

Únavové zlomeniny u běžců a jejich léčba

Stress fractures in runners and their treatment

K. Cahelová, D. Smékal, I. Hanzlíková

Katedra fyzioterapie, Fakulta tělesné kultury, Univerzita Palackého v Olomouci

Souhrn: 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 např. 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 a fyzioterapeuty, tak mezi samotnými běžci a jejich trenéry. Cílem článku je shrnout současné poznatky týkající se únavových zlomenin u běžců. Jednotlivé části jsou zaměřeny na patofyziologii vzniku únavových zlomenin a rizikové faktory, které k jejich vzniku přispívají. Hlavní pozornost je dále věnována diagnostice, klasifikaci a léčbě tohoto zranění.

Klíčová slova: únavová zlomenina – zranění z přetížení – patofyziologie – rizikové faktory – klasifikace – diagnostika – terapie – běžci

Summary: Stress fractures are injuries that result from overuse. They most commonly occur in the lower extremities as a consequence of repetitive impacts and the transmission of large forces to the bones of the lower limbs. Endurance runners are at the highest risk of developing stress fractures, but they can also affect other athletes such as sprinters, basketball players, or gymnasts. They are also prevalent among soldiers. Early diagnosis and proper treatment of stress fractures prevent the progression of this injury into a complete fracture or avascular necrosis. Therefore, knowledge of this issue is important for both medical professionals and athletes and their coaches. The goal of this article is to summarize current knowledge regarding stress fractures in runners. Individual sections focus on the pathophysiology of stress fracture development and the risk factors contributing to their occurrence. The main focus is given to the diagnosis, classification, and treatment of this injury.

Key words: stress fracture – overload injury – pathophysiology – risk factors – classification – diagnosis – treatment – runners

Úvod

K únavovým zlomeninám dochází převážně v mladém až středním věku a u aktivních jedinců jsou jedním z častých zranění z přetížení [1]. Incidence mezi sportovci se pohybuje okolo 6,5 u mužů a 9,7 % u žen [2]. Podle Wright et al. [1] se až 95 % únavových zlomenin objevuje na dolních končetinách (DK). Procentuálně je mezi běžci nejčastěji postižena tibie (23,6 %), dále os naviculare (17,6 %), metatarzy (16,2 %), femur (6,6 %), fibula (7 %) a pánev (1,6 %) [3]. Až polovina sportovců udává, že se u nich v minulosti vyskytla únavová zlomenina více než jednou, a u 10,3–12,6 % sportovců a běžců, kteří v minulosti měli únavovou zlomeninu, se objevila další během 1–2 let [4].

Únavová zranění vznikají z důvodu poruchy rovnováhy mezi zátěží, která je na kost vyvíjena, a schopností kosti se reparovat a této zátěži odolávat [5]. Pokud je na dané místo zátěž vyvíjena dlouhodobě a je překročen práh elasticity, dochází v kostní tkáni ke vzniku mikrofraktur [6], které jsou za normálních okolností remodelovány [5]. V kompaktní kosti ovšem osteoklastům trvá přibližně 4 týdny, než odbourají poškozenou kostní tkáň, následná náhrada novou kostí pomocí osteoblastů a její úplná mineralizace probíhá od 3 měsíců do 1 roku [5]. Nadměrná zátěž vede ke zvýšené aktivitě osteoklastů a převyšuje aktivitu osteoblastů [7,8]. Kost se tak nestihá přestavovat, je oslabená a dochází ke vzniku mikrofraktur, které se dále roz-

víjí v únavové reakce kostní tkáně (časná stadia poškození kosti) a později v únavové zlomeniny (pokročilá stadia poškození kosti) [9].

Rizikové faktory

Na vznik únavové zlomeniny může mít vliv mnoho rizikových faktorů [10], jejichž znalost je důležitá jak v rámci prevence, tak i v rámci diagnostiky. Včasné odhalení přítomnosti rizikových faktorů je důležité pro zvolení správné terapie a pro eliminaci výskytu únavových zlomenin v budoucnosti.

Trénink, typ a frekvence aktivity

Místo výskytu únavových zlomenin závisí na typu aktivity, kterou jedinec vykonává [11]. Jednotlivé sportovní akti-

vity přetěžují určité kostěné struktury, které jsou pro každý sport specifické, proto se setkáváme s jinými únavovými zlomeninami u sprinterů (metatarzální kosti, os naviculare, os cuneiforme) a u vytrvalostních běžců (tibie, fibula). Jednou z nejdůležitějších příčin vzniku únavových zlomenin je změna v tréninkovém režimu, která se může týkat intenzity (zvyšování rychlosti běhu, více běhu do kopce) nebo opakování (zvýšení počtu nebo délky opakování v rámci tréninkové jednotky) [11]. Podle průzkumu až 86 % sportovců udává, že vzniku únavové zlomeniny předcházela právě změna v rámci tréninkové zátěže [11].

Technika běhu

Místo výskytu únavové zlomeniny při běhu podle některých autorů závisí také na biomechanice běžeckého stylu daného jedince [4]. Vytrvalostní běžci typicky běhají přes patu (rearfoot strike), naopak sprinteři využívají více běhu přes špičku (forefoot strike). Rozdíl mezi velikostmi a rychlostmi nárazů u forefoot a rearfoot striku je pravděpodobně způsoben pružností kloubů a jejich schopností nárazy absorbovat. Za jeden z primárních kloubů vstřebávající nárazy je považován hlezenní kloub, který je u forefoot striku výrazně pružnější v porovnání s rearfoot strikem. Při forefoot striku se tedy většina energie vstřebává v oblasti hlezenního kloubu, což zvyšuje riziko poranění Achillovy šlachy a vzniku únavových zlomenin v oblasti nohy. Na druhou stranu při rearfoot striku je hlezenní kloub tužší, většina energie tedy pokračuje proximálně ke kolennímu kloubu. To vysvětluje nejčastější výskyt únavových zlomenin u vytrvalostních běžců, kteří typicky běhají přes patu, v oblasti tibie.

