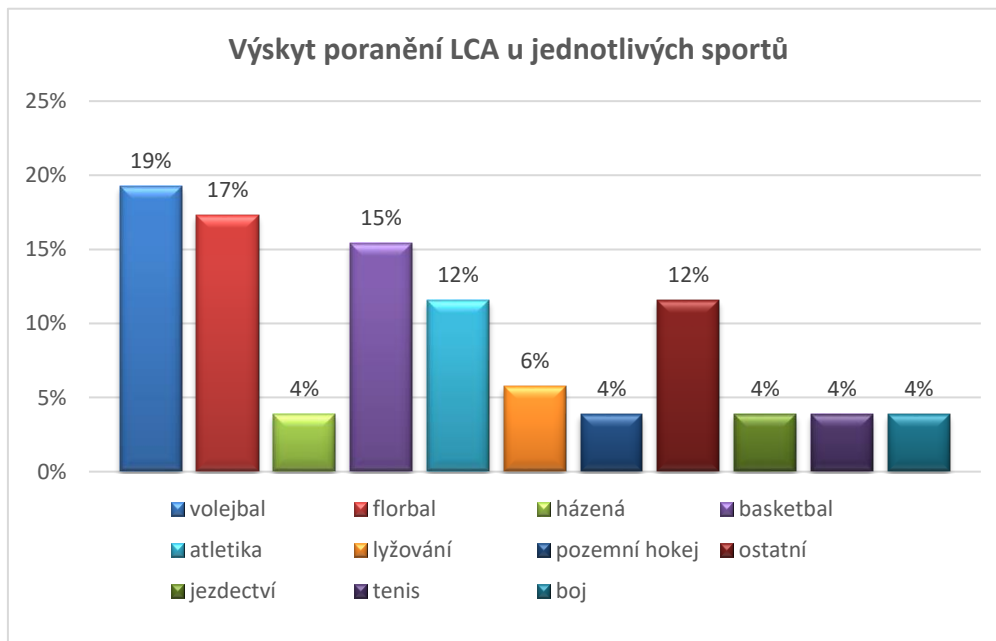
Poměr ve výskytu kontaktního a nekontaktního poranění je následovný: celkem 73,1 % ze všech respondentek označilo mechanismus svého poranění za nekontaktní, 26,9 % za kontaktní. Kontaktní úrazy udávaly především florbalistky, basketbalistky či volejbalistky.



Graf č. 7

4.7 Incidence v jednotlivých sportech

Předpokládali jsme vyšší incidenci poranění LCA ve sportech s rizikem kontaktního poranění (florbal, basketbal) a ve sportech, které zahrnují rizikové faktory (dopady na 1 DK, rotační pohyby na 1DK), jako je např. florbal či volejbal, což se v našem dotazníkovém šetření potvrdilo. Celkově nejvíce zastoupenými sporty byl volejbal (19%), dále florbal (17%) a basketbal (15%).



Graf č. 8

4.8 Vyhodnocení hypotéz

4.8.1 Hypotéza H1

H1: Výskyt poranění LCA u žen užívajících HAK bude nižší než u žen bez HAK.

Výskyt poranění u žen neužívajících HAK je 73,1 %, vyšší oproti skupině s HAK (26,9 %). Hypotéza H1 byla potvrzena dle Pearsonova chí-kvadrátového testu na 95 % hladině statistické významnosti ($p=0,0006$). Výpočet proběhl na základě předpokládané incidence poranění LCA u sportujících žen 10% (Dragoo et al. 2009).

4.8.2 Hypotéza H2

H2: K největšímu výskytu poranění LCA dojde u žen neužívajících HAK během pre a periovulační fáze.

Hypotéza H2 byla potvrzena dle Pearsonova chí-kvadrátového testu na 95 % hladině statistické významnosti ($p=0,0218$). Celkem 63,16 % poranění LCA u skupiny neužívající HAK spadá mezi 10.-15.den ovulačního cyklu. 21,05 % respondentek udává poranění během 2.peaku estrogenu (18.-23.den cyklu) a nejméně poranění bylo zjištěno během menstruace (10,53 %) a ve zbytku cyklu (5,26 %).

4.8.3 Hypotéza H3

H3: Během luteální fáze cyklu bude incidence poranění LCA nižší oproti folikulární fázi fyziologického menstruačního cyklu.

Pokud stanovíme den ovulace striktně na 14.den ovulačního cyklu, nacházíme vyšší incidenci poranění během luteální fáze (15.-28.den cyklu), a to 55,3 %, oproti folikulární fázi (36,8 %). Hypotéza H3 nebyla potvrzena, na základě Pearsonova chí-kvadrátového testu, na 95 % hladině statistické významnosti ($p=0,1072$) nelze zamítnout H_0 : Výskyt poranění LCA nezávisí na luteální či folikulární fázi cyklu.

Pokud zvážíme periovulační období jako širší časový úsek mezi 13.-15.dnem, dojde během folikulární fáze k 28,9 % úrazů a v luteální fázi 26,3 % úrazů. Hypotéza H3 nebyla ani v tomto případě dle Pearsonova chí-kvadrátového testu potvrzena ($p=0,7976$).

5 DISKUZE

5.1 Diskuze k teoretické části

Poranění LCA

Poranění LCA je velmi častým problémem nejen sportujících žen, který může omezit jejich plnou aktivitu často na půl roku až rok a má vysoký výskyt opětovného poranění (Bell et al. 2014). Trenéři ženských a dívčích sportovních týmů ze svých zkušeností potvrzují vyšší výskyt poranění LCA u dívek oproti chlapcům (Casey et al. 2013). Mechanismus vzniku léze LCA je obecně známý, stejně tak i mnohé fyzioterapeutické metody považované za účinnou prevenci vzniku poranění LCA. Avšak účinnost těchto metod je podmíněná jejich včasným užitím na základě dobrých znalostí všech rizikových faktorů.

Mezi všeobecně známé rizikové faktory patří sporty kolektivní s rizikem kontaktních poranění a sporty s častými dopady a rotacemi na 1 DK, jako jsou např. florbal, volejbal či fotbal (Froehle et al. 2017). Jaká je však plošná znalost anatomických parametrů a biomechanických faktorů vzniku poranění nejen LCA u trenérů sportovních týmů? Mají přehled o problematice hypermobility či neideální neuromuskulární kontrole u svých svěřenců? Z vlastních zkušeností si dovoluujeme tvrdit, že tomu tak není. Navíc od trenérů ani nelze očekávat detailní porozumění této problematice, což by mohla vyřešit spolupráce s erudovaným fyzioterapeutem. Bohužel přítomnost fyzioterapeuta plně se věnujícího mládeži, který by byl schopen tyto faktory zhodnotit a zohlednit, je výsostnou výhodou pouze několika sportovních klubů v České republice.

Pro co nejlepší zhodnocení rizika sportovních zranění je třeba uvědomit si i faktor pohlavních hormonů, jejichž fyziologie je u žen naprosto odlišná než u mužů a mají přímý vliv na vlastnosti jednotlivých tkání a nepřímo na úrazovost. Publikovány byly různé názory na nejrizikovější období menstruačního cyklu z pohledu poranění LCA. Např. Belanger et al. (2013) srovnává 13 klinických studií zabývajících se AKL během menstruačního cyklu. Ty se ve většině shodují na nejvyšší laxicitě LCA a riziku poranění v preovulační fázi cyklu. Herzberg et al. (2017) zkoumal 21 studií se stejným tématem, opět potvrdil souvislost mezi fluktuací hormonů během menstruačního cyklu a poraněním LCA a poukazuje na nejvyšší riziko léze LCA během preovulační fáze a perioovulačně, celkově také popisuje zvýšené riziko

poranění ve folikulární fázi cyklu oproti luteální (viz Příloha č.2). Navíc potvrzuje až o 20% menší riziko poranění LCA při užívání HAK, stejně jako Fede et al. (2016b).

