

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

ÚNAVOVÉ ZLOMENINY U BĚŽCŮ A JEJICH LÉČBA

Bakalářská práce

Autor: Karolína Cahelová

Studijní program: Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.

Olomouc 2023

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Karolína Cahelová

Název práce: Únavové zlomeniny u běžců a jejich léčba

Vedoucí práce: Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Rok obhajoby: 2023

Abstrakt:

Únavové zlomeniny jsou zranění, která vznikají z přetížení. Nejčastěji se vyskytují na dolních končetinách, jako důsledek opakovaných nárazů a přenášení velkých sil na kosti dolní končetiny. Vznikem únavových zlomenin jsou nejvíce ohroženi vytrvalostní běžci, můžeme na ně ale narazit i u dalších sportovců, jako například u sprinterů, basketbalistů nebo gymnastů. Velké zastoupení mají také mezi vojáky. Včasná diagnostika a správná léčba únavových zlomenin předchází rozvinutí tohoto zranění v kompletní frakturu nebo avaskulární nekrózu, proto je znalost této problematiky důležitá jak mezi lékaři, tak mezi samotnými sportovci a jejich trenéry. Cílem této bakalářské práce je shrnout současné poznatky týkající se únavových zlomenin u běžců. Teoretická část práce je zaměřená na patofyziologii vzniku únavových zlomenin a rizikové faktory, které k jejich vzniku přispívají. Pozornost je dále věnována také diagnostice, klasifikaci a léčbě tohoto zranění. V závěru teoretické části jsou uvedeny nejčastější únavové zlomeniny dolních končetin. Praktická část obsahuje kazuistiku pacienta s únavovou zlomeninou, jeho anamnézu, vyšetření a návrh rehabilitačního plánu.

Klíčová slova:

Únavová zlomenina, zranění z přetížení, patofyziologie, rizikové faktory, klasifikace, diagnostika, terapie, běžci

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Karolína Cahelová
Title: Stress fractures in runners and their treatment

Supervisor: Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.
Department: Department of Physiotherapy
Year: 2023

Abstract:

Stress fractures are a type of overuse injury. They most commonly occur in the lower extremities as a result of repeated impacts and high stress on the bones. Endurance runners are at highest risk for developing stress fractures, but they can also occur in other athletes such as sprinters, basketball players, or gymnasts. They are also common among soldiers. Early diagnosis and proper treatment of stress fractures can prevent the development of a complete fracture or avascular necrosis. Therefore, knowledge of this issue is important for both doctors and physiotherapists, as well as athletes and their coaches. The aim of this bachelor thesis is to summarize current knowledge about stress fractures in runners. The theoretical part of the work focuses on the pathophysiology of stress fractures and the risk factors that contribute to their development. Attention is also paid to the diagnosis, classification, and treatment of this injury. In the end of the theoretical part, the most common stress fractures of the lower extremities and their specifics are presented. The practical part includes a case study of a patient with a stress fracture, including a proposed physiotherapy treatment plan.

Keywords:

Stress fracture, overload injury, pathophysiology, risk factors, classification, diagnosis, treatment, runners

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Ivany Hanzlíkové, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 20. dubna 2023

.....

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce, Mgr. Ivaně Hanzlíkové, Ph.D., za její ochotu, trpělivost a čas, které mi při psaní práce věnovala a za její cenné odborné rady poskytnuté v rámci konzultací a korekcí této bakalářské práce.

OBSAH

Obsah	7
1 Úvod	10
2 Cíle	11
3 Metodika	12
4 Výsledky	13
4.1 Anatomie a fyziologie kosti	13
4.1.1 Stavba kosti	13
4.1.2 Přestavba kosti	14
4.1.3 Hojení kosti	15
4.2 Patofyziologie a typy stresových zlomenin	16
4.3 Prevalence únavových zlomenin	18
4.4 Rizikové faktory	18
4.4.1 Vnější rizikové faktory	19
4.4.2 Vnitřní rizikové faktory	25
4.5 Diagnostika	29
4.5.1 Klinická diagnostika	29
4.5.2 Zobrazovací metody	32
4.5.3 Diferenciální diagnostika	35
4.6 Klasifikace	36
4.6.1 Nízce a vysoce rizikové únavové zlomeniny	36
4.6.2 Hodnocení únavových zlomenin zobrazovacími metodami	38
4.6.3 Hodnocení únavových zlomenin na základě stavby kosti	38
4.7 Léčba a rehabilitace	39
4.7.1 Léčba vysoce rizikových únavových zlomenin	39
4.7.2 Léčba nízce rizikových únavových zlomenin	41
4.7.3 Fyzikální terapie	48
4.8 Nejčastější vysoce rizikové únavové zlomeniny	49
4.8.1 Krček femuru	49
4.8.2 Anteriorní tibie	50

4.8.3	Mediální malleolus	50
4.8.4	Talus.....	51
4.8.5	Navikulární kost	51
4.8.6	Proximální diafýza pátého metatarsu.....	52
4.8.7	Sezamská kost palce	53
4.9	Nejčastější nízce rizikové únavové zlomeniny	54
4.9.1	Sakrum.....	54
4.9.2	Pánev	54
4.9.3	Diafýza femuru	54
4.9.4	Posteromediální tibie	54
4.9.5	Fibula/laterální malleolus	55
4.9.6	Calcaneus.....	56
4.9.7	Diafýza druhého až čtvrtého metatarsu	56
5	Kazuistika	57
5.1	Anamnéza	57
5.2	Vyšetření	58
5.2.1	Kineziologický rozbor	58
5.2.2	Vyšetření oblasti potíží	59
5.2.3	Goniometrické vyšetření	59
5.2.4	Bolest	59
5.2.5	Testy.....	61
5.2.6	Dotazníky	61
5.2.7	Analýza chůze	61
5.2.8	Analýza běhu	64
5.2.9	Magnetická rezonance	66
5.2.10	Závěr vyšetření	67
5.2.11	Návrh terapie.....	67
6	Diskuse.....	69
7	Závěr	73
8	Souhrn	74
9	Summary.....	75
10	Referenční seznam	76
11	Přílohy	83

11.1 Dotazník Lower extremity functional scale vyplněný pacientkou pro bolest v nejhorším stadiu zranění	83
11.2 Dotazník Lower extremity functional scale vyplněný pacientkou pro její aktuální bolest 84	
11.3 Informovaný souhlas pacientky	85
11.4 Potvrzení o překladu	86

1 ÚVOD

Únavové zlomeniny patří u aktivních jedinců k jednomu z nejčastějších zranění způsobených přetížením, která se ve většině případů vyskytují na dolních končetinách (Wright, Taylor, Ford, Siska, & Smoliga, 2015). Typicky vznikají u sportovců, kteří jsou vystaveni častým poskokům a doskokům (Beck & Drysdale, 2021), proto se mezi běžci jedná o poměrně časté onemocnění (Wright et al., 2015). Kromě běžců na ně můžeme narazit i v dalších sportech, jako například v basketbalu nebo gymnastice (Abbott et al., 2020), velké zastoupení mají také mezi tanečnicemi a vojáky (Lassus, Tulikoura, Konttinen, Salo, & Santavirta, 2009). Na vznik únavové zlomeniny může mít vliv mnoho rizikových faktorů, a to například náhlá změna v tréninku (větší frekvence, tempo), neideální biomechanika pohybu, energetický deficit nebo předchozí únavová zlomenina (Beck & Drysdale, 2021).

Únavové zlomeniny se ze začátku projevují bolestivostí v dané lokalitě při aktivitě (běh, skok), později může být bolest přítomna i při chůzi, v klidu nebo v noci (Beck & Drysdale, 2021). Oblast únavové zlomeniny je většinou menší než pět centimetrů (Winters, 2020), bývá palpačně bolestivá, může být oteklá, teplá a zarudlá (Beck & Drysdale, 2021). Dle místa výskytu a prognózy hojení jsou únavové zlomeniny klasifikovány jako nízké a vysoce rizikové. Pro správné zhojení a co nejrychlejší návrat do tréninkového režimu je důležitá včasná diagnostika a správná léčba, jelikož při zanedbání tohoto zranění hrozí jeho rozvinutí v kompletní frakturu nebo avaskulární nekrózu (Song & Koo, 2020, Fredericson, Jennings, Beaulieu, & Matheson, 2006).

Problematice únavových zlomenin není v české literatuře věnována příliš velká pozornost, a to i přes to, že se jedná o poměrně běžné zranění mezi sportovci. Proto je zapotřebí zvýšit povědomí o tomto tématu mezi lékaři, trenéry i sportovci samotnými, a to zejména z hlediska správné léčby a co největší eliminace rizikových faktorů uváděných na základě nejnovějších studií.

2 CÍLE

Cílem této práce je rešerší zpracovat problematiku únavových zlomenin s hlavním zaměřením na ty, které se u běžců nejčastěji vyskytují. Jednotlivé kapitoly se budou zabývat vznikem tohoto zranění, rizikovými faktory, klasifikací únavových zlomenin, jejich diagnostikou a následnou rehabilitací. Praktická část bude obsahovat kazuistiku pacienta s únavovou zlomeninou a návrh rehabilitačního postupu.

3 METODIKA

Dne 5. 10. 2022 byla v databázi PubMed zadána následující vyhledávací strategie zaměřená na nejkvalitnější studie (meta-analýzy, systematické review a review), která vyhledala 107 výsledných studií zaměřených na problematiku únavových zlomenin u běžců. V rámci této práce jsem čerpala převážně z těchto kvalitních studií, přičemž další informace jsem dohledávala v publikacích, na které tyto studie odkazují v referenčních seznamech nebo v databázi PubMed.

```
("Fractures, Stress"[Mesh] OR "stress fracture*"[tiab] OR "march fracture*"[tiab] OR "fatigue fracture*"[tiab] OR "Insufficiency Fracture*"[tiab]) NOT ("Medial Tibial Stress Syndrome"[Mesh] OR "Medial Tibial Stress Syndrome"[tiab])) AND ("Jogging"[Mesh] OR "Running"[Mesh] OR jogging[tiab] OR jogger*[tiab] OR runner*[tiab] OR run[tiab] OR runs[tiab] OR running[tiab]) AND ("Systematic Review"[pt] OR Meta-Analysis[pt] OR Review[pt])
```

4 VÝSLEDKY

4.1 Anatomie a fyziologie kosti

Únavové zlomeniny jsou onemocněním kostí. V následujících kapitolách bude proto stručně popsána anatomie, fyziologie a hojení kosti.

4.1.1 Stavba kosti

Stavbu kosti a její přestavbu uvádí Čihák (2011) následovně. Kost je složena z buněk (mezi nejvýznamnější patří osteoblasty, osteoklasty a osteocyty) a mezibuněčné hmoty. Mezibuněčná hmota se dělí na složku ústrojnou, zvanou ossein a složku neústrojnou. Ossein je tvořen kolagenními vlákny a proteoglykany, je tedy důležitý pro elasticitu kosti. Neústrojnou složku tvoří minerály solí (krystaly vápníku a fosforu), které se do ústrojné složky ukládají. Díky nim je kost tvrdá a pevná. Poměr mezi ústrojnou a neústrojnou složkou se v průběhu života mění. S přibývajícím věkem se snižuje množství osseinu a zvyšuje zastoupení minerálů. Proto jsou kosti v mládí pružnější.

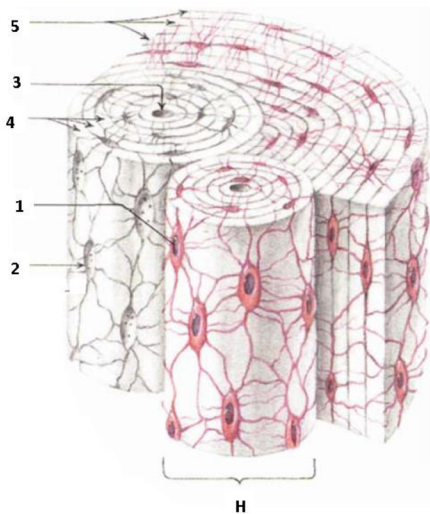
Kostní tkáň dělíme na dva základní typy. Substantia compacta (kostní tkáň hutná neboli kompaktní) tvoří především povrch diafýz dlouhých kostí. Většina únavových zlomenin u běžců se vyskytuje právě v kompaktní kostní tkáni (Matcuk et al., 2016). Substantia spongiosa/trabecularis (kostní tkáň houbovitá/trámčítá) je spíše v metafýzách a v nitru kostí.

Kostní tkáň buď tvoří nepravidelné pletivo (= kost vláknitá) nebo je uspořádaná v jednotlivé vrstvičky, tzv. lamely (= kost lamelární) (Čihák, 2011). Lamelární kost u dospělého člověka převažuje, je z 80 % tvořena hutnou kostní tkání, zbylých 20 % tvoří tkáň trámčítá (Matcuk et al., 2016)

Čihák (2011) dále uvádí, že kompaktní tkáň obsahuje lamelární kost především ve formě Haversových lamel, které znázorňuje Obrázek 1. Haversovy lamely koncentricky obklápějí Haversovy kanálky obsahující cévy. Trámčítá tkáň je naopak uspořádána v jednotlivé trámečky, které vytvářejí prostorovou síť (Obrázek 2). Trámečky jsou v kostech upraveny dle směru působení sil a zatížení, což zajišťuje maximální pevnost v daných směrech při minimální spotřebě kostní tkáně. Tato architektonika spongiózní kosti se vytváří v průběhu života na základě působení tahů a tlaků, během života může být přestavena (Čihák, 2011).

Obrázek 1

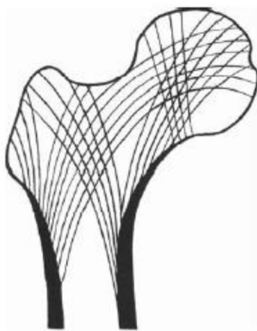
Lamelární kostní tkáň



Poznámka. H = Haversův systém lamel (osteon), 1= osteocyt, 2= lakuna, 3= Haversův kanálek, 4= koncentrické lamely osteonu, 5= povrchové lamely kosti. Převzato od Čiháka (2011).

Obrázek 2

Architektonika trámčité kosti



Poznámka. Převzato od Čiháka (2011).

4.1.2 Přestavba kosti

Buňky, které se na stavbě a remodelaci kostí podílejí, jsou osteoblasty, osteoklasty a osteocyty. Osteoblasty kost staví, produkují kostní matrix a vytvářejí kostní hmotu. Jakmile jsou kostní hmotou obklopeny, přeměňují se na osteocyty, které jsou uloženy v lakunách. Osteocyty už dále kostní matrix neprodukuje, ale zúčastňují se regulace hladiny vápníku a fosforu v tělních tekutinách. Osteoklasty kost odbourávají, aktivně se tak podílí na remodelaci kosti.

Odbouraná kost je pomocí osteoblastů nahrazena novou tkání. Tato přestavba kosti pak probíhá celý život (Čihák, 2011).

4.1.3 Hojení kosti

Kost může být osifikována dvěma způsoby, desmogenním a chondrogenním. Při desmogenní osifikaci vzniká kost z vaziva, při chondrogenní z chrupavky.

Kostní hojení se dělí na primární (přímé, bez štěrbin) a sekundární (nepřímé, se štěrbinou). Primární hojení je rychlejší než sekundární, spontánně se ale běžně nevyskytuje a lze jej dosáhnout pouze absolutním znehybněním segmentu za pomoci vnitřní fixace (osteosyntézy). Osteosyntéza zajišťuje téměř úplné vyloučení pohybu a minimální mezeru mezi dvěma fragmenty zlomené kosti (Oryan, Monazzah, & Bigham-Sadegh, 2015). Osteony, které jsou situovány podélně v ose kosti, jsou schopny tuto mezeru přemostit. V osteonech se formují resorpční dutiny, které zajišťují jejich obnovu. Osteoklasty nejprve vytvoří dutinky pro krevní zásobení. Krev, která se do dutinek dostane, obsahuje osteoprogenitorové buňky (prekurzory osteoblastů). Osteoblasty potom začnou produkovat kostní hmotu a dochází tak k vytvoření nové kostní tkáně. Při tomto typu kostního hojení je nová kost osifikována desmogenně a nedochází ke tvorbě svalu (Oryan et al., 2015).

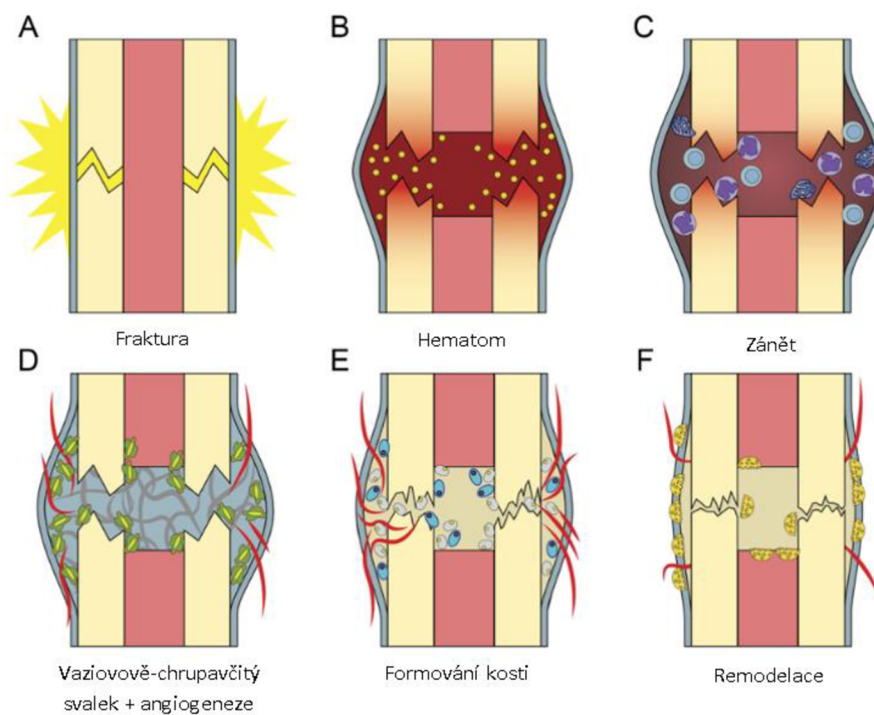
Sekundární hojení probíhá přirozeně a lze jej rozdělit do několika fází, které se ale navzájem překrývají. Průběh nepřímého hojení je znázorněn na Obrázku 3. Sheen & Garla (2022) popisují jednotlivé fáze sekundárního kostního hojení následovně:

1. Zánětlivá fáze (tři až pět dní) - kvůli fraktuře a krvácení z kosti a periostu vzniká hematoma. Koagulační systém uvolní zánětlivé mediátory a do místa fraktury putují aktivované zánětlivé buňky, v oblasti zlomeniny vzniká zánět. Zánětlivé buňky odstraňují poškozenou/nekrotickou tkáň a vylučují endotelové růstové faktory, které stimulují hojení v oblasti zlomeniny.
2. Tvorba vazivově-chrupavčitého svalu (pátý až jedenáctý den) – díky endotelovému růstovému faktoru dochází v místě zlomeniny k novotvorbě krevních kapilár a z hematomu vzniká bohatá vazivová tkáň. Do postižené oblasti pronikají mesenchymální buňky, z nichž se později vyvíjí fibroblasty, chondroblasty a osteoblasty. Tyto buňky produkují vazivově-chrupavčitou hmotu, která překlene štěrbinu mezi dvěma fragmenty kosti a vytvoří tak měkký sval. Současně je při periostu vytvořena vrstva vláknité kosti.

3. Tvorba kostěného svalku (od jedenáctého do 28. dne) – měkký svalek prochází chondrogení osifikací, pod periostem pokračuje tvorba vláknité kostní tkáně. Na konci této fáze je vytvořen kostěný tvrdý svalek.
4. Remodelace kosti (od 18. dne, trvá měsíce až roky) – díky aktivitě osteoklastů a osteoblastů prochází tvrdý svalek opakovanou remodelací (Sheen & Garla, 2022); kost je formována do jejího původního tvaru, rozměrů a biomechanických vlastností (Oryan et al., 2015). V této fázi také osteoklasty resorbují vláknitou kost a osteoblasty ji nahradí kostí lamelární. Důležitým výsledkem remodelační fáze je obnova stability, mechanické odolnosti a síly kosti (Oryan et al., 2015).

Obrázek 3

Sekundární kostní hojení



Poznámka. Převzato od Bahney et al. (2019).

4.2 Patofyziologie a typy stresových zlomenin

Stresové zlomeniny můžeme dělit na únavové (fatigue fractures) a patologické (insufficiency fractures), viz. Tabulka 1. Únavové zlomeniny vznikají při působení abnormální zátěže na normální kost. Patologické zlomeniny vznikají při působení normální zátěže na abnormálně slabou kost. Oslabení kosti může být způsobeno například osteoporózou, revmatoidní artritidou, metabolickým onemocněním kostí, neurologickými poruchami,

výměnami kloubů a podobně (Matcuk et al., 2016). Tato práce je zaměřena především na únavové zlomeniny, následující informace se tedy vztahují k tomuto typu stresových zlomenin.

Tabulka 1

Shrnutí rozdílů mezi únavovou a patologickou stresovou zlomeninou

	Únavové zlomeniny	Patologické zlomeniny
Definice	Zlomenina vznikající působením abnormální dlouhodobé opakované zátěže na normální kost	Zlomenina vznikající vlivem normální síly na abnormálně slabou kost
Epidemiologie	Mladí pacienti; atleti; ženy > muži	Starší pacienti; nízké BMI; ženy > muži
Patofyziologie	Abnormální zátěž vede k remodelaci; když je resorpce vyšší než produkce, objeví se zlomenina	Normální zátěž na oslabenou kost (osteopenie, metabolická onemocnění)
Běžné lokality výskytu	Tibie, fibula, metatarsy, krček femuru, calcaneus, os naviculare	Sakrum, hlavice femuru, mediální kondyl femuru, superiorní acetabulum

Poznámka: BMI = body mass index. Upraveno dle Matcuk et al. (2016).

Únavová zranění vznikají z důvodu poruchy rovnováhy mezi zátěží, která je na kost vyvíjena a schopností kosti se reparovat a této zátěži odolávat. (Warden, Edwards, & Willy, 2021). Při působení zátěže na kost dochází k její deformaci, ale díky elastické složce se po ukončení působení zátěže kost vrátí do svého původního tvaru (Matcuk et al., 2016). Pokud je ale zátěž vyvíjena na dané místo dlouhodobě a práh elasticity je překročen, dochází v kostní tkáni ke vzniku mikrofraktur (Matcuk et al., 2016). Tyto mikrofraktury jsou za normálních okolností remodelovány – osteoklasty odstraní poškozenou část kosti a osteoblasty je nahradí kostí novou (Warden et al., 2021). Tento proces ovšem nějaký čas trvá. V kompaktní kosti trvá osteoklastům zhruba čtyři týdny, než odbourají poškozenou kostní tkáň, následná náhrada novou kostí pomocí osteoblastů a její úplná mineralizace probíhá od tří měsíců do jednoho roku (Warden et al., 2021). Fredericson et al. (2006) uvádí, že studie Stanitskiho, McMastera, & Scrantona (1978) a Li, Zhang, Chen, G., Chen, H., & Wang (1985), které se zabývaly histologií únavových zlomenin prokázaly, že nadměrná zátěž vede ke zvýšené aktivitě osteoklastů a převyšuje tak aktivitu osteoblastů. Kost se tak nestihá přestavovat, je oslabená a dochází ke vzniku mikrofraktur, které

se dále rozvíjí v únavové reakce (časná stadia poškození kosti) a později v únavové zlomeniny (pokročilá stadia poškození kosti) (Fredericson et al., 2006).

