

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Štěpánka Kohoutová

Končetinový kompartment syndrom – rozpoznání a včasná léčba

Vedoucí práce: doc. MUDr. Pavel Dráč, Ph. D.

Olomouc 2021

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci

Podpis

Chtěla bych poděkovat doc. MUDr. Pavlu Dráčovi Ph. D. za trpělivé vedení a cenné rady, které mi v průběhu tvorby mé bakalářské práce věnoval. Dále děkuji své rodině a přátelům za podporu, a to především v závěru studia.

ANOTACE

Typ závěrečné práce:	Bakalářská práce
Téma práce:	Končetinový kompartment syndrom
Název práce v ČJ:	Končetinový kompartment syndrom – rozpoznání a včasná léčba
Název práce v AJ:	The extremity compartment syndrome – Diagnostics and early treatment
Datum zadání:	2020-11-24
Datum odevzdání:	2021-06-24

Vysoká škola, fakulta, ústav:

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zdravotnického záchranářství a intenzivní péče

Autor práce:	Štěpánka Kohoutová
Vedoucí práce:	doc. MUDr. Pavel Dráč, Ph. D.

Oponent práce:

Abstrakt v ČJ: Přehledová bakalářská práce se zabývá problematikou končetinového kompartment syndromu a to v rozsahu jeho diagnostiky, léčby a timingu. Dále předkládá publikované informace o invazivním i neinvazivním diagnostickém vyšetření a chirurgické léčbě tohoto zdravotního problému. Poznatky byly dohledány v databázích: EBSCO,

PUBMED, MEDVIK.

Abstrakt v AJ: This bachelor thesis is focused on the problematics of the limb compartment syndrome in the scope of its diagnosis, treatment and timing. This thesis also submits published knowledge about the invasive and non-invasive diagnostic examination and surgical treatment of this health problem. The main knowledge has been found in the diatabases of EBSCO, PUBMED, MEDVIK.

Rozsah: 34 stran / 0 příloh

OBSAH

1. Popis rešeršní činnosti.....	9
2. Přehled dohledaných publikovaných poznatků	12
2. 1. Klinické příznaky a další diagnostika končetinového kompartment syndromu	12
2. 2. Způsoby léčby a timing ošetření kompartment syndromu	20
2. 3. Význam a limitace dohledaných poznatků	28
3. Závěr.....	29
Seznam zkratk.....	31
Referenční seznam	34

ÚVOD

Končetinový kompartment syndrom je velmi vážná zdravotní komplikace spojená s poraněním měkkých tkání v návaznosti na zvýšený tlak v uzavřeném prostoru (Schmidt, 2016, s. 517–525). V případě vyčerpání kompenzačních mechanismů dojde k rozvoji lokální ischemie, která může způsobit řadu klinických příznaků. Kompartment syndrom vzniká nejen při otoku, ale také následkem krvácení do oblasti fasciálního lóže nebo při kompresi zvenčí například sádrovým obvazem, zasypáním zeminou apod. (Gál et al., 1999, s. 8).

Krev, která přitéká cévami do svalů, teče pod tlakem 30 torrů. Při klidovém stavu lze v intrafasciálním prostoru naměřit tlak 3–5 torrů (Gál et al., 1999, s. 8–11). V případě, že dojde k jeho vzestupu uvnitř fascie, způsobí to změnu perfúze v tkáních, což může vést ke zvýšení tlaku až nad 30 torrů. Pokud se hodnoty perfúze pohybují mezi 20–40 mmHg, odpovídá to vznikajícímu kompartment syndromu (Gál et al., 1999, s. 8–11). Jestliže hodnota intrafasciálního tlaku přesáhne míru 40 mmHg, je nezbytné provést neodkladnou chirurgickou dekompresi pro zabránění rozvoje dalších komplikací, jež mohou nastat při prosáknutí většího množství intravazální tekutiny do intrafasciálního prostoru (Limbert, 2017, s. 61–71). Tato tekutina je schopna zapříčinit potíže s odtokem lymfy, čímž opět dojde ke zvýšení intrafasciálního tlaku (Gál et al., 1999, s. 1–11).

Kompartment syndrom může vzniknout již po třiceti minutách od úrazu a je klinicky patrný po čtyřech až dvanácti hodinách. Za nevratný stav se považuje neuromuskulární poškození, které se projeví po více jak šesti hodinách od úrazu (Limbert, 2017, s. 61–71). Je zapotřebí doplnit, že i zvýšený kapilární tlak může být jeden z důvodů vzniku kompartment syndromu. Mezi další příčiny uvedeného onemocnění řadíme i přetlakové infúze, transfúze, myopatie či neuropatie. Nicméně kompartment syndrom nemusí vzniknout výhradně u traumat, protože víme, že lze diagnostikovat i tzv. chronický kompartment syndrom, jenž se objevuje u mladých sportovců a projevuje se zvýšeným tlakem v kapilárách, přesunem intravaskulární tekutiny do intersticia a zvětšujícím se objemem svalu po zátěži (Gál, 1999, s. 1–22).

V souvislosti s výše uvedenými informacemi je nutné položit si následující otázku – „*Jaké jsou aktuální publikované validní poznatky o diagnostice a možnosti terapie končetinového kompartment syndromu?*“. Účelem mé bakalářské práce je tedy sumarizovat dohledané publikované aktuální poznatky o končetinovém kompartment syndromu, jeho rozpoznání a včasné léčbě. Na základě toho byly cíle bakalářské práce specifikovány do dvou dílčích celků:

1. Dohledat publikované poznatky týkající se klinických příznaků končetinového kompartment syndromu a jeho další diagnostiky.
2. Předložit dohledané poznatky týkající se způsobů léčby končetinového kompartment syndromu a jejího timingu.

Vstupní studijní literatura:

GÁL, P., TECL, F. *Compartment syndrom - závažná komplikace a traumatologie*. Brno: Masarykova univerzita, 1999. ISBN 80-210-2152-7.

VIŠŇA, P., HOCH, J. *Traumatologie dospělých: učebnice pro lékařské fakulty*. Praha: Maxdorf. Jessenius, 2004. ISBN 80-7345-034-8.

POKORNÝ, V. *Traumatologie*. Praha: Triton, 2002. ISBN 80-7254-277-x.

LIMBERT, E., SANTY-TOMLINSON, J. 2016. *Acute limb compartment syndrome in the lower leg following trauma: assessment in the intensive care unit*. Nursing Standard [online]. **31**(34),s. 61–71 [cit. 2021-5-3]. ISSN 0029-6570. Dostupné z: doi:10.7748/ns.2017.e10708.

1. Popis rešeršní činnosti

Pro vyhledávání validních dokumentů byl použit následující postup rešeršní činnosti:

VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA:

Klíčová slova v ČJ: kompartment syndrom, končetina, klinické příznaky, diagnostika, léčba, timing

Klíčová slova v AJ: compartment syndrome, limb, clinical symptoms, diagnostics, treatment, timing

Jazyk: český, anglický

Období: 2012–2020

Další kritéria: recenzovaná periodika, dostupnost plných textů



Nalezeno 175 článků



DATABÁZE

EBSCO, MEDVIK, PubMed



VYŘAZUJÍCÍ KRITÉRIA

Články neodpovídající tématu

Kvalifikační práce

Duplicitní články



SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOKUMENTŮ

EBSCO: 7 zahraničních článků

PubMed: 6 zahraničních článků

MEDVIK: 1 český článek, 1 zahraniční článek



SUMARIZACE VYUŽITÝCH DATABÁZÍ A DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ

American Journal of Case Reports ... 1 článek

ScienceDirect ... 2 články

Nursing Standard ... 1 článek

European Journal of Trauma and Emergency Surgery ... 2 články

World Journal of Emergency Surgery ... 1 článek

Úrazová chirurgie ... 1 článek

Hindawi ... 1 článek

JAMA Surgery ... 1 článek

The Journal of Trauma and Acute Care Surgery ... 1 článek

Injury – international Journal of the Care of the Injured ... 1 článek

The Foot and Ankle Online Journal ... 1 článek

Journal of the Pediatric Orthopaedics B ... 1 článek

Pro tvorbu teoretických východisek bylo použito 14 dohledaných článků.

