

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Bakalářská práce

2021

Martin Pustka

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Systematická rešerše vlivu síly dolních končetin a trupu
na aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

mjr. Mgr. Karel Sýkora, Ph.D.

vypracoval:

čet. Martin Pustka

Praha, 2021

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

podpis.....

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své bakalářské práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto bakalářskou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Děkuji za odborné vedení, připomínky a cenné rady při tvorbě bakalářské práce mjr. Mgr. Karlu Sýkorovi, Ph.D. Dále bych rád poděkoval spolužákům z Vojenského oboru za vzájemnou motivaci a podporu.

Abstrakt

Název: Systematická rešerše vlivu síly dolních končetin a trupu na aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží

Cíle: Na základě rešerše literatury zjistit, jaký je vztah mezi silou dolních končetin a trupu a mezi aerobním výkonem při pěších přesunech se zátěží. Popřípadě také zjistit vliv rozvoje silových schopností dolních končetin a trupu na aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží.

Metody: Předložená práce je zpracovávána formou systematické rešerše s korelačními prvky. Pro vyhledávání článků byla vybrána vědecká databáze *Web of Science*. Vyhledávání bylo provedeno pomocí vyhledávacího skriptu, který měl čtyři části. Poslední část vyhledávacího skriptu vygenerovala 44 článků. Poté probíhala analýza těchto článků a výběr studií podle předem stanovených kritérií. Z vygenerovaných 44 studií byly vybrány dvě, které splňovaly všechna kritéria. Dalších šest vybraných studií pak bylo vyhledáno nesystematickým způsobem. Celkem tedy bylo do rešerše zařazeno osm studií.

Závěr: Výsledky korelačních koeficientů mezi silou dolních končetin (DK) a trupu a mezi aerobním výkonem při nesené zátěži naznačovaly ve většině případech pozitivní vztah, byť hodnoty nebyly úplně výrazné. Zvýšení úrovně silových schopností DK a trupu se u většiny studií projevilo pozitivně v lepším výkonu při nesené zátěži v podobě času zvládnutí přesunu, nebo také ve fyziologické odezvě. Rozvoj síly DK a trupu má také pozitivní vliv na prevenci zranění, která by mohla značně negativně ovlivnit výkon při nesené zátěži. Důležitost síly DK a trupu pro aerobní výkon při nesené zátěži je tedy relativně vysoká a může se projevit v lepší fyziologické odezvě, ve vyšší rychlosti přesunu, lepším subj. vnímání zátěže a také ve vyšší odolnosti proti zranění. Pro přesnější vyhodnocení důležitosti jednotlivých typů silových schopností určitých svalových skupin pro aerobní výkon při nesené zátěži by bylo vhodné udělat další výzkum s lepším celkovým designem.

Klíčová slova: nesená zátěž, armáda, svalová síla, silový trénink, dolní končetiny, core

Abstract

Title: Systematic review of the influence of lower limbs and trunk strength on aerobic performance during loaded marching

Goals: On the basis of a literature review, find out what is the relationship between the lower limbs and trunk strength and between the aerobic performance during loaded marching. Alternatively, to determine the effect of the development of strength skills of the lower limbs and trunk on aerobic performance during loaded marching.

Method: The presented study is processed in the form of a systematic search with correlation elements. The Web of Science database was selected to search for articles. The search was performed using a search script that had four parts. The last part of the search script generated 44 articles. These articles were then analyzed and studies were selected according to predetermined criteria. From the 44 generated studies, two were selected that met all criteria. Another six selected studies were then sought in an unsystematic way. Thus, a total of eight studies were included in the search.

Conclusion: The results of the correlation coefficients between the lower limbs and trunk strength and between the aerobic performance during load marching indicated in most cases a positive relationship, although the values were not completely significant. The increase the level of strength abilities of the lower limbs and trunk in most studies had a positive effect on better performance with the load carried in the form of time to manage the march, or also in the physiological response. The development of strength also has a positive effect on the prevention of injuries that could significantly negatively affect the performance of the load carried. Thus, the importance of lower limbs and trunk strength for aerobic performance during loaded marching relatively high and may result in a better physiological response, a higher travel speed, a better subject perception of the load and also a higher resistance to injury. To more accurately evaluate the importance of individual types of strength capabilities of certain muscle groups for aerobic performance during loaded march, it would be appropriate to do further research with a better overall design.

Key words: load carriage, army, muscle strength, strength training, lower limbs, core

Obsah

Úvod.....	11
1 Služební tělesná výchova	12
1.1 Tělesná příprava.....	12
1.1.1 Základní tělesná příprava	12
1.1.2 Speciální tělesná příprava	13
2 Pěší přesuny se zátěží	15
2.1 Historický kontext.....	17
2.2 Nesená zátěž z anatomického hlediska	19
2.2.1 Chůze	19
2.2.2 Svalová aktivita.....	21
2.2.3 Zranění	28
3 Motorické schopnosti	34
3.1 Obecné a fyziologické základy	34
3.1.1 Svaly.....	34
3.2 Silové schopnosti	37
3.2.1 Diagnostika silových schopností.....	39
3.3 Vytrvalostní schopnosti.....	40
3.3.1 Diagnostika vytrvalostních schopností.....	41
4 Cíle, úkoly a metodika práce	43
4.1 Výzkumná otázka.....	43
4.2 Cíle.....	43
4.3 Úkoly.....	43
4.4 Metodika práce.....	43
4.4.1 Vyhledávání studií	44
4.4.2 Kritéria výběru	44
4.4.3 Výběr studií a zpracování dat.....	45
5 Vliv síly DK a trupu na aerobní výkon při nesené zátěži	46
5.1 Kontext dané problematiky	46
5.2 Vybrané studie	47
6 Diskuze.....	52
6.1 Vliv síly DK na aerobní výkon při nesené zátěži.....	52
6.2 Vliv síly trupu na aerobní výkon při nesené zátěži	54

6.3	Zranění	55
6.4	Limitace práce.....	56
7	Závěr.....	58
8	Literatura.....	59
8.1	Literární zdroje.....	59
8.2	Internetové zdroje obrázků.....	65
9	Seznam grafické dokumentace	66
9.1	Seznam obrázků	66
9.2	Seznam tabulek	66

Seznam zkratek a symbolů

Zkratka/symbol – význam

% – procento

AČR – Armáda České republiky

apod. – a podobně

ATP – adenosin trifosfát

BMI – body mass index

CP – kreatinfosfát

DK – dolní končetiny

ELI – extra load index (index nesené zátěže)

EMG – elektromyogram

ES – energetický systém

et al. – a další

EV – energetický výdej

h – hodina

HK – horní končetiny

HSS – hluboký stabilizační systém

IO – interval odpočinku

kap. – kapitola

kcal – kilokalorie

kg – kilogram

km – kilometr

LA – laktát

m – metr

m. – musculus

min – minuta

MT – mrtvý tah

n – množství subjektů

NV MO – Normativní výnos Ministerstva obrany

O₂ – kyslík

obr. – obrázek

PO – počet opakování

podkap. – podkapitola

RM – repetition maximum (opakovací maximum)

s – sekunda

SF – srdeční frekvence

subj. – subjektivní

tab. – tabulka

TJ – tréninková jednotka

tzv. – takzvaný

VO₂ – spotřeba kyslíku

VO₂max – maximální spotřeba kyslíku

Úvod

Vojáci při plnění svých služebních úkolů nemohou vždy z určitých důvodů využívat těžkou moderní techniku nebo dopravní prostředky, ale musí se spolehnout na svou fyzickou zdatnost. Musí být schopni překonávat krátké i dlouhé úseky, a to v případě různých průzkumných aktivit, patrol, aktivit určených pro špionážní účely nebo při přežívání. Při takových přesunech by byla celková hmotnost nesené zátěže nižší než 15 kg pravděpodobně jen ve výjimečných situacích. V krajních případech se celková hmotnost zátěže může pohybovat až okolo 60 kg. V takových podmínkách může v závislosti i na dalších faktorech (náročný terén, špatné počasí, nedostatek spánku, ...) docházet u některých vojáků k fyzickému vyčerpání a neschopnosti pokračovat v daném tempu při přesunu. V takovém případě nedostatečnou fyzickou připravenost jednoho vojáka odnáší celá četa (nebo družstvo, skupina, buddy, ...), která se musí přizpůsobit nejpomalejšímu.

Přesuny se zátěží už by tedy neměly být chápány jako čistě vytrvalostní disciplína, ale vzhledem k nesené zátěži by se mohlo hovořit o disciplíně silově – vytrvalostního charakteru. Pro zvýšení své fyzické zdatnosti při pěších přesunech se zátěží tak mohou vojáci využít kromě specifických nebo nespecifických vytrvalostních tréninků také velmi širokou škálu možností v tréninku silově – kondičním. Otázkou je, jak důležité jsou pro výkon v této specializaci silové schopnosti DK a trupu. Odpověď na položenou výzkumnou otázku by pak mohla pomoci při sestavování tréninkového programu, jehož cílem by bylo celkově zlepšit výkonnost vojáka při nesené zátěži.

Autor se minimálně jednou ročně účastní horských ultramaratonů na amatérské úrovni a zároveň se při vytrvalostním tréninku snaží udržet nebo i rozvíjet silové schopnosti. Několikaletá snaha autora vybalancovat rozvoj svých silových i vytrvalostních schopností tedy vedla k výběru tohoto tématu. Dále autora zajímá celková problematika pohybové všestrannosti.

1 Služební tělesná výchova

O zabezpečování tělesné připravenosti vojáků se stará Služební tělesná výchova, jejíž hlavními úkoly jsou dosahování a udržování optimální úrovně tělesné zdatnosti vojáků, dosahování stanovených výkonnostních požadavků, ovládnutí profesních pohybových dovedností a návyků vojáků k řádnému plnění úkolů po celou dobu jejich služebního poměru, zabezpečování pohybové aktivity a zvyšování odolnosti vojáků vůči psychickým zátěžím (NV MO č. 12/2011).

Služební tělesná výchova se dále dělí na:

Výběrovou tělesnou výchovu, která je dobrovolná a patří do ní různé soutěže, sportovní hry, přebory a další organizované tělovýchovně sportovní činnosti uskutečňující se nad rámec stanoveného času pro výcvik v tělesné přípravě (NV MO č. 12/2011).

Tělesnou přípravu, která je podrobněji dále rozvedena v nadcházející podkapitole (*podkap. 1.1*).

1.1 Tělesná příprava

Tělesná příprava je povinnou částí Služební tělesné výchovy a uskutečňuje se v rozsahu nejméně 4 h týdně (u vojenských letců a vojenského obsluhujícího personálu nejméně 6 h týdně) v průběhu výcviku vojáků podle jejich služebního zařazení. Tělesná příprava v Armádě České republiky (AČR) se dále dělí na základní a speciální tělesnou přípravu (NV MO č. 12/2011).

1.1.1 Základní tělesná příprava

„Základní tělesná příprava se zaměřuje na cílevědomé utváření všeobecného pohybového a výkonnostního minima pro další rozvoj tělesné připravenosti vojáků. Navazuje na úroveň jejich tělesné výkonnosti a pohybových dovedností, které získali před povoláním do služebního poměru.“ (NV MO č. 12/2011)

Výcvik v základní tělesné výchově se podobá nebo shoduje se sportovním tréninkem a tělesnou výchovou. Jeho obsahem je rozvoj pohybových schopností a osvojování pohybových dovedností obecného základu tělovýchovných činností (NV MO č. 12/2011).

Např.:

- běhy,
- skoky,
- plavecké dovednosti,
- rozvoj silových nebo vytrvalostních schopností,
- sportovní hry (fotbal, nohejbal, ...),
- individuální sporty (lyžování, úpoly, ...),
- základní gymnastické dovednosti (NV MO č. 12/2011).

1.1.2 Speciální tělesná příprava

„Speciální tělesná příprava se zaměřuje na cílevědomé vytváření tělesné a psychické připravenosti vojáků k plnění pohybově specializovaných úkolů ve vztahu k systemizovanému místu, na kterém jsou služebně zařazeni nebo pro které se připravují”.
(NV MO č. 12/2011)

Výcvik speciální tělesné přípravy probíhá z pravidla v terénu a v polním stejnokroji. Obsahem jsou speciální tělesná cvičení, zaměřující se na zvládnutí techniky pohybů, získávání dovedností a návyků, rozvíjení pohybových schopností a všestranné odolnosti (NV MO č. 12/2011).