4.3 Prevalence únavových zlomenin

Únavové zlomeniny patří k nejčastějším onemocněním pohybového aparátu způsobeným přetížením. Vyskytují se převážně v mladém až středním věku, přičemž nejrizikovějšími skupinami jsou zejména vytrvalostní běžci, atleti, tanečníci a vojáci (Lassus et al., 2009). Incidence mezi vojáky se pohybuje okolo 3,0 % u mužů a 9,2 % u žen, u sportovců je procento ještě o něco vyšší, a to 6,5 % u mužů a 9,7 % u žen (O'Leary, Rice, & Greeves, 2021).

Jak můžeme vidět, u žen se únavové zlomeniny v porovnání s muži vyskytují častěji. Matcuk et al. (2016) uvádí, že příčina vyššího zastoupení u žen je multifaktoriální, nicméně tyto autoři zmiňují, že u sportovkyň se únavové zlomeniny často spojují s atletickou triádou. Ženská atletická triáda je charakterizována nižším energetickým příjmem než výdejem, problémy s menstruací a sníženou kostní hustotou (Abbott et al., 2020). Tyto faktory, společně s hormonálními abnormalitami, vedou k nižšímu množství minerálů uložených v kosti, což ženy vystavuje většímu riziku únavových zlomenin (Malcuk et al., 2016). Podrobněji budou rizikové faktory únavových zlomenin popsány v samostatné kapitole.

Jak uvádí Warden, Davis a Fredericson (2014), únavové zlomeniny se často opakují – až polovina atletů udává, že se u nich v minulosti vyskytla únavová zlomenina více než jednou a u 10,3–12,6 % atletů a běžců, kteří v minulosti měli únavovou zlomeninu, se objevila další během jednoho až dvou let.

Podle Wright et al. (2015) se až 95 % únavových zlomenin objevuje na dolních končetinách a u vytrvalostních běžců zauímají únavové zlomeniny 15–20 % všech muskuloskeletálních zranění. Procentuálně je mezi běžci nejčastěji postižena tibie (23,6 %), dále os naviculare (17,6 %), metatarsy (16,2 %), femur (6,6 %), fibula (7 %) a pánev (1,6 %) (Kahanov, Eberman, Games, & Wasik, 2015).

4.4 Rizikové faktory

Jako je tomu u většiny úrazů z přetížení, i u únavových zlomenin hraje při jejich vzniku roli několik faktorů, přičemž podíl jednotlivých faktorů je u každého jednotlivce individuální (Warden, Burr, & Brukner, 2006). Tyto faktory se obecně rozdělují na vnější (modifikující zátěž, která je na kost vyvíjena) a vnitřní (ovlivňující schopnost kosti odolávat zátěži) (Warden, Davis, & Fredericson, 2014).

Corrarino (2012) zdůrazňuje, že rizikové faktory přímo nezpůsobují únavové zlomeniny, ale ovlivňují proces remodelace kosti, což má za následek zvýšený vznik mikrotraumat, sníženou kostní reparaci nebo kombinaci obojího.

4.4.1 Vnější rizikové faktory

Warden et al. (2006) definují vnější rizikové faktory jako faktory z okolí a vnějšího prostředí, které ovlivňují pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny u daného jedince. Do této skupiny zařazují typ aktivity nebo sportu, trénink a vliv prostředí. Další autoři sem řadí ještě například vliv stravy.

4.4.1.1 Trénink, typ a frekvence aktivity

Jednou z hlavních příčin vzniku únavových zlomenin je typ sportovní aktivity, kterou daný jedinec vykonává, a její frekvence (Abbott et al., 2020). Jak uvádí Welck, Hayes, Pastides, Khan a Rudge (2017), jedná se především o aktivity s opakovanými nárazy, jako je běhání, skákání nebo pochodování, což se často projevuje u běžců a vojáků.

Podle Wardena et al. (2006) místo výskytu únavových zlomenin závisí na typu sportu, který jedinec vykonává. Jednotlivé sportovní aktivity přetěžují určité kostěné struktury, které jsou pro každý sport jiné, což je přehledně ukázáno v Tabulce 2 vytvořené na základě review Abbottové a kolektivu (2020). Proto se také setkáváme s jinými únavovými zlomeninami u sprinterů a vytrvalostních běžců.

Tabulka 2

Typické lokality únavových zlomeniny dle typu aktivity

Lokalita	Aktivita
Tibie	Běžci, vojáci, sporty zahrnující skákání a náhlé zastavení
Fibula	Děti – balet, dospělí – aktivity zahrnující běh nebo skákání
Metatarsy	Balet – hlavně druhý metatars, běžci
Navikulární kost	Sprint, skok, tanečníci, běžci, sporty na umělém trávníku
Os cuneiforme	Sprint
Ramenní pletenec	Vrh, hod
Předloktí	Vzpěračství, cyklistika, raketové sporty
Zápěstí a ruka	Tenis, veslování
Žebra	Golf, tenis

Poznámka. Upraveno dle Abbott et al. (2020).

Warden et al. (2006) pokládá tréninkový režim jako klíčový faktor pro vznik únavových zlomenin. Změny v tréninkové rutině mohou narušit kostní remodelaci, kost se nestíhá reparovat a je tak ve větším riziku vzniku únavové zlomeniny. Za nejdůležitější příčiny považují změnu v intenzitě tréninku (např. zvyšování rychlosti, více běhu do kopce) nebo v opakování (např. zvýšení počtu nebo délky opakování v rámci tréninkové jednotky). Podle průzkumu až 86 % sportovců udává, že vzniku únavové zlomeniny předcházela právě změna v rámci tréninku (Warden et al., 2006).

V roce 2015 vydali Wrigth a kolektiv systematické review, které porovnávalo osm studií zaměřených na únavové zlomeniny. Na základě tohoto review stanovili Wright et al. (2015) počet uběhnutých kilometrů za týden jako jeden z rizikových faktorů pro vznik únavové zlomeniny. Sportovci, kteří v průměru naběhají více než 32 kilometrů za týden jsou dvakrát více ohroženi vznikem únavové zlomeniny oproti těm, kteří běhali méně než 32 kilometrů týdně. Konkrétně u žen je tato náchylnost ještě vyšší. Ženy běhající více než 32 km za týden měly třikrát větší pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny než ty, které běhaly méně než 32 km za týden. Corrarino (2012) se ve své studii také zabývá výskytem únavových zlomenin u žen. Podle této studie, jsou ženy trénující více než sedm hodin týdně více ohroženy vznikem únavové zlomeniny než ty, které trénují méně než pět hodin týdně.

Abbott et al. (2020) zároveň odkazují na rozsáhlou kohortovou studii Fielda, Gordona, Pierce, Ramappa, & Kochera (2011) předpubertálních a pubertálních dívek u nichž bylo zjištěno, že pravidelné běžecké, basketbalové a gymnastické tréninky jsou prediktory vzniku únavových zlomenin, přičemž běh byl z těchto kategorií vyhodnocen jako nejrizikovější.

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že nadměrná fyzická zátěž, například v podobě velkého množství uběhlých kilometrů a odtrénovaných hodin, nebo náhlá změna v tréninkové rutině (tempo, počet opakování, terén) vystavuje jedince vyššímu riziku vzniku únavové zlomeniny. Kvůli pravidelným dopadům patří mezi nejrizikovějšími sporty běh, basketbal a gymnastika (Abbott et al., 2020).

4.4.1.2 *Biomechanické faktory*

Warden et al. (2014) uvádí, že zátěž, která je na kost vyvíjena, je součtem vnějších a vnitřních sil, jejich velikostí, frekvencí, trvání a směry. Tyto komponenty poté ovlivňují velikost a místo vzniku únavové zlomeniny. Vnitřní síly vyvíjí svaly, šlachy a vazy, zatímco vnější síly jsou vytvářeny při došlapu chodidla na zem – tzv. reakční síla podložky (Magness, Ambegaonkar, Jones, & Caswell, 2011). Reakční síla podložky působí ve všech třech rovinách, nicméně vertikální směr je v souvislosti s biomechanikou běhu a rizikem zranění nejvíce spojován (Magness et al.,

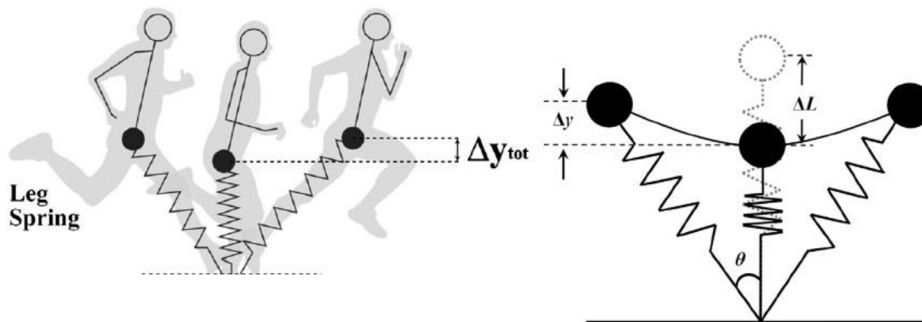
2011). Běžci, u kterých jsou hodnoty reakční síly podložky vysoké, jsou ve větším ohrožení vzniku únavové zlomeniny (Warden et al., 2014).

Pružení dolních končetin

Dolní končetiny (DKK) se při nárazech na zem chovají jako pružiny – během první krokové fáze (došlapu) se jejich délka zkrátí, zatímco reakční síla podložky se zvětšuje. Naopak při druhé krokové fázi se délka DKK zvětšuje, zatímco reakční síla podložky se zmenšuje (Bobbert & Casius, 2011). Pružení DKK znázorňují Obrázky 4 a 5. Na této teorii bylo ukázáno, že pokud je změna ve frekvenci výskoků/kroků, výšce výskoku nebo elasticitě povrchu, změní se i pružnost dolní končetiny (DK) a tím její zatížení (Bobbert & Casius, 2011).

Obrázek 4

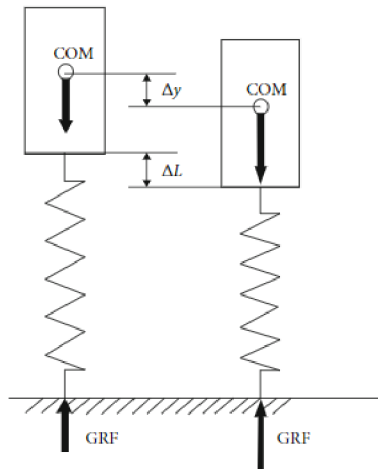
Pružení dolní končetiny a posun těžiště při běhu



Poznámka. Δy = hodnota vertikálního posunu těžiště směrem dolů během kontaktu DK se zemí, ΔL = změna délky DK (komprese) během kontaktu se zemí. Převzato z <http://www.georgeron.com/2017/01/running-science-part-1-ground-contact.html>.

Obrázek 5

Příklad pružení dolní končetiny



Poznámka. Δy = hodnota vertikálního posunu těžiště směrem dolů během kontaktu DK se zemí, ΔL = změna délky DK (komprese) během kontaktu se zemí, *COM* = těžiště, *GRF* = reakční síla podložky. Převzato od Struzik, Karamanidis, Lorimer, Keogh, & Gajewski (2021).

S pružením DKK souvisí i pojem “leg stiffness“, který popisuje tuhost pružiny v podobě DKK. Tuhost může být definována jako odolnost objektu vůči destruktivní síle (Latash & Zatsiorsky, 1993). V případě DK je tato odolnost zajištěna interakcí svalů, šlach, vazů, kostí a chrupavek (Brazier, Maloney, Bishop, Read, & Turner, 2019). Bylo prokázáno, že tuhost pružiny v podobě DK ovlivňuje výkon sportovce – čím vyšší je tuhost DK, tím lépe dokáže sportovec využít reakční energii podložky a použít ji ke zvýšení síly odrazu při skoku nebo běhu (Brazier et al., 2019). Na druhou stranu, příliš vysoká leg stiffness může vést ke vzniku únavového zranění, stejně tak, jako je příliš nízká leg stiffness spojována s poraněním měkkých tkání (Brazier et al., 2019).

4.4.1.3 Technika běhu

Warden et al. (2014) popisují, že místo výskytu únavové zlomeniny při běhu závisí na biomechanice běžeckého stylu daného jedince. Běžecký styl udává, jaké kosti jsou nejvíce zatěžovány. Vytrvalostní běžci typicky běhají přes patu (rearfoot strike) a zatěžují tak především dlouhé kosti, jako je tibia, fibula a femur. Naopak sprinteři využívají více běhu přes špičku (forefoot strike), což vyvíjí větší tlak spíše na kosti nohy, tedy zánártní kosti a metatarsy (Warden et al., 2014).

Následující informace jsou převzaty ze systematického review Xu et al. z roku 2020, které porovnává došlap přes špičku, patu a jejich efekt. Porovnání jednotlivých faktorů, které se u těchto dvou běžeckých stylů vyskytují, je zobrazeno v Tabulce 3.

Tabulka 3

Srovnání jednotlivých faktorů při běhu přes špičku a přes patu

Jednotlivé faktory	Forefoot (FFS) vs rearfoot (RFS) strike
Velikost a rychlost nárazu	FFS < RFS
Vertikální reakční síla podložky	FFS > RFS
Síla generovaná při kontaktu s podložkou	FFS < RFS
Pružnost kotníku	FFS > RFS
Pružnost kolenního kloubu	FFS < RFS
Pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny	FFS < RFS
Pravděpodobnost poranění Achillovy šlachy	FFS > RFS

Poznámka. Založeno na systematickém review Xu et al. (2020).

Při běhu přes špičku dosahuje velikost i rychlost nárazu v momentu kontaktu s podložkou nižších hodnot než při běhu přes patu. Autoři studie došli k závěru, že čím je nárůst nárazu rychlejší (kratší), tím vyšší je pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny a dalších běžeckých zranění. Rozdíl mezi velikostmi a rychlostmi nárazů u forefoot a rearfoot striku je pravděpodobně způsoben pružností kloubů a jejich schopností nárazy absorbovat. Pružnější klouby vstřebávají nárazy lépe než klouby tužší. Za jeden z primárních kloubů vstřebávající nárazy je považován kotník. Bylo zjištěno, že u forefoot striku je kotník výrazně pružnější. Při počátečním kontaktu chodidla se zemí dosahuje běžec větší plantární flexe, menší maximální dorsální flexe a větší exkurze než u rearfoot striku, většina energie se tedy vstřebává právě v oblasti kotníku. Na druhou stranu, při rearfoot striku je kotník tužší, většina energie se tedy nevstřebá v oblasti kotníku, ale pokračuje proximálně ke kolenu, kde je zase větší exkurze do flexe než při forefoot striku a koleno je tak pružnější. Pro běh přes patu je tedy typičtější poranění až v oblasti kolenních kloubů. To vysvětluje nejčastější výskyt únavových zlomenin u vytrvalostních běžců, kteří typicky běhají přes patu, v oblasti tibie. Naopak u běhu přes špičku, což je typické pro sprintery, je energie vstřebovaná v oblasti kotníku převáděna na Achillovu šlachu. To může v kombinaci s menším rozsahem pohybu kolenního kloubu do flexe při běhu zvyšovat riziko poranění Achillovy šlachy a vede k většímu riziku únavových zlomenin v oblasti nohy.

Na druhou stranu, podle systematického review Burke a kolektivu z roku 2021 je velmi málo důkazu k prokázání vlivu běžecké techniky na vznik poranění v oblasti DKK, a proto je potřeba v této oblasti dalšího výzkumu jak celkově pro zranění DKK, tak se zaměřením na jednotlivá poranění.

Ke vzniku únavové zlomeniny mohou přispívat i samotné tělesné proporce sportovce, které biomechaniku běhu ovlivňují. Například vysoká podélná klenba, nestejná délka končetin nebo varózní postavení předonoží (Abbott et al., 2020). Warden et al. (2014) ještě zmiňují zvýšenou zevní rotaci kyčelního kloubu (KYK), pes planus, pes cavus, zvýšenou addukci v KYK při běhu a zvýšenou vnitřní rotaci kolenního kloubu. Wright a kolektiv (2015) ale ve svém systematickém review podotýkají, že k potvrzení faktorů zmíněných ve studii Wardena et al. (2014) ještě chybí podrobnější výzkum.

4.4.1.4 Běžecký povrch

Dříve se předpokládalo, že povrch, po kterém běháme, má na vznik únavových zlomenin velký vliv. Tvrdší povrchy, jako například asfalt, byly pro běh považovány za méně vhodné, protože v porovnání s měkčími (tráva, písek) údajně způsobovaly větší nárazy a tím pádem větší zatížení kosti (Warden et al., 2014). Wright et al. (2015) ve svém systematickém review nenašli žádnou spojitost mezi běžeckým povrchem a vznikem únavové zlomeniny.

Podle Wardena et al. (2014) je vztah mezi běžeckým povrchem a vznikem únavové zlomeniny komplexní a nelze jej přikládat pouze povrchu samotnému. Běžci se například snaží různým povrchům přizpůsobit svoji techniku běhu. Při běhu po tvrdém povrchu se pružnost dolní končetiny zvýší, aby alespoň do určité míry vyrovnala velikost reakční síly podložky. Na druhou stranu se zdá, že reakční síla podložky, která na kosti působí zátěž, se zvyšuje i při běhu po nestabilních plochách (Warden et al., 2014). Podle rozsáhlejších výzkumů ale nelze potvrdit, jestli má běžecký povrch na vznik únavové zlomeniny přímý vliv. (Warden et al., 2006). Možná různý běžecký povrch může vést k různě velkému zatížení jednotlivých kostí, a tedy být spojen s různou lokalizací únavových zlomenin.

Warden et al. (2014) ale popisují, že při vzniku únavových zlomenin nemusí hrát hlavní roli povrch samotný, ale nedávná změna běžeckého terénu, na kterou se běžec ještě nestihl adaptovat. K této situaci podle nich může dojít k přetížení kosti hned z několika důvodů:

1. běh na nestabilním povrchu může zvyšovat napětí působící na kost,
2. při běhu na nestabilním povrchu (písek) nebo při běhu z kopce dochází rychleji ke svalové únavě a svaly tím pádem nemohou správně vykonávat svou tlumící úlohu,

3. náhlá změna terénu může pozměnit kinematiku běhu, což může způsobit nepřiměřený tlak na kosti, které běžec nemá k tak velké zátěži dostatečně uzpůsobeny.

4.4.1.5 Běžecá obuv

Warden et al. (2014) udávají, že o významu běžecá obuvi a vložek do bot se v souvislosti se vznikem únavových zlomenin stále debatuje. Boty i vložky by teoreticky na vznik únavových zlomenin měly mít vliv, jelikož jsou přímo v místě kontaktu chodila se zemí a mohou tak tlumit působení reakční síly podložky na DKK. Zároveň mohou ovlivňovat pohyb v chodidle a kotníku a tím pádem i celou mechaniku pohybu dolní končetiny. V roce 2022 vydali Relph a kolektiv review, ve kterém porovnávali jednotlivé typy bot (minimalistické, odpružené apod.) a jejich vztah k běžecým zraněním. V závěru autoři uvádí, že podle většiny porovnávaných studií ve výsledku nebylo u žádného z typů bot prokázáno vyšší/nížší procento zranění než u ostatních.

4.4.1.6 Strava

Z review Abbottové et al. (2020) vyplývá, že podle většiny autorů je nízký příjem vitamínu D důležitým faktorem pro vznik únavových zlomenin u žen. Ve svém systematickém review Wright et al. (2015) uvádí několik studií, které porovnávají vliv vápníku na vznik únavových zlomenin. Ačkoliv některé studie považují nízký příjem mléčných produktů za rizikový faktor pro vznik únavových zlomenin, u jiných se tato teorie nepotvrdila. Wright a kolektiv v závěru zhodnotili, že ačkoliv se může zdát, že dostatečný příjem vápníku ve stravě snižuje riziko vzniku únavové zlomeniny, prozatím chybí klinická prospektivní studie, která by toto tvrzení podpořila.

V některých studiích můžeme v souvislosti s vlivem stravy narazit i na poruchy příjmu potravy. Podle review Abbottové et al. (2020) ale vznik únavové zlomeniny může způsobit spíš obecně nízký energetický příjem než poruchy příjmu potravy jako takové, což bude dále rozvedeno ve vnitřních rizikových faktorech.

4.4.2 Vnitřní rizikové faktory

Vnitřní rizikové faktory se přímo vztahují ke konkrétnímu jedinci a tomu, jak se jeho tělo vypořádává s působící mechanickou zátěží a jak velké poškození může zátěž způsobit (Warden et al., 2006).

4.4.2.1 Svalové faktory

Jak uvádí Warden et al. (2014), funkce kostí a svalů je úzce provázána, a proto je role svalů při vzniku únavové zlomeniny také důležitá. Předpokládá se, že svaly kost před únavovými zlomeninami spíše chrání, než aby je způsobovaly. Během nárazů fungují svaly jako tlumiče a pomáhají tak mírnit zatížení, které je přenášeno proximálně podél kinetického řetězce. Pokud

je z nějakého důvodu funkce svalů poškozena (oslabení, přetížení), nemůže sval úlohu tlumiče správně vykonávat, což může vést ke zvýšeným nárazům a většímu zatížení kostí. Podle dalších studií pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny přímo závisí na velikosti (obvodu a průřezové ploše) a síle svalů (Warden et al., 2014).

4.4.2.2 Pohlaví

Výskyt únavových zlomenin u žen je všeobecně považován za častější v porovnání s muži (Abbott et al., 2020). Podle systematického review Wright et al. (2015) jsou ženy ve 2,3krát větším riziku vzniku únavové zlomeniny než muži.