Ovšem podle systematického review Burkeho et al. [12] z roku 2021 je málo důkazů k prokázání vlivu běžecké techniky na vznik poranění v oblasti DK, a proto je potřeba v této oblasti dalšího výzkumu jak celkově pro zranění

DK, tak se zaměřením na jednotlivá poranění.

Běžecký povrch

Podle systematického review Wright et al. [1] nebyla nalezena žádná spojitost mezi běžeckým povrchem a vznikem únavové zlomeniny. Přitom při vzniku únavových zlomenin nemusí hrát hlavní roli povrch samotný, ale nedávná změna běžeckého terénu, na kterou se běžec ještě nestihl adaptovat [4]. Dle systematického review může dojít k přetížení kosti na základě běžeckého povrchu z několika důvodů:

- běh na nestabilním povrchu může zvyšovat napětí působící na kost;
- při běhu na nestabilním povrchu (písek) nebo při běhu z kopce dochází rychleji ke svalové únavě, a svaly tím pádem nemohou správně vykonávat svou tlumicí úlohu;
- náhlá změna terénu může pozměnit kinematiku běhu, což může způsobit nepřiměřený tlak na kosti, které běžec nemá k tak velké zátěži dostatečně přizpůsobeny.

Strava

Podle většiny autorů je důležitým faktorem pro vznik únavových zlomenin u žen nízký příjem vitamínu D [13]. Naopak prozatím nebyl prokázán vliv příjmu vápníku na vznik únavových zlomenin [1].

Svalové faktory

Během nárazů fungují svaly jako tlumiče, a pomáhají tak mírnit zatížení, které je přenášeno proximálně podél kinetického řetězce. Pokud je z nějakého důvodu funkce svalu narušena (oslabení, přetížení), nemůže sval úlohu tlumiče správně vykonávat, což může vést ke zvýšeným nárazům a většímu zatížení kostí [4]. Podle studie Warden et al. [4] závisí pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny přímo na velikosti (obvodu a průřezové ploše) a síle svalu. Studie Beck et al. [14] prokázala, že jedinci s menší průřezovou plochou svalů

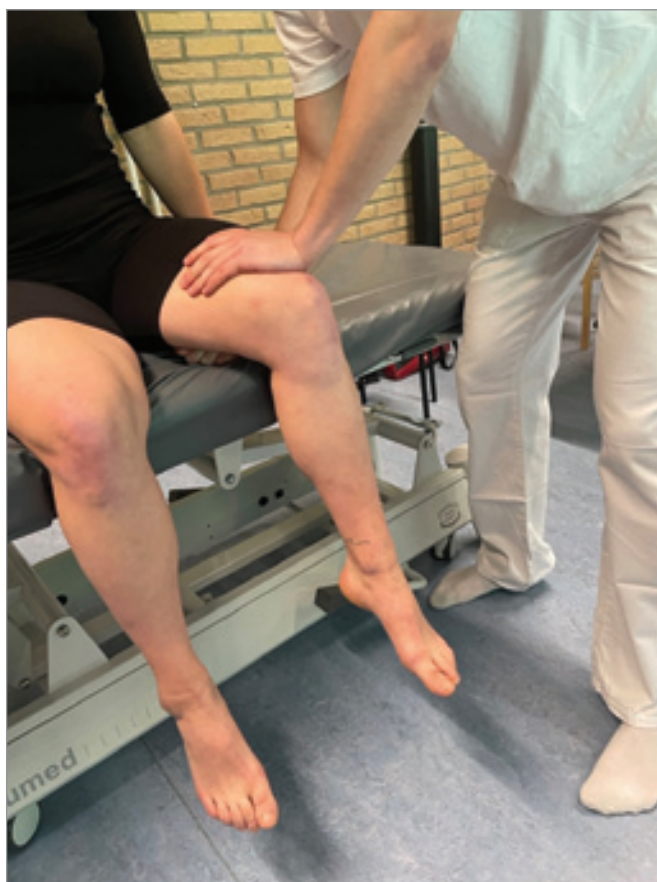
stehna mají větší predispozice ke vzniku únavových zlomenin.

Pohlaví

Výskyt únavových zlomenin je u žen 2,3× vyšší než u mužů [1]. Příčina vyššího výskytu u žen je multifaktoriální, nicméně u sportovkyň se únavové zlomeniny mimo jiné často spojují s pojmem atletická triáda [6]. K té patří nízký energetický příjem (s nebo bez poruch příjmu potravy), problémy s menstruací a snížená kostní hustota [10]. Při zastoupení jednoho z ukazatelů je riziko vzniku únavové zlomeniny 15–20 %, pravděpodobnost vzniku únavové zlomeniny se přítomností více faktorů atletické triády zvyšuje, a to na 30–50 % [15].

Nízký energetický příjem

Relative energy deficiency in sport (RED-S) je pojem, který rozšiřuje atletickou triádu. Kromě aspektů atletické triády odkazuje i na další poruchy fyziologických funkcí, jakými jsou např. 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. Při RED-S dochází vlivem nízkého energetického příjmu a/nebo vysokého energetického výdeje k energetickému deficitu, což vede k narušení hormonálních, metabolických a funkčních charakteristik [16]. Dlouhotrvající nízký energetický příjem má dopad na zdraví kostí, a tím pádem i vliv na vznik únavových zlomenin [16]. S energetickým příjmem souvisí i hodnota body mass indexu (BMI). Nízký BMI (< 20 kg/m² [17], < 19 kg/m² [18]) se podle většiny autorů považuje za rizikový faktor vzniku únavových zlomenin [13], jelikož bývá spojován s výskytem atletické triády a nízkou kostní hustotou. Rizikový může být ale i příliš vysoký BMI (> 30 kg/m² [17]), protože při těchto hodnotách dochází k vyššímu kostnímu zatížení a dalším systematickým faktorům souvisejícím s pomalejší adaptací těla na zátěž.