2. Přehled dohledaných publikovaných poznatků

Druhá kapitola je rozdělena na tři části. Podkapitola 2. 1. uvádí aktuální poznatky o klinických příznacích a diagnostice končetinového kompartment syndromu. Jsou zde popsány invazivní a neinvazivní diagnostické metody. Podkapitola 2. 2. se zabývá aktuálními validními poznatky o léčbě a timingu končetinového kompartment syndromu. Tato podkapitola zkoumá možnosti léčby. Podkapitola 2. 3. je věnována významu a limitaci dohledaných studií.

2. 1. Klinické příznaky a další diagnostika končetinového kompartment syndromu

V úvodu této podkapitoly je důležité se zmínit o pěti charakteristických klinických příznacích kompartment syndromu. Pro jejich lepší rozpoznatelnost uvádí Kistler pomůcku „5P“:

- „Pain out of proportions“ – silná bolest končetiny
- „Pallor“ – bledost
- „Paresthesia“ – parestézie
- „Pulselessness“ – nepřítomnost pulzu
- „Pink coloured skin“ – růžové zbarvení kůže.“(Kistler, 2018, s. 53–60).

Limbert ve své studii podrobně rozvádí skutečnost, že bolest je jedním z významných ukazatelů kompartment syndromu. Pacienti ji popisují jako neúměrnou poranění a zhoršující se během zátěže. Limbert také zdůrazňuje ostražitost při podání opioidů, jelikož v tomto případě nedochází k úlevě od bolesti bezprostředně po aplikování léčiva. Hodnocení bolesti je zapotřebí provádět dle hodnotícího nástroje bolesti VAS v pravidelných intervalech, díky čemuž má zdravotnický personál kvalitní záznam hodnocení stavu bolesti pacienta, jež je v případě traumatického poranění jednou z hlavních známek končetinového kompartment syndromu (dále jen KS) (Limbert, 2017, s. 61–71).

Parestézie (pocity brnění nebo mravenčení) a paralýza (ochrnutí končetiny, necitlivost pulzu a bledost končetiny) jsou dalšími příznaky kompartment syndromu. Parestézie ovšem může být i diferenciální diagnostikou pro jiná neurologická onemocnění, a tedy ji lze snadno zaměnit. Pokud ale nedojde k okamžitému zásahu, může parestézie přejít v paralýzu. Necitlivost, brnění, až píchání v postižené končetině vzniká právě z důvodu útlaku nervů v

daném kompartmentu, a proto by měl pacient hlásit jakékoliv změny v citlivosti končetiny.

Při rozvoji KS může být pulz na končetině hmatatelný, což ale nevyklučuje probíhající ischemii měkkých tkání. U této komplikace může být pulz intaktní, a tak zde hrozí riziko, že by nezkušený zdravotník mohl tento příznak nesprávně vyhodnotit.

Dalším příznakem je bledost končetiny, to ale nemusí být vždy směrodatné. Na končetině se mohou objevit skvrny, které vznikají následkem utlačených cév a zvýšeného tlaku. Je proto důležité sledovat zabarvení celé končetiny, a to z důvodu kontroly stavu cévního řečiště. Končetina navíc může nabýt voskové až lesklé barvy. Kromě výše zmíněných příznaků se při KS objevuje také chladnutí končetiny, jež může upozornit na poškození nervu v daném kompartmentu, a tedy na možný rozvoj dalších komplikací. Je proto zapotřebí zjistit příčinu jejího vzniku, přerušit působení a provést pravidelnou kontrolu stavu končetiny a její barvy (Limbert, 2017, s. 61–71).

Zdravotnický personál by měl být velmi ostražitý vůči těmto příznakům, jelikož některé nepřímo poukazují na vznik KS, avšak mohou naznačovat i jiná poškození končetiny. Je proto důležité, aby se o této komplikaci vedly důsledné záznamy v dokumentaci. Případné zanedbání by totiž mohlo mít pro pacienta velmi vážné následky (Limbert, 2017, s. 61–71).

Pro pacienty s rizikem rozvoje KS je velmi podstatné jejich sledování, i když to není jednoduché vzhledem ke stavu, v němž se v některých případech nacházejí. U pacientů v bezvědomí je velmi obtížné monitorovat a hodnotit bolestivost končetiny, či se dotazovat na citlivost nebo parézu končetiny. Pacient je v takovém případě ohrožen dalším rozvojem komplikací vlivem zvýšeného tlaku v poškozeném kompartmentu, nebo stanovením neúplné či nesprávné diagnózy. Jednou z možností léčby již vzniklého KS je aplikování chirurgické fasciotomie, kterou ovšem může provázet řada nepříznivých obtíží, například trvalá bolestivost, slabost či nefunkčnost svalu na končetině. Proto je velmi důležitá správná diagnostika, a to před provedením samotného zákroku (Limbert, 2017, s. 61–71).

Končetinový KS lze rozdělit na základě jeho vzniku do dvou hlavních skupin – traumatický a netraumatický.

Traumatický vznik končetinového KS:

Walters svou studii zaměřuje především na země postižené válečnou situací. Udává, že poměr pacientů s KS ve státech s bojovým konfliktem razantně stoupá oproti ostatním zemím. Většina obětí totiž utrpí značná poranění končetin, ať už pohmoždění, zlomení či rozdrčení, případně poranění cévního řečiště nebo popáleniny. Dalším faktorem

pro vznik KS je trauma po výbuchu neboli „blast syndrom“ (Walters, 2019, s. 59–66).

Walters pracoval na základě statistiky vycházející z operací *Irácká svoboda* a *Trvalá svoboda* v letech 2001 až 2010. Autor udává, že během tohoto konfliktu minimálně 26 000 obětí utrpělo trauma končetiny, z nichž 19 % prodělalo fasciotomii vzhledem k podezření na akutní KS. Během tohoto výzkumu Walters zjistil, že provedení fasciotomie sice snížilo množství výskytu akutního KS, ale zvýšily se tím náklady na poskytovanou péči spojenou s komplikacemi po tomto zákroku (chronická bolestivost končetiny, porucha citlivosti, chronický otok, svalová ochablost apod.) Obtíží spojených s fasciotomií bylo hlášeno až u 87 % poranění na bojišti a 77 % traumat u civilistů (Walters, 2019, s. 59–66).

Z uvedené studie vyplývá, že tento typ končetinového KS vzniká především traumatickým poraněním končetiny. Netraumatický KS se naopak může projevit po nadměrné zátěži končetiny či rozvoji infekce v ní.

Netraumatický vznik končetinového KS:

McKinney popisuje případ mladého zdravého sportovce, který následující den po náročném a namáhavém tréninku pocítil bolest v končetině. Mladý muž se s tímto problémem dostavil na pohotovostní ambulanci, kde lékař odebral anamnézu. Bylo zjištěno, že před týdnem se pacient účastnil soustředění, při němž byl vystaven pravidelné fyzické zátěži. Den před příchodem na pohotovost se u pacienta rozvinula mírná bolest svalu pravé dolní končetiny v oblasti bérce, o níž si pacient myslel, že se jedná pouze o bolení v důsledku předchozí námahy. Nicméně druhý den po probuzení se bolest zhoršila a pacient nebyl schopen propnout nohu v kotníku. Neměl žádné známky možné vznikající infekce ani jiné potíže s muskuloskeletálním systémem.

Při fyzikálním vyšetření lékař zjistil, že končetina je značně oteklá a pacient navíc není schopen provést dorsální či plantární flexi v kotníku. Na základě následné hospitalizace byl pacientovi měřen intrakompartmentální tlak (dále jen ICP) pomocí katetru zavedeného jehlou do postiženého kompartmentu. Naměřená hodnota 54 mmHg byla indikací k provedení akutní dekompresní fasciotomie. Odběry krve prokázaly zvýšené hodnoty kreatininu, AST a ALT. Zobrazovací vyšetřovací metody neprokázaly přítomnost dalších abnormalit, a to ani v případě dalších vyšetření EKG a odběrů krve. Vzhledem k výsledkům provedených vyšetření byla pacientovi stanovena diagnóza akutního končetinového KS na bérce s rhabdomyolýzou, přestože před hospitalizací bolest lýtka neuváděl (McKinney, 2018, s. 145–149).