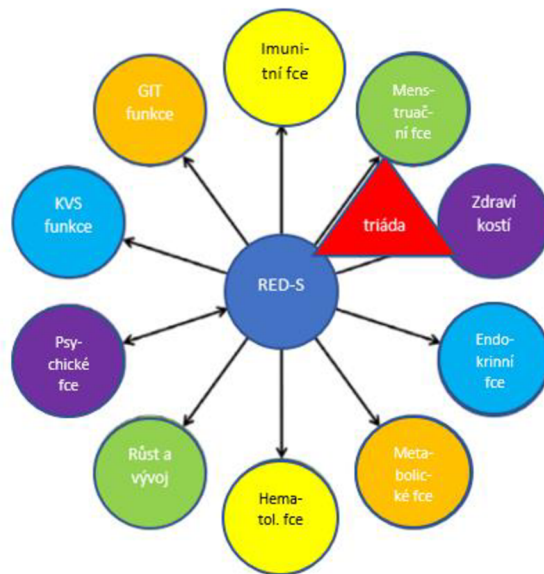
Jak už bylo zmíněno v kapitole prevalence, příčina vyššího výskytu u žen je multifaktoriální, nicméně u sportovkyň se únavové zlomeniny mimo jiné často spojují s pojmem „atletická triáda“ (Matcuk et al., 2016). K atletické triádě patří nízký energetický příjem (s nebo bez poruch příjmu potravy), problémy s menstruací a snížená kostní hustota (Beck & Drysdale, 2021). V kohortové studii Barrack et al. (2014) uvádí, že čím více faktorů atletické triády se u sportovkyně projeví, tím větší je riziko vzniku únavové zlomeniny. Při zastoupení jednoho z ukazatelů atletické triády je riziko vzniku únavové zlomeniny 15–20 %. Pokud se však u ženy naráz vyskytuje více faktorů atletické triády, pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny je 30–50 %.

4.4.2.3 Nízký energetický příjem

V roce 2014 Mountjoy et al. přišli s novým pojmem, který rozšiřuje definici atletické triády – relative energy deficiency in sport (RED – S = relativní nedostatek energie ve sportu). Následující informace jsou převzaty právě od těchto autorů, kteří s pojmem RED – S přišli poprvé. RED – S nezahrnuje pouze tři zmíněné aspekty atletické triády, ale odkazuje i na další poruchy fyziologických funkcí, jakými jsou například rychlost metabolismu, imunita, syntéza bílkovin nebo stav kardiovaskulárního systému. RED – S tedy není limitován pouze na poruchy fyziologických funkcí u žen, ale vztahuje se i na muže. Jak vyplývá z názvu, hlavním problémem RED – S je nedostatek energie, která je potřeba k řadě tělesných funkcí podílejících se na udržování zdraví nebo fyzických výkonech. Tento nedostatek energie plyne z nízkého energetického příjmu a/nebo vysokého energetického výdeje. Při energetickém deficitu se tělo snaží snížit energetický výdej, což vede k narušení řady hormonálních, metabolických a funkčních charakteristik (Obrázek 6).

Obrázek 6

Zdravotní následky relativního nedostatku energie ve sportu



Poznámka. RED – S = relativní nedostatek energie ve sportu (relative energy deficiency in sport), GIT = gastrointestinální trakt, KVS = kardiovaskulární, hematol. = hematologické, fce = funkce. Upraveno dle Mountjoy et al. (2014).

Dlouhotrvající nízký energetický příjem má dopad na zdraví kostí a tím pádem i vliv na vznik únavových zlomenin (Mountjoy et al., 2014). U žen vede k menstruačním problémům, nedostatku estrogenu a dysfunkci dalších hormonů potřebných ke zdraví kostí, což má za následek sníženou kostní hustotu (Abbott et al., 2020). Kost je tím pádem oslabená a předpoklad poškození je vyšší.

Beck a Drysdale (2021) se zabývali únavovými zlomeninami dospívajících atletů a atletek a ve své studii popisují nízký energetický příjem i u mladých mužů, i když kvůli absenci menstruačních ukazatelů je obtížněji identifikovatelný. Tito muži mají většinou nízkou tělesnou hmotnost, zvýšenou hladinu kortizolu, a naopak nízkou hladinu testosteronu. Taky se u nich může projevit porucha funkce pohlavních žláz, která je zapříčiněna poruchou sekrece hormonů z hypotalamu nebo hypofýzy (hypogonadotropní hypogonadismus). Tyto faktory, podobně jako u žen, společně vedou ke snížené kostní hustotě a zvyšují tak riziko únavové zlomeniny (Beck & Drysdale, 2021).

4.4.2.4 Hormony a hustota kostí

Mountjoy et al. (2014) uvádí, že RED – S má dopad, mimo jiné, i na hormonální změny a tím pádem i na zdraví kostí. U žen hrají důležitou roli hormony estrogen a progesteron.

Estrogen zvyšuje ukládání vápníku z krve, progesteron estrogen aktivuje. Anabolický efekt na kosti má také testosteron. Pokud se v těle objeví estrogenová/progesteronová disbalance, což se v případě energetického deficitu stává, nebo nízká hladina testosteronu, dochází ke snižování kostní hustoty a kost je tím pádem náchylnější k poranění. Stresové hormony (katecholaminy a kortizol) mají také negativní vliv na zdraví kostí (Mountjoy et al., 2014).

4.4.2.5 *Menstruace a orální antikoncepce*

Ackerman et al. (2015) zjistili, že riziko výskytu únavové zlomeniny je vyšší u sportovkyň, které trpí oligomenoreou (méně častá menstruace – šest až devět cyklů ročně) nebo amenoreou (úplná ztráta menstruace po dobu delší než tři měsíce) v porovnání se sportovkyněmi s pravidelnou menstruací a s ženami, které nesportují. Toto riziko je větší i přes to, že některé ze sportovkyň s únavovými zlomeninami měly vyšší hladinu vitamínu D a vápníku (Ackerman et al., 2015). Vznikem únavové zlomeniny jsou ohroženy také ženy po menopauze. Menopauza je v podstatě amenorea, při které dochází ke snížení hladiny estrogenu a tím pádem ke snížení hustoty kostí a svalové hmoty (Pegrum, Crisp, Padhiar, & Flynn, 2012). V systematickém přehledu z roku 2017 zároveň Hulme, Nielsen, Timpka, Verhagen, & Finch uvádí, že užívání orální antikoncepce snižuje riziko výskytu únavové zlomeniny.

4.4.2.6 *Index tělesné hmotnosti a tělesné složení*

Index tělesné hmotnosti (Body Mass Index, BMI), je výpočet založený na výšce a hmotnosti jedince. BMI se využívá především pro stanovení množství tuku v těle, nicméně například u sportovců s velkým podílem svalů (kulturisti) bude BMI také vysoké, i když množství tuku v těle je v normě. Proto mohou být v některých případech hodnoty BMI zavádějící. Optimální BMI pro zdravého jedince se pohybuje v rozmezí 18,5 – 24,9 kg/m², hodnoty pod 18,5 kg/m² už jsou považovány za podvýživu, nad 24,9 kg/m² za nadváhu. Abbott et al. (2020) uvádí, že podle většiny autorů se nízké BMI považuje za rizikový faktor vzniku únavových zlomenin. Například studie Tenforde, Fredericson, Sayers, Cutti, & Sainani (2015) popisuje až třikrát větší riziko vzniku únavové zlomeniny u dospívajících dívek s BMI <19 kg/m². Se zajímavým stanoviskem ale přišli Pegrum, Dixit, Padhair, & Nugent (2014), kteří u žen stanovili rizikové BMI pro vznik únavových zlomenin <20 kg/m² a >30 kg/m². Uvádí, že nízké BMI u sportovkyň je spojeno s výskytem atletické triády a poškození kosti z důvodu nízké kostní hustoty, vysoké BMI se zase váže s vyšším kostním zatížením.

4.4.2.7 *Předchozí únavová zlomenina*

V systematickém přehledu z roku 2015 Wright a kolektiv uvádí předchozí výskyt únavové zlomeniny jako jeden z rizikových faktorů pro vznik další únavové zlomeniny. Podle tohoto

systematického review jsou běžci s historií únavové zlomeniny v až pětkrát větším riziku vzniku budoucí únavové zlomeniny. Předchozí únavové zlomeniny ovlivňují strukturu a odolnost kosti, a proto mají predispozici k rozvinutí únavové zlomeniny v budoucnu (Abbott et al., 2020).

4.5 Diagnostika

4.5.1 Klinická diagnostika

Pacienti s únavovými zlomeninami většinou přichází s bolestí postižené oblasti, která se prvně projevovala při začátku aktivity (například chůze, běh, výskoky), postupně v průběhu aktivity, a nakonec i v klidu nebo dokonce ve spánku (Beck & Drysdale, 2021).

Kahanov et al. (2015) zmiňují, že klinická diagnostika únavové zlomeniny je postavena na třech hlavních kritériích – tréninkové historii, klinickém vyšetření a pokud možno, speciálních testech. V rámci tréninkové historie jsou důležité informace ohledně nedávné změny v tréninku, jako je například větší fyzická aktivita nebo opakované cvičení s minimálním časem na regeneraci. Velkou pozornost bychom ale měli věnovat celé pacientově anamnéze.

Při klinickém vyšetření může být oblast povrchové únavové zlomeniny zarudlá, palpačně teplá a citlivá až bolestivá, a to jak na dotek, tak i na poklep prstem nebo neurologickým kladívkem (Beck & Drysdale, 2021). Místo bolestivosti je většinou menší než pět centimetrů (Winters, 2020). V místě únavové zlomeniny může být přítomný zánět a při únavové zlomenině v oblasti tibie někdy bývá dokonce boule. U únavových zlomenin DKK může bolest vyvolat skákání na místě (tzv. Hop test) nebo stoj na špičkách, nicméně autoři upozorňují, že při tomto testování je potřeba dbát na opatrnost, aby nedošlo ke zhoršení zranění (Beck & Drysdale, 2021).

K diagnostice nejčastějších únavových zlomenin nám mohou pomoci speciální testy. Warden a kolektiv (2014) ale udávají, že sensitivita a specifita těchto testů buď nebyla podrobněji prozkoumána nebo zůstává sporná. Pro prokázání únavové zlomeniny krčku femuru se používá "Fulcrum test", který je znázorněn na Obrázku 7 (Beck & Drysdale, 2021). Pacient sedí na lehátku s volně spuštěnými bérce a opřený rukama o zadní stranu lehátka. Vyšetřující osoba podloží proximální část pacientova stehna svojí paží a druhou rukou vyvine tlak na distální část stehenní kosti směrem k lehátku. Pokud se objeví bolest v oblasti KYK, test je považován za pozitivní.

Obrázek 7

Fulcrum test na prokázání únavové zlomeniny v oblasti krčku femuru



Poznámka. Převzato z <https://orthofixar.com/trauma/femoral-stress-fracture/>.

Stejně tak se Fulcrum test využívá i pro diagnostiku únavové zlomeniny diafýzy femuru, kdy vyšetřující posouvá svoji podkládající paži od distálního konce femuru k proximálnímu, přičemž opět vyvíjí jemný tlak na distálním konci femuru. Jakmile je podkládající paže pod místem únavové zlomeniny, pacient při tlaku ucítí ostrou a lokalizovanou bolest (Fredericson et al., 2006).

Únavovou zlomeninu v oblasti pánve můžeme otestovat Patrickovým testem (Obrázek 8) nebo "Squeeze testem" (Obrázek 9) (Beck & Drysdale, 2021). Při provádění Patrickova testu leží pacient na zádech. Pasivně nastavíme pacientovu DK do flexe, zevní rotace a abdukce, přičemž fixujeme protilehlou stranu pánve. Pokud se při tlaku na koleno testované DK objeví bolest v oblasti pánve nebo třísla, test je považován za pozitivní a může nasvědčovat přítomnosti únavové zlomeniny (Behrens, Deren, Matson, Fedale, & Monchik, 2013). Squeeze test se běžně používá pro testování zranění v oblasti třísel (Delahunt, Kennelly, McEntee, Coughlan, & Green, 2011). Jde o silnou odporovanou addukci, kterou lze provádět ve třech různých pozicích, a to v 0°, 45° a 90° flexi v KYK. Pro průkaz únavové zlomeniny se využívá 45° flexe KYK. Test je považován za pozitivní, pokud se při odporované addukci objeví bolest v oblasti stydké kosti, což nasvědčuje přítomnosti únavové zlomeniny právě v této lokalitě (Delahunt et al., 2011).

Obrázek 8

Patrickův test na prokázání únavové zlomeniny v oblasti pánve



Poznámka. Převzato z <https://neckandback.com/conditions/sacroiliac-joint-pain-syndrome/#> .

Obrázek 9

Squeeze test na prokázání únavové zlomeniny v oblasti pánve (především stydké kosti)



Poznámka. Převzato z <https://www.clinicalcpd.co.uk/video-adductor-squeeze-test/>.

Při únavovém postižení v oblasti bederní páteře je často přítomna bolestivá extenze bederní páteře nebo bolest při extenzi bederní páteře v kombinaci s rotací na stranu patologie. Podezření na únavovou zlomeninu žebér můžeme otestovat tlakem nebo poklepem na hrudník, který by měl vyvolat bolest v postižené oblasti (Beck & Drysdale, 2021).

Pokud máme po klinickém vyšetření podezření, že jde o únavovou zlomeninu, ale čekáme ještě na výsledky zobrazovacích metod, Pegrum, Crisp, & Padhiar, (2012) doporučují danou končetinu odlehčit berlemi, aby nedošlo k případnému zhoršení zranění.

4.5.2 Zobrazovací metody

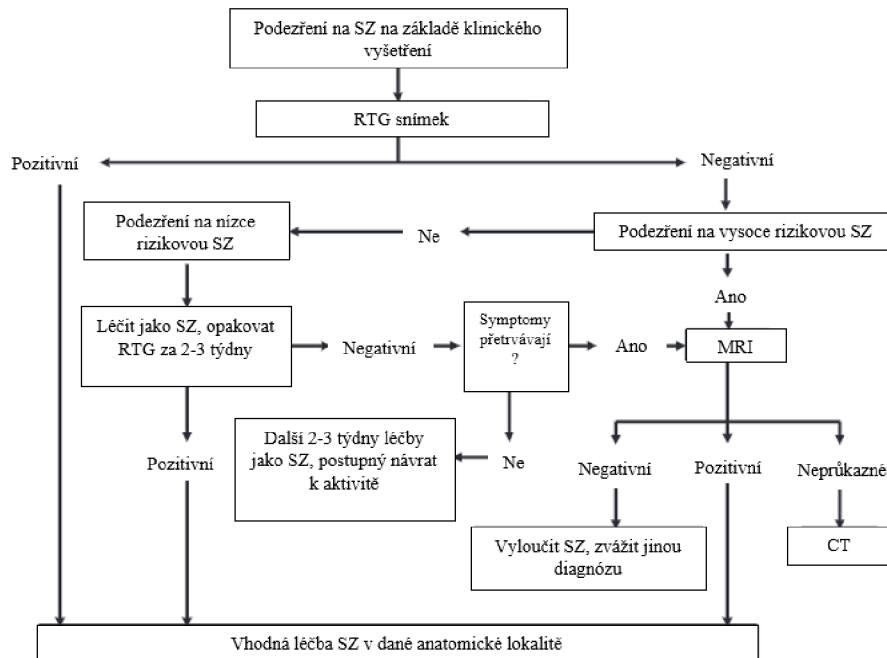
V roce 2016 Wright et al. (2016) publikovali systematické review, které porovnává 21 studií zaměřujících se na jednotlivé zobrazovací metody při diagnostice únavových zlomenin DKK. V rámci tohoto review autoři uvádí, že při klinickém podezření na únavovou zlomeninou hrají zobrazovací metody významnou roli, jelikož stanovují pacientovu prognózu a průběh léčby. Včasná diagnostika je nezbytná pro správnou léčbu a prevenci komplikací. To je důležité hlavně při diagnostice vysoce rizikových únavových zlomenin, kde při pozdním rozpoznání hrozí riziko rozvinutí zranění v kompletní frakturu nebo například avaskulární nekrózu.

Wright a kolektiv (2016) dále uvádí, že v praxi se bohužel často setkáváme s tím, že pacienti s podezřením na únavovou zlomeninu několik týdnů podstupují množství vyšetření různými zobrazovacími metodami, než je jim konečně stanovena definitivní diagnóza. Tento proces většinou vyústí v prodloužení léčby a opožděný návrat ke sportu. Pacienti jsou zároveň zbytečně opakovaně vystavováni ionizujícímu záření. Autoři tohoto systematického přehledu proto vyvinuli algoritmus (Obrázek 10), který stanovuje postup volby zobrazovací metody při podezření na únavovou zlomeninu. Algoritmus bere v potaz jak finanční dostupnost, tak evidence-based diagnostickou přesnost dané technologie.

Důležité je také zmínit, že výsledky závažnosti zranění se mohou u jednotlivých zobrazovacích technik výrazně lišit (Beck & Drysdale, 2021). Únavové zlomeniny jsou progresivní onemocnění, jejich obraz se mění v závislosti na čase a zvolené zobrazovací metodě (Pegrum et al., 2012).

Obrázek 10

Algoritmus zobrazování únavových zlomenin



Poznámka. SZ = únavová zlomenina, RTG = rentgenový snímek, MRI = magnetická rezonance, CT = počítačová tomografie. Upraveno dle Wright et al. (2016).

4.5.2.1 Rentgenový snímek

Podle systematického přehledu (Wright et al., 2016) se rentgenový snímek (RTG) běžně používá jako prvotní způsob zobrazení zranění, je ovšem limitován nízkou senzitivitou, a to především v počátečních fázích únavových zlomenin. RTG nezachytí až 85 % únavových zlomenin při prvním snímkování, až 50 % únavových zlomenin není zachyceno ani během následného snímkování, mnoho únavových zlomenin je tedy přehlédnuto. Wright et al (2016) uvádí senzitivitu RTG 12–56 %, specifitu 88–96 %.

Změny v periostu mohou být na RTG vidět nejdříve po třech týdnech, nicméně kromě přítomnosti svalku nemusí RTG únavovou zlomeninu vůbec detekovat (Beck & Drysdale, 2021). Rentgenový snímek tak může i přes přítomnost klinických příznaků vypadat normálně, a to až po dobu tří i více měsíců (Pegrum et al., 2014).

Jelikož je RTG snímek většinou první volbou zobrazovací metody (kvůli nízké finanční nákladnosti a dobré dostupnosti), Wright a kolektiv (2016) zdůrazňují, že u diagnostiky je nezbytné, aby lékaři při podezření na únavovou zlomeninu zvažili možnost falešně-negativních nálezů na RTG a přistupovali k postižení jako k únavové zlomenině, dokud nebude diagnóza definitivně stanovena.

4.5.2.2 Magnetická rezonance

Podle Wright a kolektivu (2016) má magnetická rezonance (MRI) při stanovování únavových zlomenin DKK největší senzitivitu i specifitu ze všech zobrazovacích metod. Z jejich systematického přehledu vyplývá, že senzitivita se pohybuje od 68 % do 99 %, specifita od 4 % do 97 %.

Díky tomu dokáže MRI odhalit únavovou zlomeninu už v časném stádiu, například oproti rentgenovému záření i o několik týdnů dříve (Beck & Drysdale, 2021). Jeden z nejčasnějších ukazatelů únavové zlomeniny je otok kosti, který na klasickém rentgenovém snímku nejde vidět (Kahanov et al., 2015). MRI dokáže zobrazit otok periostu a otok kostní dřevě, a to i přes absenci zjevné linie zlomeniny (Wall & Feller, 2006).

Wright et al. (2016) dále uvádí, že MRI zobrazuje i měkké tkáně, což napomáhá vyloučení dalších potenciálních příčin bolesti. Přestože má MRI srovnatelnou senzitivitu s kostní scintigrafií, v porovnání s ní je rychlejší a nevystavuje pacienta ionizačnímu záření. Kostní scintigrafie navíc neposkytuje podrobnou charakteristiku fraktury a oproti MRI má nedostatek prognostických údajů, neschopnost monitorování progresu, a proto se nedoporučuje, je-li dostupná MRI.

4.5.2.3 Počítačová tomografie

Počítačová tomografie (CT) má k detekci únavových zlomenin vysokou specifitu (88–98 %), ale relativně nízkou senzitivitu (32–38 %), v porovnání s MRI je senzitivita CT k detekci únavových zlomenin nižší (Wright et al., 2016). CT můžeme využít například u pacientů, kteří jsou kontraindikováni k MRI nebo u pacientů trpících klaustrofobií (Pegrum, et al., 2012). Využití CT se zvažuje i při detekci spodylolýzy nebo únavového poranění v oblasti bederní páteře, nicméně často je první volbou MRI, a to kvůli absenci radiačního záření. Právě kvůli vysokému radiačnímu záření není CT ideální volbou u adolescentů a mladých dospělých (Beck & Drysdale, 2021). Pegrum et al. (2012) popisují, že rozdílné výsledky na MRI a CT nám mohou pomoci při rozlišení únavového poranění a kompletní fraktury. Pokud je pozitivní nález na MRI, ale negativní na CT, výsledky svědčí o přítomnosti únavového zranění, ale ne kompletní fraktuře, což má lepší prognózu.

4.5.2.4 Scintigrafie kosti

Při scintigrafii kosti je do cévního řečiště vstříknuta radioaktivní látka, která je později detekována gama zářením. Gama záření pak odhalí místa se zvýšeným metabolismem v kosti, což nám dává informaci o tom, že se v kosti děje něco patologického (Beck & Drysdale, 2021).

Wright et al (2016) udávají senzitivitu kostní scintigrafie 50–97 %, specifitu 33–98 %. Uvádí, že se sice jedná o senzitivní metodu, nicméně velmi nespecifickou, jelikož zvýšený metabolismus může svědčit o jakémkoli dalším onemocnění, jako například o infekci, nádoru nebo zánětu kloubu. Wall & Feller (2006) také považují kostní scintigrafii za vysoce senzitivní metodu, nicméně podle nich je nespecifická v případě zobrazování menších kloubů, jako je kotník a klouby nohy. Pegrum et al. (2014) také podotýkají, že při kostní scintigrafii je radiační dávka 75 x větší než dávka běžného rentgenu hrudníku, na což by se při volbě vhodné zobrazovací metody měl brát zřetel.

4.5.2.5 Terapeutický ultrazvuk

Beck & Drysdale (2021) popisují, že terapeutický ultrazvuk může být použit k pomoci detekce únavového poranění. Terapeutický ultrazvuk vyvolává bolest v oblasti poranění a může identifikovat i iritaci periostu v časném stadiu. Senzitivita terapeutického ultrazvuku se pohybuje kolem 64 %, specifita je 63 %. V případě kostí, které jsou povrchově pod kůží, je ale v České republice aplikace ultrazvuku kontraindikována.

4.5.2.6 Diagnostický ultrazvuk

Použití diagnostického ultrazvuku pro diagnostiku únavového poranění uvádí Beck & Drysdale (2021) ve svém review. Jelikož je diagnostický ultrazvuk dostupný, snadno přenosný a neobsahuje radiační záření, mohl by být vhodnou volbou pro diagnostiku únavových zlomenin například u sportovců. Zatím však byly provedeny předběžné testy pro diagnostiku únavových poranění jen v oblasti metatarsů, tibie a žeber. Diagnostický ultrazvuk zobrazuje vnitřní tkáň, na kterých může být v akutní fázi viditelná hypervaskularita nebo tvorba svalu v subakutní fázi únavového poranění. V této oblasti je nicméně ještě zapotřebí dalšího výzkumu, jelikož diagnostický ultrazvuk zatím nedokáže odhalit stadium a vážnost únavového poranění.