Obr. 1. Fulcrum test (archiv autora).
Fig. 1. Fulcrum test (author's archive).



Obr. 2. Patrickův test (archiv autora).
Fig. 2. Patrick's test (author's archive).

Hormony a hustota kostí

Hormonální změny mají vliv na zdraví kostí [16]. U žen estrogen zvyšuje ukládání vápníku z krve. Anabolický efekt na kosti má také testosteron. Pokud se v těle objeví estrogenová/progesteronová dysbalance nebo nízká hladina testosteronu, dochází ke snížení kostní hustoty, a kost je tím pádem náchylnější k poranění [16]. S tím u žen souvisí i menstruační cyklus – riziko výskytu únavové zlomeniny je vyšší u sportovkyň, které trpí oligomenoreou nebo amenoreou v porovnání se sportovkyněmi s pravidelnou menstruací a s ženami, které nesportují [19]. Vznikem únavové zlomeniny jsou ohroženy také ženy po menopauze, kdy také dochází ke snížení hladiny estrogeneru, a tím pádem ke snížení kostní hustoty a svalové hmoty [20]. Stresové hormony (katecholaminy a kortizol) mají také negativní vliv na zdraví kostí [16]. Na-

opak hormonální antikoncepce riziko výskytu únavové zlomeniny snižuje [21].

Předchozí únavová zlomenina

Běžci s historií únavové zlomeniny jsou až v 5× větším riziku vzniku budoucí únavové zlomeniny [1]. Předchozí únavové zlomeniny ovlivňují strukturu a odolnost kosti, a proto mají predispozici k rozvoji únavové zlomeniny v budoucnu, hlavně pokud neovlivní zbývající rizikové faktory [13].

Diagnostika

Klinická diagnostika

Pacienti s únavovými zlomeninami většinou přichází s bolestí postižené oblasti, která se prvně projevuje při náročných aktivitách (např. běh, výskoky), postupně i u méně náročných aktivit (např. chůze), a nakonec i v klidu a v noci [10]. Klinická diagnostika únavové zlome-

niny je postavena na třech hlavních kritériích [3]:

1. tréninkové historii a anamnéze

V rámci anamnézy nás zajímají hlavně nedávné změny v tréninku, jakými může být např. zvyšování rychlosti, počtu opakování, snížení regenerace nebo změna terénu či techniky. Dále se snažíme odhalit případnou přítomnost dalších rizikových faktorů. Měli bychom se tedy dále zaměřit na svalovou sílu pacientů, jejich energetický příjem a výdej, tělesnou hmotnost a u žen na pravidelnost menstruačního cyklu.

2. klinickém vyšetření

Oblast únavové zlomeniny bývá zarudlá, palpačně teplá a citlivá až bolestivá na dotek nebo poklep [10]. Místo bolestivosti je < 5 cm [22]. U únavových zlomenin DK může bolest vyvolat skákání na místě (tzv. hop test) nebo stoj na špičkách [10].



Obr. 3. Squeeze test (archiv autora).
Fig. 3. Squeeze test (author's archive).



Obr. 4. Únavová zlomenina III. metatarzu zobrazena pomocí magnetické rezonance (archiv autora).
Fig. 4. Fatigue fracture of the third metatarsal shown by magnetic resonance imaging (author's archive).

3. speciálních testech

K diagnostice nejčastějších únavových zlomenin nám mohou pomoci speciální testy, senzitivita a specifita těchto testů ale buď nebyla podrobněji prozkoumána, nebo zůstává sporná [4]. Pro prokázání únavové zlomeniny krčku a diafýzy femuru se používá fulcrum test [2,12] který je považován za pozitivní při bolesti v oblasti kyčelního kloubu pro stresovou zlomeninu krčku femuru nebo při tlaku na místo únavové zlomeniny pro stresovou zlomeninu diafýzy femuru (obr. 1). Únavovou zlomeninu v oblasti pánve můžeme otestovat Patrickovým testem (obr. 2) nebo squeeze testem (obr. 3), které jsou považovány za pozitivní při bolestivosti v oblasti pánve nebo třísla [2,23,24].

Zobrazovací metody

Při klinickém podezření na únavovou zlomeninu hrají zobrazovací metody významnou roli, jelikož stanovují pacientovu prognózu a průběh léčby [25]. Včasná diagnostika je nezbytná pro správnou léčbu a prevenci komplikací.

Za nejúčinnější zobrazovací metodu pro diagnostiku únavových zlomenin je v současnosti považována magnetická rezonance (MR). MR má při stanovování únavových zlomenin DK největší senzitivitu i specifitu ze všech zobrazovacích metod. Navíc zobrazuje i měkké tkáně, což napomáhá vyloučení dalších potenciálních příčin bolesti [25]. Oproti RTG dokáže MR odhalit únavovou zlomeninu už v časném stadiu, jelikož dokáže zobrazit otok periostu a otok kostní dřene, a to i přes absenci zjevné linie zlomeniny [26]. Příklad zaznamenání únavové zlomeniny III. metatarzu pomocí MR je na obr. 4.