Členění speciální tělesné přípravy:

- překonávání překážek,
- házení,
- přesuny,
- boj z blízka,
- vojenské lezení,
- vojenské plavání,
- základy přežití,
- vojenský víceboj (NV MO č. 12/2011).

Přesuny

„Cílem výcviku v přesunech je připravit jednotlivce, účelově vytvářené skupiny nebo složky organizačního celku ke zvládnutí přesunu na větší vzdálenost bez použití dopravních prostředků a k překonávání krátkých i dlouhých úseků v obtížném terénu.“
(NV MO č. 12/2011)

Přesuny se z pravidla organizují ve skupinách v terénu mimo frekventované pozemní komunikace. Součástí výcviku přesunů jsou následující činnosti: orientace podle mapy nebo pomocí navigačních přístrojů, součinnost ve složce organizačního celku, seznámení se s nebezpečím při pohybu v terénu, základy záchranných činností a vzájemná pomoc příslušníků složky organizačního celku. Přesuny se dále dělí na pěší přesuny, přesuny na ledu a sněhu a na přesuny na vodě a v bažinách. Do pěších přesunů se řadí chůze a běh bez nesené zátěže, přesuny s odlehčenou zátěží a přesuny s nesenou zátěží, kterých se týká tato práce (NV MO č. 12/2011).

2 Pěší přesuny se zátěží

Nesenou zátěží se v zahraničí zabývají nejvíce J. Knapik a K. Reynolds (1997), kteří udělali komplexní rešerši na tuto problematiku. Dalšími autory věnujícími se tomuto tématu jsou např. Haisman (2007), Godhe et al. (2020), Deuster et al. (1997) a několik dalších autorů, ze kterých se v této kapitole také vychází. V Česku se věnovali nesené zátěži např. J. Kopřiva, L. Částka nebo M. Vágner, ale ti řešili spíše fyziologické nebo biomechanické aspekty než důležitost silového tréninku a silových schopností.

Pěší přesuny se zátěží patří mezi pohybovou aktivitu, u které hraje roli hned několik faktorů. Boffey et al. (2019) ve své studii zmiňují, že hlavní faktory ovlivňující výkon a energetický výdej (EV) při přesunech se zátěží jsou rychlost pohybu, hmotnost nesené zátěže, oblečení a extrémní enviromentální podmínky. Dále zmiňují, že kritickým aspektem je zvolit vhodnou kombinaci rychlosti pohybu a hmotnosti nesené zátěže. Godhe et al. (2020) uvádí, že dominantními faktory jsou tělesné složení (bez ohledu na pohlaví) a zkušenost se přesuny s těžkou zátěží (při studii byla nesená 20, 35 a 50kg zátěž). Knapik a Reynolds (1997) tvrdí, že to, jakým způsobem je nesená zátěž, ovlivňuje mechaniku pohybu a také EV. Existuje několik způsobů nesení zátěže. Zvolený způsob závisí na vlastnostech zátěže (velikost, hmotnost, tvar, ...), ale také na vzdálenosti přesunu, předchozí zkušenosti nebo dostupném vybavení vojáka. Nejefektivnějším způsobem, co se týče výdeje energie, je nesení zátěže na hlavě, nicméně tento způsob není pro potřeby vojenských operací praktický, protože vyžaduje mnoho tréninku a nedá se s ním překonávat překážky. Dále zmiňují, že praktičtější je nesení zátěže co nejbližší těžiště těla. V tomto ohledu je nejvhodnější nesení batohu nebo dvojitého batohu (viz *obr. 1*). Batoh na zádech je univerzálnější pro vojenské operace, ale zatěžuje páteř a jen při stožení na místě ovlivňuje postoj a jeho náklon. Dvojitý batoh, sice méně negativně odchyluje mechaniku chůze od normálu, ale může způsobit zhoršování dýchání a vyšší přehřívání těla. Využívají ho především medicí, kteří nosí brašnu první pomoci na přední části těla. Závěry studie, která se zabývala stabilitou a funkcí svalů při nerovnoměrném rozložení nesené zátěže, poukazují na to, že je důležitým faktorem také rozložení zátěže (Park et al., 2013). V následujícím obrázku jsou zobrazeny i další způsoby nesení zátěže. Většina z nich je však pro vojenské pěší přesuny nepraktická.



Obrázek 1: Příklady způsobů nesení zátěže (Knapik a Reynolds, 1997)

Dalším faktorem, který ovlivňuje EV, je typ terénu. Zatímco přesuny prováděné na polní cestě zvyšují EV o 8 %, přesuny přes lehké křoví až o 24 %. Vyšší a silnější křoví, u kterého je potřeba více zvedat nohy a pomáhat si rukama, vyžaduje až o 60 % vyšší EV. Při chůzi po písku nebo v bažině dochází, až ke dvojnásobnému EV. Ve sněhu může voják spotřebovat 3–4x více energie (záleží na typu a hloubce sněhu) (Knapik a Reynolds, 1997).

Deuster et al. (1997) ve svém průvodci fyzické přípravy Navy SEAL říkají, že k udržení připravenosti u nesení zátěže je nutné dodržet v optimální úrovni tyto faktory:

- Fyzické a enviromentální faktory – hmotnost těla a zátěže, biomechanika pohybu, tempo přesunu, hydratace, enviromentální podmínky, nedostatek spánku a oblečení.
- Fyzický trénink – zde zmiňují, že je důležité začlenit do tréninku sílu, rychlost a vytrvalost. Specifičtěji dělí fyzickou přípravu pro nesenou zátěž na různé pochody se zátěží, odporový trénink a na aerobní a anaerobní trénink.
- Optimalizace nesení zátěže – zde zmiňují několik zásad, které by se měly dodržovat pro úsporu energie a udržení komfortu. Mezi tyto zásady patří např.: zátěž by měla být blízko těžiště těla, pohyb ramen by neměl být omezen vestou nebo batohem a také by měl být využit bederní pás batohu pro rozprostření váhy zátěže.
- Běžné zdravotní podmínky – zde uvádějí, že je možné prevencí snížit frekvenci běžných zranění a jiných zdravotních problémů, jako jsou puchýře, dehydratace, nebo bolesti kolen.

Haisman (2007) rozdělil faktory výkonu při nesené zátěži následovně:

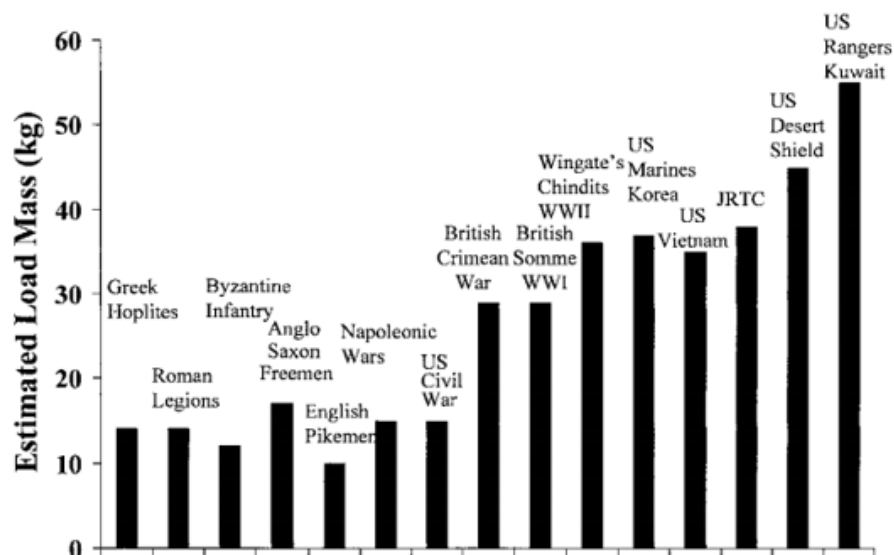
- nesená zátěž (její hmotnost, rozměry a umístění),
- fyziologické předpoklady (maximální spotřeba kyslíku – $VO_2\text{max}$, anaerobní práh, svalová síla, tělesná kompozice, pohlaví, věk, subjektivní vnímání zátěže),
- tělesné předpoklady (tělesná hmotnost, antropometrické rozměry),
- environmentální faktory (počasí, terén, sklon),
- další faktory (nedostatek spánku, oblečení).

Na základě závěrů výše zmíněných autorů můžeme s jistotou říct, že silové schopnosti jsou jedním z aspektů, který by se neměl opomíjet při přípravě na pěší přesun se zátěží.

2.1 Historický kontext

Hmotnost zátěže při přesunech byla v armádách do 18. století jen zřídka vyšší než 15 kg. Pro nesení extra vybavení využívali vojáci pomocné transportní prostředky, jako byli pomocníci, koně, táboroví přívrženci nebo pomocné vozy. Ve starověku řečtí vojáci, kteří se museli bránit před Hoplity, nenesli téměř žádnou zátěž z důvodu vyšší hbitosti. Vojáci si tehdy vystačili pouze s mečem, oštěpem a dřevěným štítem, zatímco Hoplité měli navíc brnění a přilby, a hmotnost jejich zátěže se pohybovala kolem 37 kg. Zmiňovaní Hoplité využívali pro nesení jejich zásob a vybavení nevolníky. V 17. století Gustavus Adolphus švédským vojákům odlehčil nesenou zátěž tím, že jim odebral brnění a zkrátil zbraně. V římských legiích se využívaly pomocné vozy. Armády Olivera Cromwella využívaly pro transport nosiče tzv. pack boys. Napoleon využíval pomocné vozy vždy, když byla možnost zmírnit zátěž pochoduujících vojáků. Dále byli v několika válkách využíváni také táboroví přívrženci. Po 18. století se už pomocná transportní síla přestávala využívat a vojska vyžadovala, aby si voják nesl svůj materiál sám (Knapik, Reynolds, 1997).

Následující graf (*obr. 2*) poukazuje na postupné zvyšování nesené zátěže v různých armádách během různých historických válečných konfliktů. Boffey et al. (2019) zmiňuje, že lineární nárůst hmotnosti nesené zátěže napříč historií je zřejmý, protože docházelo k obětem a neefektivnosti během operací z důvodu špatného uspořádání a nesení věcí do boje.



Obrázek 2: Hmotnost zátěže u různých vojsk (Knapik a Reynolds, 1997)

JRTC – Joint readiness training centre (US. military)

Zde je nutno zmínit, že postupné zvyšování hmotnosti zátěže reflektuje postupné zvyšování průměrné tělesné hmotnosti, výšky a body mass indexu (BMI) člověka (vojáka) v průběhu historie. Během občanské války v roce 1864 byl průměr tělesné výšky vojáků americké armády 171 cm a tělesné hmotnosti 64 kg, zatímco v roce 2005 byla průměrná výška vojáků 178 cm a hmotnost 83 kg. Průměrný BMI byl z 21.9 zvýšen na 26.2 (Boffey et al., 2019). Dále je třeba zmínit rozličnost výcviku, stravovacích standardů a dalších podmínek výše uvedených vojsk.

Britští vojáci při Búrských válkách v 19. a na počátku 20. století měli pouze zbraně, munici, vodu a chleba. Celková jejich zátěž se tak pohybovala kolem 11 kg. Na základě studií bylo v roce 1895 zjištěno, že v případě chladného počasí jsou schopni vojáci nést 24 km zátěž o hmotnosti 24 kg. V případě vysokých teplot tyto parametry způsobily vojákům problémy, ze kterých se museli jeden den zotavovat. *The Hygiene Advisory Board of the British Army* v roce 1920 doporučila, aby vojáci při přesunech nenesli více než 20 kg, nebo více než jednu třetinu své váhy (Knapik a Reynolds, 1997). V roce 1944 američtí výsadkáři měli s sebou při bitvě o Normandii zátěž o hmotnosti přibližně 36 kg, s tím, že se byli připraveni rychle zbavit věcí, které nepovažovali za nutně potřebné. Na základě studií prováděných v letech 1948–1950 se zjistilo, že by voják při přesunech neměl mít vyšší EV než 3680 kcal za den. Americké armádě bylo doporučeno, aby v případě střelců byla nejvyšší hmotnost jejich nesené zátěže maximálně 18 kg. Jako hmotnost nejvyšší možné nesené zátěže bylo doporučeno 25 kg. Přibližně o deset

let později *US Army Infantry Combat Developments Agency* doporučila, aby bojovníci vojáci měli 18kg zátěž nebo zátěž těžkou jako 30 % jejich tělesné hmotnosti a pochodující vojáci 25kg zátěž nebo 45 % jejich hmotnosti. Současné doktríny americké armády doporučují 22kg (nebo 30 % tělesné hmotnosti) zátěž pro bojovníci vojáky a 33kg (nebo 45 % tělesné hmotnosti) zátěž pro přesuny (Knapik a Reynolds, 1997).