4.5.3 Diferenciální diagnostika

Při diagnostice únavových zlomenin je nutno vyloučit další zranění nebo onemocnění, která by potencionálně mohla být zdrojem bolesti a obtíží. Ve většině případů se jedná především o záněty šlach, kloubů nebo burz, tumory, natažené svaly nebo kompartment syndromy. Jednotlivá onemocnění, která mohou mít podobné příznaky jako únavové zlomeniny a je nutno je od únavových zlomenin odlišit, budou později podrobněji probrána u konkrétních únavových zlomenin.

4.6 Klasifikace

4.6.1 Nízce a vysoce rizikové únavové zlomeniny

Jednotlivá místa výskytu stresových zlomenin vyžadují rozdílný čas na zhojení – v některých lokalitách se stresové zlomeniny hojí rychleji a riziko rozvinutí se do kompletní fraktury je relativně nízké, jinde se ale stresové zlomeniny hojí pomaleji a pravděpodobnost vzniku kompletní fraktury je vysoká. Proto podle místa výskytu dělíme stresové zlomeniny na nízce a vysoce rizikové. (Boden, Osbahr, Jimenez, & Krzyzewski, 2001). Jednotlivé anatomické lokality jsou zobrazeny v Tabulce 4.

Tabulka 4

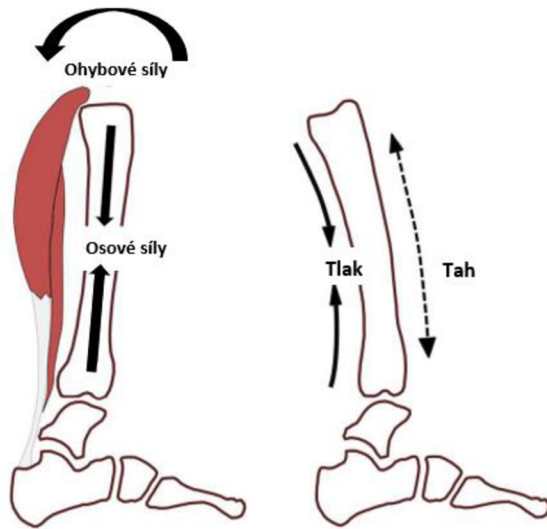
Rozdělení anatomický lokalit únavových zlomenin na vysoce a nízce rizikové

Nízce rizikové únavové zlomeniny	Vysoce rizikové únavové zlomeniny
Sakrum	Krček femuru
Pánev	Anteriorní tibie
Diafýza femuru	Mediální malleolus
Posteromediální tibie	Talus
Fibula/laterální malleolus	Navikulární kost
Calcaneus	Proximální diafýza pátého metatarsu
Diafýza druhého až čtvrtého metatarsu	Sezamská kost palce

Na Obrázcích 11 a 12 je znázorněno, že během aktivity na kosti působí ohybové síly. Jak můžeme vidět na Obrázku 12, ohybové síly působí směrem k těžišti (kost se ohýbá ke svému „těžšímu“ konci). Na příkladu tibie na Obrázku 11 je ukázáno, že vlivem těchto sil je posteriorní strana tibie ve směru působící síly a vzniká tedy komprese, naopak anteriorní strana tibie je proti směru působení síly, vzniká tedy tah. Stejně tak v případě femuru na Obrázku 12 působí ohybová síla směrem k těžišti těla (a tedy k hlavici femuru), na laterální stranu diafýzy femuru působí tedy síly tahové, zatímco na mediální stranu působí síly tlakové.

Obrázek 11

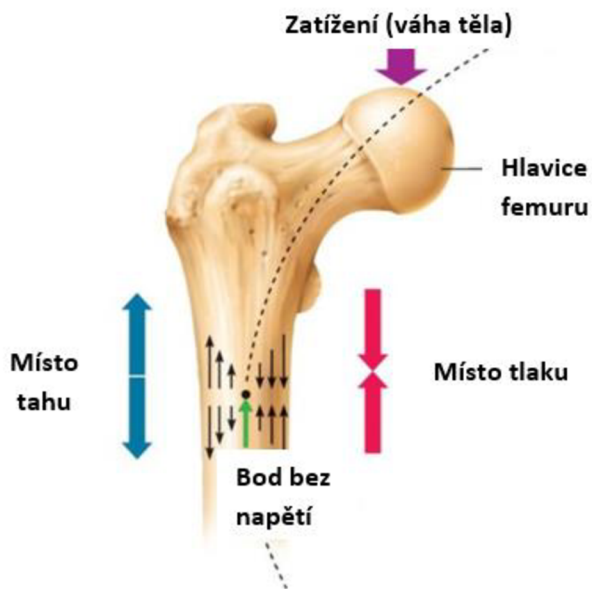
Působení tahových, tlakových a ohybových sil na tibií



Poznámka. Převzato od O'Leary et al. (2021).

Obrázek 12

Působení tahových, tlakových a ohybových sil na diafýzu femuru



Poznámka. Převzato z <https://quizlet.com/306640682/fractures-and-bone-healing-flash-cards/>.

4.6.1.1 Nízce rizikové únavové zlomeniny

Stresové zlomeniny s nízkým rizikem (low risk stress fractures) se lépe hojí a většinou dobře reagují na konzervativní léčbu (Kahanov et al., 2015). Je u nich nízké riziko progresu v kompletní frakturu. Tento typ stresových zlomenin vzniká v místě působení tlaku (komprese)

na kost (Song & Koo, 2020), jak je znázorněno na Obrázcích 11 a 12. Vlivem komprese bude při výskytu stresové zlomeniny postižená oblast stlačována k sobě a kost tedy bude mít dobré podmínky ke zhojení. Při léčbě nízce únavových zlomenin obecně vzácně dochází ke komplikacím (Hoenig et al., 2023)

4.6.1.2 Vysoce rizikové únavové zlomeniny

Naopak vysoce rizikové únavové zlomeniny (high risk stress fractures) se hojí pomaleji a je u nich větší pravděpodobnost progresu do dalšího onemocnění. V lokalitách se sníženým krevním zásobením, jako je krček femuru, talus a navikulární kost, hrozí při pozdní diagnostice nebo špatné léčbě riziko rozvinutí únavové zlomeniny v avaskulární nekrózu (Lassus et al., 2009). Dále typicky vznikají v místech tahu nebo ohybu (například únavové zlomenina anteriorní tibie) (Song & Koo, 2020). Kvůli neustálému "oddalování" konců fraktury se tedy vysoce rizikové únavové zlomeniny hojí hůř než nízce rizikové a mohou se rozvinout v kompletní frakturu (Song & Koo, 2020). Proto je při jejich léčbě zapotřebí částečné či úplné odlehčení postižené DK nebo se přistupuje k operaci (Kahanov et al., 2015).

4.6.2 Hodnocení únavových zlomenin zobrazovacími metodami

Kromě rozdělení únavových zlomenin na nízce a vysoce rizikové podle anatomického umístění mohou být únavové zlomeniny hodnoceny také několika stupni na základě nálezu na zobrazovacích metodách, podle toho, jak moc je únavová zlomenina rozvinutá (Warden et al., 2014). Platí, že čím vyšší stupeň, tím závažnější stav únavové zlomeniny. První stupeň u low risk únavové zlomeniny bude tedy mít nejlepší prognózu a nejkratší čas hojení, s vyššími stupni u low risk únavových zlomenin se prodlužuje doba léčby a návrat k běhání. Vysoce rizikové únavové zlomeniny vyžadují delší a opatrnější léčbu nezávisle na stupni postižení (Song & Koo, 2020).

4.6.3 Hodnocení únavových zlomenin na základě stavby kosti

Studie Nattiva a kolektivu z roku 2013 stanovuje lokality s větším zastoupením trámčité kosti více ohrožené vznikem stresové zlomeniny než lokality s větším podílem kompaktní kosti. Hoenig et al. (2023) ve svém systematickém review však zdůrazňují, že tato teorie zatím není dostatečně podložena. Naproti tomu Matcuk et al. (2016) uvádí, že většina únavových zlomenin u běžců vzniká v kompaktní kostní tkáni. Tato oblast tedy zůstává poměrně nejasná a je potřeba dalšího výzkumu k ozřejmění této problematiky.

4.7 Léčba a rehabilitace

Při léčbě únavových zlomenin bychom se v první řadě měli zaměřit na příčinu vzniku tohoto onemocnění a snažit se ji eliminovat (Warden et al., 2014). Může to znamenat zaměření se na vnitřní (hormonální, nutriční změny) nebo vnější faktory, které by tomuto zranění mohly předcházet.

Pro léčbu únavových zlomenin je důležité na začátku onemocnění určit, zda se jedná o vysoce nebo nízce rizikovou únavovou zlomeninu. Vysoce rizikové únavové zlomeniny obecně vyžadují delší a přísnější léčbu než nízce rizikové únavové zlomeniny (Fredericson et al., 2006).

V roce 2023 Hoeing a kolektiv vydali systematické review zaměřené na návrat ke sportu po nízce a vysoce rizikové únavové zlomenině a také četnost komplikací, které se u jednotlivých anatomických lokalit vyskytují. Únavové zlomeniny fibuly a posteromediální tibie vyžadují nejkratší dobu k navrácení ke sportování (v průměru 44 dní pro posteromediální tibií a 56 dní pro fibulu), naopak u navikulární kosti a krčku femuru byla tato doba nejdelší (v průměru 127 dní pro navikulární kost, 107 pro krček femuru). Komplikace při léčbě se nejčastěji objevují u únavových zlomenin krčku femuru (v průměru 42,8 %), anteriorní tibie (40,9 %), sezamské kosti palce (33,5 %) a navikulární kosti (24,1 %). Nejméně komplikací se objevuje při léčbě posteromediální tibie (2,3 %), fibuly (4,3 %) a stydké kosti (4,4 %). Autoři tohoto systematického review nicméně podotýkají, že existují i studie, které nenašly výrazné rozdíly mezi jednotlivými lokalitami a časem jejich zhojení. Jako příklad uvádí studii Millera, Jamiesona, Eversona, & Siegela z roku 2018, kteří se zabývali dobou návratu ke sportu u univerzitních atletů.

4.7.1 Léčba vysoce rizikových únavových zlomenin

Vysoce rizikové únavové zlomeniny se léčí jak konzervativním, tak operačním způsobem. Protože mají velké riziko progresu do úplné zlomeniny, mělo by se k nim přistupovat jako k akutní fraktuře (Boden & Osbahr, 2000). V případě konzervativní léčby se přistupuje k okamžitému a úplnému odlehčení postižené DK po dobu několika týdnů. Postižená DK se pak postupně zatěžuje až do plného zatížení. Jednotlivá časová rozmezí pro specifické anatomické lokality jsou znázorněna v Tabulce 5. Po uplynutí dané doby a po kompletním odeznění příznaků může pacient začít zhojenou DK postupně zatěžovat při sportovních aktivitách, jak je popsáno v kapitole Léčba nízce rizikových únavových zlomenin. Pokud je vysoce riziková zlomenina diagnostikována pozdě, je pravděpodobnost úspěchu konzervativní léčby menší (Boden & Osbahr, 2000).

Tabulka 5

Vysoce rizikové únavové zlomeniny – počáteční léčba

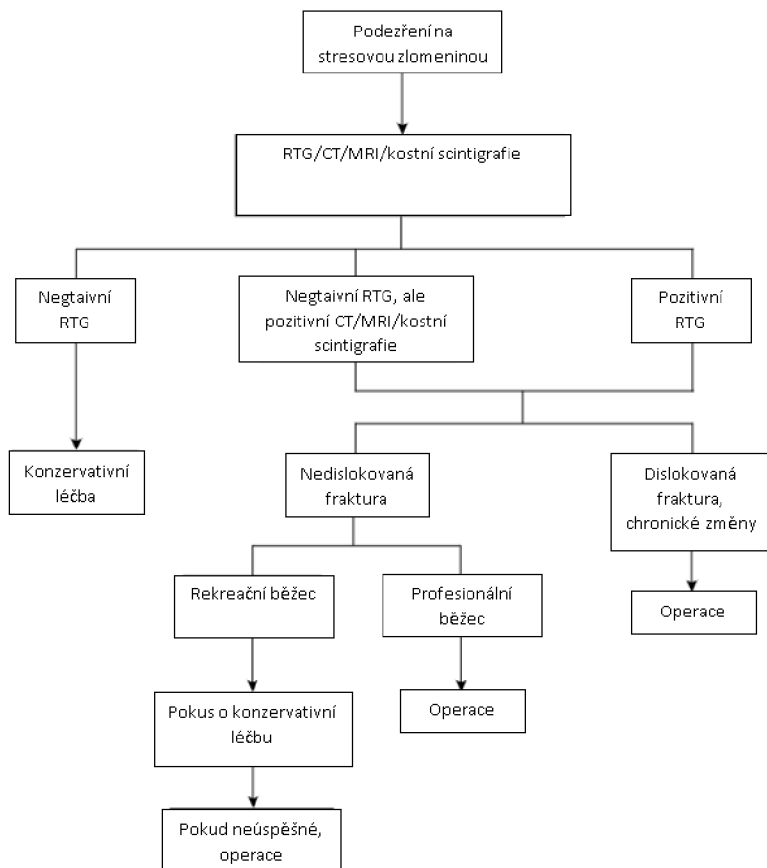
Vysoce riziková únavová zlomenina	Počáteční léčba
Krčec femuru (kompresní strana)	NWB 4–6 týdnů, pak postupně z PWB na FWB v průběhu 4 až 6 týdnů
Anteriorní tibia	NWB 6–8 týdnů
Mediální malleolus	Ortéza 6–8 týdnů
Os naviculare	NWB v dlaze 6 týdnů
Proximální diafýza pátého metatarsu	NWB v dlaze 6–8 týdnů
Sezamská kost palce	NWB v dlaze 6 týdnů

Poznámka. NWB= úplné odlehčení (non-weight bearing), PWB= částečné odlehčení (partial-weight bearing), FWB= bez odlehčení (full-weight bearing). Převzato od Liem, Truswell, & Harrast (2013).

K operačnímu zákroku se přistupuje, pokud je daná zlomenina více komplikovaná. Takovým případem je například únavová zlomenina na tahové straně krčku femuru, kde hrozí vyšší riziko rozvinutí v kompletní frakturu nebo jedná-li se o profesionálního sportovce, kterého daný sport živí a nemůže si dovolit dlouhodobé vyřazení z tréninku (Boden & Osbahr, 2000). Dále záleží, jestli je daná únavová zlomenina dislokovaná nebo nedislokovaná. Nedislokované zlomeniny se řeší převážně konzervativní léčbou, dislokované se operují. Místo postižení je v případě chirurgické intervence zpevněno vnitřní fixací (Fredericson et al., 2006). Boden & Osbahr (2000) ve svém review představují algoritmus pro postup léčby vysoce rizikové únavové zlomeniny, který je znázorněn na Obrázku 13.

Obrázek 13

Algoritmus postupu léčby vysoce rizikových únavových zlomenin



Poznámka. Převzato od Boden & Osbahr (2000).

4.7.2 Léčba nízce rizikových únavových zlomenin

Fredericson a kolektiv (2006) uvádí, že méně kritické a nízce rizikové únavové zlomeniny mohou být léčeny pomocí dvoufázového protokolu, který pro toto onemocnění vyvinuli. Podle tohoto systému se pacienti v první fázi soustředí na odpočinek, zvládnutí bolesti pomocí lokální fyzioterapie (například ledování) a analgetik. Aby ale zůstali aktivní, mohou v rámci komprehensivní rehabilitace místo běhu zařadit aktivity, při kterých poraněnou DK nezatěžují vlastní vahou. Cílem těchto podpůrných cvičení je především udržení fyzické kondice pacienta a zlepšení biomechanických faktorů DK, které mohly tomuto postižení předcházet. Pokud pacient nepocituje bolest, není nutné odlehčení postižené DK při běžných denních aktivitách (Hoeing et al., 2023). Druhá fáze je už přímo zaměřena na postupný návrat k běhu, a to pomocí běžeckých programů. V Tabulce 6 jsou znázorněny jednotlivé anatomické lokality nízce rizikových únavových zlomenin a časová rozmezí, po jejichž uplynutí může běžec zahájit běžecký

program. K operační léčbě níže rizikových únavových zlomenin se přistupuje pouze ve výjimečných případech, jako je například nezbytné okamžité zatěžování (Hoenig et al., 2023).

Tabulka 6

Níže rizikové únavové zlomeniny – počáteční léčba a návrat k běhu

Níže riziková únavová zlomenina	Počáteční léčba	Nejdřívější návrat k běhu
Sakrum/pelvis	WBAT	7–12 týdnů
Diafýza femuru	WBAT	6–8 týdnů
Posteromediální tibie	WBAT, pneumatická ortéza při bolesti během ADL	Lehčí postižení: několik dní – 3 týdny Těžší postižení (zlomenina kortikální kosti): 8–12 týdnů
Fibula	WBAT	2–4 týdny
Metatarsy	Boty s pevnou podrážkou	4–6 týdnů

Poznámka. WBAT= zatížení dle tolerance (weight-bearing as tolerated), ADL= aktivity běžného denního života (activities of daily living). Převzato od Liem et al. (2013).

4.7.2.1 Udržení kardiovaskulární zdatnosti

Liem a kolektiv (2013) uvádí, že důležitým kritériem při rehabilitaci běžce s únavovou zlomeninou, je udržení jeho fyzické zdatnosti a výkonnosti. Toho lze dosáhnout pomocí aktivit, které trénují a podporují funkci kardiovaskulárního aparátu a udržují tak běžce v kondici. Takovými aktivitami jsou typicky plavání nebo cyklistika. Kondiční aktivity by měly být do rehabilitace zařazeny co nejdříve, protože vytrvalostním běžcům se snižuje kardiovaskulární výkonnost už během dvou týdnů (Warden et al., 2014). Využití mají ale i ve druhé fázi rehabilitace, kde mohou být doplňkem k běžeckému programu ve dnech, kdy má běžec od běhu odpočinek. Specifickými formami zaměřenými přímo na běžce, jsou běh v hluboké vodě a běh na antigravitačním běžeckém páse.

Běh v hluboké vodě

Při běhu v hluboké vodě (BHV) se pacienti vůbec nedotýkají dolními končetinami dna bazénu. Aby mohli správně provádět pohyb a zapojit i horní končetiny, mohou použít nadnášecí pomůcky, které si připevní kolem pasu (Liem et al., 2013). Při použití nadnášecích pomůcek je BHV pro běžce méně náročný než bez nich (Warden et al., 2014).

BHV je pro běžce se únavovými zlomeninami ideální formou tréninku, protože díky vztlaku nedochází k zatěžování kostí DKK vlastní vahou těla, ale zároveň stimuluje mechaniku běhu a podobnou metabolickou odpověď jako běh na souši (Liem et al., 2013). BHV dokáže udržet pacientovu běžeckou kondici, a tak je pacient po léčbě schopen dosahovat při běhu na souši stejných výsledků jako před zraněním (Wilder & Brennan, 1993). Při BHV běžec pocítuje pro danou srdeční frekvenci a spotřebu kyslíku větší únavu ve srovnání s během na souši. Proto, aby byla udržena fyzická zdatnost běžce, měla by pro něj být většina tréninků BHV pocitově náročnějších než běh na souši (Wilder & Brennan, 1993). Intenzita se tak může stanovit buď na základě vnímaného úsilí, procentuálního maxima srdeční frekvence nebo na základě kadence (Liem et al., 2013). Wilder & Brennan (1994) zavedli Brennanovu škálu hodnotící vnímané úsilí zaměřenou konkrétně na běh ve vodě (Tabulka 7). Tato škála má pět stupňů, které jsou snadno srovnatelné s během na souši a může se podle nich orientovat jak samotný běžec, tak i jeho trenér. Pokud běžec stanovuje intenzitu tréninku na základě kadence, musí brát v potaz, že ve vodě je kvůli tření a odporu vody kadence snížena o 30–40 % (Liem et al., 2013). Trénink BHV se pohybuje od 45 do 90 minut, do rehabilitace by měl být zařazen čtyřikrát až šestkrát týdně po dobu přibližně šesti až osmi týdnů (Liem et al., 2013). Příklad BHV tréninku je uveden v Tabulce 8.

Tabulka 7

Brennenova škála vnímaného úsilí běhu ve vodě

Level	Tempo	Srovnání s během na souši
1	Velmi lehké	Lehký výklus
2	Lehké	Lehké rovnoměrné tempo
3	Trošku náročné	Běh na 5–10 km
4	Náročné	Rychlý běh na 400–800 m
5	Velmi náročné	Sprint na 200–400 m

Poznámka. km = kilometry, m = metry. Převzato od Wilder & Brennan (1994).

Tabulka 8

Příklad tréninků běhu ve vodě

Trénink	Náplň tréninku
1	5 min jednoduché zahřátí, 5 x 2:30 min náročný běh/30 s pauza, 1 min volný běh, 5 x 45 s náročný/15 s pauza, 2 min volně, 5 x 2:30 min náročný/30 s pauza, 5 min výklus
2	5 min jednoduché zahřátí, (2x) 10 x 30 s max/30 s pauza, 1 min volně, 10 x 60 s max/30 s pauza, 5 min výklus
3	5 min jednoduché zahřátí, 4 x 3 min náročný/30 s pauza, 1 min volně, 5 x 90 s max/30 s pauza, 1 min volně, 4 x 30 s náročný/30 s pauza, 5 min výklus

Tréninky pokračují v průběhu následujících týdnů, v kombinaci s antigravitačním běžeckým pásem. Cílem je postupně přejít v běh na souši.

Poznámka. min = minuty, s = sekundy, max = maximální. Převzato od Liem et al. (2013).

Antigravitační běžecký pás

Antigravitační běžecký pás je běžecký pás s připojeným vzduchovým vakem, který dokáže odlehčit dolní polovinu těla, a to z původních 100 % až na 20 % (Warden et al., 2014). Oproti BHV má tu výhodu, že do rehabilitace může být přeneseno více prvků z původního tréninku. Liem a kolektiv (2013) popisují, že běžec typicky začíná na 50–65 % procentech své tělesné váhy, která je postupně navyšována o 5–10 %, přičemž na jedné váze by měl vydržet alespoň po dobu jednoho týdne. Obvykle se začíná na třech sériích pětiminutového běhu, s minutou odpočinku mezi každým kolem, každý druhý den (Warden et al., 2014). Jakmile se běžec dostane na 85–90 % tělesné váhy, může začít s běžeckým programem mimo antigravitační pás (Liem et al., 2014).

4.7.2.2 Svalový vytrvalostní trénink

Jednou z hlavních funkcí svalů je absorbovat síly působící během pohybu a co nejvíce minimalizovat jejich přenos na přilehlou kost. Pokud je sval oslabený, síly působící na kost jsou větší a dochází tak k většímu zatížení kosti (Liem et al., 2013). Ve studii Christini, White, & Gilchrist (2001) bylo zjištěno, že síly nárazu jsou vyšší při běhu, kterému předcházelo cvičení dorzální flexe a inverze nohy v porovnání s nárazovými silami při běhu, kterému cvičení nepředcházelo. V prvním případě byly svaly před během unaveny, nárazové síly působící na kosti tak byly větší. Z toho důvodu je důležité vytrvalostní sílu svalů trénovat. Liem et al. (2013) uvádí,

že vytrvalostní svalový trénink je založen na velkém množství opakování s malým odporem/závažím, ideálně dvakrát až třikrát týdně.