Dalšími možnostmi volby při zobrazování únavových zlomenin je již zmíněná RTG, CT, kostní scintigrafie a diagnostický ultrazvuk. Každá ze zmíněných metod má ale oproti MR určité nevýhody (nižší specifita a senzitivita, ionizační záření, rychlost), proto se při diagnostice upřednostňuje právě MR.

Diferenciální diagnostika

V rámci diferenciální diagnostiky se obecně jedná především o vyloučení tumorů, natažených svalů, kompartment syndromů a zánětů šlach, kloubů nebo burz. Pro únavovou zlomeninu v oblasti krčku femuru Beck et al. [10] uvádějí, že především u adolescentních pacientů je potřeba v diferenciální diagnostice vyloučit coxa vara adolescentium.

Únavová zlomenina mediálního malleolu může být, kromě výše zmíněných, zaměněna za poranění deltoidního vazy, syndrom tarzálního tunelu a anteriorní impingement syndrom hlezenního kloubu [27]. Zbojnowicz [28] udává, že anteriorní impingement syndrom hlezenního kloubu je způsoben osteofyty na kloubní ploše tibie, které způsobují omezení dorzální flexe v hlezenním kloubu. Současně pacienti popisují bolest na přední straně hlezenního kloubu. Osteofyty mohou být zobrazeny pomocí RTG. Syndrom tarzálního tunelu je popisován jako komprese tibiálního nervu při průchodu tarzálním tunelem [29]. Projevuje se paresteziemi nebo dysesteziemi a pálivou bolestí na plantární straně chodidla, která se obvykle zhoršuje při delším stání a v noci, naopak ustupuje při elevaci končetiny. Při poklepu na tibiální nerv v oblasti mediálního malleolu je pozitivní Tinelův příznak. Syndrom tarzálního tunelu lze diagnostikovat pomocí elektromyografického vyšetření [29].

Diferenciální diagnostika únavových zlomenin v oblasti anteriorní a posteromediální tibie zahrnuje vyloučení mediálního tibiálního únavového syndromu (MTSS – medial tibial stress syndrome) a chronického námahového kompartment syndromu (CHNKS) [30]. MTSS se projevuje bolestí na distálních 2/3 posteromediální strany tibie vyvolanou zátěží a je bolestivá i palpací této oblasti [30]. Oblast palpační bolestivosti je oproti únavové zlomenině větší než 5 cm [22]. Na MR vypadá MTSS jako rozptýlený otok okostice [30]. CHNKS bérce se může vyskytovat ve čtyřech kom-

Tab. 1. Rozdělení anatomický lokalit únavových zlomenin na vysoce a níže rizikové.

Tab. 1. Division of anatomical sites of stress fractures into high- and low-risk.

Níže rizikové únavové zlomeniny	Vysoce rizikové únavové zlomeniny
sakrum	krček femuru
pánev	anteriorní tibia
diafýza femuru	mediální malleolus
posteromediální tibia	talus
fibula/laterální malleolus	navikulární kost
calcaneus	proximální diafýza pátého metatarzu
diafýza druhého až čtvrtého metatarzu	sezamská kost palce

partmentech – anteriorním, laterálním, povrchovém posteriorním a hlubokém posteriorním, přičemž jednotlivé kompartmenty mohou být postiženy buď izolovaně, nebo kombinovaně [31]. CHNKS se typicky projevuje bolestí v postiženém kompartmentu. Vajapey et al. [32] 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 při chůzi [31]. Symptomy jsou často bilaterální, lokalizované podél postižených svalů [9]. CHNKS lze diagnostikovat na základě měření intramuskulárních tlaků, které se provádí jak v klidu, tak po zátěži [31].

Klasifikace

Podle místa výskytu dělíme stresové zlomeniny na níže a vysoce rizikové (tab. 1) [33]. Stresové zlomeniny s nízkým rizikem se lépe hojí a většinou dobře reagují na konzervativní léčbu [3]. Je u nich nízké riziko progresu v kompletní frakturu. Tento typ stresových zlomenin vzniká v místě působení tlaku (komprese) na kost (obr. 5) [34]. Vlivem komprese bude při výskytu stresové zlomeniny postižená oblast stlačována k sobě, a kost tedy bude mít dobré podmínky ke zhojení. Při jejich léčbě vzácně dochází ke komplikacím [35].