2.2 Nesená zátěž z anatomického hlediska

Pěší přesuny se zátěží jsou v určitých směrech specifickou pohybovou dovedností, ale samotný pohyb vychází z chůze, a proto se následující podkapitoly nevěnují pouze nesené zátěži, ale také základům chůze a aktivitě svalů při chůzi i bez nesené zátěže. Dále je zaměřena pozornost na aktivitu svalů v různých sklonech a s různou zátěží a také na svaly, u kterých často dochází ke zranění nebo jsou příčinou zranění.

2.2.1 Chůze

Chůzi můžeme charakterizovat jako činnost sloužící především k pohybu z místa na místo a tvoří tak součást každodenního života. Larsen (2005) dokonce tvrdí, že je chůze nejlepší lék v kontextu civilizačních chorob. Veselý (2007) uvádí, že chůze člověka je založena na neustálém vyrovnávání volného pádu těla směrem v pohybu jeho chůze. Aby nedošlo k upadnutí, musí se tomu zabránit nakročením jedné nohy. Dále popisuje, že natažením nohy a s využitím váhy trupu ve volném pádu dochází k přenosu celé váhy těla dopředu do takové úrovně, že noha zůstane vzadu za úrovní trupu, a protože volný pád trvá, musí reagovat druhá noha. Ekka (2018) uvádí, že celkový mechanismus chůze funguje vlivem vnějších sil (setrvačnost, pozemní reakční síla, zrychlení) a vnitřních sil (svalové kontrakce). Měkota a Cuberek (2007) definují chůzi jako „*cyklický lokomoční akt, při němž se střídá fáze jednooporová s fází dvojí opory, která je krátká (asi 0,07 sekundy) a prodlužuje se při chůzi do svahu*”.

Dále je důležité zmínit krokový cyklus (dvojkrok). Ten začíná ve chvíli, kdy se pata jedné nohy dostane do kontaktu se zemí a končí v momentu, kdy se stejná pata stejné nohy opět dostane do kontaktu se zemí (viz *obr. 3*) (Ekka, 2016). Dungl (1989) charakterizuje chůzi a její cykly podobně jako výše zmínění autoři a ještě dodává, že je chůze „*charakterizována tím, že po celou dobu dopředného pohybu je tělo v kontaktu s podložkou a při střídání nohou je hmotnost po část cyklu přenášena oběma chodidly*”.

Obecně se dá krokový cyklus rozdělit do dvou fází:

1. Stojná (stance) – dochází ke kontaktu kročné (v případě níže uvedeného obrázku pravé – *obr. 3*) nohy se zemí. Tato fáze tvoří 60 % cyklu.
2. Švihová (swing) – tato fáze se dá charakterizovat jako interval, kdy u (v našem případě) pravé nohy dochází ke kyvadlovému pohybu směrem vpřed a noha není v kontaktu se zemí. Tato fáze tvoří 40 % cyklu. (Ekka, 2016)

Podle Velého (2006) se dá chůze rozdělit do tří fází:

1. Švihová – dolní končetina postupuje vpřed bez kontaktu s opornou bází.
2. Oporná – dolní končetina je po celou dobu ve styku s opornou bází.
3. Fáze dvojí opory – DK jsou zároveň ve styku s opornou bází.

V principu se u obou autorů jedná o totéž, akorát tento cyklus každý pojmenoval a rozdělil trochu jinak. Tyto fáze cyklu se dají rozdělit ještě do subfází, přičemž u jednotlivých subfází dochází ke kontrakci různých svalů (Ekka 2018). Ty jsou podrobněji ukázány v následující podkapitole (*podkap. 2.2.2*).



Obrázek 3: Krokový cyklus (www.tekscan.com)

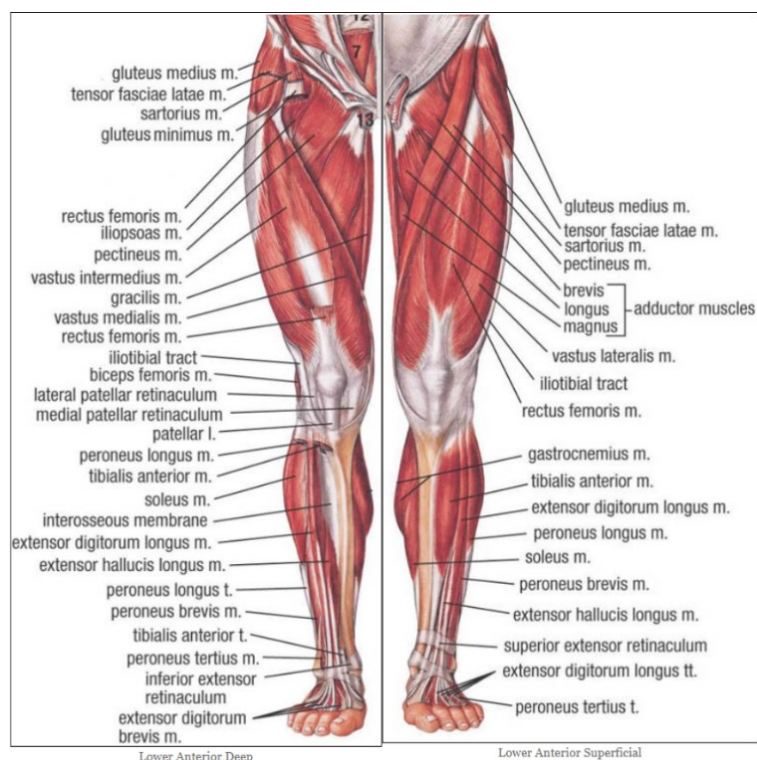
2.2.2 Svalová aktivita

Svaly dolních končetin

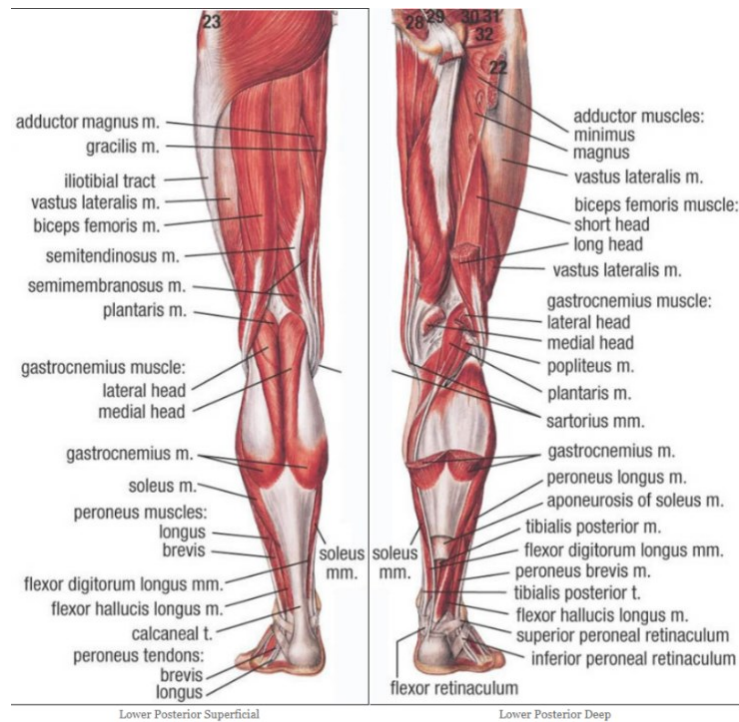
Hlavní funkcí svalů DK je zabezpečení chůze a stoje (Hudák a Kachlík et al., 2013). Dají se rozdělit do 4 skupin:

- svaly kyčelního kloubu – přední a zadní skupina,
- svaly stehna – přední, mediální a zadní skupina,
- svaly bérce – přední a zadní skupina,
- svaly nohy – svaly nohy, respektive chodidla umožňují při došlápnutí pružnost k pohlcení nárazu (Hudák a Kachlík et al., 2013). Pro potřeby silového tréninku není však nutné znát jednotlivé svaly nohy, ale můžeme je brát jako jeden celek.

Dále se svaly DK dělí na povrchovou a hlubokou vrstvu (Hudák a Kachlík et al., 2013). Jednotlivé svaly DK jsou ilustrovány na následujících obrázcích (*obr. 4, obr. 5*), které znázorňují svaly povrchové i hluboké:

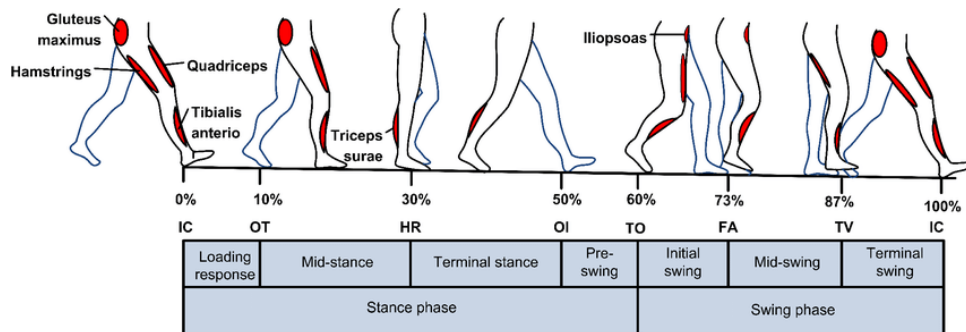


Obrázek 4: Svaly DK – pohled zepředu (*paulcrane-sportsmassagetherapy.weebly.com*)



Obrázek 5: Svaly DK – pohled zezadu (paulcrane–sportsmassagetherapy.weebly.com)

Na níže uvedeném obrázku (obr. 6) je znázorněna aktivita hlavních svalů účastnících se daného pohybu (při chůzi po pevné rovině). Můžeme zde vidět i rozdělení cyklu podle Ekka (2016) a zároveň podle Velého (2006). Obdobně uvádí aktivitu svalů u jednotlivých subfází i Ekka (2018).



Obrázek 6: Aktivita svalů během krokového cyklu (google.com – obrázky – ResearchGate.com)

Autoři se shodují, že při chůzi po rovině dochází k flexi a extenzi ve všech třech kloubech DK a tím pádem se střídá i činnost flexorů a extenzorů. Jedná se tedy především o souhru antagonistů a agonistů dolních končetin v závislosti na jednotlivých subfázích chodeckého cyklu, kdy se mění i rozsahy ve všech kloubech dolních končetin. Při chůzi po rovině je zapojeno kolem dvou třetin svalů celého těla (Měkota a Cuberek, 2007). S nesenou zátěží a v různých sklonech to může být pravděpodobně ještě více. Richter a Hebgen (2011) sice tvrdí, že se informace od různých autorů o podrobném

zatížení jednotlivých svalů při chůzi značně liší a že je třeba některé klouby stabilizovat v několika rovinách. Spory se už však nevedou v zatížení svalových skupin a autoři se shodují, že při chůzi vykonávají daný pohyb především flexory a extenzory jednotlivých kloubů DK a také abduktory a adduktory kyčelního kloubu (Velé, 2006; Richter a Hebgen 2011; Liu et al., 2020). Hlavními svalovými skupinami jsou pak tedy svaly musculus (m.) gluteus, svaly m. quadriceps, svaly hamstringů, svaly m. triceps surae, svaly m. iliopsoas a dorzální flexory kotníku (hlavně m. tibialis anterior) (Ekka, 2018; Al-Shuka et al., 2019).

Značný rozdíl aktivity jednotlivých svalů nastává při měnících se sklonech. Autoři Redfern a Dipasquale (1997), Lay et al. (2006), Alexander a Schwameder (2016c) v Hu et al. (2020) se shodují, že při měnících se sklonech dochází k většímu zatížení všech třech kloubů DK než při chůzi po rovině. Při chůzi do svahu dochází také k větší flexi i extenzi ve všech třech kloubech DK (Lay et al., 2006; Dewolf et al., 2018 v Hu et al., 2020). Velé (2006) tvrdí, že hlavní svaly zúčastňující se při chůzi do svahu jsou m. gluteus maximus, m. gluteus medius, m. quadriceps femoris, m. soleus, m. tibialis anterior a flexory kolene. To potvrzují i závěry a výsledky studií od Wall–Scheffler et al. (2020), Alexander a Schwameder (2016) a Arumuganainar (2018). Při chůzi ze svahu dochází k negativní práci svalů oporné nohy. V porovnání s chůzí po rovině jsou zatíženy více především flexory kolena, m. quadriceps femoris, m. soleus, m. gluteus medius. (Velé, 2006; Hu et al., 2020; Alexander a Schwameder, 2016). Největší nároky jsou pak kladeny na svaly quadricepsu, především na m. rectus femoris (Hu et al., 2020).