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že je velmi podstatné sledování pacienta i v případě rozvoje netraumatického končetinového KS, jelikož v současné době přetrvává velmi malá informovanost o možnosti vzniku tohoto problému. Na tuto skutečnost upozornila i Sharon Coulton (Coulton, 2020, s. 3–6), a to v souvislosti s velmi nízkou informovaností porodnického personálu o tomto problému. Jsou totiž zaznamenány případy, kdy KS vznikl jako komplikace po porodu. Na jeho původu se totiž může podílet právě porodní mechanismus – zvýšené zatínání svalstva, poloha pacientky, vzniklá krvácení po porodu, hypotenze, užití epidurální analgezie a také aplikace léků způsobující vazokonstrikci. Pokud se nepodaří KS včas diagnostikovat, pro pacientku to může mít vážné následky. Zdravotní stav se může zhoršit a vést k rozvoji rhabdomyolýzy a nutnosti končetinu amputovat. V některých případech, je-li postiženo více kompartmentů, může dojít k multiorgánovému selhání (hyperkalémie, hypermyoglobinémie) a úmrtí pacienta (Coulton, 2020, s. 3–6).

Sharon Coulton ve své studii dále upozorňuje na to, že porodní asistentky a ostatní personál nepovažují KS za poporodní komplikaci. Uvádí, že našla statistiku, jež vypovídá o vzniku kompartment syndromu po porodu. Výsledky odhadují vznik tohoto problému u dvou žen na cca 10 000 porodů. Autorka rovněž poukazuje na nedostatečnou znalost této problematiky a doporučuje porodnickému personálu seznámit se s touto potenciální komplikací, aby dokázali včas rozeznat její počínající stav, a předejít tak rozvoji KS. Tato situace nemusí vznikat pouze v porodní fázi. Může se projevit kdykoliv během porodu, a to u vaginálního či porodu císařským řezem (Coulton, 2020, s. 3–6).

Coulton popisuje případ mladé 26-ti leté ženy, u které se projevil končetinový KS pravé dolní končetiny po porodu císařským řezem. Pacientka byla přijata na porodní sál v necelém

41. týdnu těhotenství. Došlo u ní k ruptuře blan, a tak byl naplánován fyziologický porod, nicméně po podání Morfinu se jeho postup zpomalil. Na podporu kontrakce bylo podáno 10 IU Oxytocinu v 1000ml Hartmannova roztoku. Kvůli nestabilitě srdeční frekvence dítěte museli lékaři přistoupit k porodu císařským řezem, který trval téměř sedmáct hodin. Po uplynutí dvanácti hodin od porodu začala žena udávat silnou bolest pravé dolní končetiny. Do dvaceti osmi hodin se u pacientky projevíly známky končetinového KS, proto byla ihned vyšetřena dopplerometrickým ultrazvukem k vyloučení hluboké žilní trombózy, ale žádné z těchto vyšetření neprokázalo vznik KS. Diagnóza KS byla definitivně prokázána desátý den od porodu prostřednictvím magnetické rezonance (Coulton, 2020, s. 3–6).

Další případ netraumatického akutního kompartment syndromu popisuje ve své studii Aarson. Uvádí případ 74leté ženy, jež se dostavila na pohotovost kvůli náhlému nástupu

silné bolesti nohou. Při hodnocení VAS pacientka udávala míru bolesti 10/10. Tato hodnota bolestivosti byla indikací k intravenóznímu podání opioidních analgetik a inhalačnímu podání oxidu dusného.

Při fyzikálním vyšetření pacientka udávala bolest celé levé dolní končetiny, ale nejintenzivněji ji pociťovala u palce a nártu. Žena nebyla po žádném traumatickém poranění, jež by mohlo vyvolat vznik KS. Při kontrolních odběrech a vyšetření nebyly nalezeny žádné příčiny vzniku bolesti. Noha byla přesto oteklá na hřbetní a plantární straně, mírně zarudlá a teplá. Při pohybu chodidla a prstů uváděla pacientka krutou bolest, avšak celková hybnost končetiny nebyla narušena. To znamená, že nevzniklo žádné neuromuskulární poškození na končetině. Lékař navíc neshledal žádné řezné ani tržné poranění, které by mohlo případný zánět způsobit (Aarson, 2016, s. 1–5).

Pacientce byla provedena veškerá vyšetření. Odběr krve odhalil zvýšenou hodnotu bílých krvinek a C-reaktivního proteinu, nicméně ostatní hodnoty byly v normě. Rentgenové vyšetření neprokázalo žádné další příčiny vzniku akutní bolesti končetiny. Až magnetická rezonance odhalila zvýšené množství signálu v oblasti nártu levé končetiny. Na základě výsledků tak byla pacientka přeložena na traumatologické oddělení, kde lékaři diagnostikovali končetinový KS s příznaky infekce. Pacientka ještě toho dne podstoupila operaci, při které jí byla provedena dermofasciotomie ze dvou řezů na hřbetní straně nohy a v jednom z nářezů bylo nalezeno malé množství tekutiny, jehož část byla odebrána na mikrobiologické vyšetření. Je nutné dodat, že nedošlo k žádnému poškození svalů a operační rány byly zakryty vakuovým obvazem (Aarson, 2016, s. 1–5).

Autor uvádí, že je velmi důležité mít povědomí o KS, především z důvodu jeho rychlého rozpoznání a aplikování správné léčby. Dodává, že ne u všech případů jsou příznaky a patofyziologie stejné. Popisuje, že většina případů vzniku KS je traumatických, ale může se rozvinout i při kontaktu se zvířecími toxiny nebo užíváním intravenózních léčiv (Aarson, 2016, s. 1–5).

Diagnostické metody končetinového KS:

Stanovení správné diagnózy zcela závisí na kvalitně odebrané anamnéze, klinickému nálezů a měření intrafasciálního tlaku v postiženém kompartmentu. Měření intrafasciálního tlaku se provádí pomocí speciální jehly, která je sterilně zavedena do postiženého kompartmentu. Díky této monitoraci poté máme k dispozici údaje o tlaku v končetině. Výsledek tohoto měření se následně využívá k výpočtu relativního intrakompartmentálního

tlaku, což může napomoci k indikaci chirurgické fasciotomie (Sellei, 2019, s. 1–19).

Metoda invazivního měření intramuskulárního tlaku je jednou ze základních diagnostických metod. Walters uvádí, že míru pro stanovení diagnózy KS netvoří pouze hodnota intramuskulárního tlaku, ale také perfuzního tlaku v končetině. Diastolický tlak pohybující se v rozmezí 20 mmHg až 30 mmHg je hraniční, což je považováno za indikaci k akutní fasciotomii. Walters dále odkazuje na Praysona, který popisuje případy pacientů se zlomeninami dolních končetin, u nichž byla naměřena hodnota diastolického tlaku na postižené končetině mezi 20–30 mmHg. Tyto hodnoty jsou v jiných případech indikací pro provedení akutní fasciotomie. Přestože se Prayson rozhodl tento úkon neprovádět, neutrpěl žádný z pacientů trvalé následky. Z toho vyplývá, že i přes hraniční hodnotu perfúze, může podání jakéhokoliv léčivého přípravku zkreslovat výsledky. Proto je kromě vyšetření a stanovení diagnózy velmi podstatné znát mechanismus vzniku KS (Walters, 2019, s. 59–66).