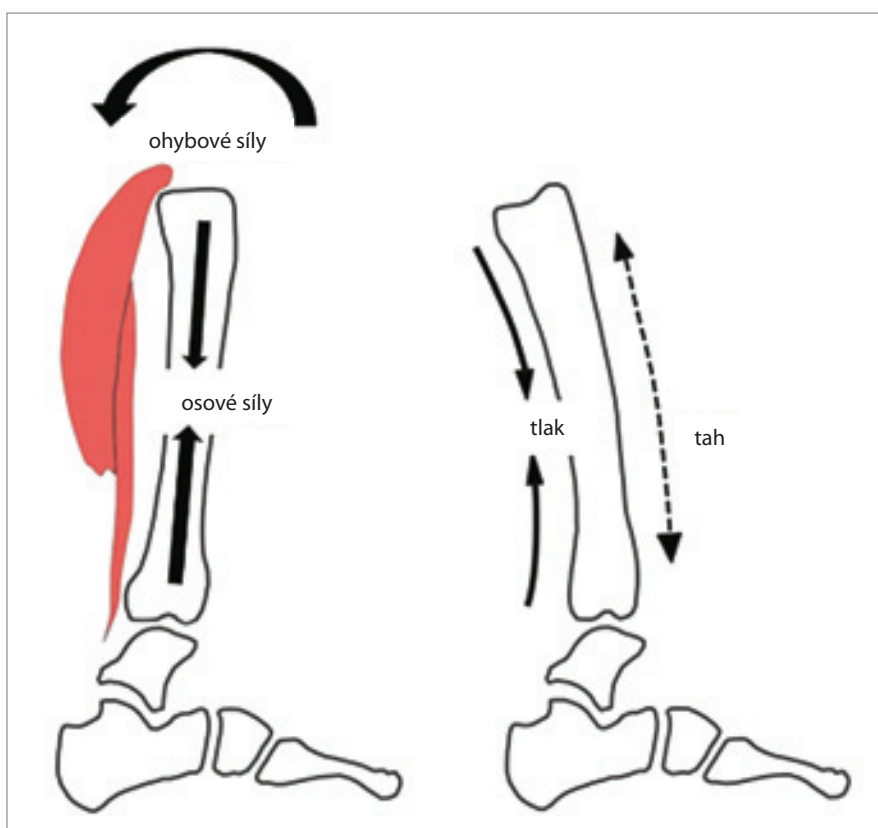

Obr. 5. Působení tahových, tlakových a ohybových sil na tibii. Zdroj: [2].

Fig. 5. Application of tensile, compressive and bending forces on the tibia. Source: [2].

Naopak vysoce rizikové únavové zlomeniny 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 [36]. Dále typicky

vznikají vysoce rizikové únavové zlomeniny v místech tahu nebo ohybu (např. únavové zlomenina anteriorní tibia) [34]. Kvůli neustálému „oddalování“ konců fraktury se tedy vysoce rizikové únavové zlomeniny hojí hůř než níže rizikové a mohou se rozvinout v kompletní frakturu [34]. Proto je při jejich léčbě zapotřebí částečné či úplné od-

Tab. 2. Nízce rizikové únavové zlomeniny – počáteční léčba a návrat k běhu u vybraných nízce rizikových únavových zlomenin. Upraveno dle [37].

Tab. 2. Low-risk stress fractures – initial treatment and return to running in selected low-risk stress fractures. Modified according to [37].

Nízce riziková únavová zlomenina	Počáteční léčba	Nejčasnější návrat k běhu
sakrum/pelvis	WBAT	7–12 týdnů
diafýza femuru	WBAT	6–8 týdnů
posteromediální tibiae	WBAT, pneumatická ortéza při bolesti během ADL	lehčí postižení: několik dní až 3 týdny těžší postižení (zlomenina kortikální kosti): 8–12 týdnů
fibula	WBAT	2–4 týdny
metatarzy	boty s pevnou podrážkou	4–6 týdnů

ADL – aktivity běžného denního života, WBAT – zatížení dle tolerance

Tab. 3. Počáteční léčba u vybraných vysoce rizikových únavových zlomeniny. Upraveno [37].

Tab. 3. Initial treatment in selected high-risk stress fractures. Modified according to [37].

Vysoce riziková únavová zlomenina	Počáteční léčba
krček femuru (kompresní strana)	NWB 4–6 týdnů, poté postupně z PWB na FWB v průběhu 4–6 týdnů
anteriorní tibiae	NWB 6–8 týdnů
mediální malleolus	ortéza 6–8 týdnů
os naviculare	NWB v dlaze 6 týdnů
proximální diafýza pátého metatarzu	NWB v dlaze 6–8 týdnů
sezamská kost palce	NWB v dlaze 6 týdnů

FWB – bez odlehčení, NWB – úplné odlehčení, PWB – částečné odlehčení

lehčení postižené DK nebo se přistupuje k operaci [3].

Léčba a rehabilitace

Při léčbě únavových zlomenin bychom se v první řadě měli zaměřit na příčinu vzniku tohoto onemocnění a snažit se ji eliminovat [4]. Dále je důležité na začátku léčby určit, zda se jedná o vysoce, nebo nízce rizikovou únavovou zlomeninu [9].

Méně závažné a nízce rizikové únavové zlomeniny mohou být léčeny pomocí dvoufázového protokolu (tab. 2) [9]. Podle tohoto protokolu se pacienti v první fázi soustředí na snížení zátěže a snížení bolesti. Pokud pacient nepocítuje bolest, není nutné odlehčení postižené DK při běžných denních aktivitách (ADL – activities of daily living) [35]. Pro zachování fyzické kondice mohou v rámci komprehensivní rehabilitace místo běhu zařadit

cross-trainingové aktivity, při kterých poraněnou DK nezatěžují vlastní vahou a které neprovokují bolest (běh ve vodě nebo na antigravitačním trenažéru, plavání, cyklistika, posilování), viz níže. Druhá fáze je už přímo zaměřena na postupný návrat k běhu, a to pomocí běžeckých programů, které budou zmíněny níže.

Udržení kardiovaskulární zdatnosti

Pro udržení kardiovaskulární zdatnosti můžeme v první části rehabilitace zařadit cyklistiku nebo plavání, specifickými formami zaměřenými přímo na běžce jsou běh v hluboké vodě (BHV) a běh na antigravitačním běžeckém páse [37].

Běh v hluboké vodě

Při BHV se pacienti vůbec nedotýkají DK dna bazénu. Aby mohli správně pohybovat

a zapojit i horní končetiny, mohou použít nadnášecí pomůcky, které si připevní kolem pasu [37]. Autoři Liem et al. [37] také podotýkají, že použití nadnášecí pomůcky umožňuje běžci lepší a přirozenější techniku běhu, nicméně v porovnání s během ve vodě bez ní se snižuje VO_{2max} o 16 % a tréninková tepová frekvence o 15 % [37]. BHV je pro běžce se únavovými zlomeninami ideální formou tréninku, protože díky vztlaku nedochází k zatěžování kostí DK vlastní vahou těla, ale zároveň stimuluje mechaniku běhu a podobnou metabolickou odpověď jako běh na souši [37]. BHV dokáže udržet pacientovu běžeckou kondici, a tak je pacient po léčbě schopen dosahovat při běhu na souši stejných výsledků jako před zraněním [38]. Trénink BHV se pohybuje od 45 do 90 min, do rehabilitace by měl být

zařazen 4–6× týdně po dobu přibližně 6–8 týdnů [37]. Při BHV běžec pociťuje 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 pociťově náročnějších než běh na souši [38].