V případě nesené zátěže se celkově zvyšují nároky na zmíněné svaly a také klouby DK. Velké zátěži pak musí odolávat nebo ji překonávat např. vzpřimovače trupu, m. gluteus maximus nebo m. gastrocnemicus při nesení zátěže do svahu, anebo extenzory kolene při nesení zátěže ze svahu (Paul et al., 2016; Nuckols et al., 2020; Liu et al., 2020). Je nutno také zmínit, že aktivita svalů při pěších přesunech není vždy stejná. Podle Velého (2006) nebo Knapika a Reynoldse (1997) ovlivňuje chůzi jak kvalita opory, tak i odpor prostředí. Je tedy rozdíl, zda se jde po zledovatělé ploše, nepevném terénu, proti větru nebo ve vodě. A od těchto podmínek se samozřejmě bude odvíjet i míra zapojení jednotlivých svalů a zatížení kloubů.

Svaly zajišťují především pohyb v kloubech. V následujících tabulkách (tab. 1, tab. 2) jsou uvedeny svaly potřebné k danému pohybu v kyčli, kolenu a kotníku.

Tabulka 1: Svaly zajišťující pohyb v kyčelním kloubu (Memorix anatomie, 2013)

Articulatio coxae – Kyčelní kloub					
flexe	extenze	abdukce	addukce	vnitřní rotace	vnější rotace
m. iliopsoas	m. gluteus maximus	m. iliopsoas	m. gluteus maximus	m. gluteus medius (přední snopce)	m. iliopsoas
m. gluteus medius (přední snopce)	m. gluteus medius (zadní snopce)	m. gluteus maximus	m. gracilis	m. gluteus minimus (přední snopce)	m. gluteus maximus
m. gluteus minimus (přední snopce)	m. gluteus minimus (zadní snopce)	m. gluteus medius (střední snopce)	m. pectineus	m. tensor fasciae latae	m. gluteus medius (zadní snopce)
m. tensor fasciae latae	m. adductor magnus (extenzorová část)	m. gluteus minimus (střední snopce)	m. adductor brevis	m. semitendinosus	m. gluteus minimus (zadní snopce)
m. sartorius	m. biceps femoris	m. tensor fasciae latae	m. adductor longus	m. semimembranosus	m. piriformis (v extenzi kyčle)
m. quadriceps femoris (m. rectus femoris)	m. semitendinosus	m. piriformis (ve flexi kyčle)	m. adductor magnus (adduktorová část)	m. adductor magnus (extenzorová část)	m. gemellus superior (u extenzovaného stehna)
m. pectineus	m. semimembranosus	m. gemellus superior (u flektovaného stehna)			m. obturatorius internus (u extenzovaného stehna)
m. adductor brevis		m. obturatorius internus (u flektovaného stehna)			m. gemellus inferior (u extenzovaného stehna)
m. adductor longus		m. gemellus inferior (u flektovaného stehna)			m. quadratus femoris
m. adductor magnus (adduktorová část)		m. sartorius			m. sartorius
					m. pectineus
					m. adductor brevis
					m. adductor longus
					m. biceps femoris

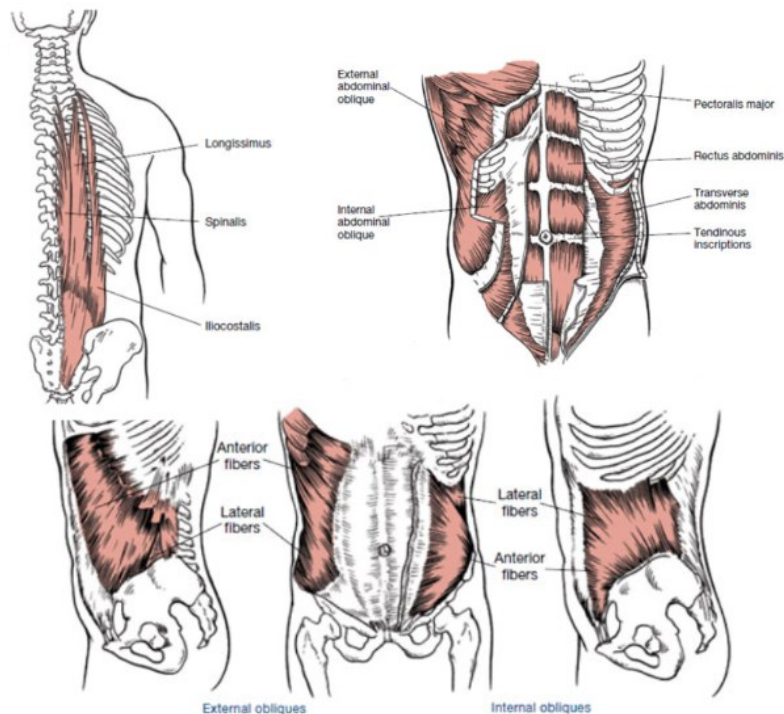
Tabulka 2: Svaly zajišťující pohyb v kolenním a hlezenním kloubu (Memorix anatomie, 2013)

Articulatio genus – Kolenní kloub			
flexe	extenze	vnitřní rotace (při flektovaném bérce)	vnější rotace (při flektovaném bérce)
m. sartorius	m. quadriceps femoris	m. sartorius	m. biceps femoris
m. gracilis	m. gluteus maximus	m. gracilis	
m. biceps femoris	m. tensor fasciae latae	m. semitendinosus	
m. semitendinosus		m. semimembranosus	
m. semimembranosus		m. popliteus	
m. triceps surae (m. gastrocnemius)			
m. popliteus			

Articulatio talocruralis – Hlezenní kloub (a přidružené klouby nohy)			
flexe (plantární flexe)	extenze (dorzální flexe)	inverze	everze
m. fibularis longus	m. tibialis anterior	m. tibialis anterior	m. fibularis longus
m. fibularis brevis	m. extensor digitorum longus	m. tibialis posterior	m. fibularis brevis
m. triceps surae	m. extensor hallucis longus	m. flexor digitorum longus	m. extensor digitorum longus
m. tibialis posterior		m. flexor hallucis longus	
m. flexor digitorum longus		m. triceps surae	
m. flexor hallucis longus			

Svaly středu těla (trupu)

Hluboký stabilizační systém (HSS) neboli CORE (svaly středu těla) je důležitý pro zpevnění páteře při statickém i dynamickém zatížení a podporuje vzpřímené držení páteře. Využíváme ho každý den pro každý pohyb a udržení stability. Svaly HSS pracují nepřetržitě a automaticky bez našeho ovlivnění a uvědomění. Mezi svaly HSS (téměř všechny na *obr. 7*) můžeme podle Jarkovské a Jarkovské (2016) zařadit svaly břišní, vzpřimovače páteře, svaly hýždě, krátké svaly na zadní straně trupu mezi příčnými obratli, bránici, svaly pánevního dna, čtyřhlavý sval bederní, a bedrokyčlostehenní sval (m. iliopsoas) a podle Sapsforda (2004) jsou tyto svaly na sobě vzájemně závislé. Kolář ve Stackeová (2012) zmiňuje, že se jedná o svalovou souhru, která zajišťuje stabilizaci páteře během našich pohybů. Doležal a Jebavý (2013) tvrdí, že CORE bychom neměli chápat jako výčet jednotlivých svalů, ale především funkcí. Pevný střed těla tvoří podle zmíněných autorů základ pro jakýkoliv zdravý a účinný pohyb. Sharkey a Gaskill (2006) uvádí, že je stabilita trupu spojena se silou, koordinací, dynamickou rovnováhou a vyrovnaností svalových skupin trupu. Na následujícím obrázku (*obr. 7*) jsou ukázány hlavní svaly středu těla.

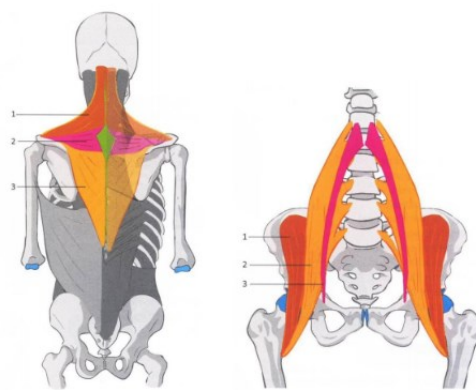


Obrázek 7: Svaly – CORE (acefitness.org)

Hudák a Kachlík et al. (2013) tvrdí, že důležitým svalem při chůzi i běhu je m. rectus abdominis, který „je synergistou a stabilizačním svalem pro musculus iliopsoas. Při chůzi z kopce nebo ze schodů je důležitá excentrická schopnost svalu (brzdit pohyb)”. Svaly m. iliopsoas (m. psoas minor, m. psoas major, m. iliacus – viz obr. 8) jsou pokládány za posturální a díky svým úponům a svému průběhu mohou koordinovat polohu kyčle, pánve a páteře (Richter a Hebgen, 2011). Podle Basmajiana v Richter a Hebgen (2011) jsou svaly m. iliopsoas z hlediska statiky nejdůležitější svaly v celém těle a jsou schopny akomodovat páteř i pánev v sagitální a ve frontální rovině.

Dále Hudák a Kachlík et al. (2013) uvádí, že m. trapezius je svalem, který se často přetíží při nošení břemen z důvodu zvedání ramen. Fitarelli et al. (2020) tvrdí, že oslabené svaly středu těla mohou zapříčinit různá zranění a podle Leetun et al. (2004) má jejich stabilita důležitou roli při prevenci zranění. Akuthota et al. (2007) také tvrdí, že by mohl CORE trénink sloužit jako prevence zranění. Podle Dimon (2008) dochází také z důvodu napětí a špatnému držení těla k přetěžování hlavního dýchacího svalu (bránice). Kolář ve Stacekeová (2012) tvrdí, že se „nejčastěji objevují poruchy ve smyslu oslabení přední stabilizace páteře a zvýšené aktivity povrchových svalů zádoových”. Stabilitou těla při chůzi se zabýval Van den Hoorn et al. (2015), který ve své studii zkoumal vliv bolesti lýtkového svalu a bederních svalů na stabilitu chůze. Výsledky této studie ukázaly, že bolest bederních svalů prodlužuje švihovou fázi nohy a při bolestech lýtkových svalů dochází k celkově horší stabilitě u chůze.

Při chůzi tak svaly HSS plní nezbytnou funkci ke správnému pohybu a stabilitě těla. Nároky se na ně pochopitelně budou zvyšovat při nesené zátěži, anebo při chůzi ze svahu, kdy je celkový výkon pravděpodobně mnohem více podmíněn funkcí posturální než kardiovaskulární. V následujících ilustracích (obr. 8) jsou samostatně zobrazeny svaly m. iliopsoas a m. trapezius.



Obrázek 8: Svaly *m. trapezius* (vlevo) a *m. iliopsoas* (vpravo) (Memorix anatomie, 2013)

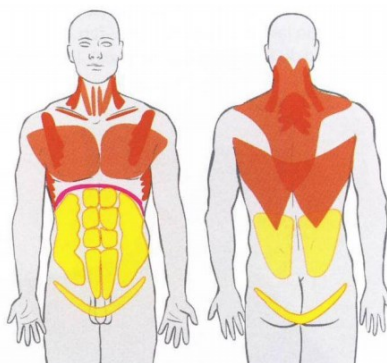
m. trapezius (1 – sestupná část, 2 – příčná část, 3 – vzestupná část),

m. iliopsoas (1 – *m. iliacus*, 2 – *m. psoas major*, 3 – *m. psoas minor*)

Dýchací svaly

Podle výsledků studie od Armstronga et al. (2019) ovlivňuje hmotnost zátěže také mimo jiné i efektivní dýchací vzorce a způsobuje vyšší únavu dýchacích svalů a expirační limitace. Okrajově jsou zde také zmíněny i dýchací a pomocné dýchací svaly, jejichž trénink může podle metaanalýzy od Hajghanbari et al. (2013) zlepšit sportovní výkon.