Pohlavní hormony a menstruační cyklus

Pohlavní hormony ovlivňují mnoho fyziologických pochodů v našem těle. Primárně se jejich účinky vztahují k pohlavním orgánům a reprodukčním funkcím, ovlivňují však i další tkáně a procesy (svaly, vazivo aj.). Tuto funkci mají mužské i ženské pohlavní hormony, druhé zmíněné jsou významnější z důvodu přítomnosti fyziologického kolísání koncentrací, a tím jejich účinků v rámci menstruačního, respektive ovariálního cyklu (Trojan, 2003, s. 521-522).

Nejvýznamnějším je hormon estradiol ze skupiny estrogenů. Mezi jeho účinky mimo reprodukční soustavu patří inhibice proliferace fibroblastů a syntézy kolagenu ve vazivu, receptory pro estrogeny byly nalezeny v samotném LCA. Touto cestou ovlivňuje vlastnosti a zvyšuje riziko poranění LCA, a to především při své maximální koncentraci během 10.-15.dne cyklu (Balachandar et al. 2017).

Pohlavní hormony mohou ovlivnit riziko poranění LCA i na dalších úrovních. Určitý vliv má estrogen na balanční schopnosti, zvyšuje laxicitu vaziva, s čímž je spojena celkově zhoršená stabilita kloubů. Tkáně s vyšší laxicitou mají také zhoršenou schopnost propriocepce (Petrofsky a Lee 2015). Tímto mechanismem může dojít ke snížení stability kloubů během pre a periovulační fáze cyklu, což přispívá ke zvýšenému riziku úrazů. Na svalovou tkáň, svalovou sílu a nervový přenos má však estradiol spíše pozitivní účinky (např. zvyšuje excitabilitu kortikospinálního traktu a presynaptické membrány) (Casey et al. 2013; Hoffman et al. 2008; Tiidus 2016; Tenan 2016). Avšak uprostřed cyklu právě v korelaci s peakem estrogenu byla popsána také největší unavitelnost svalů (Fischetto a Sax 2013; Sarwar et al. 1996). Je-li unavitelnost pod vlivem estrogenu zvýšená, roste zde dle našeho názoru i riziko poranění nejen LCA.

Zajímavá je variabilita motorických funkcí během ovariálního cyklu. Koordinace a jemná motorika se ukazuje nejlepší v luteální fázi. Naopak ve folikulární fázi pozorujeme zhoršení koordinace a zvýraznění funkčních asymetrií, což může vést ke snížení schopnosti reagovat na rychlé změny ve vnějších podmínkách a nárocích na stabilizaci kloubů (Fridén et al. 2006, Tenan 2016). Toto je dalším faktorem poukazujícím na zvýšené riziko poranění během folikulární fáze.

Progesteron má na CNS mírný inhibiční účinek, částečně tlumí také kolagenolytický efekt estradiolu, avšak není schopen ho potlačit (Casey et al. 2013; Fede et al. 2016b; Tenan 2016, Yu et al. 2001). Jeho hladina dosahuje maxima přibližně mezi 19.-21. dnem cyklu, kde však roste také koncentrace estrogenu. Je tedy otázkou, v jaké míře dokáže progesteron účinky estrogenu inhibovat. I když je popsána nižší incidence poranění LCA v luteální fázi cyklu, v naší práci jsme v tomto ohledu došli k zajímavým zjištěním (viz kapitola 5.2). V luteální fázi dochází díky progesteronu ke zvýšení tělesné teploty (Smekal et al. 2007). Při vyšší teplotě roste visko-elasticita vaziva a tím i kloubní laxicita. Dle Lee et al. (2013a) však zvýšení laxicity vaziva na základě nárůstu tělesné teploty má menší význam, než na základě účinků estrogenu, tedy pro riziko poranění LCA není zvýšení teploty klíčové.

Významným hormonem je relaxin, který je zodpovědný za zvýšenou laxicitu vaziva během těhotenství. Nejvyšších hladin dosahuje během luteální fáze, což může vysvětlovat výskyt kloubních poranění mimo pre a perioovulační fáze cyklu. Dragoo et al. (2009) potvrzuje jeho vliv na vlastnosti vaziva (kolagenolýzu), ale jeho efekt se podle Wahl et al. (1997) a Dumas a Reid (1997) projeví až po prvořadém uvolnění estrogenu. Je-li jeho exprese přímo závislá na estrogenu, není samotný relaxin primární příčinou výskytu poranění LCA.

Ne všichni autoři však ve svých pracích potvrzují výše zmíněné poznatky. Například Abt et al. (2007) tvrdí, že stabilita, motorická kontrola, svalová síla ani biomechanika kolenního kloubu nekoreluje s hladinami estrogenu a progesteronu. Stejně tak Carcia et al. (2004) či Shafiei et al. (2016) nenašli výrazné změny v AKL během menstruačního cyklu.

Nesrovnalosti ve výsledcích studií mohou být dány limity, které většina autorů přiznává a se kterými se potýkáme i v naší práci. Jde nejen o hodnocení AKL, které může být zatížené chybou měření (nastavení kloubního athrometru, stav měkkých tkání, schopnost relaxace měřeného). Při zjišťování maximální svalové síly v průběhu cyklu se setkáváme s problémem motivace pacienta – je vyvinutá síla opravdu maximální? Při studiích zaměřených na neuromuskulární kontrolu a balanc může dojít k ovlivnění výsledků aktuální únavou probanda či stupněm jeho pozornosti. Problémem je i samotný menstruační cyklus, který je zatížen velkou interindividuální variabilitou hladin hormonů a délky jednotlivých fází. Délka cyklu se průměrně pohybuje mezi 22-36 dny a pouze 25% žen má peak estrogenu a ovulaci mezi 10.-17. dnem (Fehring et al. 2006). Až u 12% žen se mohou vyskytovat anovulační cykly a ve 43% se může objevit zkrácení luteální nebo folikulární fáze (Fischetto a Sax 2013). Je tedy

těžké určit přesnou fázi cyklu dané ženy nejen retrospektivně, ale i při stanovení hladin hormonů pomocí aktuálního odběru krve či moči.

Hormonální antikoncepce

Specifickou skupinou jsou ženy užívající HAK. Jejich menstruační cyklus není fyziologický, je ovlivněn dávkami syntetických pohlavních hormonů. Užívání HAK je považováno za ochranný faktor poranění LCA, což potvrzuje i tato práce (viz níže). HAK eliminuje prudké výkyvy koncentrací pohlavních hormonů a umožňuje ženám kontrolovat svůj cyklus a předejít výskytu premenstruačního syndromu, jenž může významně ovlivnit jejich sportovní výkon. Snížená koordinace, zkrácená reakční doba a zhoršená neuromuskulární kontrola v pozdní luteální fázi byla dle Abt et al. (2007) prokázána právě u žen s premenstruačním syndromem, což objasňuje výskyt úrazů LCA v tomto období. HAK dále stírá výše zmíněné výkyvy ve funkci nervosvalové soustavy v průběhu fyziologického menstruačního cyklu. Vše samozřejmě závisí na druhu antikoncepce, způsobu jejího užívání a dalších individuálních faktorech. Je důležité si uvědomit, že HAK nelze paušálně doporučovat sportujícím ženám pouze kvůli prevenci poranění pohybového aparátu. HAK může způsobit i mnoho nezanedbatelných negativních účinků, které je třeba zohlednit při její indikaci.