Antigravitační běžecký pás

Antigravitační běžecký pás dokáže odlehčit dolní polovinu těla, a to z původních 100 % až na 20 % [4]. Oproti BHV má tu výhodu, že do rehabilitace může být přeneseno více prvků z původního tréninku. Běžec typicky začíná na 50–65 % své tělesné váhy, která je postupně navyšována o 5–10 %, přičemž na jedné váze by měl vydržet alespoň po dobu 1 týdne [37]. Jakmile se běžec dostane na 85–90 % své tělesné váhy, může začít s běžeckým programem mimo antigravitační pás [37].

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 [37]. Z toho důvodu je důležité vytrvalostní sílu svalů trénovat. Vytrvalostní svalový trénink je založen na velkém množství opakování s malým odporem/závažím, ideálně 2–3× týdně [37].

Odporový trénink

Odporový trénink má v rámci rehabilitace u běžců s únavovými zlomeninami několik benefitů [37]. 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 [39].

Korekce běžeckého stylu

Při léčbě únavových zlomenin je vhodné zaměřit se na techniku běhu, kterou

daný běžec využívá [4]. Obecně to znamená co nejvíce zmírnit a omezit nárazy, které jsou na DK vyvíjeny. Jednou z možností je zvýšit běžcovu kadenci, která sice zvýší počet nárazů, zmenší ale délku 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 [4]. Podle de Ruytera et al. [40] se za optimální kadenci pro běh při rychlosti 12,6 km/h pokládá 168 ± 9 až 174 ± 8 kroků/min.

Pro vytrvalostní běžce, kteří využívají převážně rearfoot strike a objevilo se u nich zranění v oblasti tibie nebo kolenního kloubu, může být vhodnou volbou zkusit běh více přes střed nohy či špičku, čehož se dá docílit běháním naboso nebo v minimalistických botách. Běháním naboso běžec také automaticky zkracuje délku kroku. Na druhou stranu při forefoot striku se zase zvyšuje riziko vzniku únavové zlomeniny v oblasti metatarzů, proto by případná změna běžecké obuvi měla probíhat pomalu a opatrně [4]. 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 dalších zranění v jiných oblastech DK či trupu [4]. Proto se k případné změně běžecké techniky musí přistupovat vždy s opatrností.

Běžecké programy

Pro návrat k běhu se využívají běžecké programy, v rámci nichž se běžci postupně dávkuje vzdálenost, délka a intenzita běhu. Hlavní podmínkou pro zahájení běžeckého programu je úplná absence bolesti v dané lokalitě alespoň po dobu 2 týdnů, a to jak v klidu, tak při výše zmíněných aktivitách (ADL, chůze, běh ve vodě, běh na antigravitačním běžeckém páse apod.) [9]. Běžec začíná max. na polovině vzdálenosti a tempa, na které byl zvyklý před zraně-

ním. 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 1–2 dny a poté znovu začít na nižší úrovni [4]. Příklady běžeckých tréninků uvádí např. Warden et al. [4] nebo Harrast et al. [41].

Vysoce rizikové únavové zlomeniny se většinou léčí konzervativním způsobem, k operačnímu zákroku se přistupuje, pokud je daná zlomenina více komplikovaná nebo pokud se jedná o profesionálního sportovce, kterého daný sport živí a nemůže si dovolit dlouhodobé vyřazení z tréninku [42]. Vysoce rizikové zlomeniny mají velké riziko progresu do úplné zlomeniny, proto by se k nim mělo přistupovat jako k akutní fraktuře [42]. V případě konzervativní léčby se přistupuje k okamžitému a úplnému odlehčení postižené DK po dobu několika týdnů (tab. 3). Postižená DK se pak postupně zatěžuje až do plného zatížení. Po uplynutí dané doby a po kompletním odeznění příznaků může pacient začít zhojenou DK postupně zatěžovat při sportovních aktivitách stejným způsobem jako při léčbě nízké rizikových únavových zlomenin. Není-li vysoce riziková zlomenina diagnostikována včas a došlo již k jejímu rozvoji či k narušení krevního zásobení, je pravděpodobnost úspěchu konzervativní léčby menší [42], pravděpodobně z důvodu většího rozvinutí stresové zlomeniny a v některých oblastech i kvůli poruše krevního zásobení.

Závěr

Cílem článku bylo shrnout poznatky o únavových zlomeninách u běžců a o jejich léčbě. 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 jeho spor-

tovní historii (hlavně nedávné změny v tréninku). Vyšetření by dále mělo být doplněno o zobrazovací metodu (ideálně MR), která by podezření na únavovou zlomeninu potvrdila. Léčba jednotlivých lokalit se liší na základě jejich rizikovitosti. Nízce rizikové únavové zlomeniny nevyžadují úplné odlehčení postižené DK, 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 úplného odlehčení postižené DK. V terapii bychom se v první řadě měli zaměřit na edukaci pacienta a na vyloučení všech potenciálních rizikových faktorů, které se mohly podílet na vzniku zranění. Při léčbě nízce rizikových únavových zlomenin se pomocí cross-trainingových aktivit, během kterých nedochází k nárazům na postiženou DK (běh ve vodě nebo na antigravitačním trenážeru, plavání, silový trénink apod.), soustředíme na udržení pacienta v jeho fyzické kondici. Ve druhé fázi do tréninku zařazujeme běžecké programy, které běžci postupně dávkuje vzdálenost a intenzitu běhu. Léčba vysoce rizikových únavových zlomenin v první fázi vyžaduje kompletní odlehčení postižené DK, a tedy na udržení kondice používáme trénink horní poloviny těla, poté se postupuje stejně jako při léčbě nízce rizikových únavových zlomenin a postupně se zvedá zátěž na postiženou kost.