Jednou z prvních možností neinvazivního měření je metoda, jež hodnotí účinnost léčivého přípravku, který má zajistit změnu viskoelastických vlastností svalstva. Autor Thomas J. Walters uvádí dva muže, Steinberga a Gelbermana, kteří se zasloužili o vznik sondy, jež dokázala kvantitativně změřit tvrdost tkáně přes kůži. Tuto sondu testovali na zvířatech a později na pacientech s podezřením na KS. Během měření zjistili, že tvrdost tkáně na poraněné končetině je vyšší než u zdravé končetiny (Walters, 2019, s. 59–66).

Účinnost této metody však vyvrátil Dickinson se svými spolupracovníky, protože společně zjistili, že není rozdíl v přesnosti mezi sondou, jež měří neinvazivně, či jehlou měřící intramuskulární tlak invazivně. Steinberg po tomto prohlášení vylepšil svou sondu tak, že ji transformoval do podoby kapesního zařízení. Hrot sondy se vtlačil do kůže postižené končetiny, a tak bylo možné zaznamenat tvrdost tkáně. Tento prototyp sondy již dokázal měřit přesněji. Bohužel i toto diagnostické vyšetření lze považovat pouze za orientační a závislé na jiných hodnotách – například věku pacienta a stavu končetiny. Nebylo ale prokázáno, zda je přesnější toto neinvazivní vyšetření či invazivní vyšetření pomocí zavedené jehly. Od roku 2011 se totiž dále nepokračovalo ve výzkumu týkajícího se měření tvrdosti tkáně. Nabízí se ale uvést skutečnost, že další možné zkoumání této vyšetřovací metody by mohlo mít v budoucnu velký význam nejen v nemocniční, ale také přednemocniční péči, a to pro urychlení stanovení pracovní diagnózy a případné akutní provedení dermofasciotomie (Walters, 2019, s. 59–66).

Na základě výše zmíněné studie byl vytvořen přenosný přístroj „Pulsed Phased

Locked Loop“ (dále jen PPLL) měřící pohyb částí svalu a jeho myofasciální tlak na základě ultrazvukových vln. Za účelem výzkumu účinnosti PPLL bylo vybráno několik zdravých dobrovolníků a několik pacientů s končetinovým KS, na kterých byl tento ultrazvukový prototyp testován. Je důležité zmínit, že výzkumu se účastnila i zvířata. Při tomto testu byla všem účastníkům zavedena jehla s katetrem pro měření tlaku. U zdravých pacientů byla provedena zevní komprese pro zvýšení intramuskulárního tlaku. U zvířat došlo pomocí fyziologického roztoku k umělému vytvoření KS na jedné z končetin. Účinnost tohoto modelu se prokázala při perfúzi nižší než 30 mmHg s citlivostí 74 % a přesností 75 %. Podobné hodnoty byly naměřeny i u zdravých dobrovolníků se zevní kompresí končetiny. PPLL by mohl být pro praxi velmi přínosný, avšak je zapotřebí jeho bližší zkoumání a stanovení přesnějších hodnot (Walters, 2019, s. 59–66).

Mezi další neinvazivní vyšetření můžeme zařadit měření povrchové teploty, kontrastní ultrazvuk a dopplerometrické vyšetření. Tyto diagnostické metody jsou pro stanovení KS jedny z nejpoužívanějších (Walters, 2019, s. 59–66).

V souvislosti s KS byla zkoumána také metoda infračerveného záření. Na kůži postižené končetiny byly pro tento účel umístěny senzory skládající se z infračervených elektrod a snímačů s tím, že hemoglobin pohlcoval vlny vysílané ze senzoru. Mezi vyzařovaným a odráženým světlem se následně vypočítala koncentrace okysličeného hemoglobinu a odkysličeného hemoglobinu. Po vynásobení výše uvedeného vzniklá výsledná hodnota znázorňovala tkáňovou saturaci kyslíkem. Metoda byla zkoumána na zvířatech a zdravých dobrovolnících, u kterých byl nasimulován KS pomocí zevní komprese. Z výsledků vyplynulo, že tato diagnostická metoda je přesnější než předchozí, a to vzhledem k tomu, že senzor dokáže přesně měřit tkáňovou saturaci, perfúzi a intramuskulární tlak (Walters, 2019, s. 59–66).

Autor se zabýval i dalšími studii, jež popisovaly tuto formu neinvazivního měření. Bohužel, všechny studie vykazovaly odlišné hodnoty tkáňové saturace u zkoumaných pacientů. Nicméně lze konstatovat, že výhoda metody infračerveného záření spočívá v tom, že je neinvazivní, protože se senzor umísťuje na kůži. Po jeho umístění je možné kdykoliv změřit tlak a sledovat hodnotu tkáňové saturace. Tato metoda ale není schopna určit přesný bod, na základě něhož by mohla být stanovena diagnóza končetinového KS (Walters, 2019, s. 59–66).

V praxi to znamená, že senzor s infračerveným zářením by dokázal přinášet data o stavu končetiny, což by pro zdravotnický personál mohlo být rozhodující pro stanovení diagnózy a provedení akutní dermofasciotomie. V závěru autor vysvětluje, že i přes veškeré

výše uvedené možnosti je metoda invazivního měření jehlou zavedenou do poškozeného kompartmentu nejpřesnější a dodnes nejpoužívanější diagnostická metoda měření intramuskulárního tlaku. Nicméně dodává, že technologický vývoj by mohl v budoucnu přinést další benefity pro vývoj neinvazivní diagnostiky KS (Walters, 2019, s. 59–66).

James S. Lin vytvořil metaanalýzu, která se věnuje vzniku KS u dětí. Autor ve své práci uvádí, že akutní KS u dětí by měl být považován za samostatnou diagnózu a dodává, že u nich nejčastěji vzniká z důvodu traumatu. V případě netraumatického KS navíc hrozí záměna za jinou diagnózu. Tento problém však závisí na věku, vyspělosti dítěte a rozvinutí jeho komunikačních dovedností. Diagnostická metoda „5P“, která je popsána výše, je u dětských pacientů obtížně použitelná – dítě nemusí jednotlivé symptomy rozpoznat nebo se mohou projevit později než u dospělých (Lin, 2020, s. 90–96).

Autor Sharri J. Mortensen z Beth Israel Deaconess Medical Center and Harvard Medical School, provedl metaanalýzu, v níž zkoumá možnosti invazivní a neinvazivní diagnostiky. Jednotlivé studie byly provedeny na lidech i zvířatech a účastnilo se jich 852 dobrovolníků a 319 zvířat – 27 psů, 53 prasat, 118 králíků a 121 potkanů. Bylo zjištěno 38 neinvazivních způsobů, ale nejpřesnější z nich byla již zmíněná infračervená spektroskopie. Autor do svého výzkumu zahrnul také 35 invazivních metod přímého měření intrakompartmentálního tlaku, přičemž byla testována různá měřicí zařízení, např. šterbinový katetr. Na základě tohoto experimentu bylo prokázáno, že jako nejúčinnější způsob měření lze považovat tzv. jehlovou metodu, která je dnes všeobecně uznávána za standart diagnostických metod KS. Mortensen zahrnul do své metaanalýzy další studie, jež se zabývaly diagnostickými metodami, jako je ultrazvuk, magnetická rezonance nebo počítačová tomografie. Bylo prokázáno, že i tyto varianty jsou schopny potvrdit diagnózu končetinového KS. Mortensen ve svém shrnutí neopominul ani hodnotící metodu PPLL jako jednu z diagnostických metod budoucnosti, avšak nabádá k tomu, že je třeba provést další zkoumání tohoto způsobu, možné úpravy a stanovení prahových hodnot (Mortensen, 2019, s. 1–11).

V závěru autor zdůrazňuje další možnost zkoumání v oblasti diagnostiky KS, přestože za nejpoužívanější neinvazivní metodu nadále považuje použití infračerveného spektroskopu, u něž vyzdvihl potenciál časoměrného přehledu perfúze končetiny. Mortensen dodává, že k upřesnění těchto výsledků je ale zapotřebí provedení dalších studií a stanovení přesnějšího hodnot.(Mortensen, 2019, s. 1–11).