Dýchací svaly můžeme rozdělit na expirační (výdechové) a inspirační (nádechové). Hlavním svaem při nádechu je bránice. Mezi pomocné inspirační svaly patří svaly na krku, svaly na hrudníku (prsí a mezižeberní) a svaly na zádech. Výdech probíhá pasivně, ale při aktivním usilovném výdechu jsou zatěžovány všechny břišní svaly a svaly pánevního dna. Následující obrázek (*obr. 9*) znázorňuje dýchací a pomocné dýchací svaly (Hudák a Kachlík et al., 2013).



Obrázek 9: Dýchací a pomocné dýchací svaly (Memorix anatomie, 2013)

růžová – bránice (hlavní inspirační sval), červená – pomocné inspirační svaly, žlutá – expirační svaly

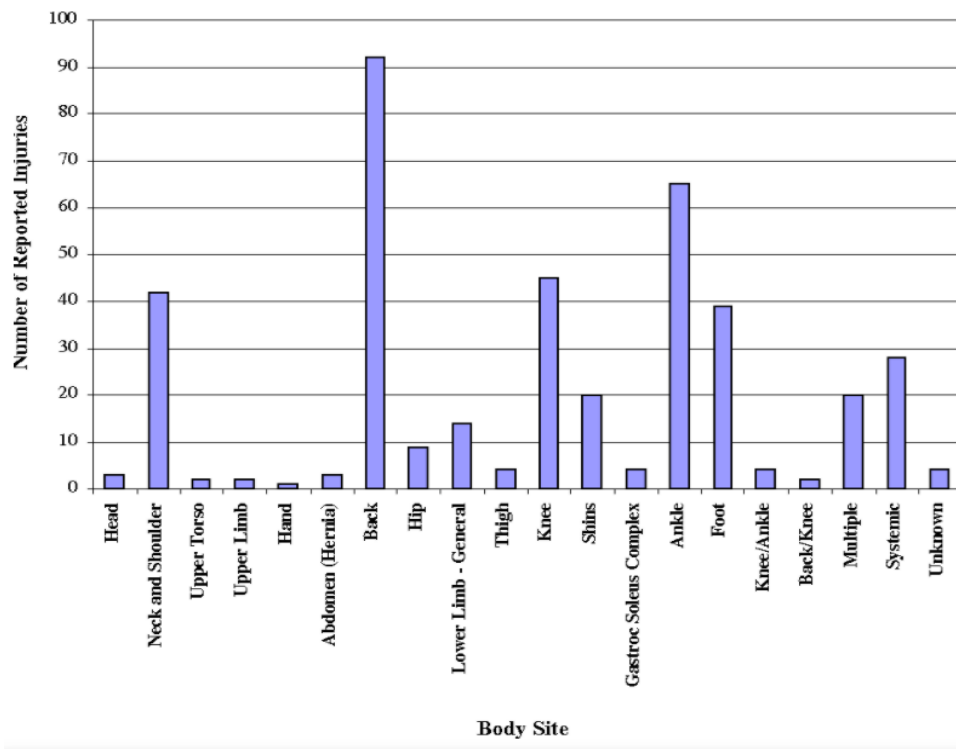
2.2.3 Zranění

Zranění, které je způsobeno při nesení zátěže, může nepříznivě ovlivnit pohyb vojáka, a tak i snížit efektivitu celé jednotky. Mezi nejčastější zdravotní problémy patří především puchýře na chodidlech, problémy se zády a metatarzalgie. Méně početná zranění při přesunech jsou bolesti kolen, podvrtnutí kotníku, bolesti svalů nebo pohmožděnin (Knapik a Reynolds, 1997). Orr et al. (2014) uvádí, že problémy spojené s dolními končetinami jsou nejčastějšími problémy spojenými s přesuny se zátěží. Mezi obvyklé zranění patří puchýře, únavové zlomeniny, bolesti kolen a chodidel a neuropatické problémy. Dále zmiňuje, že jsou běžné také neuropatické problémy ramen a zranění v bederní oblasti. Deuster et al. (1997) uvádí stejné zranění jako ostatní výše zmínění autoři a dodává, že častým zdravotním problémem je také dehydratace.

Orr et al. (2015) provedl zajímavou studii, kde nashromáždil všechny záznamy zranění, které se staly v událostech obsahující nesení zátěže u australských vojáků za dva roky. Celkem bylo zaznamenáno 404 zranění spojených s nesenou zátěží, což bylo 8 % z celkového množství zranění australských vojáků za dané období. Na následujícím grafu (*obr. 10*) je znázorněna míra zranění jednotlivých částí těla. Nejvíce zastoupeno je zranění zad a kloubů. Nutno zmínit, že vysoká zátěž by neměla znamenat rovnou poškození klouby. Veselý (2007) tvrdí, že klouby snesou daleko vyšší zatížení než 20 kg navíc a dává tento fakt do kontextu s himalájskými nosiči, kteří se živí nošením těžkých břemen a s klouby nemají problémy.

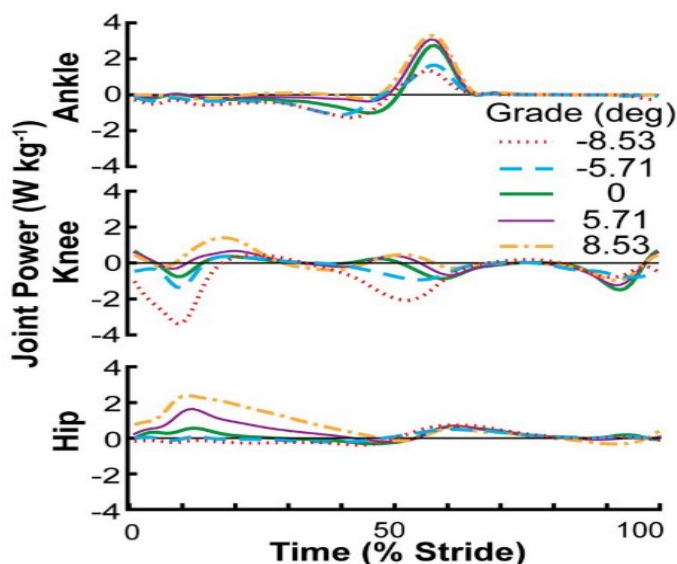
Attwells et al. (2006) zjišťovali ve svém výzkumu vliv nesené zátěže na držení těla a mechaniku chůze. Pozornost byla zaměřena na DK a trup, přičemž se pozorovaly různé změny těchto oblastí při odlišných hmotnostech zátěže. Výzkumným souborem této studie bylo 20 vojáků, jejichž úkolem bylo chodit svým tempem s hmotností zátěže 8, 16, 40 a 50 kg. Pro analýzu pohybu byl využit *3D motion analysis system*. Výsledky ukázaly, že při zvyšované zátěži se zvyšoval rozsah pohybu v kolenou a trup byl se zvyšovanou zátěží více nakloněn dopředu. Dalším výsledkem bylo snížení kraniovertebrálního úhlu tím, že se zvyšující se zátěží měl voják více předsazenou hlavu. V závěru autoři tvrdí, že vyšší zatížení svalů vyžadující tyto změny jsou spojeny se svalovým přetížením a s problémy kloubů. Podobné závěry uvedl ve svém článku i Wang et al. (2013). Podle těchto autorů dochází při chůzi se zátěží k jiné mechanice kloubů DK. Z tohoto důvodu tak může docházet k různým zraněním z přetížení. Danaberg in Richter a Hebgen (2011) tvrdí, že v kontextu toho, že člověk nachodí desítky až stovky tisíc kroků za rok, tak

i malá dysbalance může vést k bolestivým problémům. Některým výše uvedeným zdravotním problémům můžeme, jak uvádí zmínění autoři, přecházet.



Obrázek 10: Počet zranění v určité části těla (Orr et al., 2015)

K tomu, aby byla lépe pochopena problematika bolesti kloubů nebo vyvrtnutí kotníků, může pomoci studie od Nuckols et al. (2020). Tato studie byla zaměřena na zatížení jednotlivých kloubů při chůzi. V rámci tohoto výzkumu bylo zkoumáno také zatížení kloubů při běhu, ale to pro účely této práce není podstatné. Úkolem osmi probandů bylo jít rychlostí 1,25 m/s po běžeckém pásu ve sklonech $-8,53^\circ$, $-5,71^\circ$, 0° , $5,71^\circ$, $8,53^\circ$ (-10% , -5% , 0% , 5% , 10%). V následujícím grafu (obr. 11) jsou výsledky této studie. Můžeme si všimnout, že k nejvyšším hodnotám dochází u kolene ve sklonu $-0,53^\circ$, a to v negativní/brzdivé fázi, kdy jsou zatěžovány extenzory kolene. Dále také dochází k vysokým hodnotám u kotníku, a to ve všech sklonech. Zatížení u kyčlí je nejvyšší při chůzi do kopce a při chůzi z kopce nejsou téměř vůbec zatěžovány. V případě nesené zátěže můžeme předpokládat, že by tyto hodnoty byly ještě vyšší. Smith et al. (2010) říká, že klouby DK mohou být při nesené zátěži více náchylné ke zranění. Jako prevence před zraněními při nesení zátěže může být podle Deustra et al. (1997) volba kratších kroků.



Obrázek 11: Zatížení kloubů DK v různých sklonech (Nuckols et al., 2020)

Další studií, která se zbývala vlivem zátěže na biomechaniku při chůzi byla od Rice et al. (2016). V této studii bylo měřeno 32 vojáků se zátěží (35,5 kg) a bez zátěže před a po 12,8km pěším přesunu. Ve výsledcích studie byly zaznamenány vyšší časy kontaktu chodidla se zemí, vyšší momenty síly kloubů, vyšší zatížení extenzorů kolene a vyšší flexe kloubů DK u nesené zátěže v porovnání s chůzí bez zátěže. Při měření po přesunu nedocházelo ke kinematickým změnám chůze, ale byla zaznamenána vyšší únava flexorů v kotníku a nižší momenty síly u extenzorů kolen. V závěru autoři zmiňují, že tyto změny mohou být spojeny se zraněními.

Následující část bude zaměřena na bližší specifikaci problému se zády a s klouby DK a také na svaly souvisejícími s těmito problémy.

Koleno

Kačinetzová (2003) tvrdí, že kolenní kloub je jeden z nejsložitějších kloubů v těle. Kolenní kloub vzniká spojením tří kostí a dvou menisků a má celkem dvanáct zpevňujících vazů. Je doplněn o kruhovitou kost, která vyplňuje přední plochu. Nejnáchylnější na úrazy v kolenním kloubu jsou menisky, přední zkřížený vaz a postranní vazy (Hudák a Kachík et al., 2013).

Richter a Hebgen (2011) vytvořili seznam svalů souvisejících s bolestmi v kyčlích, stehnech a kolenou. Mezi tyto svaly patří m. tensor fasciae latae, m. sartorius, m. pectineus, m. quadriceps femoris, m. gracilis, m. adduktor longus, brevis a magnus, m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus a m. popliteus.

Quesada et al. (2000) prováděli výzkum, při kterém zkoumali biomechanické aspekty při nesené zátěži. Probandi měli za úkol vykonat 40min přesun na běžeckém páse v rychlosti 6 km/h, a to bez nesené zátěže a se zátěží o hmotnosti 15 % a 30 % jejich tělesné váhy. Byly zaznamenávány hodnoty při extenzi kyčle a kolene a při plantární flexi kotníku. Výsledkem bylo zjištění, že hodnoty zatížení a jejich nárůst v důsledku zvyšování zátěže v kyčli a kotníku, byly značně nižší než u kolene. Podle autorů to bylo pravděpodobně z důvodu, že v koleni muselo docházet ke tlumení nárazů. V závěrech autoři uvádí, že k nadměrné únavě extenzorů kolene může dojít dříve než k fyziologickému vyčerpání.

Veselý (2007) tvrdí, že důležitým předpokladem pro správnou funkci kolene jsou chodidla v dobrém stavu – v případě, že dochází k dysfunkcím kloubu hlezenního, tak už se tato porucha promítá do kosti holenní, což znamená, že tato kost už nemá sklon, který vyžaduje česka a vaz čtyřhlavého svalu.