Literatura

1. Wright AA, Taylor JB, Ford KR et al. Risk factors associated with lower extremity stress fractures in runners: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49(23): 1517–1523. doi: 10.1136/BJSports-2015-094828.
2. O'Leary TJ, Rice HM, Greeves JP. Biomechanical basis of predicting and preventing lower limb stress fractures during arduous training. *Curr Osteoporos Rep* 2021; 19(3): 308–317. doi: 10.1007/s11914-021-00671-1.
3. Kahanov L, Eberman LE, Games KE et al. Diagnosis, treatment, and rehabilitation of stress fractures in the lower extremity in runners. *Open Access J Sports Med* 2015; 6: 87–95. doi: 10.2147/OAJSM.S39512.
4. Warden SJ, Davis IS, Fredericson M. Management and prevention of bone stress injuries in long-distance runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014; 44(10): 749–765. doi: 10.2519/JOSPT.2014.5334.
5. Warden SJ, Edwards WB, Willy RW. Preventing bone stress injuries in runners with optimal workload. *Curr Osteoporos Rep* 2021; 19(3): 298–307. doi: 10.1007/s11914-021-00666-y.
6. Matcuk GR Jr, Mahanty SR, Skalski MR et al. Stress fractures: pathophysiology, clinical presentation, imaging features, and treatment options. *Emerg Radiol* 2016; 23(4): 365–375. doi: 10.1007/s10140-016-1390-5.
7. Stanitski CL, McMaster JH, Scranton PE. On the nature of stress fractures. *Am J Sports Med* 1978; 6(6): 391–396. doi: 10.1177/036354657800600615.
8. Li GP, Zhang SD, Chen G et al. Radiographic and histologic analyses of stress fracture in rabbit tibiae. *Am J Sports Med* 1985; 13(5): 285–294. doi: 10.1177/036354658501300501.
9. Fredericson M, Jennings F, Beaulieu C et al. Stress fractures in athletes. *Top Magn Reson Imaging* 2006; 17(5): 309–325. doi: 10.1097/RMR.0b013e3180421c8c.
10. Beck B, Drysdale L. Risk factors, diagnosis and management of bone stress injuries in adolescent athletes: a narrative review. *Sports* 2021; 9(4): 52. doi: 10.3390/sports9040052.
11. Warden SJ, Burr DB, Brukner PD. Stress fractures: pathophysiology, epidemiology, and risk factors. *Curr Osteoporos Rep* 2006; 4(3): 103–109. doi: 10.1007/S11914-996-0029-Y.
12. Burke A, Dillon S, O'Connor S et al. Risk factors for injuries in runners: a systematic review of foot strike technique and its classification at impact. *Orthop J Sports Med* 2021; 9(9): 23259671211020283. doi: 10.1177/23259671211020283.
13. Abbott A, Bird ML, Wild E et al. Part I: epidemiology and risk factors for stress fractures in female athletes. *Phys Sportsmed* 2020; 48(1): 17–24. doi: 10.1080/00913847.2019.1632158.
14. Beck TJ, Ruff CB, Shaffer RA et al. Stress fracture in military recruits: gender differences in muscle and bone susceptibility factors. *Bone* 2000; 27(3): 437–444. doi: 10.1016/s8756-3282(00)00342-2.
15. Barrack MT, Gibbs JC, De Souza MJ et al. Higher incidence of bone stress injuries with increasing female athlete triad-related risk factors. *Am J Sports Med* 2014; 42(4): 949–958. doi: 10.1177/0363546513520295.
16. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L et al. The IOC consensus statement: beyond the female athlete triad – relative energy deficiency in sport (RED-S). *Br J Sports Med* 2014; 48(7): 491–497. doi: 10.1136/bjsports-2014-093502.
17. Pegrum J, Dixit V, Padhiar N et al. The pathophysiology, diagnosis, and management of foot stress fractures. *Phys Sportsmed* 2014; 42(4): 87–99. doi: 10.3810/PSM.2014.11.2095.
18. Tenforde AS, Fredericson M, Sayres LC et al. Identifying sex-specific risk factors for low bone mineral density in adolescent runners. *Am J Sports Med* 2015; 43(6): 1494–1504. doi: 10.1177/0363546515572142.
19. Ackerman KE, Sokoloff NC, De Nardo Mafazioli D et al. Fractures in relation to menstrual status and bone parameters in young athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47(8): 1577–1586. doi: 10.1249/MSS.0000000000000574.
20. Pegrum J, Crisp T, Padhiar N et al. The pathophysiology, diagnosis, and management of stress fractures in postmenopausal women. *Phys Sportsmed* 2012; 40(3): 32–42. doi: 10.3810/psm.2012.09.1978.
21. Hulme A, Nielsen RO, Timpka T et al. Risk and protective factors for middle- and long-distance running-related injury. *Sports Med* 2017; 47(5): 869–886. doi: 10.1007/s40279-016-0636-4.
22. Winters M. The diagnosis and management of medial tibial stress syndrome: an evidence update. *Unfallchirurg* 2020; 123(Suppl 1): 15–19. doi: 10.1007/s00113-019-0667-z.
23. Behrens SB, Deren ME, Matson A et al. Stress fractures of the pelvis and legs in athletes: a review. *Sports Health* 2013; 5(2): 165–174. doi: 10.1177/1941738112467423.
24. Delahunt E, Kennelly C, McEntee BL et al. The thigh adductor squeeze test: 45° of hip flexion as the optimal test position for eliciting adductor muscle activity and maximum pressure values. *Man Ther* 2011; 16(5): 476–480. doi: 10.1016/j.math.2011.02.014.
25. Wright AA, Hegedus EJ, Lenchik L et al. Diagnostic accuracy of various imaging modalities for suspected lower extremity stress fractures: a systematic review with evidence-based recommendations for clinical practice. *Am J Sports Med* 2016; 44(1): 255–263. doi: 10.1177/0363546515574066.
26. Wall J, Feller JF. Imaging of stress fractures in runners. *Clin Sports Med* 2006; 25(4): 781–802. doi: 10.1016/j.csm.2006.06.003.
27. Greaser MC. Foot and ankle stress fractures in athletes. *Orthop Clin North Am* 2016; 47(4): 809–822. doi: 10.1016/j.jocl.2016.05.016.
28. Zbojniewicz AM. Impingement syndromes of the ankle and hindfoot. *Pediatr Radiol* 2019; 49(12): 1691–1701. doi: 10.1007/s00247-019-04459-5.
29. Vij N, Kaley HN, Robinson CL et al. Clinical results following conservative management of tarsal tunnel syndrome compared with surgical treatment: a systematic review. *Orthop Rev* 2022; 14(3): 37539. doi: 10.52965/001c.37539.
30. Feldman JJ, Bowman EN, Phillips BB et al. Tibial stress fractures in athletes. *Orthop Clin North Am* 2016; 47(4): 733–741. doi: 10.1016/j.jocl.2016.05.015.
31. Velasco TO, Leggit JC. Chronic exertional compartment syndrome: a clinical update.