Martin Richard Sellei z Uniresity of Aachen Medical Center, ve své prospektivní studii testuje další možnost neinvazivní diagnostiky. Svou studii zaměřuje především na zařízení, jež dokáže změřit elasticitu tkáně, tzv. elastometr. Do studie bylo zařazeno šest

pacientů, u nichž byla diagnostikována zlomenina holenní kosti, přímé trauma dolní končetiny či porucha perfúze dolní končetiny. Všichni pacienti měli podezření na akutní KS. Byla jim tedy odebrána anamnéza, provedena klinická vyšetření, měření intrakompartmentálního tlaku a zaveden katetr v postižené oblasti. Ve třech případech byla perfúze nižší než 30 mmHg. Všichni pacienti byli při vědomí a během hodnocení bolesti udávali hodnoty VAS mezi 4–8 body (Sellei, 2019, s. 1–19).

V prvních třech případech stav pacientů ukazoval na akutní kompartment syndrom. Průměrná hodnota měření elasticity na zdravé končetině byla stanovena na 17,95 %, ale na postižené končetině byla průměrná hodnota elasticity nižší o 5,14 %. Při porovnání měřené elasticity byl u jednotlivých případů značný rozdíl, což vedlo k prokázání značné souvislosti mezi měřením intrakompartmentálního tlaku a elasticity tkáně (Sellei, 2019, s. 1–19).

V dnešní době je tedy jednou z nejčastějších diagnostických metod invazivní měření ICP pomocí zavedení jehly s katetrem do postiženého kompartmentu. Sellei však nabízí další možnou variantu neinvazivní diagnostiky končetinového KS, a to měření hodnoty elasticity pomocí elastometru. Konstatuje, že hodnota naměřené elasticity s výsledkem nižším než 10,5 % poukazuje na velkou citlivost a pozitivní výsledek pro stanovení diagnózy KS. Nicméně dodává, že je třeba zdokonalit tuto neinvazivní diagnostickou metodu, a to na základě dalších klinických studií, které by stanovily přesnější hodnoty měření (Sellei, 2019, s. 1–19).

V čem tedy spočívá přínos pro přednemocniční péči? Dle Sellei může být metoda elastometru v budoucnosti jednou z možností pro rychlé stanovení končetinového KS a okamžitou chirurgickou dekompresi tlaku v intrafasciálním prostoru. Opět je důležité zmínit, že i tato varianta by měla být podrobena dalšímu výzkumu.

2. 2. Způsoby léčby a timing ošetření kompartment syndromu

Tato kapitola se zabývá především chirurgickou fasciotomií, léčbou a hojení rány. Je zde zmíněna léčba pomocí syntetické náhrady kůže – Epigard a podtlakovou terapií V. A. C. systému. Dále se podkapitola zabývá i timingem provedení operace.

Vlad-Adrian Alexandrescu z oddělení hrudní a vaskulární chirurgie z Princess Paola Hospital uvádí ve svém systematickém přehledu retrospektivní studií týkající se provedení včasné dekomprese poškozeného kompartmentu. Dle Alexandrescu je provedení rychlé fasciotomie jediným způsobem, jak uvolnit zvýšený intrakompartmentální tlak.

Stehno je jednou z oblastí, u které se jen zřídka vyskytuje kompartment syndrom. V případě, že se KS rozvine právě v této oblasti, může poškodit celou končetinu. Je důležité doplnit skutečnost, že na stehně se popisují tři hlavní části – přední, zadní obsahující především podkolenní šlachy a prostřední. Fasciotomie se v případě kompartment syndromu stehna může provést pouze jedním bočním řezem, jenž dokáže uvolnit všechny tři stehenní oblasti. Bérc je nejčastější místo pro provedení fasciální dekomprese. Lze ji aplikovat formou jednoho řezu, který se provádí od horní části fibuly a podél boční strany končetiny. Kůže končetiny musí být před výkonem potřena desinfekcí, aby se předešlo přenosu možné infekce. Skalpel by měl protnout kožní kryt, podkožní tkáň a fascii. Chirurg vykonávající dekompresi by měl provést revizi cévního systému končetiny, jelikož se jedná o prevenci rozvoje masivního krvácení (Alexandrescu, 2014, s. 1–10).

Dále Alexandrescu popisuje techniku hluboké fasciotomie, při níž je povinností chirurga provádějícího zákrok učinit kontrolu stavu končetiny a svalstva. Měl by se zaměřit na to, zda má sval růžovo červenou barvu a není ischemický. V případě, že svaly nereagují a není u nich prokazatelná funkčnost, mělo by být provedeno odstranění poškozených částí. Ztráta jednoho či dvou svalových celků totiž nemusí ohrozit funkčnost končetiny, ovšem za podmínky, že dojde ke správnému zahojení rány.

Pěči o ránu popisuje autor jako jednu z kritických částí, protože při ní hrozí rozvoj komplikací spojených s revaskularizací a postupným uzavíráním rány. Doporučuje se proto provést převaz rány navlhčeným sterilním krytím a zavést antibiotickou terapii. Autor uvádí, že by rána po fasciotomii měla zůstat otevřená, dokud úplně neodezní tkáňový edém. Autor také vyzdvihl několik případů, u nichž byly použity vakuové systémy a kožní štěpy (Alexandrescu, 2014, s. 1–10).

James S. Lim z University Wexner Medical Center and Department of Orthopedic Surgery, Nationwide Children's Hospital provedl studii, ve které zkoumal příčinu vzniku KS, důsledky provedení fasciotomie a následného zotavení se. Do této studie bylo zařazeno 233 dětí ve věku od 0 do 18 let – konkrétně 190 chlapců a 43 dívek. Během průzkumu bylo zjištěno, že nejčastějšími příčinami vzniku úrazu bylo sražení motorovým vozidlem (21 %), nehoda v dopravním prostředku (12 %), či zranění při sportovní činnosti (12 %). Kompartment syndrom se vyskytl u všech pacientů – nejčastěji na dolních končetinách (60 %) a předloktí (27 %). Celkem 75 % dětských pacientů mělo současně s KS diagnostikováno také zlomeninu. Nejčastěji se jednalo o frakturu bérce (60 %), předloktí (27 %), zápěstí (16 %) a paže (2 %). Zvýšený intrakompartmentální tlak byl naměřen u 67 % pacientů a průměrný perfúzní tlak končetiny byl 43,6 mmHg. Při vyšetření udávalo celkem 88 % pacientů

bolestivost postižené části. U 32 % pacientů se projevila parestézie, u 28 % se objevily otoky, dalších 26 % pacientů se potýkalo s parálzou. U 13 % nemocných byla zjištěna necitlivost pulzu a 12 % poukazovalo na bledost postižené končetiny. Průměrná doba od poranění po provedení fasciotomie byla vypočítána na 25,4 hodin. Celkem 85 % pacientů dosahovalo po léčbě a zotavení dobrých výsledků, což dokazuje skutečnost, že končetiny prokazovaly stejnou funkčnost jako před úrazem. U 15 % pacientů nedošlo k úplnému zahojení a projevily se u nich následující obtíže: u 10 % pacientů byl zjištěn snížený rozsah pohybu; porucha smyslového vnímání postihla 3 % ošetřovaných; další 3 % udávala pocit slabosti v končetině; 2 % pacientů byla indikována k amputaci končetiny; u 3 % dětí došlo k obtížím, jež byly způsobeny způsobeným rozvinutým KS či předchozím poraněním, které bylo prvotní příčinou jejich hospitalizace.

Výzkum prokázal, že u plně uzdravených pacientů bylo nejčastější příčinou rozvoje končetinového kompartment syndromu vzniklé trauma, a to v 71 % případů. Průměrná doba od poranění po provedení fasciotomie byla vypočítána na 36,2 hodin. Při netraumatické etiologii KS končetiny se jednalo o 25,5 hodin. Dále autor zjistil, že celkem 25 % pacientů s traumatickým a 16 % s netraumatickým poraněním nedosáhlo vzhledem k diagnostikovanému KS úplného uzdravení a navrácení předešlé funkce končetiny. Lin také popisuje, že zkoumal rozdíl mezi fasciotomií, který byla provedena do 24 hodin od vzniku poranění a po uplynutí 24 hodin od poranění. Do této analýzy zahrnul 113 dětských pacientů, z nichž 74 prodělalo fasciotomii do 24 hodin a zbylých 39 po uplynutí 24 hodin od poranění. Analýza nepřinesla výrazné rozdíly ve výsledcích. V obou skupinkách došlo ke skoro stejnému uzdravení a funkčnosti končetiny (Lin, 2020, s. 90–96).