Vliv pohlavních hormonů na vlastnosti vaziva je zajímavým tématem a do budoucna si žádá další výzkumy, které detailněji popíší přesné mechanismy účinku hormonů a přesné změny v chování tkání. Ve většině námi použitých studií byl k měření AKL použit KT artrometr, který však není schopen změřit volnost konkrétního vazů. Ideální by bylo zvolit metodu přímo snímající zkoumanou strukturu a její chování v daných podmínkách. Jako vhodná metoda se nabízí ultrazvuková elastografie, která zatím není pro toto měření běžně užívaná a současně není zcela běžně dostupná. Podmínkou validity takových studií je dlouhodobé sledování hormonálních hladin probandů během menstruačního cyklu, abychom byli schopni přesně určit jeho konkrétní fázi a vytvářet platné závěry.

5.2 Diskuze k praktické části

Na téma podobné této práci bylo publikováno několik zahraničních studií a naším cílem bylo především potvrdit či vyvrátit jejich závěry, případně přinést další zajímavé poznatky. Ke sběru dat jsme zvolili metodu dotazníkového šetření, jelikož stanovení hladin pohlavních hormonů pomocí odběrů krve v období úrazu LCA by bylo velmi komplikované a vedlo by k malému vzorku probandů. Sestaven byl nestandardizovaný dotazník, který zjišťoval

všechny potřebné údaje (fázi cyklu, kdy došlo k poranění LCA, mechanismus poranění, druh sportovní aktivity, při které k úrazu došlo) a pomohl eliminovat respondentky nevhodné pro tento výzkum. Jsme si vědomi, že využití standardizovaného dotazníku by mělo větší výpovědní hodnotu, avšak žádný dostupný dotazník nesplňoval požadavky naší práce.

Výsledky práce převážně potvrdily teoretické předpoklady. Signifikantně vyšší výskyt poranění LCA byl prokázán u žen neužívajících HAK (2,7x více), což koreluje např. s tvrzením Herzberg et al. (2017) a poukazuje na fluktuace hladin hormonů během menstruačního cyklu jako na rizikový faktor poranění LCA. Nejvyšší výskyt poranění v této skupině sledujeme mezi 10.-15.dnem cyklu (63,16%), tedy ve fázi před ovulací a během ovulace. Dle Belanger et al. (2013), Ruedl et al. (2009) či dalších autorů je nejrizikovější fází období předovulační, tedy do 14.dne cyklu. Podle našich výsledků přesahuje toto období do 15.dne, který však vzhledem k variabilitě cyklu může u mnoha žen spadat do předovulačního období. I proto jsme tuto interindividuální variabilitu zohlednili a stanovili období s nejvyšší hladinou estrogenu na 10.-15.den (viz kapitola 3.3.1).

Druhým obdobím s nejpočetnějším výskytem poranění (21,05%) je 18.-23.den. Jde o období luteální fáze, kde se nachází maximální hladiny progesteronu a také relaxinu. Avšak i hormon estrogen zde dosahuje vyšších koncentrací oproti zbytku luteální fáze. Pokud ženy vykazující poranění LCA v této fázi měly pravidelný menstruační cyklus, předpokládáme, že je tento jev způsobený kombinovaným účinkem estrogenu a relaxinu. Přítomný progesteron má sice schopnost inhibice kolagenolytického efektu estrogenu, ovšem estrogen je dle Yu et al. (2001) stále dominantní i v případě vysoké hladiny progesteronu. Relaxin jako synergista estrogenu jeho účinek zřejmě ještě podporuje.

I z důvodu vyššího výskytu poranění LCA v tomto období nebyla prokázána signifikantně vyšší incidence poranění ve folikulární fázi oproti luteální, jak jsme předpokládali. To může být způsobeno dvěma jevy. Za prvé variabilitou délky jednotlivých fází (naše respondentky nemusely ve dnech oficiálně označených jako luteální fáze skutečně luteální fází procházet), za druhé možným opožděným nástupem účinku estrogenu na LCA, což popisuje i Shultz et al. (2011a) nebo Lee et al. (2013a). Výskyt poranění v pozdní luteální fázi a v prvních dnech menstruace můžeme vysvětlit negativními účinky premenstruačního syndromu.

V teoretické části zmiňujeme důležitost prevence poranění LCA u mládežnických týmů, to podporují i výsledky výzkumu. Casey et al. (2013) i Myer et al. (2013) popisují postupný

nárůst výskytu poranění LCA u dívek po nástupu puberty a nejvyšší incidenci během dospívání. Nejvíce zastoupená věková skupina v našem šetření je 15-19 let, což zmíněné výroky potvrzuje.

Zabýváme se i výskytem různého mechanismu poranění LCA (kontaktní /nekontaktní). Poranění vzniklé kontaktním mechanismem se ve větší míře vyskytuje v kontaktních a kolektivních sportech. 73,1 % ze všech respondentek označilo mechanismus svého poranění za nekontaktní, 26,9 % za kontaktní. To odpovídá i zjištěnému výskytu sportů, ve kterých k poraněním došlo. Nejvíce zastoupený volejbal a dále také atletika či lyžování jsou sporty nekontaktní, tedy s předpokládaným nekontaktním mechanismem úrazu, celkem tvoří 37 % všech úrazů respondentek. Další významně zastoupené sporty jako florbal, basketbal, házená či pozemní hokej jsou sice sporty dle pravidel nekontaktní, avšak kolektivní, tudíž u nich očekáváme jak kontaktní, tak nekontaktní poranění LCA. Většina zbylých sportů uvedených respondentkami opět poukazuje na nekontaktní mechanismus poranění (např. tenis). Incidence v jednotlivých sportech a mechanismus poranění v naší práci spolu tedy korelují podle teoretických předpokladů.

V našem výzkumu udává celkem 14 respondentek poranění LCA v období užívání HAK (ve formě pilulek, v režimu 21/7). Vzhledem k malému počtu respondentek je výpovědní hodnota této skupiny nízká, a tudíž z ní nebudeme vyvozovat závěry. Jen pro zajímavost udáváme, že většina poranění LCA se v této skupině vyskytovala během menstruace nebo v týdnu po 7denní pauze v užívání HAK, což může poukazovat na význam změn hladin hormonů po vysazení a opětovném začátku užívání antikoncepce, teoretické podklady pro toto tvrzení však nemáme. Většina studií naopak tvrdí, že užívání HAK nezpůsobuje zvýšený výskyt poranění LCA v určitých fázích cyklu (Herzberg et al. 2017). Pouze Arend et al. (2002) popisuje posun nejrizikovější fáze na začátek menstruačního cyklu, což by částečně korelovalo s našimi výsledky. Jiné publikace popisují výskyt poranění u žen stejný, nehlédě na užívání či neužívání HAK (Lefevre et al. 2013).

Samozřejmě si uvědomujeme limity této práce, především stanovení fáze cyklu není zcela přesné. Jak bylo však zmíněno výše, s tímto problémem se potýkají všechny publikace na podobné téma. Sběr dat proběhl v průběhu 1,5 roku a vzhledem k velmi specifickým požadavkům na respondentky (věk, fyziologický cyklus, znalost fáze cyklu v době poranění) mohl být dotazník vyhodnocen pouze u úzké skupiny z velkého množství pacientek s danou diagnózou. K distribuci dotazníků byla potřebná spolupráce zdravotnického personálu na jednotlivých pracovištích, což byl další z limitujících faktorů sběru dat.

Otázkou je, jak lze využít zjištěné poznatky v prevenci poranění LCA. Rozhodně doporučujeme zařadit do tréninkových programů metody pro prevenci poranění LCA, jaké popisuje například Barber-Westin et al. (2009) či Sugimoto et al. (2015) (viz kapitola 1.2.3). Jde o metody zahrnující trénink neuromuskulární kontroly, plyometrická i balanční cvičení, trénink dopadů a došlapů. Jak tvrdí Myer et al. (2013) či Sugimoto et al. (2015) a k čemu se také přikláníme, nejdůležitější je tyto cviky zapojit do komplexního programu a provádět je pod kontrolou fyzioterapeuta, či alespoň biofeedbacku. Nemůžeme opomenout význam trupové stabilizace, kterou zmiňuje i Ireland (2002). Bez její správné funkce nelze předpokládat, že bude fungovat stabilizace na úrovni jednoho segmentu. Např. balanční trénink, který je mnoha kondičními trenéry ve velké míře využíván a doporučován právě po zranění LCA, se ukázal jako nejméně účinná metoda prevence i rehabilitace poranění LCA, pokud byl prováděn pouze izolovaně a bez kontroly fyzioterapeutem/trenérem (tedy tak, jak to často v praxi vidáme) (Myer et al. 2013; Sugimoto et al. 2015).