4.7.2.3 *Odporový trénink*

Ze článku Liema et al. (2013) vyplývá, že odporový trénink má v rámci rehabilitace u běžců s únavovými zlomeninami několik benefitů. V první řadě posiluje oslabené svalstvo, což může být dobrou formou prevence vzniku další únavové zlomeniny. Tento typ tréninku také přispívá k efektivnějšímu využití kyslíku při běhu a pro běžce tedy může být nástrojem pro zlepšení běžeckého výkonu (Jung, 2003). Ve studii Westcotta (2012) bylo také prokázáno, že odporovým tréninkem lze dosáhnout zvýšení kostní hustoty a síly kosti, což je vhodnou variantou komprehensivní rehabilitace u pacientů, kteří nízkou hustotou kostí trpí.

4.7.2.4 *Trénink rovnováhy a propriocepce*

Trénink rovnováhy a propriocepce je užitečný zejména u přespolních běžců, kteří při došlapu neustále vyrovnávají nerovnosti běžeckého povrchu a musí se mu co nejlépe přizpůsobit (Fredericson & Moore, 2005). Ve svalech, šlachách a kloubech DKK jsou uloženy proprioceptory, které informují centrální nervový systém (CNS) o poloze a stavu DKK. CNS na základě těchto informací vysílá signály ke svalům a svalovým řetězcům, které pak ovlivňují výsledný pohyb. Zlepšení propriocepce a rovnováhy je tedy dobrý způsob, jak předcházet dalšímu poranění DKK. Pro trénování rovnováhy mohou být využita jednoduchá cvičení bez pomůcek (stoj na jedné DK) nebo s pomůckami (balanční čocky, nerovné povrchy), senzomotorická řada apod. (Liem et al., 2013).

4.7.2.5 *Korekce běžeckého stylu*

Warden a kolektiv (2014) uvádí, že při léčbě únavových zlomenin je vhodné zaměřit se na techniku běhu, kterou daný běžec využívá. Obecně to znamená co nejvíce zmírnit a omezit nárazy, které jsou na DKK vyvíjeny. Jednou z možností je zvýšit běžcovu kadenci, tedy počet kroků za minutu. Zvýšením kadence se sice zvýší počet nárazů nohy na zem, zmenší se ale délka kroků. Zkrácením kroku běžec dopadá chodidlem blíže pod své těžiště, s větší flexí v kolenním a plantární flexí v hlezenním kloubu. Tím se zmenší vertikální pohyb těžiště a jeho rychlost, sníží se reakční síla podložky a tím síly přenášené na tibii.

Autoři také popisují, že pro vytrvalostní běžce, kteří využívají převážně rearfoot strike, může být vhodnou volbou zkusit běh více přes střed nohy či špičku. Toho se dá docílit běháním naboso nebo v minimalistických botách, které běh přes špičku podporují. Běháním naboso běžec také automaticky zkracuje délku kroku, což, jako bylo popsáno výše, může mít pozitivní účinek. Na druhou stranu, při forefoot striku se zase zvyšuje riziko vzniku únavové zlomeniny v oblasti

metatarsů, proto by případná změna běžecké obuvi měla probíhat pomalu a opatrně (Warden et al., 2014). Je také zapotřebí brát v potaz, že změněním běžecké techniky, na kterou je běžec zvyklý a kterou jeho tělo vyvíjí a přizpůsobuje se jí pravděpodobně několik let, může dojít ke vzniku jiných dalších zranění v jiných oblastech DKK či trupu (Warden et al., 2014). Proto se ke změně běžecké techniky musí přistupovat vždy s opatrností.

4.7.2.6 Běžecké programy

Pro návrat k běhu se využívají běžecké programy, v rámci nichž se běžci postupně dávkuje vzdálenost, délka a intenzita běhu. Fredericson et al. (2006) uvádí, že hlavní podmínkou pro zahájení běžeckého programu je úplná absence bolesti v dané lokalitě alespoň po dobu dvou týdnů, a to jak v klidu, tak při výše zmíněných aktivitách (ADL, chůze, běh ve vodě, běh na antigravitačním běžeckém páse, trénink propriocepce a rovnováhy, svalový trénink). Autoři dále udávají, že běžec začíná maximálně na polovině vzdálenosti a tempa, na které byl zvyklý před zraněním. První dva týdny běhá obden, od třetího do šestého týdne postupně zvedá vzdálenost a frekvenci běhů. Jakmile dosáhne své původní standardní vzdálenosti, může začít zvyšovat tempo. Pokud se u běžce znovu objeví symptomy únavové zlomeniny, měl by s během přestat alespoň na jeden až dva dny a poté znovu začít na nižším levelu (Warden et al., 2014)

Další příklad běžeckého programu představený autory Harrast & Colonna (2010) je uveden v Tabulce 9, Tabulka 10 ukazuje více propracovaný běžecký program podle Warden a kolektivu (2014). Program se skládá z přípravné fáze a tří běžeckých fází. Jakmile pacient nepociťuje bolest v rámci přípravné fáze po dobu pěti po sobě jdoucích dní, může začít s běžeckou fází. V první běžecké fázi běžec postupně navyšuje čas běhu, ve druhé fázi navyšuje tempo, ve třetí fázi ubývá odpočinkových dní.

Tabulka 9

Tréninkový plán pro návrat k běhu pro rekreační běžce

Týden	Den 1	Den 2	Den 3	Den 4	Den 5	Den 6	Den 7
1a	5 min	b	10 min	b	15 min	b	b
2a	15 min	b	20 min	b	25 min	b	b
3	25 min	30 min	b	30 min	35 min	40 min	b
4	45 min	c	x	x	x	x	x

Poznámka. a = běh na měkkém povrchu; b = aktivity bez nárazu (například aktivity, které dělal běžec před zahájením běžecké fáze); c = postupné zvyšování vzdálenosti a intenzity na základě cílů běžce během 4–6 týdnů, x = pokračování fáze c. Převzato od Harrast & Colonna (2010).

Tabulka 10*Příklad běžeckého programu*

Fáze	Popis
0	Příprava na běžecký program
1	Počáteční zátěž a běh (50 % normálního tempa) se zvyšováním trvání
A	Chůze 30 min
B	Odpočinek
C	Chůze 9 min, běh 1 min (3 opakování)
D	Odpočinek
E	Chůze 8 min, běh 2 min (3 opakování)
F	Odpočinek
G	Chůze 7 min, běh 3 min (3 opakování)
H	Odpočinek
I	Chůze 6 min, běh 4 min (3 opakování)
J	Odpočinek
K	Chůze 4 min, běh 6 min (3 opakování)
L	Odpočinek
M	Chůze 2 min, běh 8 min (3 opakování)
N	Odpočinek
2	Běh se zvyšováním intenzity
A	Běh 30 min
B	Odpočinek
C	Běh 30 min, 60 % normálního tempa
D	Odpočinek
E	Běh 30 min, 60 % normálního tempa
F	Odpočinek
G	Běh 30 min, 70 % normálního tempa
H	Odpočinek
I	Běh 30 min, 80 % normálního tempa
J	Odpočinek
K	Běh 30 min, 90 % normálního tempa
L	Odpočinek
M	Běh 30 min v plném tempu
N	Odpočinek

- 3 Běh v po sobě jdoucích dnech
- A Běh 30 min v plném tempu
 - B Běh 30 min v plném tempu
 - C Odpočinek
 - D Běh 30 min v plném tempu
 - E Běh 30 min v plném tempu
 - F Odpočinek
 - G Běh 30 min v plném tempu
- 4 Návrat k běhu

Poznámka. min = minuty. Upraveno dle Warden et al. (2014).

4.7.3 Fyzikální terapie

Lytras, Sykaras, Iakovidis, Semaltianou, & Myrogiannis (2021) udávají, že pulzní sonoterapie a rázová vlna mají pozitivní vliv na hojení únavových zlomenin. V rámci svého review odkazují na studie Heckmana, Ryaby, McCabe, Frey, & Kilcoyne (1994) a Kristiansena, Ryaby, McCabe, Frey, & Roe (1997), které se zabývaly účinkem ultrazvuku na únavové zlomeniny tibie. V těchto studiích bylo prokázáno, že pulzní ultrazvuk urychluje hojení únavových zlomenin. V jiné studii Petrisor, Lisson, & Sprague (2009) prokázali pozitivní účinek rázové vlny na podporu formace svalku a ontogeneze. Greaser (2016) i Harrast & Colonno (2010) na druhou stranu uvádí, že pozitivní účinky pulzního ultrazvuku (podpora angiogenese a zvýšená sekrece růstového faktoru) byly prozatím prokázány u akutních zlomenin (zlomeniny distálního radia a diafýzy tibie), pro stresové zlomeniny ale nebyly provedeny kvalitní studie. To samé podle nich platí i pro elektrické stimulační a rázové vlny, proto je v této oblasti potřeba dalšího výzkumu.

Dle Poděbradského & Vařeky (1998) magnetoterapie a distanční elektroterapie urychluje hojení kosti, mohla by tedy být vhodným doplňkem v rámci terapie únavových zlomenin. Autoři na druhou stranu dále uvádí, že tyto modality zvyšují aktivitu osteoklastů. Jelikož je aktivita osteoklastů v případě únavových zlomenin už tak dost vysoká, je zapotřebí kvalitních studií k ozřejnění této problematiky.

4.8 Nejčastější vysoce rizikové únavové zlomeniny

4.8.1 Krček femuru

Únavové zlomeniny krčku femuru tvoří zhruba 3 % všech únavových zlomenin pojících se se sportem. Nejvíce je únavová zlomenina krčku femuru zastoupená mezi maratenci a vytrvalostními běžci (Robertson & Wood, 2017).

Krček femuru je vystaven působení sil několikanásobně větších, než je váha těla. Tyto síly jsou tahové a tlakové a je důležité je od sebe oddělovat, protože každá působí na krček femuru jiným mechanismem a vede k odlišným typům zranění (Harrast & Colonna, 2010).

Fredericson et al. (2006) udávají, že tahové síly jsou lokalizované na vrchní straně krčku femuru a způsobují tedy tahový typ únavové zlomeniny. Jsou typické pro starší populaci a pokud nejsou správně léčené, může dojít ke vzniku dislokované zlomeniny. Zlomeniny způsobené tahem se považují za více rizikové a většinou vyžadují operativní léčbu (McInnis & Ramey, 2016). Tlakové únavové zlomeniny se vyskytují převážně u mladých sportovců na spodním mediálním okraji krčku femuru (Fredericson et al., 2006). K jejich léčbě se ve většině případů využívá konzervativního postupu (McInnis & Ramey, 2016).

Únavové zlomeniny krčku femuru jsou jedním z nejnebezpečnějších sportovních onemocnění, protože pokud nejsou správně léčené, dochází k avaskulární nekróze hlavice femuru, což vede k totální náhradě kyčelního kloubu u mladých sportovců (Robertson & Wood, 2017).

Nejčastějším příznakem je bolest spojená s pohybovou aktivitou (Robertson & Wood, 2017). Lokalizace bolesti je různá – může se projevit na přední straně KYK, v třísle nebo v proximálním femuru (McInnis & Ramey, 2016). Dále se bolest typicky projevuje v krajních polohách jednotlivých pohybů KYK a bolestivým omezením rozsahu pohybu v KYK, především do vnitřní a zevní rotace (Boden & Osbahr, 2000).

Tahový typ únavové zlomeniny je více rizikový pro vznik dalších komplikací, proto je primární léčba zaměřena na klid na lůžku, dokud pacient pociťuje bolest při pasivních pohybech v KYK. Tlakový typ je méně závažný, léčba je zaměřena na odlehčení postižené DK a kondiční cvičení. Léčba této únavové zlomeniny trvá přibližně dva až tři měsíce (Fredericson et al., 2006). Beck & Drysdale (2021) uvádí, že především u adolescentních pacientů je potřeba v diferenciální diagnostice vyloučit coxa vara adolescentium a nádorové onemocnění.

4.8.2 Anteriorní tibie

Únavové zlomeniny tibie jsou u sportovců nejběžnějšími únavovými zlomeninami (Harrast & Colonna, 2010). Většinu z nich ale tvoří únavové zlomeniny na její posteromediální straně, na anteriorní straně tvoří zhruba 5–15 % všech únavových zlomenin tibie (McInnis & Ramey, 2016).

Anteriorní tibie má chudé krevní zásobení a působí na ni tahové síly posteriočních tibiálních svalů. Kvůli těmto faktorům je v této oblasti zvýšené riziko špatného hojení a progresu v kompletní frakturu (McInnis & Ramey, 2016). Konzervativní léčba sestává z odlehčení postižené DK po dobu alespoň tří, někdy až šesti měsíců, nicméně v případě této únavové zlomeniny není příliš úspěšná, a proto se často přistupuje k operativnímu zákroku (McInnis & Ramey, 2016). Diferenciální diagnostika únavových zlomenin tibie je blíže popsána u posteromediální části.

4.8.3 Mediální malleolus

Únavové zlomeniny v oblasti mediálního malleolu jsou poměrně vzácné, jejich incidence se pohybuje mezi 0,6–4,1 % (Greaser, 2016). Vznikají opakovanými odrazy/dopady DKK a tvoří vertikální frakturu na kloubní ploše tibiální kosti (Fredericson et al., 2006). Typicky se projevují zvláštní bolestivostí v přední části mediálního malleolu, které mohlo předcházet menší trauma (Greaser, 2016). Léčba je ve většině případů konzervativní, zahrnuje odpočinek po dobu tří až osmi týdnů s využitím pneumatické dlahy/ortézy, následovaný postupným návratem k pohybové aktivitě (Harrast & Colonna, 2010). V klidové fázi se nedoporučuje úplná inaktivita, a to hlavně z důvodu prevence dekodnice sportovce (Fredericson et al., 2006).

Při diferenciální diagnostice je nutné vyloučit vymknutý kotník, záněty nebo ruptury šlach (např. m. tibialis posterior), infekci, kompartment syndrom a mediální tibiální stresový syndrom (Harrast & Colonna, 2010), dále artritidu kotníku, poranění deltoidního vazů, syndrom tarsálního tunelu a anteriorní impingement syndrom hlezenního kloubu (Greaser, 2016).

Zbojnowicz (2019) udává, že anteriorní impingement syndrom hlezenního kloubu je způsoben výrůstky (osteofyty/ostruhami) na kloubní ploše holenní kosti, které způsobují omezení dorzální flexe v hlezenním kloubu. Spolu s omezením dorsální flexe pacienti popisují bolest na přední straně hlezenního kloubu. Příčinou vzniku těchto výrůstků může být například mikrotrauma, nestabilní kotník nebo supinační poranění, která poškozují okraje kloubní chrupavky. Výrůstky mohou být zobrazeny pomocí RTG snímkování.

Vij et al. (2022) popisují syndrom tarsálního tunelu jako kompresi tibiálního nervu při průchodu tarsálním tunelem – mezi mediálním kotníkem a retinaculum flexorum. Projevuje se parestéziemi nebo dysestéziemi a pálivou bolestí na plantární straně chodidla, která se obvykle zhoršuje při delším stání a v noci, naopak ustupuje při elevaci končetiny. Autoři dále uvádí, že při poklepu na tibiální nerv v oblasti mediálního kotníku je pozitivní Tinelův příznak (vyvolání parestézie v daném segmentu). Na základě lokalizace příznaků lze určit, která větev nervu je komprimována. Syndrom tarsálního tunelu lze diagnostikovat pomocí elektromyografického vyšetření (Vij et al., 2022).

4.8.4 Talus

Talus bývá únavovými zlomeninami postižen zřídka. Projevy jsou nespecifické, zahrnují bolesti a otok v oblasti kotníku a kloubní výpotek (Greaser, 2016). Nejčastěji vznikají v hlavici talu, naopak nejsou příliš běžné v těle talu, v posteriorní části kosti (Welck et al., 2017) a v krčku talu. Únavové zlomeniny krčku talu vyžadují včasnou diagnostiku a vhodnou léčbu, protože mohou narušit cévní zásobení a způsobit tak avaskulární nekrózu těla talu (Pegrum et al., 2014).

Únavové zlomeniny v této oblasti jsou často spojeny s dalšími únavovými zlomeninami v okolí. Welck et al. (2017) udávají, že až 60 % únavových zlomenin lokalizovaných v hlavici talu je doprovázeno únavovými zlomeninami navikulární kosti a až 78 % únavových zlomenin v oblasti těla talu má přidruženou únavovou zlomeninu calcanea. Autoři také doporučují konzervativní léčbu s odlehčením postižené DK po dobu šesti týdnů.

4.8.5 Navikulární kost

Únavové zlomeniny navikulární kosti tvoří u sportovců až 35 % z únavových zlomenin v oblasti kotníku a nohy (Attia et al., 2021). Jejich výskyt je také častější u mužů než u žen (Harrast & Colonna, 2010). Navikulární kost má ke vzniku únavové zlomeniny predispozice, a to jednak kvůli svému anatomickému uložení, jednak kvůli cévnímu zásobení. Protože je uložena mezi talem a cuneiformními kostmi, dochází při dopadu na patu k její kompresi a přenesení velké síly do jejího středu (Harrast & Colonna, 2010). Attia a kolektiv (2021) popisují, že přes první a druhý tarsometatarsální kloub jsou na navikulární kost přenášeny síly, které skrz její mediální část pokračují na hlavici talu, zatímco laterální část zůstává nedotčená. Na mediální část těla navikulární kosti (na tuberositas ossis navicularis) se navíc upíná šlacha svalu tibialis posterior, který při kontrakci vyvolává tah. Všechny tyto síly dohromady vytváří střížné síly skrze střed navikulární kosti. Střed navikulární kosti je navíc řídko cévně zásobený, proto se zranění v této oblasti špatně hojí (Greaser, 2016). Únavová zlomenina navikulární kosti se projevuje

bolestivostí ve střední oblasti nohy a kotníku, typická je také bolest v tzv. “N Spot“ (proximální dorzální část navikulární kosti), která je přítomna v 81 % případů pacientů s únavovou zlomeninou navikulární kosti (Greaser, 2016). Symptomy mohou být zaměněny za bolest klenby nebo za zánět šlachy svalu tibialis posterior (Fredericson et al., 2006). Únavové zlomeniny navikulární kosti se mohou rozvinout v avaskulární nekrózu (Lassus et al., 2009).

Dle tíže postižení je léčba buď konzervativní nebo operační. Saxena, Fullem, & Hannaford (2000) zavedli třístupňovou klasifikaci únavových zlomenin navikulární kosti na základě nálezu na CT (Tabulka 11). Později byl na základě nálezu na MRI přidán ještě stupeň 0,5.

Pokud se jedná o únavovou zlomeninu prvního typu, je pacientovi na šest až osm týdnů přidělena nechodící dlahy. Pokud je únavová zlomenina hlubší (druhý a třetí stupeň), vyžaduje chirurgickou intervenci (Harrast & Colonna, 2010). Podle systematického review Attia et al. (2021) trvá více než čtyři měsíce, než se sportovec vrátí zpět do tréninkového procesu. Dodávají také, že u sportovců, kteří podstoupili operační léčbu bylo menší množství refraktur a špatných zhojení v porovnání s konzervativní léčbou. Autoři tohoto systematického review tak doporučují operační intervenci ve všech třech stupních Saxenovy klasifikace, pokud se jedná o aktivního sportovce.

Tabulka 11

Klasifikace únavové zlomeniny navikulární kosti

Typ	Zobrazovací metoda	Nález
1	CT	Jednostranná povrchová únavová zlomenina: dorzální strana
2	CT	Únavová zlomenina na dorzální straně, progredující do těla kosti
3	CT	Dvoustranná únavová zlomenina: dorzální + plantární/mediální/laterální strana
0,5	MRI	Únavová reakce a otok kosti; normální nález na CT

Poznámka. Upraveno dle Saxena et al. (2000).

4.8.6 Proximální diafýza pátého metatarsu

Únavové zlomeniny proximální diafýzy pátého metatarsu se typicky vyskytují distálněji než úrazové zlomeniny pátého metatarsu – úrazové zlomeniny bývají v blízkosti tuberositas ossis metatarsi quinti (Mandell, Khurana, & Smith, 2017).

Mandell a kolektiv (2017) udávají, že zlomeniny pátého metatarsu se dělí do tří zón na základě klasifikace zavedené Lawrenceem a Bottem (1993). Zranění v první zóně bývají v místě tuberositas ossis metatarsi quinti, na kterou se upíná šlacha svalu peroneus brevis a laterální část plantární aponeurózy. Fraktury v těchto místech typicky vznikají jako avulzní zlomeniny (odtržení kousku kosti díky prudkému tahu šlachy) při prudké inverzi nohy (Mandell et al., 2017). Druhá zóna odpovídá místě styku metafýzy a diafýzy kosti. Fraktura v této části vzniká při působení addukční síly na nohu v plantární flexi (Harrast & Colonna, 2010). Třetí zóna se týká proximálních 1,5 centimetrů diafýzy pátého metatarsu. Zlomeniny v této oblasti se považují za únavové zlomeniny (Harrast & Colonna, 2010). Třetí zóna má chudé krevní zásobení a tím pádem zvýšené riziko špatného hojení (Mandell et al., 2017). Zároveň zlomeniny ve třetí zóně mohou předcházet zlomeninám v dalších dvou zónách (Harrast & Colonna, 2010).

Podle závažnosti postižení se pacientovi indikuje buď konzervativní léčba s nechodící dlahou po dobu šesti až osmi týdnů nebo léčba operativní. Ta se doporučuje u závažnějších případů nebo u vysoce aktivních sportovců, kteří potřebují včasný návrat do tréninkového procesu. V diferenciální diagnostice je potřeba vyloučit klasickou zlomeninu pátého metatarsu, což lze provést za použití RTG snímku (Greaser, 2016).

4.8.7 Sezamská kost palce

Únavové zlomeniny sezamské kosti zaujímají 1 % až 3 % únavových zlomenin u sportovců (Harrast & Colonna, 2010). Jsou častější na mediální (tibiální) straně palce, a to kvůli její pozici v těsné blízkosti hlavičky prvního metatarsu, skrze niž je na sezamskou kost přenášeno zvýšené napětí. Sezamské kosti mají důležitou funkci při snižování tlaku na hlavičky metatarsů, zároveň snižují tření šlach palce (Welck et al., 2017). Symptomy jsou nespecifické, jelikož se v této oblasti často vyskytují další různá zranění nebo onemocnění. V diferenciální diagnostice je tedy potřeba odlišit únavovou zlomeninu od artritidy, dny, zánětu, akutní fraktury, vykloubení palce, útlaku nervu nebo osteochondrózy (Greaser, 2016). Konzervativní léčba zahrnuje imobilizaci po dobu šesti až dvanácti týdnů, zároveň je pacientovi doporučeno, aby se vyhýbal zvýšené dorzální flexi. Pokud do šesti měsíců nedojde ke zlepšení, je pacient indikován k operaci (Mandell et al., 2017). Při operativní léčbě se buď používá vnitřní fixace nebo sesamoidektomie. Po odstranění sezamské kosti se sportovci rychleji vrací do tréninku, nicméně existují obavy, že po sesamoidektomii hrozí riziko vzniku hallux valgus nebo varus (Welck et al., 2017).