Frederico Solla z Lenval Univerzity Children's Hospital v Nice ve své retrospektivní studii popisuje případ teroristického útoku ve stejnojmenném městě ve Francii. Tento útok se odehrál v červnu roku 2016 v blízkosti nemocnice Lenval Univerzity Children's Hospital, kde terorista najel nákladním autem do davu lidí. Po tomto incidentu odnesla spousta rodičů své zraněné děti na oddělení pohotovosti do zmíněné nemocnice.

Pacienti byli do nemocnice přijati bez jakékoliv přednemocniční péče, a to zejména v době od 22:40 do půlnoci. Poté došlo ke zdvojnásobení zdravotnického personálu, především za účelem zahájení třídění raněných dle jejich zdravotního stavu. Dle triage byli odesláni na operační sál, na dětskou JIP nebo CT vyšetření. V rozmezí od půlnoci do páté hodiny ranní tak bylo provedeno třináct CT vyšetření. Bylo zajištěno personální osazení dvou operačních sálů, pro provedení akutních či život zachraňujících výkonů. Celkem bylo provedeno dvacet osm operací, a to dvě neurologické, jedna cévní operace a pět

ortopedických operací. Ošetřeno bylo 47 pacientů a 11 z nich utrpělo vážná poranění. Mezi nejzávažnější zranění patřilo traumatické poranění pánve, fraktura dolní končetiny, krvácení, trauma hrudníku nebo hlavy. Nabízí se doplnit i skutečnost, že sedm pacientů potřebovalo čtrnáct transfuzí a několik jednotek plazmy.

Do tohoto výzkumu byly zařazeny děti, u nichž byla provedena nejen operace, ale i resuscitace, či byly hospitalizovány na dětské JIP nebo zemřely. Jednalo se o čtyřicet sedm pacientů, z nichž jedenáct utrpělo těžká poranění. Pět zraněných zemřelo – jeden na operačním sále, dva pacienti na dětském JIP a další dva na pohotovosti. Příčinou těchto úmrtí byla traumata hlavy, úrazy hrudníku nebo vykrvácení.

U poraněných končetin byla provedena vnitřní fixace kosti. Jeden z pacientů vykazoval známky končetinového KS. Dolní končetina byla ischemická z důvodu poškození holenní tepny, proto se rozvinula povrchová nekróza a objevila se infekce v ráně. Pacient byl léčen podtlakovou terapií V. A. C. systémem po dobu dvaceti dní. Během hospitalizace pacient sedmkrát podstoupil operační výkon a byla mu intravenózně nasazena antibiotika. Poté došlo k transplantaci kožních štěpů a při pozdější kontrole bylo evidentní, že se operační rána zahojila (Solla, 2018, s. 1–8).

Vladimír Krass, z Oddělení septické a rekonstrukční chirurgie, Kliniky traumatologie z Úrazové nemocnice v Brně, představuje českou retrospektivní studii, v níž popisuje léčbu podtlakovou terapií. Od roku 2009 ošetřili v Úrazové nemocnici v Brně celkem padesát jedna pacientů s diagnostikovaným končetinovým KS, z nichž dvacet pět podstoupilo léčbu zmíněnou podtlakovou terapií. Z této skupiny dvacet ošetřovaných utrpělo KS bérce, další tři KS stehna a poslední dva KS předloktí, z nichž jeden měl současně i KS paže. Po provedených diagnostických vyšetřeních a následném stanovení diagnózy byla provedena fasciotomie. Provedl se zevní řez, aby došlo k dekompresi svalu *musculus quadriceps femoris* a zadního lóže. U předloktí byla provedena fasciotomie, při které došlo k přetnutí *retinaculum musculi flexorum*, a na paži se provedla zevní fasciotomie. Při léčbě byla dále použita podtlaková terapie s podtlakem 125 mmHg za kontinuálního odsávání. Otevřené rány, cévy a nervy byly zakryty mastným tylem nebo pěnou White Foam. Okraje rány byly ošetřeny Granuflexem.

U stehna a paže trvala doba hojení rány sedm dní, navíc se během této doby dvakrát vyměnil V. A. C. systém. Pacient s ránou na předloktí měl masivní otok končetiny a operační rána po fasciotomii byla dlouhá 13 cm. Doba hojení se proto prodloužila na osmáct dní. U fasciotomie provedené na bérce byla doba zahojení operační rány

vypočítána na průměrných 14,7 dní. V tomto časovém horizontu by navíc měly proběhnout čtyři výměny V. A. C. systému.

Krass vedl záznamy pacientů léčených tímto systémem tak, že pacienty rozdělil do dvou skupin. V té první bylo zahrnuto deset pacientů, u nichž byla aplikována léčba podtlakem už od prvního dne po provedení fasciotomie. Doba hojení byla vypočítána na zhruba 8,8 dní. Do druhé skupiny bylo zařazeno šest pacientů, u kterých se aplikace fasciotomie odložila o týden a doba jejího uzávěru pak byla okolo 20,5 dne. Zbylým čtyřem pacientům, kteří nebyli zařazeni do žádné z výše uvedených skupin, byl aplikován kožní štěp.

Krass v závěru dodává, že použití podtlakové terapie při léčbě operační rány po fasciotomii snižuje riziko rozvoje infekce a urychluje léčbu rány, aniž by musel být proveden plastický výkon (Krass, 2013, s. 38–43). Pro praxi to znamená, že léčba pod tlakem je možným budoucím řešením v oblasti léčby ran po fasciotomií. Výhoda pro pacienta spočívá v tom, že je v tomto případě snižené riziko rozvoje infekce či podstoupení dalších operačních výkonů. Nabízí se také doplnit skutečnost, že čím dříve se pacientovi naordinuje léčba V. A. C. systémem, tím rychleji se rána zahojí.

Další formou léčby se zabývala autorka Hannah Rachel Bussell z University Children's Hospital Zurich ve Švýcarsku. Tvrdí, že není jasná shoda mezi metodami léčby fasciotomických ran u dětí. Ve své studii proto porovnává dvě běžně používané varianty léčby, a to metodu postupným uzavíráním rány pomocí syntetické náhrady kůže od Epigardu a podtlakovou terapii V. A. C. (Bussell, 2018, s. 1–6).

Bussellová svůj výzkum vedla v letech 2005 až 2015. Za tuto dobu bylo hospitalizováno čtyřicet pět dětských pacientů s končetinovým KS. Vyloučeno z výzkumu bylo celkem osmnáct pacientů – šest z důvodu systémového onemocnění způsobující končetinový KS, čtyři pacienti pro polytrauma, tři z důvodu ischemických potíží vedoucích ke KS a pět dalších pacientů z jiných důvodů, např. chronický kompartment syndrom či primární uzávěr rány. Hodnota incidence výskytu končetinového KS u dětských pacientů byla 4 % u dolních končetin a 3,8 % u všech ostatních léčených pro torzní deformity.

Do výzkumu bylo tedy zahrnuto dvacet sedm dětských pacientů. Lékaři provedli záznam o počtu provedených zákroků (od provedení dermofasciotomie do úplného uzavření rány), trvání hospitalizace a komplikace spojené s léčbou, která byla provedena pomocí syntetické náhrady kůže, či použití V. A. C. systému.