S důrazem je třeba využívat tyto metody u rizikových skupin dívek hlavně v pubertálním a adolescentním věku. V ideálním případě by každá dívka s více rizikovými faktory (anatomické predispozice aj.) měla dobře znát svůj cyklus a v preovulačním období zintenzivnit cvičení v rámci preventivních programů, a to především před náročnými tréninky či zápasy, kde je riziko úrazu nejvyšší. Náročný trénink následovaný pozátěžovou svalovou bolestí a nedostatečnou regenerací je rizikovou situací nejen pro poranění LCA (Lee et al. 2013b).

Dle našeho názoru je pro co nejlepší efekt výše zmíněných metod potřeba provádět je včas (u mladých sportovců), vždy s uvědoměním, důrazem na centrované postavení v kloubech a v kontextu celkové trupové stabilizace. Je důležité stanovit také optimální intenzitu a frekvenci tréninku, dodržovat jeho kontinuitu v průběhu sezóny a využít i nácviku situací s rizikovým charakterem. Zařazení nacvičovaných mechanismů do běžných pohybových stereotypů daného jedince je však náročným, dlouhým a velmi individuálním procesem. Pro úspěšnou prevenci úrazu je také nutné proškolení trenérů mládeže v otázce rizikových faktorů, aby byli schopni rozpoznat jedince s rizikem poranění a následně tomu jejich trénink přizpůsobit.

ZÁVĚR

Pohlavní hormony a změny jejich hladin během menstruačního cyklu patří mezi významné rizikové faktory poranění předního zkříženého vazů. S tímto zraněním se potká velká část sportujících dívek a žen a jeho následky si nesou po celý život. Léčba léze LCA totiž nekončí operací ani roční rehabilitací, jde o významnou pre-artrotickou deformitu často vedoucí až k endoprotéze kolenního kloubu v pokročilém věku.

Ženské pohlavní hormony způsobují změny ve vlastnostech vazů, které ho následně vystavují vyššímu riziku poranění. Nejvyšší riziko poranění koreluje s maximálními koncentracemi estradiolu, což kromě dříve publikovaných studií potvrzuje i tato práce. Avšak naše práce poukazuje na další možné významné období ovariálního cyklu ženy, kterým je 2. navýšení hladiny estradiolu během luteální fáze (18.-23.den cyklu), kdy většina autorů popisuje menší riziko poranění proti předchozí fázi cyklu. Výskyt poranění v dané fázi je podle nás opravdu nižší než v preovulační fázi, avšak nezanedbatelný. Specifickou skupinou jsou ženy užívající HAK, která je považována za preventivní faktor pro poranění LCA, protože potlačuje přirozenou fluktuaci hladin pohlavních hormonů. I tato práce prokázala signifikantně menší výskyt poranění LCA u žen užívajících HAK.

V rámci eliminace rizika poranění LCA u sportujících žen je potřeba zaměřit se, především u dospívajících dívek a mladých žen, na sledování fáze jejich menstruačního cyklu a v rizikových obdobích zintenzivnit preventivní strategie proti tomuto zranění. Stejně tak je třeba nezapomínat na sledování ostatních rizikových faktorů. Více rizikových faktorů dohromady znásobuje nebezpečí poranění vazů, avšak kompletní znalost této problematiky spadá spíše do oboru fyzioterapeutů než trenérů. Ideálním modelem je spolupráce trenéra mládeže s fyzioterapeutem, který by byl schopen zhodnotit rizika jedince – v tomto případě sportovkyně – a edukovat ji i trenéra o možnostech sledování těchto parametrů a zařazení preventivních cvičení do jejího individuálního tréninkového programu. Zda je toto představa reálná uvidíme zřejmě v budoucnu na programech sportovní přípravy mládeže a incidenci poranění LCA.

REFERENČNÍ SEZNAM

- ABT, John P., Timothy C. SELL, Kevin G. LAUDNER, Jean L. MCCRORY, Tammy L. LOUCKS, Sarah L. BERGA a Scott M. LEPHART, 2007. Neuromuscular and biomechanical characteristics do not vary across the menstrual cycle. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **15**(7), 901–907. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-007-0302-3
- ADACHI, Noriko, Koji NAWATA, Michio MAETA a Youichi KUROZAWA, 2008. Relationship of the menstrual cycle phase to anterior cruciate ligament injuries in teenaged female athletes. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* [online]. **128**(5), 473–478. ISSN 09368051. Dostupné z: doi:10.1007/s00402-007-0461-1
- ALENTORN-GELI, Eduard, Gregory D. MYER, Holly J. SILVERS, Gonzalo SAMITIER, Daniel ROMERO, Cristina LÁZARO-HARO a Ramón CUGAT, 2009. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **17**(7), 705–729. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-009-0813-1
- ARENDT, EA, B BERSHADSKY a J AGEL, 2002. Periodicity of noncontact anterior cruciate ligament injuries during the menstrual cycle. *The Journal of Gender-Specific Medicine*. **5**(2), 19-26.
- BALACHANDAR, Vivek, Jan-Luigi MARCINIAK, Owen WALL a Chandrika BALACHANDRAN, 2017. Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review. *Muscle, Ligaments and Tendons Journal* [online]. **7**(1), 136. ISSN 2240-4554. Dostupné z: doi:10.11138/mltj/2017.7.1.136
- BARBER-WESTIN, Sue D., Frank R. NOYES, Stephanie Tutalo SMITH a Thomas M. CAMPBELL, 2009. Reducing the Risk of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Female Athlete. *The Physician and Sportsmedicine* [online]. **37**(3), 49–61. ISSN 0091-3847. Dostupné z: doi:10.3810/psm.2009.10.1729
- BELANGER, Lesley, Dawn BURT, Julia CALLAGHAN, Sheena CLIFTON a Brian J GLEBERZON, 2013. Anterior cruciate ligament laxity related to the menstrual cycle: an

updated systematic review of the literature. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association* [online]. **57**(1), 76–86. ISSN 0008-3194. Dostupné

z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23483028><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3581006>

BELL, David R., J. Troy BLACKBURN, Anthony C. HACKNEY, Stephen W. MARSHALL, Anthony I. BEUTLER a Darin A. PADUA, 2014. Jump-landing biomechanics and knee-laxity change across the menstrual cycle in women with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training* [online]. **49**(2), 154–162. ISSN 10626050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-49.2.01

BELL, David R., J. Troy BLACKBURN, Marc F. NORCORSS, Kristin S. ONDRAK, Jeffery D. HUDSON, A. C. HACKNEY a Darin A. PADUA, 2012. Estrogen and muscle stiffness have a negative relationship in females. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **20**(2), 361–367. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-011-1577-y

BENNELL, Kim, Susan WHITE a Kay CROSSLEY, 1999. The oral contraceptive pill : a revolution for sportswomen ? *British Journal of Sports Medicine*. (33), 231–238.

BICER, Elcil Kaya, Sebastien LUSTIG, Elvire SERVIEN, Tarik Ait Si SELMI a Philippe NEYRET, 2010. Current knowledge in the anatomy of the human anterior cruciate ligament. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **18**(8), 1075–1084. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-009-0993-8

BIN ABD RAZAK, Hamid Rahmatullah, Noreffendy BIN ALI a Tet Sen HOWE, 2013. Generalized ligamentous laxity may be a predisposing factor for musculoskeletal injuries. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. B.m.: Sports Medicine Australia, **17**(5), 474–478. ISSN 18781861. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2013.11.001

BRYANT-GREENWOOD, G.D. a S.Y. YAMAMOTO, 1995. Control of peripartal collagenolysis in the human chorion-decidua. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. (172), 63-70.