4.9 Nejčastější nízcí rizikové únavové zlomeniny

4.9.1 Sakrum

Beit a kolektiv (2022) uvádí, že sakrální únavové zlomeniny mají velmi nespecifické projevy, jako je bolest v bederní páteři nebo bolest hýždí. Proto diferenciální diagnostika zahrnuje patologie meziobratlových plotének a sakroiliakálního kloubu, osteoidní osteom, namoženiny a únavové zlomeniny krčku femuru. Fredericson et al. (2006) v rámci únavových zlomenin křížové kosti také zmiňují, že se typicky projevují jednostrannou bolestí v oblasti sakroiliakálního kloubu, která bývá zaměňována za zánět tohoto kloubu.

4.9.2 Pánev

Únavové zlomeniny pánve se nejčastěji objevují na ramus inferior stydké kosti, kde vznikají následkem opakovaných tahových sil svalu adductor magnus, který má v této lokalitě svůj začátek (Harrast & Colonna, 2010). Projevují se bolestí v třísle, která bývá často zaměňována za namožení svalu adductor magnus nebo za zánět stydké kosti (Fredericson et al., 2006).

4.9.3 Diafýza femuru

V porovnání s únavovými zlomeninami krčku femuru jsou únavové zlomeniny diafýzy femuru méně časté (Fredericson et al., 2006). Jelikož je při běhu na femur vyvíjena zátěž zhruba třikrát větší, než je váha těla, je diafýza femuru svým tvarem anatomicky přizpůsobena ke zvládnutí velkého zatížení (Fredericson et al., 2006). Kvůli obloukovitému zakřivení kosti je mediální strana diafýzy femuru pod vlivem tlakových sil (Fredericson et al., 2006), které jsou v tomto případě větší než tahové síly na laterální straně diafýzy femuru (Harrast & Colonna, 2010).

Bylo zjištěno, že nejvyšší zatížení vzniká na posteromediální straně proximálního femuru, proto je tato oblast diafýzy femuru nejnáchylnější pro vznik únavové zlomeniny (Fredericson et al., 2006). Projevují se bolestí v oblasti stehna, která může být z počátku zaměněna za svalové namožení nebo natržení (Harrast & Colonna, 2010).

4.9.4 Posteromediální tibie

Posteromediální tibie je nejčastější oblastí postiženou únavovými zlomeninami. Většinou se vyskytují ve střední třetině diafýzy kosti (Feldman, Bowman, Phillips, & Weinlein, 2016) a měly by být zvaženy pokaždé, když si sportovec stěžuje na bolest holeně (Harrast & Colonna, 2010).

Diferenciální diagnostika zahrnuje vyloučení mediálního tibiálního únavového syndromu (MTSS), chronického námahového kompartment syndromu (CHNKS), útlaku nervu, infekce, zánětu šlach, zhmožděnin (Feldman et al., 2016).

MTSS tvoří až 16 % zranění spojených s během, je tak nejčastějším běžeckým zraněním (Winters, 2020). Projevuje se bolestí na distálních 2/3 posteromedialní strany tibie vyvolanou při zátěži a palpačně, okolní měkké tkáně mohou být nateklé (Feldman et al., 2016). Oblast palpační bolestivosti je oproti únavové zlomenině větší než pět centimetrů (Winters, 2020). Příčina vzniku MTSS není zcela známá. Pravděpodobně se jedná o zánět periostu nebo o přetížení kosti (Winters et al., 2018). Na MRI vypadá MTSS jako rozptýlený otok okostice (Feldman et al., 2016).

CHNKS bérce se může vyskytovat ve čtyřech kompartmentech – anteriorním, laterálním, povrchovém posteriorním a hlubokém posteriorním, přičemž jednotlivé kompartmenty mohou být postiženy buď izolovaně nebo kombinovaně (častější) (Velasco & Leggit, 2020). CHNKS se typicky projevuje bolestí v postiženém kompartmentu. Vajapey & Miller (2017) uvádí, že bolest většinou začíná v určitém okamžiku fyzické aktivity (např. při určité uběhnuté vzdálenosti) a mizí v klidu. Na rozdíl od únavových zlomenin pacient není schopen “běžet přes bolest”. Kromě bolesti se mohou u pacientů také projevovat křeče, svalová únava nebo neurologické symptomy, jako je parestézie nebo foot drop (přepadávání špičky) při chůzi (Velasco & Leggit, 2020). Symptomy jsou často bilaterální, lokalizované podél postižených svalů (Fredericson et al, 2006). K CHNKS dochází kvůli zvýšenému intramuskulárnímu tlaku během zátěže. Ten způsobuje přechodnou ischemii v postižené oblasti. Co způsobuje ischemii kompartmentu zatím není jednoznačné, nicméně se uvažuje o vlivu svalové hypertrofie, sníženého žilního návratu, svalového mikrotraumatu nebo myopatií (Vajapey & Miller, 2017). CHNKS lze diagnostikovat na základě měření intramuskulárních tlaků, které se provádí jak v klidu, tak po zátěži (Velasco & Leggit, 2020).

4.9.5 Fibula/laterální malleolus

Ačkoli může únavová zlomenina fibuly vzniknout v jakémkoli místě, nejčastěji se vyskytují v distální třetině kosti v blízkosti tibiofibulárních vazů (Fredericson et al., 2006). Nejvíce únavových zlomenin vzniká zhruba čtyři až sedm centimetrů nad vrcholem laterálního malleolu (Greaser, 2016). Jelikož fibula není primární váhonosnou kostí, přisuzuje se vznik stresových zlomenin v této oblasti spíše kombinaci svalových sil a opakovaného osového zatížení (Greaser, 2016) a vnitřním faktorům (například vliv osteoporózy) (Harrast & Colonna, 2010). Pokud jsou

kromě bolesti přítomny ještě i neurologické symptomy, je nutno vyloučit anterolaterální chronický námahový kompartment syndrom a útlak peroneálního nervu (Fredericson et al., 2006).

Diferenciální diagnostika dále zahrnuje zánět šlach, nádorové bujení, dislokaci peroneální šlachy, chronický námahový kompartment syndrom, fasciální hernii a osteochondrální lézi tibie nebo talu (Greaser, 2016).

4.9.6 Calcaneus

Únavové zlomeniny calcanea se projevují bolestivostí a citlivostí kosti v oblasti za talem (Fredericson et al., 2006). Diferenciální diagnostika zahrnuje plantární fasciitidu, retrocalcaneární bursitidu, Baxterovu neuropatii (útlak větve laterálního plantárního nervu), zánět Achillovy šlachy a u dětí a dospívajících Severovu nemoc (apofyzitidu patní kosti) (Greaser, 2016).

4.9.7 Diafýza druhého až čtvrtého metatarsu

Únavovými zlomeninami bývají nejčastěji postiženy druhá a třetí metatarsová diafýza. Nejvíce bývá zasažen krček nebo distální konec diafýz (Fredericson et al., 2006). Diferenciální diagnostika zahrnuje Motonův neurom (útlak a dráždění kožního nervu), synovitidu metatarsofalangeálního kloubu, infekci nebo vzácně nádorové bujení (Greaser, 2016).

5 KAZUISTIKA

Jméno a příjmení: J. K.

Pohlaví: žena

Věk: 20 let

Výška: 167 cm

Váha: 73 kg

BMI: 26,2 kg/m²

Datum vyšetření: 8.3. 2023

5.1 Anamnéza

- Osobní anamnéza: 2007 operace pravého kolenního kloubu kvůli kostnímu výrůstku v celkové anestezii, nyní bez subjektivních potíží; 2022 zánět pravé Achillovy šlachy; levý kolenní kloub – z důvodu volejbalu často bolí, dříve chodila na RHB, nyní při bolestech leduje a nosí ortézu; opakované distorze hlezenních kloubů (volejbal).
- Rodinná anamnéza: irelevantní.
- Pracovní a sociální anamnéza: studentka Fakulty tělesné kultury, obor tělesná výchova, 2. ročník.
- Gynekologická anamnéza: pravidelný menstruační cyklus; 2019 cysta na vaječníku, spontánně zanikla, bez dalších potíží; žádné menstruační potíže v minulosti.
- Sportovní anamnéza:
 - Závodně hraje volejbal, tréninky 3-4 x týdně + o víkendu zápasy (přibližně 6-8 hodin za týden), tréninky probíhají převážně v tělocvičně, během letní přípravy (přibližně 2 měsíce) na písku
 - náplň tréninků: rozcvička, zahřátí, atletická abeceda, trénink konkrétních akcí
 - běh v rámci tréninků: atletická abeceda, sprinty na rozehřátí, vyloženě běhání jen na soustředěních
 - na své hráčské pozici moc neskáče ani neběhá, spíš rychlé změny směru a prudké zastavení, padání
 - nedávné změny v tréninku: nevybavuje si, před zraněním moc tréninků nebylo
 - regenerace (poměr trénink: regenerace): dostatečná
 - spánek: dostatečný a kvalitní
 - jiné sporty (rekreačně): trénuje děti v plavání, někdy rekreačně plave.

- Farmakologická anamnéza: pravidelně žádné léky včetně orální antikoncepce neužívá, na doporučení dětské lékařky (před několika lety) by měla užívat železo, užívá doplňky stravy – vitamín C.
- Alergie: žádné.
- Strava/energetický příjem: jí hodně nepravidelně (nesnídá), při plném tréninku má pravděpodobně nižší energetický příjem, než by měla mít; myslí si, že má nedostatek vitamínů.

Nynější onemocnění: 24. 10. 2022 si pacientka při judu zlomila V. metatars na pravé dolní končetině (PDK), PDK byla na 3 týdny zasádrována, pacientka užívala podpažní berle (PB). Zhruba týden po užívání PB a větším zatěžování levé dolní končetiny (LDK) začala pacientka pociťovat bolesti a nepříjemné mravenčení na levém nártu, které se postupně stupňovaly. Pacientka po sundání sádry z PDK (7.11. 2022) zhruba měsíc LDK normálně zatěžovala, snažila se bolest “rozchodit“. Na ortopedickém vyšetření 2.12. 2022 jí byla na základě RTG a fyzického vyšetření diagnostikována stresová zlomenina III. metatarsu na LDK, která byla následně potvrzena 6.12. 2022 na MRI. Pacientce byla ortopedem předepsána analgetika a pneumatická dlaha, kterou užívala po dobu 2-3 týdnů. Na začátku roku 2023 zahájena rehabilitace (RHB) v RRR centru (10 x magnetoterapie, 3x podvodní ultrazvuk + laser), po RHB se stav subjektivně trochu zlepšil, ale pacientka stále pociťuje bolest při zvýšené námaze, někdy i při chůzi.

5.2 Vyšetření

5.2.1 Kineziologický rozbor

- Při aspekci zezadu postavení ramen i lopatek symetrické, levá taile větší, pánev ve frontální rovině v normě. Infragluteální i popliteální rýhy symetrické, oboustranně normotrofie svalů DKK, postavení pat v normě, na pravé noze výraznější podélná klenba. Z boku mírný předsun hlavy, lehce zvětšená bederní lordóza, pánev v mírné antevertzi, hyperextenze obou kolenních kloubů.
- Rombergův stoj I,II,III bez patologie, tandemový stoj zvládá i při zavření očí, stoj na patách bez problému, při stoji na špičkách se z důvodu bolesti na LDK nedokáže dostatečně zvednout.
- Chůze: pacientka při švihové fázi vytáčí špičky do zevní rotace, levou výrazněji; chůze po patách bez problémů, chůze po špičkách netestována z důvodu neschopnosti LDK při stoji na špičce plně zatížit (viz vyšetření stoje).

- Zkouška dvou vah: rozdíl zatížení 1 kg, tedy v závislosti na hmotnosti pacientky v normě.

5.2.2 Vyšetření oblasti potíží

- Aspekce: nyní bez otoku a zarudnutí, postavení pat v normě, podélná klenba plošší v porovnání s PDK; pacientka udává, že při prvotních potížích bylo místo oteklé a na nártu byla modřina.
- Palpace: teplota i trofika v normě, místo únavové zlomeniny palpačně bolestivé (“jako by tam byla modřina”).
- Čítí: bez patologie.

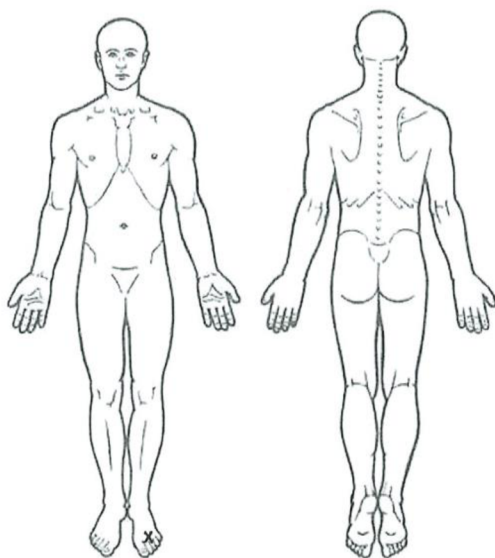
5.2.3 Goniometrické vyšetření

- Pravý hlezenní kloub:
 - Sa: 15 – 0 – 35
 - Fa: 10 – 0 – 25
- Levý hlezenní kloub:
 - Sa: 20 – 0 – 25
 - Fa: 10 – 0 - 15

5.2.4 Bolest

Obrázek 14

Lokalizace bolesti zakreslená pacientkou



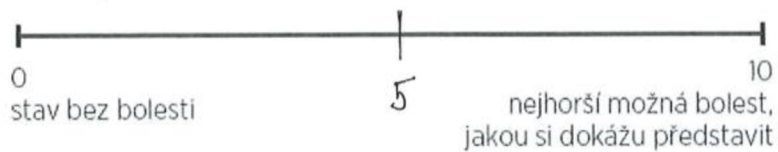
Intenzita bolesti

- Numerická škála
 - V nejhorším stadiu
 - Maximální bolest: 10/10
 - Bolest v klidu: 5/10
 - Bolest nyní
 - Maximální bolest při zátěži: 3/10
 - Bolest v klidu 0/10
- Vizualní analogová škála
 - V nejhorším stadiu:

Maximální bolest (např. po zatížení)



Bolest v klidu



- Bolest nyní:

Maximální bolest (např. po zatížení)



Bolest v klidu



Charakteristika bolesti

- V akutním stadiu byla bolest ostrá a lokalizovaná, nyní (například při výskocích) je bolest tupá a lokalizovaná (“jako modřina”).

5.2.5 Testy

- Výskoky na LDK do vyvolání bolesti/po dobu maximálně 1 minuty: bolest se projevila po 6 sekundách.
- Výpony do vyvolání bolesti/po dobu maximálně 1 minuty: při pokusu o výpon nemůže LDK dostatečně zatížit.

5.2.6 Dotazníky

- Lower extremity functional scale (škála funkcí dolních končetin)
 - V nejhorším stadiu (viz Příloha 1): 48 bodů z 80 = 60 % maximální funkčnosti – v nejhorším stadiu pacientka pociťovala 40 % omezení funkce LDK oproti její běžné funkci.
 - Nyní (viz Příloha 2): 65 bodů z 80 = 81 % maximální funkčnosti – pacientka nyní pociťuje 19 % omezení funkce LDK oproti její běžné funkci.
- DIBDA (Dotazník interference bolesti s denními aktivitami):
 - V nejhorším stadiu: 4 (bolesti mám, obtěžují tak, že i běžné činnosti jsou vykonávány jen s největším úsilím).
 - Nyní: 2 (bolesti mám, nedá se od nich zcela odpoutat pozornost, nezbraňují však provádění běžných denních a pracovních činností bez chyb).

5.2.7 Analýza chůze

- Chůze rytmická, kroky symetrické.
- Hlava a trup: při chůzi předsunutě držení hlavy, výška ramen symetrická bez protrakce, souhyb paží přítomen, při stojné fázi PDK větší rotace pravé strany horního trupu oproti levé straně.
- Pánev: při stojné fázi PDK mírný pokles pánve vlevo, mírně zvýšená bederní lordóza.
- Dolní končetiny: stehna se mírně vtáčejí do vnitřní rotace, špičky se naopak při švihové fázi vytáčejí do zevní rotace, při došlapu ale směřují dopředu. Dopad nohy je oboustranně přes patu, pokračuje poměrně rychlým přidupnutím předonoží.

Obrázek 15

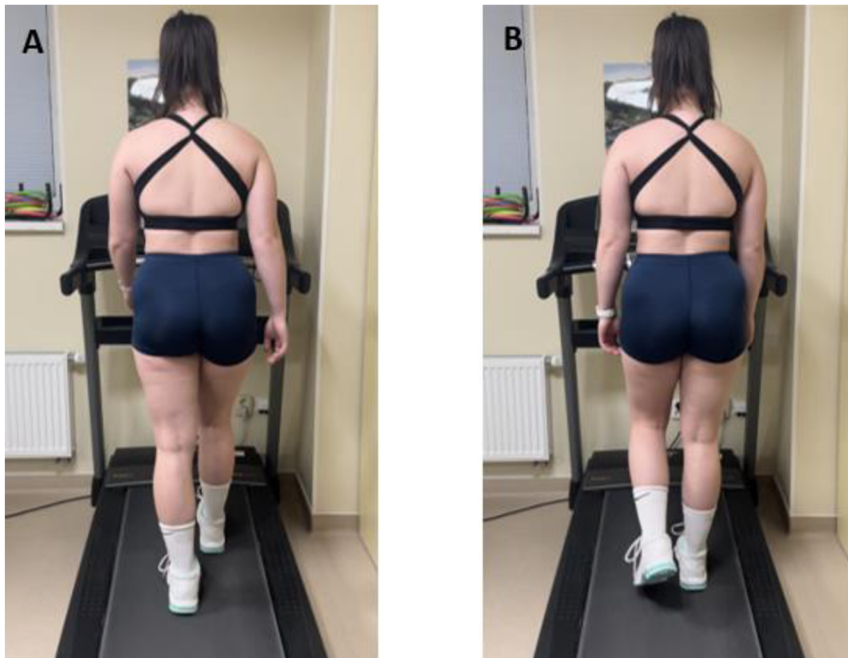
Stojná fáze levé dolní končetiny při chůzi, pohled zezadu



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

Obrázek 16

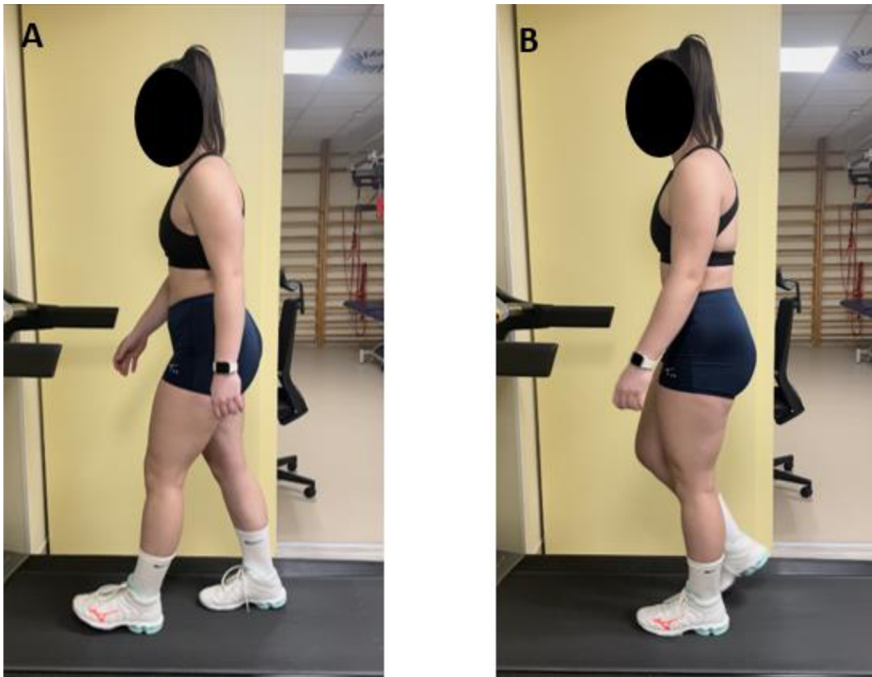
Stojná fáze pravé dolní končetiny při chůzi, pohled zezadu



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

Obrázek 17

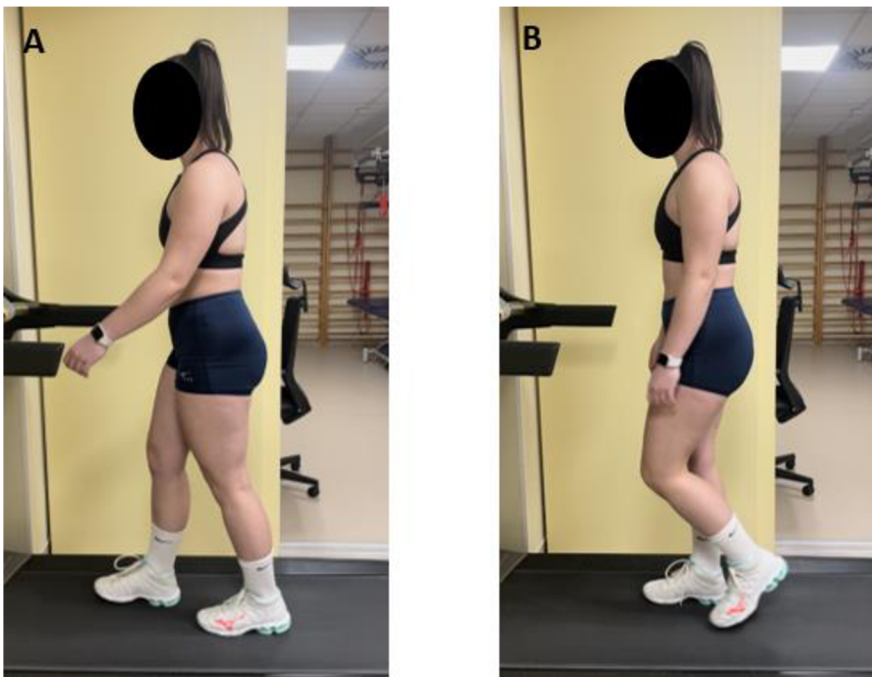
Stojná fáze levé dolní končetiny při chůzi, pohled z boku



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

Obrázek 18

Stojná fáze pravé dolní končetiny při chůzi, pohled z boku



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

5.2.8 Analýza běhu

- Kroky symetrické a rytmické.
- Hlava a trup: přetrvává předsunuté držení hlavy, výška ramen symetrická, souhyb paží oboustranně přítomen, rotace trupu přítomna oboustranně (není zvýrazněna rotace pravého horního trupu jako při chůzi).
- Pánev: při stojné fázi na PDK mírný pokles pánve vlevo, mírně zvýšená bederní lordóza.
- Dolní končetiny: stejně jako při chůzi přetrvává mírná vnitřní rotace v kyčli, špičky se při švihové fázi vytáčí mírně do zevní rotace; pacientka při běhu využívá forefoot strike – dopad nohy je oboustranně přes špičku a spíše přes zevní hranu bez pokračování na patu (paty během celého krokového cyklu vůbec nejsou v kontaktu s podložkou).