Do skupiny pacientů, kteří byli ošetřeni pomocí V. A. C. systému, bylo zahrnuto osmnáct dětí. U této skupiny odpovídal výpočet provedených zákroků do definitivního uzavření rány hodnotě 3,1. Dále je nutné uvést, že pacienti čekali průměrně 9,4 dní na

uzavření rány a jejich celková hospitalizace trvala řádově 16,2 dnů. U dvou z nich se během této doby objevily komplikace. Jeden pacient trpěl infekcí v ráně a druhému lékaři transplantovali kožní štěp.

U ostatních devíti pacientů byla aplikována syntetická náhrada kůže. Průměrný počet zákroků byl u nich vypočítán na 1,8 – je to podstatně nižší hodnota oproti předešlé skupině. Stejný trend lze pozorovat také u průměrné doby hospitalizace, což je v tomto případě 9,9 dní. Léčba rány pomocí Epigardu probíhala následovně – rána se překryla syntetickou náhradou a její převaz byl prováděn každých 48 hodin. V případě potřeby se postupně upravovala velikost syntetické náhrady, dokud se rána úplně nezavřela. U této skupiny pacientů byl navíc statisticky dokázán menší počet zákroků. Definitivní uzavření trvalo kratší dobu, a tak byla zkrácena i doba hospitalizace (Bussell, 2018, s. 1–6).

Co to znamená pro praxi pro přednemocniční péči? Léčba KS může být různá, ale pro zdravotnický personál by mělo být prioritou kvalitní ošetření rány a zamezení rozvoje infekce. Bussellová ve svém výzkumu zkoumala dvě rozšířené metody, které by v budoucnu mohly být vysoce efektivní. Z výsledků vyplývá, že využití syntetické náhrady kůže – Epigard je skutečnou výhodou. Tato metoda jednak nevyžaduje dlouhou dobu hojení, jednak vyšší počet zákroků, a proto jsou pacienti hospitalizováni kratší dobu. U Epigardu se navíc nespustil obdobný rozvoj komplikací, jako tomu bylo v případě léčby V. A. C. systémem.

Frederico Coccolini z Emergency and Trauma Surgery Department, Pisa University Hospital, zveřejnil systematický přehled o timingu chirurgické dekomprese postiženého kompartmentu. Coccolini rozvrhl timing do čtyř skupin podle naléhavosti. První skupina obsahuje akutní dekomprese kompartmentu u pacientů, kterým hrozí nevratné poškození končetiny či ohrožení jejich života. Druhá skupina zahrnuje dekomprese provedené v časovém horizontu od tří do dvanácti hodin od vzniku poranění po provedení fasciotomie, nebo v případě zhoršení klinických příznaků. Třetí skupina obsahuje oddálené dekomprese provedené po dvanácti hodinách od vzniku poranění po provedení zákroku nebo při zhoršení klinických příznaků. Do čtvrté skupiny Coccolini řadí ochranné dekomprese, jež se provádějí v případě, že je vysoká pravděpodobnost výskytu končetinového KS (Coccolini, 2020, s. 1–13).

Coccolini našel retrospektivní kohortovou analýzu, která uvádí skutečnost, že celkem 37 ze 76 pacientů, kteří měli částečnou nekrózu svalu, podstoupili včasnou akutní fasciotomii. Byl stanoven odhad, dle kterého zhruba 37 % pacientů může postihnout nekróza svalu do tří hodin od poranění. Autor uvádí průměrný čas pro provedení dekomprese – dvě hodiny od

diagnostiky KS. Tento čas byl navržen traumatologickými centry Velké Británie, avšak z logistických důvodů jej není možné realizovat.

Nicméně končetinový KS vyžaduje nutné provedení fasciotomie, a to maximálně do osmi hodin od stanovení diagnózy. Autor uvádí, že v případě pozdních projevů kompartment syndromu či chybných diagnostických postupů je vhodné zvolit neoperativní postup léčby, a to z důvodu možných důsledků, jež by fasciotomie mohla způsobit. Ty by mohly mít pro pacienta bez KS doživotní následky.

Fasciotomie dolní končetiny by se měla správně provést dvěma řezy, aby se uskutečnila dekomprese všech čtyř kompartmentů nohy. Samozřejmě by měla být také revize rány a pravidelný převaz (minimálně co 48 hodin dle stavu operační rány).

Retrospektivní studie, kterou uvádí Coccolini ve svém systematickém přehledu, porovnává celkem 612 pacientů, kteří podstoupili časnou, opožděnou či profylaktickou fasciotomii. Autor této retrospektivní studie, Kara A. Rothenberg, provedl výzkum týkající se správného načasování fasciotomie a spolu se svým týmem hodnotil výsledky po revaskularizaci při akutní ischemii končetin. Celkem 138 pacientům s akutní ischemií končetiny byla provedena diagnostika. Dalších 42 ošetřených následně podstoupilo čtyřkomorovou fasciotomii (část z nich podstoupila opožděnou fasciotomii).

V případě, že je příznakem končetinového KS akutní ischemie, nelze vyzdvihnout žádný definitivní příznak, který by určoval indikaci k fasciotomii, jež může být provedena během revaskularizace při ischemii končetiny. Ischemie může být způsobena nedostatečnou perfuzí tkáně po traumatickém poškození končetiny s poškozením arteriálního či venózního řečiště (Coccolini, 2020, s. 1–13).

Dle Coccoliniho fasciotomie není ideálním řešením léčby končetinového KS. Musíme si uvědomit, že fasciotomie přináší podstatná rizika a při špatném stanovení diagnózy by mohla mít velmi vážné až doživotní následky pro pacienta. Proto je vhodné fasciotomii indikovat pouze v případě, pokud je rozvinutý končetinový KS a máme jej podložen i diagnostickými metodami. V tomto případě je nutné, aby lékař zvážil veškerá rizika spojená s jejím provedením. Stav pacienta se totiž může i přes její provedení značně zkomplikovat a skončit amputací končetiny.

Závěrem Coccolini uvádí, že včasná dekomprese kompartmentu může být u některých stavů prospěšná, ale není tomu tak ve všech případech. Proto by měl lékař počítat s možným výskytem komplikací po provedení fasciotomie předtím, než pacient podstoupí výkon (Coccolini, 2020, s. 1–13).

V praxi je proto podstatné mít povědomí o rozdělení skupin pacientů dle doby od poranění po provedení fasciotomie. Pacienti se do jednotlivých skupin řadí podle naléhavosti jejich celkového stavu a doby vzniku končetinového KS. Tento chirurgický výkon může přinést řadu komplikací, se kterými by měl lékař počítat. Tato oblast traumatologie je dnes stále neprozkoumaná a navíc chybí relevantní studie, jež by se zabývaly také problematikou fasciotomie horních končetin.

2. 3. Význam a limitace dohledaných poznatků

Za zásadní problém při studiu zkoumané problematiky lze považovat to, že končetinový kompartment syndrom je téma poměrně neprozkoumané a opomíjené. Z uvedených studií vychází skutečnost, že řada zdravotníků si dostatečně neuvědomuje riziko této zdravotní komplikace, a proto s ním není adekvátně seznámena. Vzbudí-li výše uvedená problematika zájem autorů, jedná se převážně o popis jejího rozvoje a následné diagnostiky. Rovněž v případě zmíněné fasciotomie či timingu, opět nalézáme spíše okrajové informace.

U většiny prací se jedná nejčastěji o kazuistiky nebo metaanalýzy malých retrospektivních studií týkající se konkrétních případů, nicméně žádný z autorů se končetinovým kompartment syndromem nezabývá příliš „do hloubky“. Většina studií je navíc zaměřena spíše na „nemocniční prostředí“, a proto chybí dostatek publikovaných poznatků o přednemocniční péči, jež je pro zdravotnického záchranáře prioritní.

V souvislosti s výše uvedeným je tak patrné, že validita zkoumaných poznatků byla poměrně nízká, což kontinuálně navazuje na zmíněná úskalí studia končetinového kompartment syndromu. Obecně lze tedy říct, že by si tato zdravotní komplikace zasloužila více pozornosti a byla podrobena dalšímu důkladnějšímu výzkumu či popisu. Uvedené studie se totiž shodují v jedné zásadní skutečnosti, a to že v případě včasné a správné diagnózy lze zamezit řadě dalších problémů, které může kompartment syndrom způsobit.