BURROWS, M. a C.E. PETERS, 2007. The influence of oral contraceptives on athletic performance in female athletes. *Sports Medicine*. **37**(7), 557-574.. ISSN 1179-2035.

- CARCIA, Christopher R., Sandra J. SHULTZ, Kevin P. GRANATA, Bruce M. GANSNEDER a David H. PERRIN, 2004. Knee ligament behavior following a controlled loading protocol does not differ by menstrual cycle day. *Clinical Biomechanics* [online]. **19**(10), 1048–1054. ISSN 02680033. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinbiomech.2004.07.006
- CASEY, Ellen, Farah HAMEED a Yasin DHAHER, 2013. Muscle Stretch Reflex throughout the Menstrual Cycle. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **46**(3), 600–609. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000000134.The
- CIBULA, David, 2002. *Základy gynekologické endokrinologie*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0236-3.
- CROMER, Barbara A., 2008. Menstrual cycle and bone health in adolescents. *Annals of the New York Academy of Sciences* [online]. **1135**, 196–203. ISSN 00778923. Dostupné z: doi:10.1196/annals.1429.032
- ČIHÁK, Radomír, 2016. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3817-8.
- DRAGOO, Jason L., Kevin PADREZ, Rosemary WORKMAN a Derek P. LINDSEY, 2009. The effect of relaxin on the female anterior cruciate ligament: Analysis of mechanical properties in an animal model. *Knee* [online]. B.m.: Elsevier B.V., **16**(1), 69–72. ISSN 09680160. Dostupné z: doi:10.1016/j.knee.2008.09.005
- DUMAS, G. A. a J. G. REID, 1997. Laxity of Knee Cruciate Ligaments During Pregnancy. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. **26**(1), 2–6. ISSN 0190-6011. Dostupné z: doi:10.2519/jospt.1997.26.1.2
- DUKE, Joseph W., 2016. Sex Hormones and Their Impact on the Ventilatory Responses to Exercise and the Environment. *Sex Hormones, Exercise and Women*. New York, NY: Springer Science Business Media, s.19-34. ISBN 9783319445571.
- DYLEVSKÝ, Ivan, 2009. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. ISBN 80-247-3240-8.
- ESPREGUEIRA-MENDES, João, Hélder PEREIRA, Nuno SEVIVAS, Cláudia PASSOS, J. C. VASCONCELOS, Alberto MONTEIRO, Joaquim M. OLIVEIRA a Rui L. REIS, 2012. Assessment of rotatory laxity in anterior cruciate ligament-deficient knees using magnetic

resonance imaging with Porto-knee testing device. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **20**(4), 671–678. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-012-1914-9

FEDE, C., G. ALBERTIN, L. PETRELLI, M. M. SFRISO, C. BIZ, R. DE CARO a Carla STECCO, 2016a. Expression of the endocannabinoid receptors in human fascial tissue. *European Journal of Histochemistry* [online]. **60**(2), 130–134. ISSN 1121760X. Dostupné z: doi:10.4081/ejh.2016.2643

FEDE, C., G. ALBERTIN, L. PETRELLI, M.M. SFRISO, C. BIZ, R. DE CARO a C. STECCO, 2016b. Hormone receptor expression in human fascial tissue. *European Journal of Histochemistry* [online]. **60**(4). ISSN 2038-8306. Dostupné z: doi:10.4081/ejh.2016.2710

FEHRING, Richard, Mary SCHNEIDER a Kathleen RAVIELE, 2006. Variability in the phases of the menstrual cycle. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs* [online]. **35**(3), 376–384. Dostupné z: doi:10.1111/j.1552-6909.2006.00051.x

FERIN, Michel, Raphael JEWELEWICZ a Michelle P. WARREN, 1997. *Menstruační cyklus*. Vyd. 1. čes. Praha: Grada. ISBN 80-716-9350-2.

FISCHETTO, Giuseppe a Anik SAX, 2013. The Menstrual Cycle and Sport Performance. *New Studies in Athletics* [online]. **3**(4), 57–63. ISSN 0961933X. Dostupné z: doi:10.1016/j.csm.2005.01.003

FRIDÉN, Cecilia, Angelica Lindén HIRSCHBERG, Tönu SAARTOK a Per RENSTRÖM, 2006. Knee joint kinaesthesia and neuromuscular coordination during three phases of the menstrual cycle in moderately active women. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **14**(4), 383–389. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-005-0663-4

FROEHLE, Andrew W., Kimberly A. GRANNIS, Richard J. SHERWOOD a Dana L. DUREN, 2017. Relationships Between Age at Menarche, Walking Gait Base of Support, and Stance Phase Frontal Plane Knee Biomechanics in Adolescent Girls. *PM and R* [online]. B.m.: American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation, **9**(5), 444–454. ISSN 19341482. Dostupné z: doi:10.1016/j.pmrj.2016.07.532

- GIANOTTI, Simon M., Stephen W. MARSHALL, Patria A. HUME a Lorna BUNT, 2009. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport* [online]. **12**(6), 622–627. ISSN 14402440. Dostupné z: doi:10.1016/j.jsams.2008.07.005
- HANSEN, M., H. LANGBERG, L. HOLM, B. F. MILLER, S. G. PETERSEN, S. DOESSING, D. SKOVGAARD, T. TRAPPE a M. KJAER, 2011. Effect of administration of oral contraceptives on the synthesis and breakdown of myofibrillar proteins in young women. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* [online]. **21**(1), 62–72. ISSN 09057188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01002.x
- HANSEN, M., B. F. MILLER, L. HOLM, S. DOESSING, S. G. PETERSEN, D. SKOVGAARD, J. FRYSTYK, A. FLYVBJERG, S. KOSKINEN, J. PINGEL, M. KJAER a H. LANGBERG, 2009. Effect of administration of oral contraceptives in vivo on collagen synthesis in tendon and muscle connective tissue in young women. *Journal of Applied Physiology* [online]. **106**(4), 1435–1443. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.90933.2008
- HANZLÍKOVÁ, Ivana, 2014. *Porovnání rehabilitace po plastice předního zkříženého vazů za použití štěpu z ligamentum patellae a ze šlachy z hamstringů* [online]. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: https://theses.cz/id/z1s5zw/Bc__prce.pdf
- HERZBERG, Simone D., Makalapua L. MOTU'APUAKA, William LAMBERT, Rongwei FU, Jacqueline BRADY a Jeanne-Marie GUISE, 2017. The Effect of Menstrual Cycle and Contraceptives on ACL Injuries and Laxity: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* [online]. **5**(7), 232596711771878. ISSN 2325-9671. Dostupné z: doi:10.1177/2325967117718781
- HEWETT, Timothy E., Bohdanna T. ZAZULAK a Gregory D. MYER, 2017. Effects of the Menstrual Cycle on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk. *The American Journal of Sports Medicine*. **35**(4), 659-668. DOI: 10.1177/0363546506295699. ISSN 0363-5465. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546506295699>
- HOFFMAN, Mark, Rod A. HARTER, Bradley T. HAYES, Edward M. WOJTYS a Paul MURTAUGH, 2008. The interrelationships among sex hormone concentrations,

motoneuron excitability, and anterior tibial displacement in women and men. *Journal of Athletic Training* [online]. **43**(4), 364–372. ISSN 10626050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-43.4.364

HRUŠKOVÁ, Hana, 2009. Hormonální antikoncepce - novinky, přínosy, rizika, nové preparáty. *Interní Medicína*. **11**(12), 569–572.