Curr Sports Med Rep 2020; 19(9): 347–352. doi: 10.1249/JSR.0000000000000747.

32. Vajapey S, Miller TL. Evaluation, diagnosis, and treatment of chronic exertional compartment syndrome: a review of current literature. Phys Sportsmed 2017; 45(4): 391–398. doi: 10.1080/00913847.2017.1384289.

33. Boden BP, Osbahr DC, Jimenez C et al. Low-risk stress fractures. Am J Sports Med 2001; 29(1): 100–111. doi: 10.1177/03635465010290010201.

34. Song SH, Koo JH. Bone stress injuries in runners: a review for raising interest in stress fractures in Korea. J Korean Med Sci 2020; 35(8): e28. doi: 10.3346/jkms.2020.35.e38.

35. Hoenig T, Eissele J, Strahl A et al. Return to sport following low-risk and high-risk bone stress injuries: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med 2023; 57(7): 427–432. doi: 10.1136/bjsports-2022-106328.

36. Lassus J, Tulikoura I, Konttinen YT et al. Bone stress injuries of the lower extremity. Acta Orthop Scand 2002; 73(3): 359–368. doi: 10.1080/000164702320155392.

37. Liem BC, Truswell HJ, Harrast MA. Rehabilitation and return to running after lower limb stress fractures. Curr Sports Med Rep 2013; 12(3): 200–207. doi: 10.1249/JSR.0b013e3182913cbe.

38. Wilder RP, Brennan DK. Physiological responses to deep water running in athletes. Sports Med 1993; 16(6): 374–380. doi: 10.2165/0007256-199316060-00003.

39. Jung AP. The impact of resistance training on distance running performance. Sports Med 2003; 33(7): 539–552. doi: 10.2165/0007256-200333070-00005.

40. de Ruiter CJ, van Daal S, van Dieën JH. Individual optimal step frequency during outdoor running. Eur J Sport Sci 2020; 20(2): 182–190. doi: 10.1080/17461391.2019.1626911.

41. Harrast MA, Colonno D. Stress fractures in runners. Clin Sports Med 2010; 29(3): 399–416. doi: 10.1016/j.csm.2010.03.001.

42. Boden BP, Osbahr DC. High-risk stress fractures: evaluation and treatment. J Am Acad Orthop Surg 2000; 8(6): 344–353. doi: 10.5435/00124635-200011000-00002.

Doručeno/Submitted: 3. 1. 2024

Přijato/Accepted: 25. 4. 2024

Korespondenční autor:

Mgr. Ivana Hanzlíková, Ph.D.

Katedra fyzioterapie

Fakulta tělesné kultury

Univerzita Palackého v Olomouci

Křížkovského 511/8

779 00 Olomouc

e-mail: ivana.hanzlikova@upol.cz

Konflikt zájmů: Autoři deklarují, že text článku odpovídá etickým standardům, byla dodržena anonymita pacientů a prohlašují, že v souvislosti s předmětem článku nemají finanční, poradenské ani jiné komerční zájmy.

Publikační etika: Příspěvek nebyl dosud publikován ani není v současnosti zaslán do jiného časopisu pro posouzení. Autoři souhlasí s uveřejněním svého jména a e-mailového kontaktu v publikovaném textu.

Dedikace: Článek není podpořen grantem ani nevznikl za podpory žádné společnosti.

Redakční rada potvrzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritéria pro publikace zasílané do biomedicínských časopisů.

Conflict of Interest: The authors declare that the article/manuscript complies with ethical standards, patient anonymity has been respected, and they state that they have no financial, advisory or other commercial interests in relation to the subject matter.

Publication Ethics: This article/manuscript has not been published or is currently being submitted for another review. The authors agree to publish their names and e-mails in the published article/manuscript.

Dedication: The article/manuscript is not supported by a grant nor has it been created with the support of any company.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE “uniform requirements” for biomedical papers.