Obrázek 19

Stojná fáze levé dolní končetiny při běhu, pohled zezadu



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

Obrázek 20

Stojná fáze pravé dolní končetiny při běhu, pohled zezadu



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

Obrázek 21

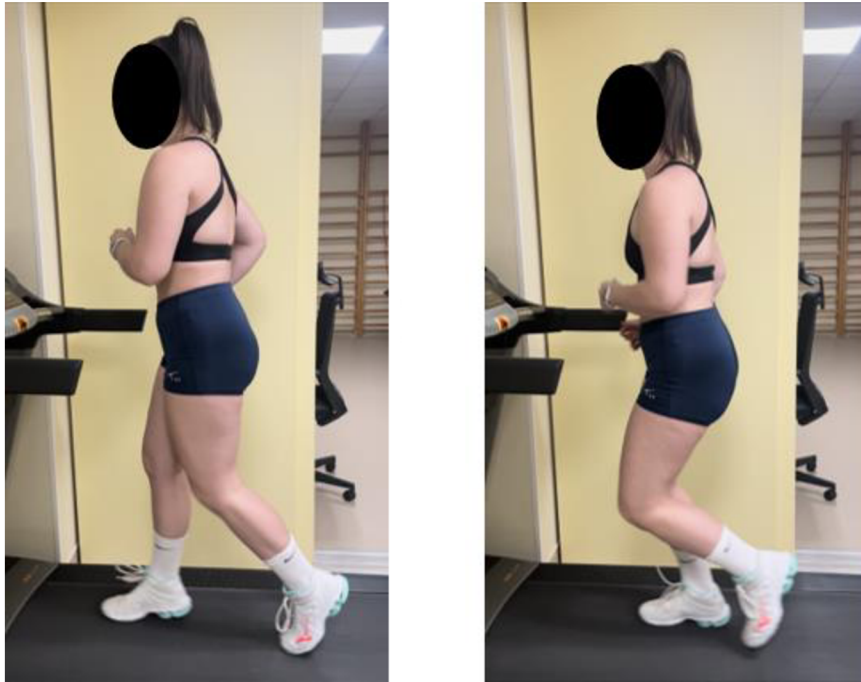
Stojná fáze levé dolní končetiny při běhu, pohled z boku



Poznámka: A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

Obrázek 22

Stojná fáze pravé dolní končetiny při běhu, pohled z boku



Poznámka. A = počáteční fáze kontaktu, B = fáze mezistoje.

5.2.9 Magnetická rezonance

Obrázek 23

Únavová zlomenina III. Metatarsu - záznam z MRI pacientky ze dne 6. 12. 2022



5.2.10 Závěr vyšetření

- Pacientce byla na základě anamnézy, MRI a fyzikálního vyšetření stanovena diagnóza únavové zlomeniny III. metatarsu. Pacientka nyní pociťuje mírnou bolest při sportu, což je pro ni omezující a při provádění některých běžných denních aktivit, která ji ale v těchto aktivitách neomezuje, v klidu je bez bolesti.
- V rámci rizikových faktorů bylo u pacientky odhaleno několik predispozic ke vzniku únavové zlomeniny. V první řadě se jedná o ženské pohlaví, které, jak již bylo zmíněno, je únavovými zlomeninami více ohroženo. Dále pacientka při běhu využívá forefoot strike (běh přes špičku) s minimálním došlapem na patu, u kterého je podle některých autorů vyšší pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny právě v oblasti předonoží. Při běžném tréninku pacientka trénuje 6–8 hodin týdně, podle Corrarina (2012) jsou ženy, které trénují více než 7 hodin/týden ve větším riziku vzniku únavové zlomeniny. Pacientka dále udává, že při plnohodnotném tréninku nejspíš nemá dostatečný energetický příjem v poměru s energetickým výdejem, také si je vědoma nedostatku vitamínů. Vzniku onemocnění pravděpodobně také předcházela větší zátěž vyvinutá na LDK z důvodu zranění PDK a potřeby jejího odlehčení po dobu tří týdnů.
- V rámci kineziologického rozboru byla zjištěno mírné předsunuté držení hlavy, pánev lehce v antevertzi s prohloubenou bederní lordózou, hyperextenze obou kolenních kloubů a menší podélná klenba na LDK oproti PDK.

5.2.11 Návrh terapie

Edukace pacientky

- Seznámit pacientku s rizikovými faktory, které jsou v jejím případě přítomny (nedostatečný energetický příjem, vitamíny, běžecká technika) a snažit se je eliminovat.
- Strava: vysvětlit pacientce RED – S a jeho souvislost s únavovými zlomeninami, doporučit výživového poradce, se kterým by mohla prokonzultovat svůj jídelníček; zařadit do stravy vitamín D.

Postupné sportovní zatížení

- Ačkoli sportovní disciplína pacientky není vyloženě zaměřená na běh, vzhledem k jejímu studiu (tělovýchovný obor) by bylo vhodné po úplném odeznění bolesti při chůzi zařadit nějakou formu postupného zatěžování, aby pacientka mohla bez omezení plnit požadavky předmětů, jako je například atletika, gymnastika nebo aerobik. Toho by se

dalo docílit buď použitím některého z běžeckých programů, které jsou popsány výše v této práci nebo zvolením alternativního řešení, například poskoků v intervalech, které by se postupně prodlužovaly (podobně jako se prodlužují intervaly u běžeckých programů).

Technika běhu

- Pacientka při běhu našlapuje přes špičku s minimálním došlapem na patu, oblast předonoží je tedy velmi zatěžována. V rámci rehabilitace lze zařadit trénink správného odvíjení chodidla, který by snížil zatížení předonoží a předcházel tak vzniku dalších únavových zlomenin v této oblasti.
- Posílení zevních rotátorů KYK, eliminovat z chůze a běhu vytáčení špiček do zevní rotace.

Fyzikální terapie

- Po aplikaci magnetoterapie, laseru a podvodního ultrazvuku pacientka subjektivně pociťovala mírné zlepšení, proto by bylo vhodné zvážit pokračování v aplikaci těchto procedur fyzikální terapie.

Trénink propriocepce a rovnováhy jako prevence další únavové zlomeniny

- Protože pacientka na své hráčské pozici musí často rychle měnit směr a prudce zastavovat, je zapotřebí, aby svaly nohy na tyto náhlé a rychlé změny dobře reagovaly. Proto lze do rehabilitace zařadit nácvik malé nohy a senzomotorickou řadu, trénink na balančních pomůckách a podobně.
- Nácvikem malé nohy se také podpoří tvarování podélné klenby na LDK.

Korekce držení těla

- Korekce postavení hlavy a pánve pomocí Brüggerova konceptu – nácvik sedu na gymballu, využití therabandů.

6 DISKUSE

Únavové zlomeniny dolních končetin (DKK) patří k nejběžnějším běžeckým zraněním. Ačkoli patofyziologie jejich vzniku je poměrně objasněna, mezi rizikovými faktory zatím stále zůstávají některé informace nejednoznačné a sporné.

Systematická review Xu a kolektivu z roku 2020 a Burke a kolektivu z roku 2021 se zabývají vlivem došlapu při běhu na vznik únavových zlomenin v oblasti DKK, nicméně obě studie v závěru zaujímají odlišné stanovisko. Ze závěru systematického review Xu et al. (2020) vyplývá, že typ a výskyt běžeckých zranění do velké míry souvisí s technikou běžeckého stylu. Forefoot a rearfoot strike ovlivňují vstřebávání energie a nárazů a působení reakčních sil na DKK. Běžci, kteří využívají běhu přes špičku mají obecně pružnější kotníky, většina energie je tedy vstřebána v oblasti kotníku nebo přenášena na Achillovu šlachu a předonoží. To zapříčiňuje častější výskyt únavových zlomenin právě v oblasti předonoží nebo poranění Achillovy šlachy. Na druhou stranu, u běžců, kteří došlapují přes patu jsou kotníky tužší a energie je vstřebávána až v oblasti kolen, zranění tedy typicky vznikají na tibia a kolenních kloubech. V rozporu s tímto tvrzením je ale systematické review Burke et al. (2021), kde autoři uvádí, že při porovnávání zahrnutých studií nenašli žádnou přímou souvislost mezi jednotlivými styly došlapu a vznikem poranění v oblasti DKK. Podle jejich závěru tedy zatím nelze stanovit, jestli a případně jaký má běžecká technika vliv na poranění DKK. Dodávají také, že předchozí studie, které k nějakým souvislostem dospěly, byly méně kvalitní (např. byly hodnoceny retrospektivně), a proto mají pro stanovení obecného závěru nízkou výpovědní hodnotu. K ozřejmění této problematiky je tedy zapotřebí ještě dalšího výzkumu a kvalitních prospektivních studií.

Dalším z nejednoznačných rizikových faktorů je příjem vápníku. Přestože je vápník základní stavební jednotkou kosti a hraje důležitou roli při mineralizaci a hustotě kosti, prozatím nebylo jednoznačně stanoveno, že jeho deficit má přímý vliv na vznik únavových zlomenin. Ačkoli systematické review Wright et al. (2015) zahrnuje studie, které nedostatek vápníků pokládají za rizikový faktor vzniku únavových zlomenin, autoři tohoto review se prozatím k tomuto názoru nepřiklání. Podotýkají, že v současnosti chybí prospektivní klinická studie, která by toto tvrzení podpořila, a proto prozatím nedostatek vápníku nelze pokládat za rizikový faktor. Zařazení vápníku a vitamínu D do stravy nicméně není náročná intervence a neměla by přinést negativní účinky, proto se nemusíme bát doporučit ji pacientům, i když pozitivní účinky ještě nejsou zcela prokázány.

Rozdílné informace se také týkají hodnot BMI. Ačkoli se většina autorů shoduje, že příliš nízké BMI je rizikové pro vznik únavových zlomenin, hodnoty se u jednotlivých autorů trochu liší. Například podle Tenforda et al. (2015) jsou dívky s BMI <19 kg/m² ve zvýšeném ohrožení vzniku

únavové zlomeniny, podle Pegruma et al. (2014) je rizikové BMI už $<20 \text{ kg/m}^2$. Tito autoři navíc považují i BMI $>30 \text{ kg/m}^2$ jako rizikový faktor pro vznik únavové zlomeniny.

V rámci klinické diagnostiky únavových zlomenin můžeme pro určité anatomické lokality využít specifických testů, jako je Fulcrum test, Patrickův test nebo Squeeze test. Tyto testy ve svých studiích zmiňuje spousta autorů (například Beck & Drysdale (2021) nebo Fredericson et al. (2006). Warden a kolektiv (2014) ale udávají, že pro tyto testy buď chybí podrobnější prozkoumání jejich specifity a senzitivity nebo jsou tyto hodnoty sporné. Ačkoli výhodou těchto testů je jejich jednoduchá aplikace přímo v ordinaci lékaře nebo fyzioterapeuta, zůstává otázkou, jak moc jsou tyto testy při diagnostice únavových zlomenin spolehlivé. Beck & Drysdale (2021) také uvádí terapeutický ultrazvuk jako variantu zobrazovací metody pro diagnostiku únavových zlomenin, v České republice je ale aplikace ultrazvuku na povrchovou kost kontraindikována, proto je u nás jeho využití v rámci diagnostiky spíše nepoužitelné.

Jak potvrzuje systematické review Hoeniga et al. (2023), doba hojení únavových zlomenin se liší u jednotlivých anatomických lokalit. Od toho se také odvíjí délka odlehčování postižené končetiny a návrat ke sportu. Pro nízké únavové zlomeniny obecně platí pravidlo, že pokud běžec nepociťuje bolest při běžném zatěžování a denních aktivitách, není potřeba postiženou končetinu odlehčovat, například pomocí podpažních berlí. Pro vysoce rizikové zlomeniny ale platí mnohem přísnější pravidla, jednak protože doba jejich zhojení je výrazně delší než u nízké rizikových zlomenin, jednak protože se při jejich léčbě často vyskytují komplikace, a to například v podobě kompletní fraktury nebo avaskulární nekrózy. Existují nicméně i studie, které rozdílnou délku hojení u jednotlivých lokalit nepotvrzují, jako například studie Millera a kolektivu z roku 2018. Jelikož je ale systematické review Hoeniga a kolektivu novější a zahrnuje 76 studií, jsou výsledky pravděpodobně spolehlivější než výsledky studie Millera et al. (2018). Hojení kosti je ale ovlivněno různými faktory a může být u každého sportovce individuální. Proto můžeme dobu hojení uváděnou ve studiích brát v úvahu, ale orientovat bychom se měli hlavně podle našeho pacienta a jeho symptomů.

Fyzikální terapie je pro mnohá zranění účinným doplňkem k léčbě a rehabilitaci, účinek na hojení únavových zlomenin ale zůstává sporný. Podle výzkumu Lytrase a kolektivu z roku 2021 má pulzní sonoterapie a rázová vlna pozitivní výsledky při léčbě únavových zlomenin. Autoři tohoto výzkumu ale odkazují na poměrně staré studie Heckmana et al. (1994) a Kristiansena et al. (1997), které prokázaly urychlené hojení únavové zlomeniny tibie při aplikování pulzního ultrazvuku. Dále uvádí studii Petrisora et al. (2009), potvrzující účinek rázové vlny při tvorbě kostěného svalku. Novější výzkumy Greasera (2016) a Harrasta & Colonna (2010) ale tyto závěry vyvrací. Tito autoři uvádí, že pulzní ultrazvuk a rázová vlna sice mají pozitivní vliv na hojení zlomenin, nicméně podle nich byly dosavadní studie prozatím provedeny pouze na akutních

zlomeninách nebo nejsou v případě únavových zlomenin dostatečně kvalitní. Poděbradský & Vařeka (1998) popisují pozitivní účinky magnetoterapie a distanční elektroterapie na hojení kosti, čehož se často využívá při léčbě akutních zlomenin. Uvádí ale, že tyto techniky podporují aktivitu osteoklastů, která je u únavových zlomenin už sama o sobě hodně vysoká, proto zůstává otázkou, jestli jsou únavové zlomeniny pro tyto modalitativní fyzikální terapie vhodnou indikací. Obecně je účinek fyzikální terapie pro léčbu únavových zlomenin poměrně neobjasněným tématem, u kterého je zapotřebí více kvalitních studií.

V rámci praktické části se při vyšetření pacientky potvrdilo několik faktorů, které souhlasí s obecným obrazem únavové zlomeniny. Pro rizikové faktory to je v první řadě samotné ženské pohlaví. Pacientka dále uváděla, že v normálním tréninkovém období pravděpodobně nemá dostatečný energetický příjem v porovnání s energetickým výdejem. Toto tvrzení je ale subjektivní a nelze jej zpětně objektivizovat, proto v případě pacientky nelze přímo stanovit nízký energetický příjem jako jeden z rizikových faktorů pro vznik jejího zranění. Do budoucna by ale v rámci prevence rozvinutí další únavové zlomeniny bylo vhodné sledovat pacientčiny stravovací návyky a v případě potvrzení nedostatečného energetického příjmu doporučit výživového poradce. Oblast potíží byla palpačně citlivá a bolestivá, menší než pět centimetrů. Při testování Hop testu na postižené dolní končetině (DK) musela pacientka pro bolest test přerušit po šesti sekundách, stejně tak při testování stoje na špičkách pacientka nebyla schopna postiženou DK zatížit kvůli bolesti a slabosti. Výsledky obou těchto testů také souhlasí s obecným popisem únavové zlomeniny. V analýze běhu bylo zjištěno, že pacientka při stejné fázi postižené DK vůbec nedošlapuje na patu. První kontakt chodidla s podložkou byl zahájen předonožím, chodidlo se odvíjelo zhruba do poloviny, nicméně pata zůstávala nad podložkou po celý krokový cyklus. Pacientka při běhu tedy velmi zatěžuje oblast předonoží, což odpovídá výskytu únavové zlomeniny právě v této oblasti. Naopak některé z běžných rizikových faktorů se při vyšetření pacientky nepotvrdily. Podle většiny autorů typicky předchází vzniku únavové zlomeniny nedávná, náhlá změna v tréninku. Touto změnou může být zvýšení frekvence tréninků nebo tréninkového tempa. V pacientčině případě pravděpodobně nemá vznik jejího zranění primární souvislost s tréninkem. K rozvinutí únavové zlomeniny na její levé DK došlo poměrně rychle, projevila se během jednoho týdne, kdy pacientka používala podpažní berle k odlehčení pravé DK. Tím nejspíš došlo k přetížení levé DK a vzniku únavové zlomeniny. Jak bylo ale zmíněno výše, pacientka při běhu předonoží hodně zatěžuje, proto mohla být oblast výskytu zranění přetížena dlouhodobě a větší zátěž v období odlehčování druhé DK mohla proces rozvinutí únavové zlomeniny urychlit.

Limitace práce

Limitací práce je možnost opomenutí některých relevantních studií, jelikož byly vyhledány pouze studie v anglickém a českém jazyce. Také byly k doplnění informací využity i méně kvalitní studie, které nebyly primárně vyhledány na základě vyhledávací strategie, ale byly převzaty z referenčních seznamů kvalitních studií nebo vyhledány v databázi PubMed.

V praktické části bylo limitací, že pacientčino sportovní zaměření nebylo běžecké, ale volejbalové, proto se některé výsledky oproti běžcům mohou lišit. Pacientce se také únavová zlomenina pravděpodobně nerozvinula ze sportovního přetížení, ale z přetížení v důsledku odlehčování druhé DK. Další limitací je také to, že pacientka byla pouze vyšetřena, ale nebyla dlouhodobě sledována pro zhodnocení efektu navržené terapie na stav zranění.

7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout poznatky o únavových zlomeninách u běžců a jejich léčbě. První kapitoly popisují anatomii kosti, fyziologii kostního hojení a patofyziologii vzniku únavových zlomenin. Další kapitoly obsahují informace o prevalenci tohoto zranění, jeho diagnostice, klasifikaci a rizikových faktorech, které jej vyvolávají. Patofyziologie vzniku únavových zlomenin je poměrně objasněna, naproti tomu mezi rizikovými faktory zůstávají některé informace nedostatečně podložené nebo neobjasněné. Kromě fyzikálního vyšetření je v rámci diagnostiky zapotřebí věnovat velkou pozornost pacientově anamnéze, která může odhalit rizikové faktory spojované s tímto onemocněním, a také sportovní historii (hlavně nedávné změny v tréninku). Vyšetření by dále mělo být doplněno o zobrazovací metodu (ideálně magnetickou rezonanci), která by podezření na únavovou zlomeninu potvrdila. Léčba jednotlivých lokalit se liší na základě jejich rizikosti. Nízce rizikové únavové zlomeniny nevyžadují úplné odlehčení postižené dolní končetiny, jelikož u nich ve většině případů nehrozí riziko komplikací. Naopak vysoce rizikové únavové zlomeniny jsou ve větším riziku rozvinutí se v kompletní frakturu nebo vzniku avaskulární nekrózy, proto je ve většině těchto případů potřeba kompletního odlehčení postižené dolní končetiny. V závěru teoretické části jsou uvedeny nejčastější anatomické lokality pro výskyt únavových zlomenin a jejich popis. Praktická část práce obsahuje kazuistiku pacientky s únavovou zlomeninou v oblasti třetího metatarsu a návrh rehabilitačního plánu.

8 SOUHRN

Bakalářská práce se zabývá únavovými zlomeninami u běžců a jejich léčbou. Únavové zlomeniny jsou častým onemocněním z přetížení a nejčastěji se vyskytují na dolních končetinách (Wright et al., 2015). Nejvíce ohroženými skupinami jsou vytrvalostní běžci, sprinteři, basketbalisti, gymnasti a vojáci (Abbot et al., 2020; Lassus et al., 2009). Únavové zlomeniny se projevují bolestivostí v postižené lokalitě, která se typicky nejdříve objeví při aktivitě zahrnující poskoky a doskoky (běh, výskok) (Beck & Drysdale, 2021). S progresí onemocnění pacienti pociťují bolesti i při chůzi, v klidu nebo v noci. Oblast potíží bývá palpačně citlivá až bolestivá, někdy může být zarudlá a teplá (Beck & Drysdale, 2021).

Únavové zlomeniny vznikají v důsledku poruchy rovnováhy mezi zátěží působící na kost a schopnost kosti se obnovovat (Warden et al., 2021). Aktivita osteoklastů převyšuje aktivitu osteoblastů, více kosti je tedy odbouráváno než stavěno. Vzniklé mikrofraktury z působícího zatížení se nestíhají správně zhojit a rozvíjí se v únavové reakce a únavové zlomeniny (Fredericson et al., 2006).

Pro odhalení únavové zlomeniny a její správnou diagnostiku je zapotřebí se v rámci vyšetření pozorně soustředit na pacientovu anamnézu a sportovní historii, které mohou odhalit některý z mnoha rizikových faktorů pro vznik tohoto onemocnění. Důležitou součástí vyšetření jsou také zobrazovací metody. Diferenciální diagnostika zahrnuje například mediální tibiální stresový syndrom, kompartment syndrom nebo různé záněty.

Přístup v léčbě únavových zlomenin se odvíjí od toho, jestli je postižená lokalita v nízkém nebo vysokém riziku progresu v další, vážnější onemocnění (kompletní fraktura, avaskulární nekróza). Nízce rizikové únavové zlomeniny pro zhojení nevyžadují úplné odlehčení končetiny při běžných denních aktivitách a návrat ke sportu je oproti vysoce rizikovým únavovým zlomeninám rychlejší (Hoenig et al., 2023). Léčba nízce rizikových únavových zlomenin probíhá ve dvou fázích (Fredericson et al., 2006). V první části se sportovci soustředí na udržení kondice a posílení svalstva, využití zde má například běh v hluboké vodě nebo na antigravitačním běžeckém páse. Druhá fáze potom zahrnuje běžecké programy, které postupně navracejí běžce zpět do jeho běžného tréninkového procesu. Naopak k vysoce rizikovým únavovým zlomeninám se musí přistupovat s větší opatrností, proto první fáze léčby většinou zahrnuje úplné odlehčení postižené dolní končetiny po dobu několika týdnů, poté se přistoupí k postupnému zatěžování jako v případě nízce rizikové únavové zlomeniny. Dalšími součástmi terapie může být například senzomotorické nebo odporové cvičení.