CHANDRASHEKAR, Naveen, Hossein MANSOURI, James SLAUTERBECK a Javad HASHEMI, 2006. Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament. *Journal of Biomechanics* [online]. **39**(16), 2943–2950. ISSN 00219290. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbiomech.2005.10.031

IRELAND, Mary Lloyd, 2002. The female ACL: Why is it more prone to injury? *Orthopedic Clinics of North America* [online]. **33**(4), 637–651. ISSN 00305898. Dostupné z: doi:10.1016/S0030-5898(02)00028-7

JENSEN, Bente Rona, Jesper SANDFELD, Pia Sandfeld MELCHER, Katrine Lyders JOHANSEN, Peter HENDRIKSEN a Birgit JUUL-KRISTENSEN, 2016. Alterations in neuromuscular function in girls with generalized joint hypermobility. *BMC musculoskeletal disorders* [online]. B.m.: BMC Musculoskeletal Disorders, **17**(1), 410. ISSN 1471-2474 (Electronic). Dostupné z: doi:10.1186/s12891-016-1267-5

JULIAN, Ross, Anne HECKSTEDEN, Hugh H. K. FULLAGAR a Tim MEYER, 2017. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *Plos One* [online]. **12**(3), e0173951. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0173951

KRAJÍČEK, Tomáš, 2006. *Fyzioterapie po plastice ligamentum cruciatum anterius*. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 2. Lékařská fakulta.

LEE, Haneul, Jerrold S. PETROFSKY, Noha DAHER, Lee BERK a Michael LAYMON, 2014. Differences in anterior cruciate ligament elasticity and force for knee flexion in women: Oral contraceptive users versus non-oral contraceptive users. *European Journal of Applied Physiology* [online]. **114**(2), 285–294. ISSN 14396319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-013-2771-z

LEE, Haneul, Jerrold S. PETROFSKY, Noha DAHER, Lee BERK, Michale LAYMON a

- Iman Akef KHOWAILED, 2013a. Anterior cruciate ligament elasticity and force for flexion during the menstrual cycle. *Medical Science Monitor* [online]. **19**, 1080–1088. ISSN 1643-3750. Dostupné z: doi:10.12659/MSM.889393
- LEE, Haneul, Jerrold S. PETROFSKY, Michael LAYMON a JongEun YIM, 2013b. A Greater Reduction of Anterior Cruciate Ligament Elasticity in Women Compared to Men as a Result of Delayed Onset Muscle Soreness. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* [online]. **231**(2), 111–115. ISSN 1349-3329. Dostupné z: doi:10.1620/tjem.231.111
- LEFEVRE, N., Y. BOHU, S. KLOUCHE, J. LECOCQ a S. HERMAN, 2013. Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research* [online]. B.m.: Elsevier Masson SAS, **99**(5), 571–575. ISSN 18770568. Dostupné z: doi:10.1016/j.otsr.2013.02.005
- LOVERING, Richard a Wiliam ROMANI, 2005. Effect of testosterone on the female anterior cruciate ligament. *AJP: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* [online]. **289**(1), R15–R22. ISSN 0363-6119. Dostupné z: doi:10.1152/ajpregu.00829.2004
- MAGED, Ahmed M., Emad SALAH, Ahmed M. KAMEL, Ahmed M. HUSSEIN, Hany SAAD, Hadeer MESHAAAL a Wafaa M. KAMAL, 2017. Effect of oral contraceptives on balance in women: A randomized controlled trial. *Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology* [online]. B.m.: Elsevier Taiwan LLC, **56**(4), 463–466. ISSN 18756263. Dostupné z: doi:10.1016/j.tjog.2017.02.003
- MORIATIS WOLF, Jennifer, Kenneth L. CAMERON a Brett D. OWENS, 2011. Impact of Joint Laxity and Hypermobility on the Musculoskeletal System. *Department of Orthopaedics, University of Colorado-Denver* [online]. **19**(8), 463–471. ISSN 1067-151X. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ccm&AN=104668698&site=ehost-live>
- MYER, Gregory D., Dai SUGIMOTO, Staci THOMAS a Timothy E HEWETT, 2013. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *American journal of sports medicine* [online]. **41**(1), 203–215. Dostupné z: doi:10.1177/0363546512460637

- OLIVA, Francesco, Eleonora PICCIRILLI, Anna C. BERARDI, Antonio FRIZZIERO, Umberto TARANTINO a Nicola MAFFULLI, 2016. Hormones and tendinopathies: The current evidence. *British Medical Bulletin* [online]. **117**(1), 39–58. ISSN 14718391. Dostupné z: doi:10.1093/bmb/ldv054
- ØIESTAD, Britt Elin, Lars ENGBRETSSEN, Kjersti STORHEIM a May Arna RISBERG, 2009. Knee Osteoarthritis after Anterior Cruciate Ligament Injury. *American Journal of Sports Medicine*. **37**(7), 1434–43. DOI: 10.1177/0363546509338827. ISBN 10.1177/0363546509338827. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546509338827>
- PARK, S-K, D J STEFANYSHYN, B RAMAGE, D A HART a J L RONSKY, 2009. Relationship between knee joint laxity and knee joint mechanics during the menstrual cycle. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **43**(3), 174–179. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2008.049270
- PETROFSKY, Jerrold a Haneul LEE, 2015. Greater Reduction of Balance as a Result of Increased Plantar Fascia Elasticity at Ovulation during the Menstrual Cycle. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* [online]. **237**(3), 219–226. ISSN 0040-8727. Dostupné z: doi:10.1620/tjem.237.219
- PHILLIPS, S. K., A. G. SANDERSON, K. BIRCH, S. A. BRUCE a R. C. WOLEDGE, 1996. Changes in maximal voluntary force of human adductor pollicis muscle during the menstrual cycle. *Journal of Physiology* [online]. **496**(2), 551–557. ISSN 00223751. Dostupné z: doi:10.1113/jphysiol.1996.sp021706
- POLLARD, Christine D., Barry BRAUN a Joseph HAMILL, 2006. Influence of gender, estrogen and exercise on anterior knee laxity. *Clinical Biomechanics* [online]. **21**(10), 1060–1066. ISSN 02680033. Dostupné z: doi:10.1016/j.clinbiomech.2006.07.002
- QUATMAN, Carmen E, Kevin R FORD, Gregory D MYER, Mark V PATERNO a Timothy HEWETT, 2008. The effects of gender and maturational status on generalized joint laxity in young athletes. *Journal of Science & Medicine in Sport* [online]. **11**(3), 257–263. ISSN 1937-1209. Dostupné z: doi:10.1055/s-0029-1237430.Imprinting
- QUATMAN, Carmen a Timothy HEWETT, 2009. The anterior cruciate ligament injury

controversy: is „valgus collapse" a sex-specific mechanism? *British Journal of Sports Medicine* [online]. **43**(5), 328–335. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2009.059139

RAMESH, R., O. VON ARX, T. AZZOPARDI a P.J. SCHRANZ, 2005. The risk of anterior cruciate ligament rupture with generalised joint laxity. *Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume* [online]. **87-B**(6), 800–803. ISSN 0301-620X. Dostupné z: doi:10.1302/0301-620X.87B6.15833

RUEDL, Gerhard, Patrick PLONER, Ingrid LINORTNER, Alois SCHRANZ, Christian FINK, Renate SOMMERSACHER, Elena POCECCO, Werner NACHBAUER a Martin BURTSCHER, 2009. Are oral contraceptive use and menstrual cycle phase related to anterior cruciate ligament injury risk in female recreational skiers? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **17**(9), 1065–1069. ISSN 09422056. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-009-0786-0

RUEDL, G., P. PLONER, I. LINORTNER, A. SCHRANZ, C. FINK, C. PATTERSON, W. NACHBAUER a M. BURTSCHER, 2011. Interaction of Potential Intrinsic and Extrinsic Risk Factors in ACL Injured Recreational Female Skiers. *International Journal of Sports Medicine*. **32**(8). DOI: 10.1055/s-0031-1275355. ISBN 10.1055/s-0031-1275355. Dostupné také z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0031-1275355>

SARWAR, R, B B NICLOS a O M RUTHERFORD, 1996. Changes in muscle strength, relaxation rate and fatiguability during the human menstrual cycle. *The Journal of physiology* [online]. **493**(1), 267–272. ISSN 0022-3751. Dostupné z: doi:10.1113/jphysiol.1996.sp021381

SHULTZ, Sandra J., Randy J. SCHMITZ a Bruce D. BEYNNON, 2011a. Variations in Varus/Valgus and Internal/External Rotational Knee Laxity and Stiffness across the Menstrual Cycle. *J Orthop Res* [online]. **29**(3), 318–325. ISSN 9780123850447. Dostupné z: doi:10.1002/jor.21243.