Kotník

Hlezenní kloub je kloub kladkového tvaru tvořen spojením tří kostí a obsahuje celkem sedm vazů. Při dopadu chodidla na zem to je pata, která se dotýká země jako první. Ta pak musí zjistit sklon povrchu a svým sklonem inervovat senzomotorikou hlezenní kloub, jenž svým náklonem zajistí, aby nedošlo vymknutí. Nerovnosti povrchu se tak nepromítají do kolenního a kyčelního kloubu a do křížové kosti. Dále senzomotorika paty inervuje kosti zánártní, jejichž pohyb se promítá do kostí nártních a kostí prstů na noze, aby společně s hlezenním kloubem dokončili poslední fázi daného kroku (Veselý, 2007).

Herbaut a Delannoy (2020) dělali výzkum, při kterém zkoumali aktivitu svalů v oblasti kotníků u 17 badmintonových hráčů, kteří prováděli skoky do stran. Měření bylo prováděno před a po badmintonovém tréninku. Při měření byl využit EMG. Měřeny byly svaly m. soleus, m. gastrocnemius lateralis, m. gastrocnemius medialis a m. peroneus brevis. Výsledky studie ukázaly, že po tréninku, tedy při únavě svalů, docházelo k vyšší inverzi kotníku (vytočení chodidla za palcem vzhůru) a aktivita svalů při svalovém předpětí (měřeno 100 ms před dopadem) byla signifikantně nižší než před tréninkem. Autoři v závěru zmiňují, že při zvýšené únavě těchto svalů je vyšší pravděpodobnost zranění v podobě vyvrtnutí kotníku. Podle Spadacciniho (2016) je vyvrtnutí kotníků jedno z nejběžnějších zranění při sportu. Dále tvrdí, že je důležité se zaměřit při prevenci

vyvrtnutí kotníků na tyto svaly: m. gastrocnemius, m. soleus, m. tibialis posterior a anterior, m. peroneus longus a brevis. Veselý (2007) popisuje, že se nožní klenba stává nestabilní v případě, že hroty klínovitých kostí neudrží pevně pohromadě. Výsledky studie od Earl–Boehm et al. (2020), která zkoumala sílu kotníku v dorzální flexi před a po pěším přesunu u vojáků, poukazují na to, že i když vojáci nepocítovali únavu v této oblasti, tak byla síla nižší po přesunu. V závěru autoři zmiňují, že tyto změny jsou rizikovými faktory pro zranění.

Záda

Bolest zad bývá zapříčiněna z pravidla kombinací více faktorů. Nejčastěji to bývá spojení svalové dysbalance a vadného držení těla, a to podle většiny autorů v 95–98 % případů. Jarkovské (2016) zmiňují, že bolestí zad trpí více než 85 % lidí v produktivním věku. Dále většina autorů tvrdí, že druhou nejčastější příčinou je psychický stres. (Stackeová, 2012)

Důležitými svaly pro držení těla jsou paravertebrální svaly. Tyto svaly se nacházejí v bezprostředním okolí páteře a vytváří rozsáhlý komplex svalů v několika vrstvách. Povrchová vrstva tvoří tzv. vzpřimovače trupu a hlavy. Svaly hluboké vrstvy mají zásadní význam pro posturální systém. Nedostatečná funkce těchto svalů může být jednou z příčin bolesti zad. Podle Smiška (2016) je zvýšené napětí těchto svalů v pohybu hlavní příčinou bolesti zad. Většina autorů tvrdí, že jsou bolesti zad způsobeny až v 98 % z důvodu poruchy páteře a nejčastěji se vyskytují v oblasti krční a bederní páteře, tedy v oblastech, které jsou namáhány nejvíce. (Stackeová, 2012)

Dynamická svalová rovnováha znamená součinnost posturálních a fázických svalů (viz *podkap. 3.1.1*). Porucha této rovnováhy způsobuje svalovou dysbalanci a tím pádem může také docházet k vadnému držení těla se všemi důsledky. Další příčinou bolesti zad může být nedostatečná funkce HSS, která jde ale podle Stackeové (2012) ruku v ruce se svalovými dysbalancemi v podobě horního a dolního zkříženého syndromu, které jsou popsány níže. Jarkovské (2016) uvádí, že mezi příčiny vzniku svalové nerovnováhy patří nedostatečná pohybová aktivita, jednostranné zatěžování páteře, dlouhé sezení, špatné pohybové návyky, stres nebo i obezita.

Janda ve Stackeová (2012) popisuje tyto poruchy spojené s bolestí zad:

- Horní zkřížený syndrom – vzniká oslabením skupiny dolních fixátorů lopatky a hlubokých flexorů krku a zkrácením horních fixátorů lopatky, prsních svalů, kývače hlavy a extenzorů šíje. Tato porucha se projevuje předsunutím hlavy a ramen a tím pádem zvětšením krční lordózy a hrudní kyfózy. Takže dochází ke zmenšení kraniovertebrálního úhlu.
- Dolní zkřížený syndrom – vzniká oslabením hýžd'ových svalů a břišních svalů a zkrácením flexorů kyčle, extenzorů bederní páteře a čtyřhranného svalu bederního. Projevuje se sklopením pánve směrem vpřed a zvětšením bederní lordózy.
- Vrstvový syndrom – vzniká střídáním vrstev oslabených a zkrácených svalů a projevuje se plochými zády s absencí fyziologických zakřivení.

Richter a Hebgen (2011) vytvořili seznam svalů související s bolestí v horní a dolní polovině trupu. Pro horní polovinu trupu to jsou m. pectoralis major a minor, m. sternalis, m. serratus posterior superior a inferior, m. erector spinae, m. abdominis a m. pyramidalis. Mezi svaly související s bolestmi dolní části trupu patří m. quadratus lumborum, m. iliopsoas, svaly pánevního dna a m. gluteus maximus, medius a minimus. Můžeme si tedy povšimnout, že to jsou především svaly HSS.

Sadler (2021) ve své studii porovnával zatížení m. gluteus medius u dvou skupin. Jedna skupina probandů byla bez bolesti zad a druhá trpěla chronickými bolestmi v bederní oblasti zad. Výsledkem studie nebyly žádné signifikantní rozdíly mezi oběma skupinami. Můžeme však předpokládat, že kdyby se měřila aktivita dalších zmíněných svalů, tak by u některých docházelo ke značným rozdílům mezi dvěma měřenými skupinami. Dále můžeme také předpokládat, že jestli vojáci trpí svalovou dysbalancí nebo nedostatečnou funkcí HSS, tak se tyto problémy mohou signifikantně projevovat a také prohlubovat s nesenou zátěží. To potvrzuje i studie od Muslim a Nussbaum (2016), v jejichž závěrech autoři zmiňují, že bolest v bederní oblasti zad ovlivňuje jak velikost batohu, tak hmotnost zátěže.

3 Motorické schopnosti

Tato kapitola je věnována pouze dvěma motorickým schopnostem, které jsou pro tuto práci zásadní. Ve značné míře jsou zde rozvedeny hlavně silové schopnosti a okrajově jsou také zmíněny základy vytrvalostních schopností. Ty by se daly považovat za základní stavební kámen pro samotné pěší přesuny.

3.1 Obecné a fyziologické základy

3.1.1 Svaly

Svaly mají schopnost kontrakce a jsou zdrojem pohybu a síly. Mezi funkce svalů patří vytváření pohybu organismu, jeho vnitřních orgánů a vyvíjení tlaku a napětí, čehož dosahují díky přeměně chemické energie (adenosintrifosfát – ATP) na energii mechanickou. Svalová tkáň se dělí na srdeční svalovinu, hladkou svalovinu a kosterní svalovinu, která je tvořena příčně pruhovaným svalovým vláknem. (Hudák a Kachík et al., 2013). Lidské tělo má okolo 600 svalů (Jarkovské, 2016, uvádí přibližně 630) a u sportovce můžou svaly tvořit až 45 % tělesné hmotnosti (Čihák, 2011). Každý sval má svůj začátek a úpon a je tvořen ze svazku svalových vláken, pojivových tkání, nervů, cév a vnitrosvalového tuku. Ve svalových vláknech jsou pak myofibrily, obsahující svazky uspořádaných proteinů (aktin a myozin), díky kterým dochází ke kontrakcím ve svalech (viz *podkap. 3.2*) (Sharkey a Gaskill, 2006).

Jak již bylo zmíněno, svaly zajišťují pohyb organismu, ke kterému dochází u kosterních svalů v kloubu, který je pohyblivým spojením dvou a více kostí. Základní pohyby v kloubech (viz *tab. 1, tab. 2*) jsou flexe, extenze, addukce, abdukce, rotace, cirkumdukce, laterální flexe a otáčení tělem nebo končetinami kolem svislé osy. Jednotlivé pohyby nevykonává pouze jeden sval, ale jde o souhru několika svalů, které vyladí daný pohyb tak, aby byl plynulý a aby bylo tělo v rovnováze. Svaly tak můžeme podle funkce v daném pohybu dělit na:

- Agonisty – svaly, nebo svalové skupiny, které iniciují a provádí daný pohyb a rozhodují o jeho funkci.
- Antagonisty – svaly vykonávající opačný pohyb proti agonistům.
- Synergisty – pomocné svaly, spoluúčastníci daného pohybu.
- Fixační – stabilizují část těla při provedení daného pohybu.

- Neutralizační – ruší nežádoucí směry pohybů, vykonávané hlavními a pomocnými svaly. (Čihák, 2011; Jarkovské, 2016)

Základem lidského pohybu je tzv. motorická jednotka. Ta je tvořena nervovou motorickou buňkou (motoneuronem) a svalovými vlákny, jenž daný nerv ovládá. Motorické jednotky se dají ze základního pohledu dělit na:

- Motorické jednotky s nízkým prahem dráždivosti – jsou přizpůsobeny k dlouhodobé svalové činnosti a pomalejším pohybům. Inervují svalová vlákna typu I (slow oxidative), která nejsou schopna vygenerovat velkou sílu, ale dokážou udržet malé napětí delší dobu, aniž by se energeticky vyčerpaly. Pro jejich rozvoj má mnohem vyšší odezvu pomalé a soustředěné provádění cviků. Průměrně tyto vlákna tvoří 50 % svalu.
- Motorické jednotky s vysokým prahem dráždivosti – jsou přizpůsobeny ke krátkodobějším svalovým činnostem s vysokou intenzitou. Inervují vlákna typu II, které dosahují vyvinutí větší síly, a uplatňují se při rychlých a explozivních pohybech. Svalová vlákna typu II se dále dělí na typ IIA (fast oxidative glycolytic) a IIB (fast glycolytic), v závislosti na rychlosti jejich unavení. Svalová vlákna typu IIA zastupují průměrně 35 % svalu a vlákna typu IIB 15 %. (Petr a Šťastný, 2012; Vágner, 2016; Sharkey a Gaskill, 2006)

Na základě toho, jakými vlákny jsou svaly převážně tvořeny, dělíme svaly na posturální a fázické. Posturální svaly jsou tvořeny více svalovými vlákny typu I a slouží k udržování vzpřímeného držení těla. Tyto svaly mají vyšší sklon ke zkrácení, ke kterému dochází v důsledku nedostatečného množství kompenzačních cvičení. Hlavní funkcí fázických svalů je vykonávání pohybové činnosti. Rychle se unaví, tudíž jsou zastoupeny převážně svalovými vlákny typu II. Tyto svaly mají oproti posturální svalům vyšší sklon k ochabování. Případná nevyrovnanost těchto dvou skupin může vést ke svalovým dysbalancím a k následnému zranění (Vágner, 2016, Jarkovské, 2016).

Podle Zatsiorskeho a Kraemera (2006) existují dva faktory, které určují svalovou sílu.:

- Periferní faktory – mezi těmito faktory jsou nejdůležitější rozměry svalů, které z fyziologického hlediska závisí na průřezu každého z nich. Průřez svalu je pak podmíněn počtem svalových vláken a velikostí průřezu svalových vláken. Vlivem

silového tréninku dochází k adaptačním procesům, díky kterým narůstá svalová hmota. Tento nárůst je ve většině případů učiněn zvětšením velikosti průměru svalových vláken (hypertrofií). Dalším důvodem zvětšení objemu může být zvýšení počtu svalových vláken (hyperplazie), ta ještě ale nebyla dosud zcela potvrzena.