9 SUMMARY

The bachelor thesis deals with stress fractures in runners and their treatment. Stress fractures are a common overuse injury and most often occur in the lower extremities (Wright et al., 2015). The most vulnerable groups are endurance runners, sprinters, basketball players, gymnasts, and soldiers (Abbot et al., 2020; Lassus et al., 2009). Stress fractures are characterized by pain in the affected area, which typically first appears during activities that involve jumping and landing (running, jumping) (Beck & Drysdale, 2021). As the condition progresses, patients may experience pain while walking, at rest, or at night. The affected area may be tender or painful to the touch and may sometimes be red and warm (Beck & Drysdale, 2021).

Stress fractures occur due to an imbalance between the load on the bone and the bone's ability to regenerate (Warden et al., 2021). Osteoclast activity outweighs osteoblast activity, so more bone is broken down than built up. Microfractures caused by the stress are not adequately healed, leading to stress reactions and stress fractures (Fredericson et al., 2006).

To detect stress fractures and make a correct diagnosis, it is necessary to carefully focus on the patient's medical history and sports history, which may reveal one of many risk factors for the disease. Imaging methods are also an important part of the examination. Differential diagnosis includes, for example, medial tibial stress syndrome, compartment syndrome, or various inflammations.

The approach to treating stress fractures depends on whether the affected area is at low or high risk of progressing to a more serious condition (complete fracture, avascular necrosis). Low-risk stress fractures do not require complete unloading of the limb during daily activities, and return to sports is faster compared to high-risk stress fractures (Hoenig et al., 2023). Treatment of low-risk stress fractures consists of two phases (Fredericson et al., 2006). In the first phase, athletes focus on maintaining fitness and strengthening muscles, utilizing tools such as an anti-gravity treadmill or deep water running. The second phase involves running programs that gradually return the runner to their training process. Conversely, high-risk stress fractures must be approached with greater caution, so the first phase of treatment typically involves complete unloading of the affected lower limb for several weeks, followed by gradual loading as in the case of low-risk stress fractures. Other interventions may include sensory-motor or resistance training.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abbott, A., Bird, M. L., Wild, E., Brown, S. M., Stewart, G., & Mulcahey, M. K. (2020). Part I: Epidemiology and risk factors for stress fractures in female athletes. *Physician and Sportsmedicine*, 48(1), 17–24. <https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1632158>
- Ackerman, K. E., Sokoloff, N. C., de Nardo Maffazioli, G., Clarke, H. M., Lee, H., & Misra, M. (2015). Fractures in relation to menstrual status and bone parameters in young athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(8), 1577–1586. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000574>
- Attia, A. K., Mahmoud, K., Bariteau, J., Labib, S. A., DiGiovanni, C. W., & D'Hooghe, P. (2021). Return to sport following navicular stress fracture: A systematic review and meta-analysis of three hundred and fifteen fractures. *International Orthopaedics*, 45(10), 2699–2710. <https://doi.org/10.1007/s00264-021-05147-6>
- Bahney, C. S., Zondervan, R. L., Allison, P., Theologis, A., Ashley, J. W., Ahn, J., Miclau, T., Marcucio, R. S., & Hankenson, K. D. (2019). Cellular biology of fracture healing. *Journal of Orthopaedic Research*, 37(1), 35–50. <https://doi.org/10.1002/jor.24170>
- Barrack, M. T., Gibbs, J. C., De Souza, M. J., Williams, N. I., Nichols, J. F., Rauh, M. J., & Nattiv, A. (2014). Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(4), 949–958. <https://doi.org/10.1177/0363546513520295>
- Beck, B., & Drysdale, L. (2021). Risk factors, diagnosis and management of bone stress injuries in adolescent athletes: A narrative review. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/sports9040052>
- Behrens, S. B., Deren, M. E., Matson, A., Fadale, P. D., & Monchik, K. O. (2013). Stress fractures of the pelvis and legs in athletes: A review. *Sports Health*, 5(2), 165. <https://doi.org/10.1177/1941738112467423>
- Beit Ner, E., Rabau, O., Dosani, S., Hazan, U., Anekstein, Y., & Smorgick, Y. (2022). Sacral stress fractures in athletes. *European Spine Journal*, 31(1). <https://doi.org/10.1007/s00586-021-07043-4>
- Bobbert, M. F., & Casius, L. J. R. (2011). Spring-like leg behaviour, musculoskeletal mechanics and control in maximum and submaximum height human hopping. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 366, 1516–1529. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0348>

- Boden, B. P., & Osbahr, D. C. (2000). High-risk stress fractures: Evaluation and treatment. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(6), 344–353.
- Boden, B. P., Osbahr, D. C., Jimenez, C., & Krzyzewski, M. W. (2001). Low-risk stress fractures. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(1), 100–111.
- Brazier, J., Maloney, S., Bishop, C., Read, P. J., & Turner, A. N. (2019). Lower extremity stiffness: Considerations for testing, performance enhancement, and injury risk. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 1156–1166. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002283>
- Burke, A., Dillon, S., O'Connor, S., Whyte, E. F., Gore, S., & Moran, K. A. (2021). Risk factors for injuries in runners: A systematic review of foot strike technique and its classification at impact. In *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* (Vol. 9, Issue 9). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/23259671211020283>
- Christina, K. A., White, S. C., & Gilchrist, L. A. (2001). Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. *Human Movement Science*, 20(3), 257–276. [https://doi.org/10.1016/s0167-9457\(01\)00048-3](https://doi.org/10.1016/s0167-9457(01)00048-3)
- Čihák, R. (2011). *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. Grada publishing.
- Corrarino, J. E. (2012). Stress fractures in runners. *Nurse Practitioner*, 37(6), 18–28. <https://doi.org/10.1097/01.NPR.0000414593.94152.E8>
- Delahunt, E., Kennelly, C., McEntee, B. L., Coughlan, G. F., & Green, B. S. (2011). The thigh adductor squeeze test: 45° of hip flexion as the optimal test position for eliciting adductor muscle activity and maximum pressure values. *Manual Therapy*, 16(5), 476–480. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.02.014>
- Feldman, J. J., Bowman, E. N., Phillips, B. B., & Weinlein, J. C. (2016). Tibial stress fractures in athletes. *Orthopedic Clinics of North America*, 47(4), 733–741. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2016.05.015>
- Field, A. E., Gordon, C. M., Pierce, L. M., Ramappa, A., & Kocher, M. S. (2011). Prospective study of physical activity and risk of developing a stress fracture among preadolescent and adolescent girls. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165(8), 723–728. <https://doi.org/10.1001/ARCHPEDIATRICS.2011.34>
- Fredericson, M., Jennings, F., Beaulieu, C., & Matheson, G. O. (2006). Stress fractures in athletes. *Topics in Magnetic Resonance Imaging*, 17(5), 309–325.
- Fredericson, M., & Moore, T. (2005). Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle and long-distance runners. In *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* (Vol. 16, Issue 3, pp. 669–689). <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.03.001>

- Greaser, M. C. (2016). Foot and ankle stress fractures in athletes. In *Orthopedic Clinics of North America* (Vol. 47, Issue 4, pp. 809–822). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2016.05.016>
- Harrast, M. A., & Colonna, D. (2010). Stress fractures in runners. In *Clinics in Sports Medicine* (Vol. 29, Issue 3, pp. 399–416). <https://doi.org/10.1016/j.csm.2010.03.001>
- Heckman, J. D., Ryaby, J. P., McCabe, J., Frey, J. J., & Kilcoyne, R. F. (1994). Acceleration of tibial fracture-healing by non-invasive, low-intensity pulsed ultrasound. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 76(1), 26–34. <https://doi.org/10.2106/00004623-199401000-00004>
- Hoenig, T., Eissele, J., Strahl, A., Popp, K. L., Stürznickel, J., Ackerman, K. E., Hollander, K., Warden, S. J., Frosch, K.-H., Tenforde, A. S., & Rolvien, T. (2023). Return to sport following low-risk and high-risk bone stress injuries: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 57(7), 427–432. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106328>
- Hulme, A., Nielsen, R. O., Timpka, T., Verhagen, E., & Finch, C. (2017). Risk and protective factors for middle-and long-distance running-related injury. *Sports Medicine*, 47(5), 869–886. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0636-4>
- Jung, A. P. (2003). The impact of resistance training on distance running performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 539–552. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00005>
- Kahanov, L., Eberman, L. E., Games, K. E., & Wasik, M. (2015). Diagnosis, treatment, and rehabilitation of stress fractures in the lower extremity in runners. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 6(27), 87–95. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S39512>
- Kristiansen, T. K., Ryaby, J. P., McCabe, J., Frey, J. J., & Roe, L. R. (1997). Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, low-intensity ultrasound. A multicenter, prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 79(7), 961–973. <https://doi.org/10.2106/00004623-199707000-00002>
- Lassus, J., Tulikoura, I., Konttinen, Y. T., Salo, J., & Santavirta, S. (2009). Bone stress injuries of the lower extremity. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 73(3), 359–368. <https://doi.org/10.1080/000164702320155392>
- Latash, M. L., & Zatsiorsky, V. M. (1993). Joint stiffness: Myth or reality? *Human Movement Science*, 12(6), 653–692. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(93\)90010-M](https://doi.org/10.1016/0167-9457(93)90010-M)
- Lawrence, S. J., & Botte, M. J. (1993). Jones' fractures and related fractures of the proximal fifth metatarsal. *Foot & Ankle*, 14(6), 358–365. <https://doi.org/10.1177/107110079301400610>

- Liem, B. C., Truswell, H. J., & Harrast, M. A. (2013). Rehabilitation and return to running after lower limb stress fractures. *Current Sports Medicine Reports*, 12(3), 200–207. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3182913cbe>
- Li, G. P., Zhang, S. D., Chen, G., Chen, H., & Wang, A. M. (1985). Radiographic and histologic analyses of stress fracture in rabbit tibias. *The American Journal of Sports Medicine*, 13(5), 285–294. <https://doi.org/10.1177/036354658501300501>
- Lytras, D., Sykaras, E., Iakovidis, P., Semaltianou, E., & Myrogiannis, I. S. (2021). Tibial stress fractures in runners: A narrative review for physiotherapy management. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine*, 33(2), 61–70. <https://doi.org/10.1615/critrevphysrehabilmed.2021038697>
- Magness, S., Ambegaonkar, J. P., Jones, M. T., & Caswell, S. v. (2011). Lower extremity stress fracture in runners: Risk factors and prevention. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 16(4), 11–15. <https://doi.org/10.1123/IJATT.16.4.11>
- Mandell, J. C., Khurana, B., & Smith, S. E. (2017). Stress fractures of the foot and ankle, part 2: Site-specific etiology, imaging, and treatment, and differential diagnosis. *Skeletal Radiology*, 46(9), 1165–1186. <https://doi.org/10.1007/s00256-017-2632-7>
- Matcuk, G. R., Mahanty, S. R., Skalski, M. R., Patel, D. B., White, E. A., & Gottsegen, C. J. (2016). Stress fractures: Pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emergency Radiology*, 23(4), 365–375. <https://doi.org/10.1007/s10140-016-1390-5>
- McInnis, K. C., & Ramey, L. N. (2016). High-risk stress fractures: Diagnosis and management. *PM and R Journal*, 8(3), 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.09.019>
- Miller, T. L., Jamieson, M., Everson, S., & Siegel, C. (2018). Expected time to return to athletic participation after stress fracture in division I collegiate athletes. *Sports Health*, 10(4), 340–344. <https://doi.org/10.1177/1941738117747868>
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R., & Ljungqvist, A. (2014). The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad—relative energy eeficiency in sport (RED-S). *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 491–497. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093502>
- Nattiv, A., Kennedy, G., Barrack, M. T., Abdelkerim, A., Goolsby, M. A., Arends, J. C., & Seeger, L. L. (2013). Correlation of MRI grading of bone stress injuries with clinical risk factors and return to play: A 5-year prospective study in collegiate track and field athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(8), 1930–1941. <https://doi.org/10.1177/0363546513490645>

- O'Leary, T. J., Rice, H. M., & Greeves, J. P. (2021). Biomechanical basis of predicting and preventing lower limb stress fractures during arduous training. *Current Osteoporosis Reports*, 19(3), 308–317. <https://doi.org/10.1007/s11914-021-00671-1>
- Oryan, A., Monazzah, S., & Bigham-Sadegh, A. (2015). Bone injury and fracture healing biology. *Biomedical and Environmental Sciences*, 28(1), 57–71. <https://doi.org/10.3967/bes2015.006>
- Pegrum, J., Crisp, T., & Padhiar, N. (2012). Diagnosis and management of bone stress injuries of the lower limb in athletes. *BMJ*, 344(7854). <https://doi.org/10.1136/BMJ.E2511>
- Pegrum, J., Crisp, T., Padhiar, N., & Flynn, J. (2012). The pathophysiology, diagnosis, and management of stress fractures in postmenopausal women. *Physician and Sports Medicine*, 40(3), 32–42. <https://doi.org/10.3810/psm.2012.09.1978>
- Pegrum, J., Dixit, V., Padhiar, N., & Nugent, I. (2014). The pathophysiology, diagnosis, and management of foot stress fractures. *The Physician and Sports Medicine*, 42(4), 87–99. <https://doi.org/10.3810/PSM.2014.11.2095>
- Petrisor, B., Lisson, S., & Sprague, S. (2009). Extracorporeal shockwave therapy: A systematic review of its use in fracture management. *Indian Journal of Orthopaedics*, 43(2), 161–167. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.50851>
- Poděbradský, J., & Vařeka, I. (1998). *Fyzikální terapie I*. Grada Publishing.
- Relph, N., Greaves, H., Armstrong, R., Prior, T. D., Spencer, S., Griffiths, I. B., Dey, P., & Langley, B. (2022). Running shoes for preventing lower limb running injuries in adults. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013368.pub2>
- Robertson, G. A., & Wood, A. M. (2017). Femoral neck stress fractures in sport: A current concepts review. *Sports Medicine International Open*, 1(2), E58–E68. <https://doi.org/10.1055/s-0043-103946>
- Saxena, A., Fullem, B., & Hannaford, D. (2000). Results of treatment of 22 navicular stress fractures and a new proposed radiographic classification system. *The Journal of Foot and Ankle Surgery : Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*, 39(2), 96–103. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(00\)80033-2](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(00)80033-2)
- Sheen, J. R., & Garla, V. v. (2022). Fracture healing overview. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551678/>
- Song, S. H., & Koo, J. H. (2020). Bone stress injuries in runners: A review for raising interest in stress fractures in Korea. *Journal of Korean Medical Science*, 35(8). <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e38>

- Stanitski, C. L., McMaster, J. H., & Scranton, P. E. (1978). On the nature of stress fractures. *The American Journal of Sports Medicine*, 6(6), 391–396. <https://doi.org/10.1177/036354657800600615>
- Struzik, A., Karamanidis, K., Lorimer, A., Keogh, J. W. L., & Gajewski, J. (2021). Application of leg, vertical and joint stiffness in running performance: A literature overview. *Applied Bionics and Biomechanics*, 1–25. <https://doi.org/10.1155/2021/9914278>
- Tenforde, A. S., Fredericson, M., Sayres, L. C., Cutti, P., & Sainani, K. L. (2015). Identifying sex-specific risk factors for low bone mineral density in adolescent runners. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(6), 1494–1504. <https://doi.org/10.1177/0363546515572142>
- Vajapey, S., & Miller, T. L. (2017). Evaluation, diagnosis, and treatment of chronic exertional compartment syndrome: A review of current literature. *Physician and Sports Medicine*, 45(4), 391–398. <https://doi.org/10.1080/00913847.2017.1384289>
- Velasco, T. O., & Leggit, J. C. (2020). Chronic exertional compartment syndrome: A clinical update. *Current Sports Medicine Reports*, 19(9), 347–352. www.acsm-csmr.org
- Vij, N., Kaley, H. N., Robinson, C. L., Issa, P. P., Kaye, A. D., Viswanath, O., & Urits, I. (2022). Clinical results following conservative management of tarsal tunnel syndrome compared with surgical treatment: A systematic review. *Orthopedic Reviews*, 14(3). <https://doi.org/10.52965/001c.37539>
- Wall, J., & Feller, J. F. (2006). Imaging of stress fractures in runners. In *Clinics in Sports Medicine* (Vol. 25, Issue 4, pp. 781–802). <https://doi.org/10.1016/j.csm.2006.06.003>
- Warden, S. J., Burr, D. B., & Brukner, P. D. (2006). Stress fractures: Pathophysiology, epidemiology, and risk factors. *Current Osteoporosis Reports*, 4(3), 103–109. <https://doi.org/10.1007/S11914-996-0029-Y>
- Warden, S. J., Davis, I. S., & Fredericson, M. (2014). Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 44(10), 749–765. <https://doi.org/10.2519/JOSPT.2014.5334>
- Warden, S. J., Edwards, W. B., & Willy, R. W. (2021). Preventing bone stress injuries in runners with optimal workload. *Current Osteoporosis Reports*, 19(3), 298–307. <https://doi.org/10.1007/s11914-021-00666-y>
- Welck, M. J., Hayes, T., Pastides, P., Khan, W., & Rudge, B. (2017). Stress fractures of the foot and ankle. In *Injury* (Vol. 48, Issue 8, pp. 1722–1726). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.06.015>

- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>
- Wilder, R. P., & Brennan, D. K. (1993). Physiological responses to deep water running in athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 16(6), 374–380. <https://doi.org/10.2165/00007256-199316060-00003>
- Wilder, R. P., & Brennan, D. K. (1994). Fundamentals and techniques of aqua running for athletic rehabilitation. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 4(4), 287–296. <https://doi.org/10.3233/BMR-1994-4408>
- Winters, M. (2020). The diagnosis and management of medial tibial stress syndrome: An evidence update. In *Unfallchirurg* (Vol. 123, pp. 15–19). Springer Medizin. <https://doi.org/10.1007/s00113-019-0667-z>
- Winters, M., Bakker, E. W. P., Moen, M. H., Barten, C. C., Teeuwen, R., & Weir, A. (2018). Medial tibial stress syndrome can be diagnosed reliably using history and physical examination. *British Journal of Sports Medicine*, 52(19), 1267–1272. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097037>
- Wright, A. A., Hegedus, E. J., Lenchik, L., Kuhn, K. J., Santiago, L., & Smoliga, J. M. (2016). Diagnostic accuracy of various imaging modalities for suspected lower extremity stress fractures. In *American Journal of Sports Medicine* (Vol. 44, Issue 1, pp. 255–263). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/0363546515574066>
- Wright, A. A., Taylor, J. B., Ford, K. R., Siska, L., & Smoliga, J. M. (2015). Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(23), 1517–1523. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2015-094828>
- Xu, Y., Yuan, P., Wang, R., Wang, D., Liu, J., & Zhou, H. (2020). Effects of foot strike techniques on running biomechanics: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, 13(1). <https://doi.org/10.1177/1941738120934715>
- Zbojniewicz, A. M. (2019). Impingement syndromes of the ankle and hindfoot. *Pediatric Radiology*, 49(12), 1691–1701. <https://doi.org/10.1007/s00247-019-04459-5>

11 PŘÍLOHY

11.1 Dotazník Lower extremity functional scale vyplněný pacientkou pro bolest v nejhorším stadiu zranění

Lower extremity functional scale

Aktivita	Extrémně náročné nebo nemožné aktivitu provádět	Hodně náročné	Docela náročné	Trošku náročné	Bez potíží
jakákoli obvyklá aktivita, domácí práce, školní aktivita	0	1	2	3	4
obvyklé koníčky, rekreační nebo sportovní aktivita	0	1	2	3	4
vlézání a vylézání do/z vany	0	1	2	3	4
přecházení mezi pokoji	0	1	2	3	4
obouvání si bot a ponožek	0	1	2	3	4
dřepy	0	1	2	3	4
zvedání objektu ze země (taška s nákupem)	0	1	2	3	4
vykonávání jednoduchých domácích aktivit	0	1	2	3	4
vykonávání obtížných domácích aktivit	0	1	2	3	4
nastupování/vystupování do/z auta	0	1	2	3	4
chůze (2 bloky)	0	1	2	3	4
chůze cca 1,5 km	0	1	2	3	4
chůze do schodů (1 poschodí)	0	1	2	3	4
stání po dobu 1 hodiny	0	1	2	3	4
sezení po dobu 1 hodiny	0	1	2	3	4
běh po rovné zemi	0	1	2	3	4
běh po nerovné zemi	0	1	2	3	4
prudké zatáčení během rychlého běhu	0	1	2	3	4
skákání	0	1	2	3	4
přetáčení se na posteli	0	1	2	3	4

11.2 Dotazník Lower extremity functional scale vyplněný pacientkou pro její aktuální bolest

Lower extremity functional scale

Aktivita	Extrémně náročné nebo nemožné aktivity provádět	Hodně náročné	Docela náročné	Trošku náročné	Bez potíží
jakákoli obvyklá aktivita, domácí práce, školní aktivity	0	1	2	3	4
obvyklé koníčky, rekreační nebo sportovní aktivity	0	1	2	3	4
vlézání a vylézání do/z vany	0	1	2	3	4
přecházení mezi pokoji	0	1	2	3	4
obouvání si bot a ponožek	0	1	2	3	4
dřepy	0	1	2	3	4
zvedání objektu ze země (taška s nákupem)	0	1	2	3	4
vykonávání jednoduchých domácích aktivit	0	1	2	3	4
vykonávání obtížných domácích aktivit	0	1	2	3	4
nastupování/vystupování do/z auta	0	1	2	3	4
chůze (2 bloky)	0	1	2	3	4
chůze cca 1,5 km	0	1	2	3	4
chůze do schodů (1 poschodí)	0	1	2	3	4
stání po dobu 1 hodiny	0	1	2	3	4
sezení po dobu 1 hodiny	0	1	2	3	4
běh po rovné zemi	0	1	2	3	4
běh po nerovné zemi	0	1	2	3	4
prudké zatáčení během rychlého běhu	0	1	2	3	4
skákání	0	1	2	3	4
přetáčení se na posteli	0	1	2	3	4

11.3 Informovaný souhlas pacientky

Informovaný souhlas

Název studie (projektu): Únavové zlomeniny u běžců a jejich léčba, bakalářská práce

Jméno: [REDACTED]

Datum narození: [REDACTED]

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Pokud je studie randomizovaná, beru na vědomí pravděpodobnost náhodného zařazení do jednotlivých skupin lišících se léčbou
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoli přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka: 

Datum: 8. 3. 2023

Podpis fyzioterapeuta pověřeného touto studií: 

Datum: 8. 3. 2023

11.4 Potvrzení o překladu

POTVRZENÍ O PŘEKLADU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení studenta: Karolína Cahelová **Forma studia:** Prezenční

Ročník: 3. **Studijní obor:** Fyzioterapie

Akademický rok: 2022/2023

Název bakalářské práce: Únavové zlomeniny u běžců a jejich léčba

Jméno a příjmení překladatele: *Mgr. Hana Havličková*

Datum: *27.3.2023*

Razítko, podpis:

[Handwritten signature]

Mgr. Hana HAVLIČKOVÁ
tłumočení, překlady
Grégrova 4
779 00 Olomouc
IČ: 62342185