SHULTZ, Sandra J., Laurie WIDEMAN, Melissa M. MONTGOMERY, Kathleen N. BEASLEY a Bradley C. NINDL, 2012. Changes in serum collagen markers, IGF-I, and Knee joint laxity across the menstrual cycle. *Journal of Orthopaedic Research* [online]. **30**(9), 1405–1412. ISSN 07360266. Dostupné z: doi:10.1002/jor.22093

- SHULTZ, Sandra J, Randy J SCHMITZ, Beverly LEVINE, Hyunsoo KIM, M MELISSA, Yohei SHIMOKOCHI, Bruce D BEYNNON a David H PERRIN, 2011b. Knee joint laxity and its cyclic variation influence tibiofemoral motion during weight acceptance [online]. **43**(2), 287–295. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0b013e3181ed118d.Knee
- SLAUTERBECK, James, Stephen FUZI, Michael SMITH, Russel CLARK, Tom XU, David STARCH a Daniel HARDY, 2002. The menstrual cycle, sex hormones, and anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training*. **37**(3), 275–280.
- SMEKAL, Gerhard, Serge P. VON DUVILLARD, Peter FRIGO, Tina TEGELHOFER, Rochus POKAN, Peter HOFMANN, Harald TSCHAN, Ramon BARON, Manfred WONISCH, Karin RENEZEDER a Norbert BACHL, 2007. Menstrual cycle: No effect on exercise cardiorespiratory variables or blood lactate concentration. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [online]. **39**(7), 1098–1106. ISSN 01959131. Dostupné z: doi:10.1249/mss.0b013e31805371e7
- SMITH, Jeremy T. a Iain J. CLARKE, 2010. Gonadotropin inhibitory hormone function in mammals. *Trends in Endocrinology and Metabolism* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **21**(4), 255–260. ISSN 10432760. Dostupné z: doi:10.1016/j.tem.2009.11.010
- STANTON, Amelia M a Cindy M. MESTON, 2017. The Effects of Acute Exercise on Physiological Sexual Arousal in Women. In: *Sex, hormones, exercise and women* [online]. s. 227–241. ISBN 978-3-319-44557-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-44558-8_13
- STIJAK, Lazar, Marko KADIJA, Vuk DJULEJIĆ, Milan AKSIĆ, Nataša PETRONIJEVIĆ, Dubravka ALEKSIĆ, Vidosava RADONJIĆ, Marko BUMBAŠIREVIĆ a Branislav FILIPOVIĆ, 2015. The influence of sex hormones on anterior cruciate ligament ruptures in males. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. **23**(12), 3578–3584. ISSN 14337347. Dostupné z: doi:10.1007/s00167-014-3247-3
- SUGIMOTO, Dai, Gregory D MYER, Kim D BARBER FOSS a Timothy E HEWETT, 2015. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **49**(5), 282–289. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2014-093461

- SVAČINA, Štěpán, 2005. Tuková tkáň a endotel jako endokrinní orgány. *Vnitřní Lekarství* [online]. **51**, 7–11. ISSN 0042773X. Dostupné z: http://www.prolekare.cz/pdf?ida=v1_05_02_25.pdf
- SWANIK, Charles Buz, 2015. Brains and sprains: The brain's role in noncontact anterior cruciate ligament injuries. *Journal of Athletic Training* [online]. **50**(10), 1100–1102. ISSN 10626050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-50.10.08
- ŠMELHAUS, Jan, 2008. *Fyzioterapie u nediferenciovaného onemocnění pojiva*. Praha. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- TENAN, Matthew S., 2016. Sex Hormone Effects on the Nervous System and their Impact on Muscle Strength and Motor Performance in Women. *Sex hormones, exercise and women* [online]. New York, NY: Springer Science Business Media, s. 59-70 [cit. 2018-04-02]. ISBN 9783319445571.
- TIIDUS, Peter. M, 2016. Estrogen and Menopause: Muscle Damage, Repair and Function in Females. *Sex hormones, exercise and women*. New York, NY: Springer Science Business Media, s. 71-83 [cit. 2018-04-02]. ISBN 9783319445571.
- TRÉMOLLIÈRES, Florence, 2013. Impact of oral contraceptive on bone metabolism. *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism* [online]. B.m.: Elsevier Ltd, **27**(1), 47–53. ISSN 1521690X. Dostupné z: doi:10.1016/j.beem.2012.09.002
- TROJAN, Stanislav, 2003. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada. ISBN 80-247-0512-5.
- TSUTSUI, Kazuyoshi a Takayoshi UBUKA, 2013. Gonadotropin-Inhibitory Hormone. In: *Handbook of Biologically Active Peptides* [online]. Second Edi. B.m.: Elsevier Inc., s. 802–811. ISBN 9780123850959. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-385095-9.00107-X
- TURGEON, Judith L., Molly C. CARR, Pauline M. MAKI, Michael E. MENDELSON a Phyllis M. WISE, 2006. Complex actions of sex steroids in adipose tissue, the cardiovascular system, and brain: Insights from basic science and clinical studies. *Endocrine Reviews* [online]. **27**(6), 575–605. ISSN 0163769X. Dostupné z: doi:10.1210/er.2005-0020
- VAUHNÍK, Renata, Matthew C. MORRISSEY, Olga M. RUTHERFORD, Zmago TURK,

- Iztok A. PILIH a Maja Pohar PERME, 2011. Rate and risk of anterior cruciate ligament injury among sportswomen in Slovenia. *Journal of Athletic Training* [online]. **46**(1), 92–98. ISSN 10626050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-46.1.92
- VIEIRA-POTTER, Victoria J., 2016. Effects of Sex Hormones and Exercise on Adipose Tissue. HACKNEY, A.C. *Sex hormones, exercise and women*. New York, NY: Springer Science Business Media, s. 257-279. ISBN 978-3-319-44557-1.
- VOJTOVÁ, Karolína, 2015. *Ovlivnění svalového napětí hormonální antikoncepcí*. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- WAHL, LM, RJ BLANDAU a RC PAGE, 1977. Effect of hormones on collagen metabolism and collagenase activity in the pubic symphysis ligament of the guinea pig. *Endocrinology*. (100), 571-579.
- WEBLEY, G E a M R LUCK, 1986. Melatonin directly stimulates the secretion of progesterone by human and bovine granulosa cells in vitro. *Journal of reproduction and fertility* [online]. **78**, 711–717. ISSN 1470-1626. Dostupné z: doi:10.1530/jrf.0.0780711
- WOJTYS, Edward M., Laura J. HUSTON, Melbourne D. BOYNTON, Kurt P. SPINDLER a Thomas N. LINDENFELD, 2002. The Effect of the Menstrual Cycle on Anterior Cruciate Ligament Injuries in Women as Determined by Hormone Levels. *American Journal of Sports Medicine*. **30**(2). DOI: 10.1177/03635465020300020601. ISBN 10.1177/03635465020300020601. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03635465020300020601>
- YOSHIDA, Atsuhiko, Toru MORIHARA, Yoshiteru KAJIKAWA, Yuji ARAI, Yasushi OSHIMA, Toshikazu KUBO, Ken Ichi MATSUDA, Hirotaka SAKAMOTO a Mitsuhiro KAWATA, 2009. In vivo effects of ovarian steroid hormones on the expressions of estrogen receptors and the composition of extracellular matrix in the anterior cruciate ligament in rats. *Connective Tissue Research* [online]. **50**(2), 121–131. ISSN 03008207. Dostupné z: doi:10.1080/03008200802531287
- YU, W D, V PANOSSIAN, J D HATCH, S H LIU a G a FINERMAN, 2001. Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clinical orthopaedics and related research*. (383), 268–281. ISSN 0009-921X.