B) Centrální faktory – svalová síla není určena pouze velikostí svalové hmoty, ale také vědomým aktivováním jednotlivých svalových vláken. Zásadní roli při generování svalové síly tak hraje centrální nervový systém. Při vyvinutí maximální síly je nutné sladit aktivování několika svalů. Této souhře mnoha svalových skupin se říká intermuskulární koordinace. Klíčovou roli hraje také intramuskulární koordinace, která zahrnuje tři možné mechanismy ovlivňující výslednou produkci síly. Všechny tři varianty jsou založeny na existenci motorických jednotek a jsou základem pro regulaci síly svalové kontrakce. Tyto tři mechanismy jsou popsány níže.

- Rekrutace (nábor) motorických jednotek – při vědomých kontrakcích svalu je pořadí náboru určeno velikostí motoneuronů. Nejdříve jsou rekrutovány motoneurony s nízkým prahem vybíjení, a když je nutné vyvinout větší sílu, dochází postupně k náboru větších motorických jednotek.

- Frekvence vybíjení motorických jednotek (časová sumace) – tímto mechanismem mohou být motorické jednotky opět rychleji rekrutovány.

- Synchronizace – aktivování motorických jednotek synchronizovaným nebo asynchronizovaným způsobem. Jedná se o sčítání síly různých motorických jednotek jednoho svalu. (Zatsiorsky a Kraemer, 2006; Petr a Šťastný, 2012; Vágner, 2016)

Zatsiorsky a Kraemer (2006) tvrdí, že se dá na základě toho konstatovat, že se maximální síly dosáhne, když se rekrutuje maximální počet pomalých a rychlých motorických jednotek. Dále když optimální vybíjecí frekvence v každém motorickém vlákně souhrnně vyvolají fúzující tetanii a když motorické jednotky pracují během vědomého vyvíjení maximální síly synchronně.

3.2 Silové schopnosti

Autorů, kteří se zabývají silovými schopnostmi, a jejich rozvojem je relativně mnoho. Mezi zahraničními autory je nejznámější v oblasti silového tréninku pravděpodobně Vladimír L. Zatsiorsky, který spolu s Williamem J. Kraemerem napsal knihu *Silový trénink. Praxe a věda (2006)*. Dalšími známými autory v oblasti silového tréninku jsou J. Stoppani, T. Bompá nebo C. Poliquin. V Česku se tématu silového tréninku věnovali M. Petr a P. Šťastný, jejichž kniha *Funkční silový trénink (2012)* je jedním ze zdrojů pro tuto kapitolu. Mezi tuzemské autory, kteří se věnují kondičnímu tréninku, patří např. R. Jebavý, V. Hojka, A. Kaplan nebo M. Vágner. Obecně sportovním tréninkem se pak zabývá také J. Dovalil nebo T. Perič.

Podle Periče a Dovalila (2010) jsou silové schopnosti definovány jako schopnost udržovat nebo překonávat vnější odpor svalovou kontrakcí (stahem svalu). Sharkey a Gaskill (2006) tvrdí, že sice všechny sporty vyžadují určitou úroveň síly, ale největší nároky na sílu kladou sporty, ve kterých je nutné zvedat, nést nebo házet velkou hmotností. Určující pro dělení silových schopností jsou pak svalové kontrakce. Ty rozeznáváme podle změn délky svalu a podle napětí svalu (Perič a Dovalil, 2010).

Dělení svalových kontrakcí:

- Izometrické (statické) – dochází ke změně napětí, délka svalu se nemění.
- Izotonické (dynamická) – napětí svalu zůstává přibližně stejné, mění se však jeho délka. Tento typ kontrakce můžeme dále rozdělit na koncentrický (sval se zkracuje) a excentrický (sval se násilím protahuje) (Perič a Dovalil, 2010). Podle Zatsiorského a Kraemera (2006) se za excentrických podmínek vyvíjí největší svalové síly. Ty mohou být až dvakrát vyšší než za podmínek izometrických.

Na základě znalosti těchto informací se pak mohou silové schopnosti rozdělit na sílu statickou a dynamickou. Dynamická síla se podle Periče a Dovalila (2010) dále dělí na:

- A) Výbušnou – Sharkey a Gaskill (2006) uvádí, že výbušnou sílu můžeme chápat jako sílu násobenou rychlostí. Podle Periče a Dovalila (2010) je charakterizována maximálním zrychlením a nízkým odporem.

- B) Rychlou – podle Periče a Dovalila (2010) jde o nemaximální zrychlení v nízkém odporu. Podle Stoppaniho (2014) je rychlostní síla definována jako schopnost rychle přesunout své tělo nebo předmět.
- C) Vytrvalostní – podle Sharkey a Gaskill (2006) je vytrvalostní síla (silová vytrvalost) definována jako schopnost provádět delší dobu kontrakce na submaximální úrovni. Pracuje se tedy s nízkým odporem a nevelkou rychlostí (Perič a Dovalil, 2010). Zatsiorsky a Kraemer (2006) charakterizují vytrvalostní sílu jako počet opakování (PO) daného cviku do selhání nebo jako čas, po který sportovec dokáže zachovávat předepsané tempo při pohybu nebo při kterém dokáže vydržet ve statickém napětí.
- D) Maximální – podle Periče a Dovalila (2010) se jedná o schopnost překonávat vysoký až hraniční odpor malou rychlostí. Stoppani (2014) tvrdí, že se jedná o maximální množství síly, kterou je sval nebo skupina svalů schopna vykonat při konkrétním pohybovém úkolu za jedno opakování.

Základními pilíři při stavbě tréninku jsou zátěžové parametry neboli metodotvorné činitele. Petr a Šťastný (2012) tvrdí, že k základním zátěžovým parametrům řadíme:

1. počet opakování,
2. velikost odporu,
3. rychlost kontrakce,
4. interval odpočinku (IO),
5. Perič a Dovalil (2010) zde zařazují ještě charakter odpočinku,
6. Stoppani (2014) řadí mezi metodotvorné činitele také výběr a pořadí cviků.

Odlišným nastavením jednotlivých parametrů zatížení pak vznikají různé metody pro stimulaci určité silové schopnosti. Zatsiorsky a Kraemer (2006) rozdělili metody silového tréninku do tří základních skupin. První skupinou jsou metody maximálních úsilí, při kterých se pracuje s maximálními nebo téměř maximálními odpory. Další skupinou jsou metody opakovaných a submaximálních úsilí, kde jsou využívány submaximální odpory a pracuje se do vyčerpání. Poslední skupinou jsou metody dynamických úsilí, u kterých se využívají také submaximální odpory, ale pracuje se s maximální možnou rychlostí.

3.2.1 Diagnostika silových schopností

Diagnostika silových schopností je nutná pro zjištění výchozí silové úrovně svalových skupin a jednotlivých svalů. Na základě výsledků testů je možno určit efekt tréninkového procesu, určité oslabení svalových skupin nebo svalovou nerovnováhu (Měkota a Novosad, 2005). Diagnostika silových schopností je také nezbytná při různých empirických výzkumech zaměřených na korelace silových schopností.

Ke stanovení velikosti svalové síly se využívají laboratorní a terénní testy. Laboratorní testy – zde se uplatňují především testy izometrické síly pomocí dynamometru, při kterých je úkolem probanda vyvinout maximální sílu proti pevnému odporu. Pomocí dynamometrů se dají stanovit úrovně maximální síly, rychlé síly nebo výbušné síly. Existují také speciální dynamometry měřící izotonickou sílu, tedy sílu, kterou musí proband vykonávat při proměnlivém odporu. Pro zjišťování rychlé a reaktivní síly slouží tenzometrická plošina. Další přístroje sloužící k laboratorní analýze svalové síly jsou např. *GymAware* nebo *BackCheck*.

Terénní testy – zde se k diagnostice velkých svalových skupin využívají především cviky, u kterých se hodnotí buď velikost překonané zátěže nebo PO s danou zátěží nebo za určitý čas. Mezi terénní testy patří také široká škála testových baterií. (Měkota a Novosad, 2005; Havel a Hnízdil, 2009)

Příklady testů pro měření jednotlivých silových schopností:

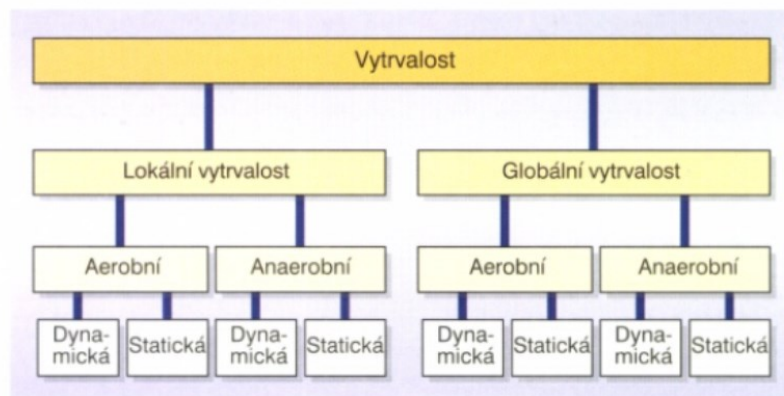
- Maximální síla – ruční dynamometrie, dynamometrie DK (flexe, extenze v kolenu, ...), 1 opakovací maximum (1RM) při dřepu apod.
- Výbušná síla – skok daleký z místa snožmo, vertikální skok, hod plným míčem obouruč apod.
- Rychlá síla – přednožování v lehu na zádech na čas, kliky na čas.
- Vytrvalostní síla – výdrž ve shybu, výdrž v záklonu v sedu pokrčmo, maximální PO u kliků nebo shybů apod. (Havel a Hnízdil, 2009)

3.3 Vytrvalostní schopnosti

I když je tato práce zaměřena především na silové schopnosti, je nutné aspoň v krátkosti zmínit i vytrvalostní schopnosti, kterých se přesuny se zátěží týkají.

Vytrvalostní schopnosti se dají chápat jako schopnost odolávat únavě. Jsou podmíněny především na úrovni rozvoje fyziologických funkcí a vytvářejí v organismu takové podmínky, aby byl sportovec schopen zvládnout danou pohybovou činnost v daném tempu a nasazení po celou dobu. Vytrvalostní schopnosti na vysoké úrovni značí také vysoce rozvinuté zotavovací schopnosti, které jsou nutné v průběhu daného výkonu pro rychlé odbourávání laktátu (Perič a Dovalil, 2010). Kuhn (2005) definuje vytrvalost jako „*schopnost organismu provádět pohybovou činnost po delší časový úsek bez zjevného snížení intenzity*“. Na následujícím obrázku (obr. 12) můžeme vidět základní dělení druhů vytrvalosti podle Kuhn (2005).

Přehled jednotlivých druhů vytrvalosti



Obrázek 12: Základní dělení vytrvalosti (Kuhn, 2005)

Anaerobní výkon je intenzivní ale krátký a je založen především na štěpení ATP a kreatinfosfátu (CP). Tento systém je neoxidativní a organismus tak funguje na principu kyslíkového dluhu. Anaerobní štěpení svalového glykogenu produkuje jako vedlejší produkt kyselinu mléčnou, resp. laktát. Aerobní vytrvalost je mnohem úspornější a zároveň méně intenzivní. Zde dochází ke štěpení sacharidů (glykogenu) a tuků k produkci energie ve formě ATP. Štěpení glykogenu nastává od počátku cvičení a tuky se začínají štěpit kolem dvanácté minuty výkonu (Perič a Dovalil, 2010; Sharkey a Gaskill, 2006).

Vytrvalostní schopnosti se dají dále také dělit podle délky trvání. V závislosti na délce trvání je energie zabezpečována různými energetickými systémy (ES). Celkem máme 4 základní ES:

- ATP-CP – zdroj energie: CP (anaerobní štěpení),
- LA – zdroj energie: glykogen (anaerobní štěpení),
- LA-O₂ – zdroj energie: glykogen (aerobně – anaerobní štěpení),
- O₂ – zdroj energie: glykogen, tuky (aerobní štěpení) (Perič a Dovalil, 2010).

Vytrvalost můžeme pak rozdělit na dlouhodobou (10+ min, ES – O₂), střednědobou (3–8 min, ES – LA–O₂ zóna), krátkodobou (2–3 min, ES – LA zóna), rychlostní (<20 s, ES – ATP–CP) (Perič a Dovalil, 2010).

3.3.1 Diagnostika vytrvalostních schopností

Havel a Hnízdl et al. (2012) rozdělují diagnostiku vytrvalostních schopností podle prostředí testování (laboratorní, terénní), účelu testování, pohybového obsahu testování (jak se to testuje) a hodnocení (výkon nebo fyziologická odezva organismu na zátěž).