3. Závěr

Končetinový kompartment syndrom je jednou z velmi opomíjených komplikací úrazových, ale i neúrazových stavů. Proto je velmi důležité jej včasné a správně diagnostikovat. Z dohledaných poznatků jsem se dozvěděla, že v dnešní době se provádí měření intrafasciálního tlaku převážně invazivně, za pomoci jehly aplikované do postiženého kompartmentu. Tato hodnota bývá doplněna zobrazovacími vyšetřeními, jako je například magnetická rezonance, ultrazvuk, nebo počítačová tomografie, ale také neinvazivními vyšetřovacími metodami, které jsou teprve zkoumány, ale v budoucnu by mohly být jasnou volbou při diagnostice končetinového kompartment syndromu.

Jako první bych ráda uvedla zmíněnou infračervenou spektroskopii, jež by mohla být užitečnou při zaznamenání hodnot v určitém časovém intervalu. Potenciál, má také metoda PPLL, která podává přesnější informace o stavu poškozeného kompartmentu. Ráda bych ale zdůraznila, že tyto možnosti jsou ovšem teprve v začátcích, a proto je potřeba provést další výzkumy, které budou směřovat k přesnějšímu stanovení diagnostických hodnot a možnému vylepšení jejich technologie.

Dále bych ráda zmínila akutní fasciotomii, jejíž indikace ale není vždy vhodným řešením, protože její provedení by mohlo mít spíše negativní přínos pro pacienta, a to v podobě doživotních následků. Proto je velmi podstatná správná diagnostika, na kterou navazuje provedení akutní dermofasciotomie.

U pacientů lze v budoucnu přemýšlet o dalších dvou potenciálních variantách lékařského postupu při léčbě KS – pomocí syntetické náhrady kůže nebo V. A. C. systému s podtlakem. Nejen že byl u těchto metod prokázán snížený výskyt infekce, ale také bylo zjištěno rychlejší hojení operační rány. Léčba pomocí syntetické náhrady má pro pacienta větší benefit, a to z důvodu snížení počtu provedených zákroků a zkrácení doby hospitalizace. Při řešení KS nelze opomenout také chirurgický timing, jelikož pacienti podstupují operaci na základě kritérií zahrnujících jejich zdravotní kondici a stav postižené končetiny. Pomocí těchto kritérií se pacienti řadí do čtyř skupin podle naléhavosti.

Na základě získaných informací by tato bakalářská práce mohla být prospěšná pro zdravotnické záchranáře nebo všeobecné sestry pracující v nemocničním zařízení na jednotkách intenzivní péče či urgentního příjmu. Publikované poznatky v této práci by mohly být přínosné pro další odborné výzkumy nebo sloužit jako studijní materiál pro zdravotnický personál. Studie uvedené v této práci pochází z různých zemí, např. Anglie, Francie či Belgie. Vzhledem k tomu, že práce obsahuje jen jednu českou studii, navrhuji realizaci dalších

odborných výzkumů zabývajících se problematikou končetinového kompartment syndromu i v České republice.

Referenční seznam

AARSON, A. et al. 2016. *Atraumatic acute compartment syndrome secondary to group C Streptococcus infection*. The Foot and Ankle Online Journal [online], 1-5 [cit. 2021-04-26] ISSN 1941-6806 dostupné z: doi: 10.3827/faoj.2016.0904.0004

ALEXANDRESCU, V. A. et al. 2014. *Threatening inferior limb ischemia: When to consider fasciotomy and what principles to apply?*. Hindawi [online]. 1-10 [cit.2021-04-26] dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/218085>

BUSSELL, H. R. et al. 2018. *Comparison of lower extremity fasciotomy wound closure techniques in children: vakuum-assisted closure device versus temporary synthetic skin replacement*. Springer [online]. 1-6 [cit. 2021-04-26] dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00068-018-0985-9>

COCCOLINI, F. et al. 2020. *Timing of surgical intervention for compartment syndrome in different body region: systematic review of the literature*. World Journal of Emergency surgery [online]. 1 – 13 [cit. 2021-04-26] dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13017-020-00339-8>

COULTON, S. et al. 2020. *Acute compartment syndrome of the lower limb following childbirth: a case report*. Journal od medical case reports [online]. 1-7 [cit. 2021-04-26] dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s13256-020-02459-w>

KISTLER, J.M., ILYAS, A.M., THODER, J.J. 2018. Forearm Compartment Syndrome. *Hand Clinics* [online]. 34(1), 53-60 [cit. 2021-5-3]. ISSN 07490712. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2017.09.006>

KRASS, V. et al. 2013. *kompartment syndrom v traumatologii končetin použití podtlakové terapie*. Úrazová chirurgie[online]. 38-43 [cit. 2021-5-3].ISSN 1803-6597. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/urazova-chirurgie/2013-2/kompartment-syndrom-v-traumatologii-koncetin-48319>

LIN, J. S. et al. 2020. *Pediatric acute compartment syndrome: a systematic review and meta-analysis*. *Journal of pediatric orthopaedics B* [online]. 90- 96 [cit. 2021-04-26] PMID: 30688754. dostupné z: DOI: [10.1097/BPB.0000000000000593](https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000593)

LIMBERT, E. et al. 2017. *Acute limb compartment syndrome in the lower leg following trauma: assessment in the intensive care unit*. *Nursing Standard* [online]. 61-71 [cit. 2021-04-26] PMID: 28421958. dostupné z: DOI: [10.7748/ns.2017.e10708](https://doi.org/10.7748/ns.2017.e10708)

McKINNEY, B. et al. 2018. *Acute exertional compartment syndrome with rhabdomyolysis: case report and review od literature*. *American Journal od Case reports* [online]. 145-149 71 [cit. 2021-04-26] ISSN: 1941-5923 dostupné z: DOI: [10.12659/ajcr.907304](https://doi.org/10.12659/ajcr.907304)

MORTENSEN, S. J. et al. 2019. *Diagnostic modalities for acute compartment syndrome of the extremities a systematic review*. *JAMASurgery*[online]. 1 – 11 [cit. 2021-04-26] PMID: 31042278. Dostupné z: DOI: [10.1001/jamasurg.2019.1050](https://doi.org/10.1001/jamasurg.2019.1050)

SELLEI, M. R. et al. 2019. *Non-invasive measurement of muscule compartment elasticity in lower limbs to determine acute compartment syndrome: clinical results with pressure related ultrasound*. *Injury*[online]. 1-19 [cit. 2021-04-26] PMID: 31784057dostupné z:<https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.11.027>

SCHMIDT, A. H. et al. 2016. *Acute compartment syndrome*. *ScienceDirects* [online]. 1-9 [cit. 2021-04-26] PMID: 27241376. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2016.02.001>

SOLLA, F. et al. 2018. *Severe casualties from Bastille Day Attack in Nice, France*. European Journal of trauma surgery[online]. 1-8 [cit. 2021-04-26] PMID: 29318344. Dostupné z:<https://doi.org/10.1007/s00068-018-0901-3>

WALTERS, T. J. et al. 2019. *Noninvasive diagnostics for extremity compartment syndrome following traumatic injury: A state of the art review*. The journal of trauma and acute care surgery [online]. 59-66 [cit. 2021-04-26] PMID: 31246908. Dostupné z:<https://doi.org/10.1097/ta.0000000000002284>

Seznam zkratk

ALT	alaninaminotransferáza
AST	aminotransferáza
CT	computer tomography
cm	centimetr
EKG	elektrokardiografie
ICP	intracompartmental pressure
IU	měrná jednotka účinné látky
JIP	Jednotka intenzivní péče
KS	kompartment syndrom
ml	mililitr
mmHg	milimetr rtuťového sloupce
Např.	například
PPLL	pulsed phased locked loop
Spol.	společnost
tzv.	takzvaně
V. A. C.	vacuum assisted closure
VAS	vizuální analogová škála bolesti
%	procento