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Hladiny hormonů během ovariálního cyklu.....	24
--	----

Seznam grafů

Graf č. 1: Výskyt poranění LCA v závislosti na užívání HAK	46
Graf č. 2: Výskyt poranění LCA dle fáze menstruačního cyklu	47
Graf č. 3: Výskyt poranění LCA dle fáze menstruačního cyklu I	47
Graf č. 4: Porovnání folikulární a luteální fáze ovariálního cyklu	48
Graf č. 5: Porovnání folikulární a luteální fáze ovariálního cyklu I.....	48
Graf č. 6: Incidence poranění LCA dle věku.....	48
Graf č. 7: Mechanismus úrazu.....	49
Graf č. 8: Výskyt poranění LCA u jednotlivých sportů	49

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Dotazník (obrázek).....	73
Příloha č. 2: Riziko poranění dle fáze menstruačního cyklu (graf).....	75

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Dotazník (obrázek)

- 1) Jaký byl Váš věk v době úrazu?.....
- 2) V jakém věku jste začala menstruuovat?.....
- 3) Zkuste si vzpomenout, v jaký den Vašeho menstruačního cyklu došlo k úrazu?
(kolikátý den od počátku Vaší poslední menstruace; pokuste se udat co nejpřesněji, pokud si nejste jistá, udejte alespoň rozmezí několika dnů; odpovězte i pokud užíváte hormonální antikoncepci)
- 4) Byl Váš cyklus v období kolem úrazu pravidelný (= délka cyklu* je 22-35 dní) a bez vážných obtíží? *doba od 1. dne poslední menstruace do 1. dne nového krvácení
 - a. Ano
 - b. Ne
- 5) Užívala jste v době úrazu hormonální antikoncepci (HA)?
 - a. Ano, ale po dobu méně než 3 měsíce
 - b. Ano, po dobu déle než 3 měsíce
 - c. Ne
 - 5.1 Pokud **ANO** (odpověď 5 a./b.), jakou HA? Prosím doplňte název.
 - a) pilulka
 - b) náplast
 - c) nitroděložní tělísko (hormonální).....
 - d) injekce
 - e) jiné
 - 5.2 Pokud se jednalo o **pilulky**, v jakém režimu jste je užívala?
 - a) kontinuálně (bez přestávek na krvácení)
 - b) 21/7 (7denní přestávka)
 - c) 24/4 (4denní přestávka)
 - d) jiné:.....
 - 5.3 Pokud **NE** (odpověď 5c), ale ukončila jste užívání HA v době **0-3.m před úrazem**, o jakou HA šlo?
 - a) pilulka
 - b) náplast
 - c) nitroděložní tělísko (hormonální).....
 - d) injekce
 - e) jiné
- 6) Mechanismus poranění byl:
 - a. Kontaktní (př. srážka s protihráčem „koleno na koleno“, přišlápnutí nohy jinou osobou...)
 - b. Nekontaktní (pád na lyžích, zakopnutí...)

- 7) Měla jste v minulosti jiné úrazy pohybového aparátu, např. vymknutý kotník, podvrtnuté koleno, vykloubené rameno, přetržení vazů...?
- Ano, jednou
 - Několikrát ve více než jednom kloubu
 - Opakovaně v jednom kloubu
 - Ne

*Pokud ano, doplňte prosím lokalitu zranění (druhostranné koleno, jednostranné koleno, kotník...):

Vaše sportovní aktivita v době úrazu (průměrně):

- 8) Počet tréninků
- 5-7x týdně
 - 3-4x týdně
 - 1-2x týdně

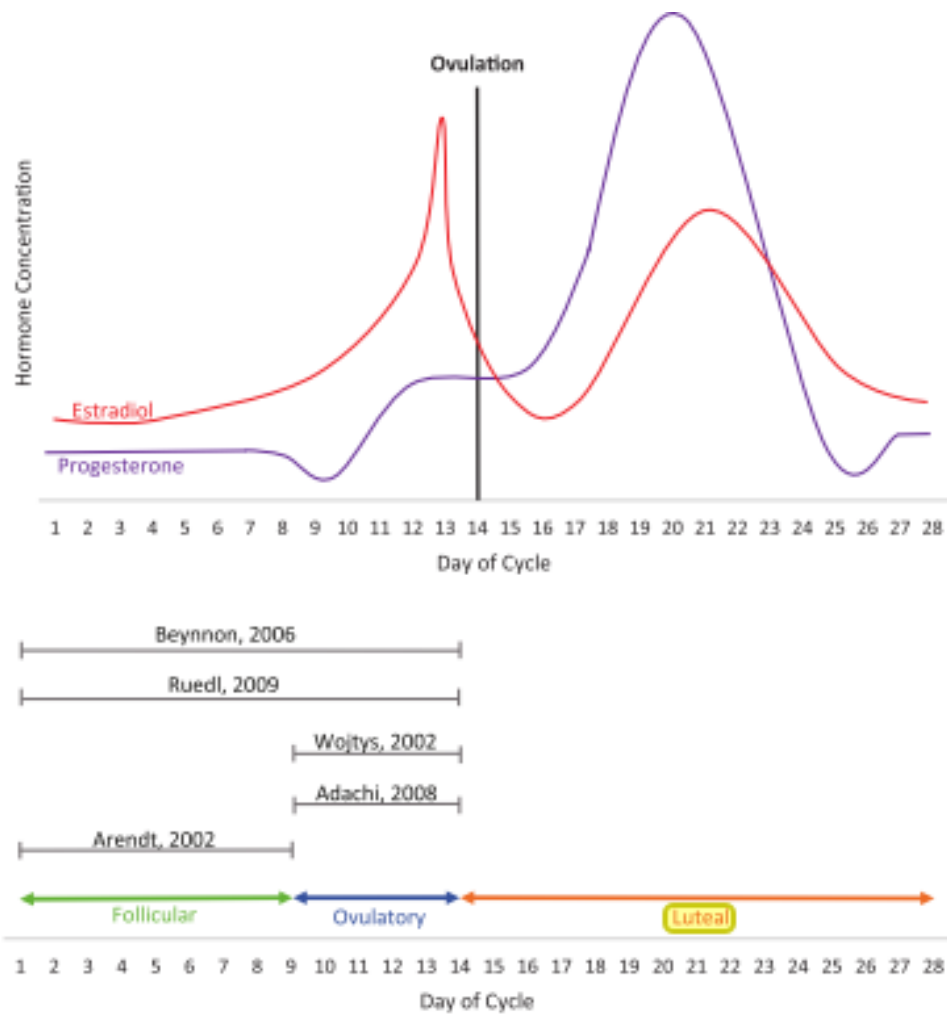
9) Průměrná délka tréninku:

10) Typ aktivity (doplňte sportovní disciplínu či typ tréninku, který převažuje, např. sprinty, běh na X km, volejbal, posilování)

.....

Prostor na poznámky:

Příloha č.2: Riziko poranění dle fáze menstruačního cyklu



(Speroff L, Fritz MA. Clinical Gynecologic Endocrinology and Infertility. 7th ed. New York, NY. Lippincott Williams & Wilkins; 2005)