Výkonové testy hodnotí výsledek samotné pohybové činnosti (počet opakování, čas, vzdálenost). Dále se dělí na:

- Testy lokální statické vytrvalosti – hodnotí se doba výdrže v určité poloze, rychlost pohybu je nulová a svaly pracují v izometrické kontrakci (výdrž ve shybu, výdrž v záklonu v sedu pokrčmo, ...).
- Testy lokální dynamické vytrvalosti – hodnotí se počet opakování, svaly pracují v izotonické kontrakci (opakované shyby, kliky ve vzporu ležmo, ...).
- Testy globální vytrvalosti – do práce jsou zapojeny velké svalové skupiny a vykonávání určité pohybové činnosti trvá dostatečnou dlouhou dobu, aby odpovídala definici vytrvalostním schopnostem (Měkota, 1983 v Havel a Hnízdl et al., 2012) (*Cooperův test, beep test, ...*).

Zátěžové (funkční) testy hodnotí kromě výkonu také fyziologickou odezvu organismu. Mohou tedy zjišťovat např. SF, VO₂, dechovou frekvenci, hladinu laktátu v krvi, příjem kyslíku apod. Tyto testy se provádí na různých ergometrech (klikový

ergometr, veslařský ergometr, běžecký ergometr, bicyklový ergometr, ...) s dodatečnými přístroji (hrudní pás, spirometrické přístroje, ...) (Havel a Hnízdil et al., 2012).

4 Cíle, úkoly a metodika práce

4.1 Výzkumná otázka

Jak důležité jsou silové schopnosti dolních končetin a trupu pro aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží?

4.2 Cíle

Na základě rešerše literatury zjistit, jaký je vztah mezi silou dolních končetin a trupu a mezi aerobním výkonem při pěších přesunech se zátěží. Popřípadě také zjistit vliv rozvoje silových schopností dolních končetin a trupu na aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží.

4.3 Úkoly

- Položit výzkumnou otázku,
- stanovit cíl práce,
- nashromáždit literaturu,
- prostudovat danou problematiku,
- vytvořit teoretický základ pro rešerši,
- vybrat vědeckou databázi pro vyhledávání odborných článků,
- vymyslet klíčová slova a sestavit vyhledávací skript,
- stanovit kritéria pro výběr studií,
- provést analýzu vygenerovaných článků,
- vybrat relevantní studie,
- zpracovat rešeršní tabulku s potřebnými daty z každé vybrané studie,
- konfrontovat designy a výsledky vybraných studií,
- celkově zhodnotit výsledky vybraných studií,
- odpovědět na výzkumnou otázku.

4.4 Metodika práce

Předložená práce je zpracovávána formou rešerše s korelačními prvky. Zpracovávání této rešerše probíhalo v několika krocích. Prvním krokem byl výběr vědecké databáze. Dále bylo potřeba vymyslet nejvhodnější klíčová slova a následně z těchto slov sestavit skript. Poté probíhala analýza článků a výběr studií podle předem stanovených kritérií. Potřebná data (z vybraných studií) pro tuto práci byla dále zpracována do tabulkového procesoru. Designy a základní informace jednotlivých vybraných studií pak byly přeloženy a stručně shrnuty v několika větách. Stěžejní části

této práce je diskuze, ve které jsou konfrontovány designy a výsledky studií, popřípadě se dělaly závěry nebo návrhy pro další výzkum. Uvedené kroky jsou podrobněji popsány v následujících podkapitolách (*podkap. 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3*).

4.4.1 Vyhledávání studií

Pro vyhledávání studií byla zvolena internetová vědecká databáze *Web of Science*. Vyhledávání studií pro tuto práci pomocí vyhledávacího skriptu se datuje na 6. 5. 2021 (viz *tab. 3*). Snahou bylo sestavit co nejhodnější vyhledávací skript pro potřeby této práce pomocí klíčových slov a booleovských operátorů a postupně ho více konkretizovat v dalších částech. Časové období, ve kterém měly být publikovány potřebné odborné články, nebylo určeno a vyhledávání tak probíhalo bez omezení doby vydání. Byly tedy vyhledávány studie ze všech dostupných let. Vyhledávací skript byl rozdělen na 4 části:

1. Load* AND carriage* OR load* AND carrying* OR loaded* AND march*.
2. Military* OR army* OR soldiers* OR police* OR alpinists*.
3. Strength* OR power* OR resistance* AND training* OR strength* AND training*.
4. Lower* AND body* OR lower* AND limbs* OR lower* AND extremities* OR legs* OR core* OR trunk*.

Druhou možností bylo nesystematické vyhledávání, které spočívalo v pročitání vyhledaných článků nebo ve využití klíčových slov v různých vyhledávacích (*Google, Web of Science, Pubmed*). V odborných člancích autoři často odkazují na jiné podobné práce, které sestavený skript nebo databáze *Web of Science* nenalezly. Některé z těchto prací splňovaly požadovaná kritéria a byly tak vybrány do rešerše.

4.4.2 Kritéria výběru

Studie vybrané pro rešerši v této práci musely splnit všechna stanovená kritéria pro jejich výběr. Tyto kritéria byla nastavena tak, aby se výběr studií co nejvíce filtroval pro potřeby této práce. Celkem bylo stanoveno 5 kritérií, které musely být splněny (viz níže).

1. Probandi studie musí být dospělí jedinci.
2. Studie musí obsahovat testování pěšího přesunu.
3. Testování pěšího přesunu musí být (převážně) aerobního charakteru.

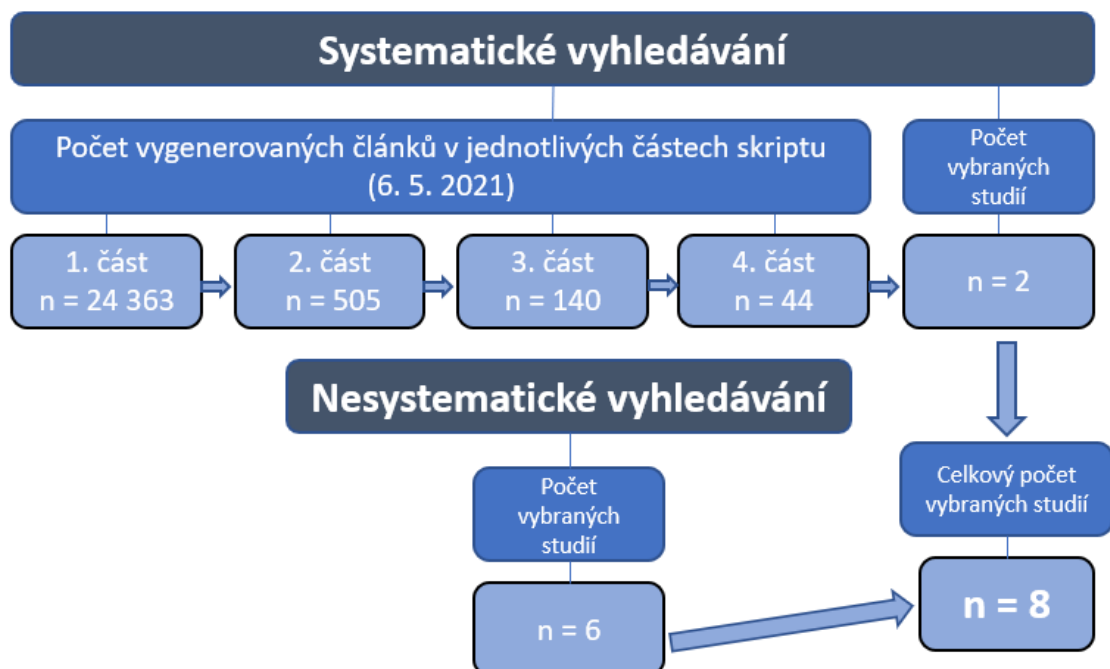
4. Studie musí obsahovat testování silových schopností DK/ nebo trupu.
5. A) Ve výsledcích studie musí být korelace mezi výsledky testů silových schopností a mezi výsledkem testu pěšího přesunu se zátěží.
B) Ve výsledcích studie musí být výsledky testování silových schopností i pěších přesunů se zátěží před a po absolvovaném tréninkovém programu.

4.4.3 Výběr studií a zpracování dat

Celkem bylo do rešerše vybráno osm studií. Sedm z těchto studií se dalo využít i pro zjišťování vlivu síly trupu na aerobní výkon při nesené zátěži. Ze 44 studií, které vygenerovala databáze *Web of Science* pomocí výše uvedeného skriptu, byly vybrány pouze dvě studie, které splňovaly všechna požadovaná kritéria. Dalších šest studií bylo vybráno na základě nesystematického vyhledávání.

Zpracování dat potřebných pro tuto práci bylo provedeno v tabulkovém procesoru Microsoft Excel. Byly vytvořeny dvě tabulky – jedna pro sílu DK a jedna pro sílu trupu. V tabulkách pak byly stručně vypsány základní informace, které jsou nutné pro účely této práce a pro interpretaci výsledků – autoři, rok, probandi, testování síly, testování přesunu, (tréninkový program – délka, cviky, zátěžové parametry, ...), výsledky a limitace.

Tabulka 3: Diagram vyhledávání odborných článků



5 Vliv síly DK a trupu na aerobní výkon při nesené zátěži

Úvod této kapitoly je věnován stručnému kontextu této problematiky. Hlavní částí kapitoly je pak podkapitola (*podkap. 5.2*) obsahující stručné informace o jednotlivých vybraných studiích do rešerše této práce.

5.1 Kontext dané problematiky

Deuster et al. (1997) ve svém průvodci pro NAVY Seals tvrdí, že je síla důležitá pro zlepšení výkonnosti při nesení zátěže, ale že je třeba ji zařazovat v kombinaci s vytrvalostním tréninkem. Pro udržení kondice u pěšího přesunu se zátěží 40 % tělesné hmotnosti a na vzdálenost 16 km je potřeba zařadit 2x týdně silový trénink. Autoři už ho však blíže nespecifikují a věnují se hlavně vytrvalostnímu tréninku. Svalovou sílu jako jeden z faktorů ovlivňující výkon při přesunu zmiňuje i Haisman (2007), ale také neuvádí žádné konkrétní příklady, jak by měl takový trénink vypadat. Podle Sharkey a Gaskill (2006) je pro každý sportovní výkon, který vyžaduje více než jen několik málo opakování pohybu, důležitá silová vytrvalost. Dále uvádí, že rozvoj silové vytrvalosti by pak u trénovaných jedinců neměl způsobit svalovou hypertrofii, ale měl by zlepšit fungování svalových vláken na požadovaném energetickém zabezpečení po delší dobu. Tito autoři také zmiňují, že maximální, výbušnou i vytrvalostní sílu vyžadují jak sporty zaměřené přímo na jednorázových silových výkonech, jako jsou např. strongmani, tak i sporty ryze vytrvalostního charakteru, jako jsou např. ultramaratonci. Tyto síly jsou však u obou sportů zastoupeny ve značně jiném poměru. Zatsiorsky a Kraemer (2006) také uvádí, že existuje korelace mezi vytrvalostí a svalovou silou, ta je však zjištěna až při odporu nejméně 25 % maximální síly. Dále tvrdí, že vytrvalostní sportovci dříve brali rozvoj silových schopností jako ztrátu času, ale v současném sportu využívají silové cviky v hojně míře. Cílem však není rozvoj maximální síly jako takové, ale zvýšení síly, které vyvolávají pomalá svalová vlákna, protože výrazný nárůst síly je spojen s hypertrofií, která může v důsledku snížené kapilarizace ve svalech negativně ovlivnit vytrvalostní schopnosti. Cílem je tedy pracovat co nejdéle při určité intenzitě zapojující pomalá svalová vlákna a rozvíjet tak jejich maximální udržitelnou sílu. Autoři ještě uvádí, že trénink maximální síly vede mimo jiné také ke zvýšení mechanické síly vazivových tkání kolem kloubu (šlachy, vazy, síla v místě spojení vazů a kostí) a také ke zvýšení obsahu minerálů v kostní tkáni. To může být důležité pro prevenci zranění, které se při nesené zátěži objevují relativně často. Knapik et al. (2012) provedli rešerši v problematice fyzického tréninku a nesené zátěže. Výsledky jejich studie poukazují na to, že silový

trénink má pozitivní vliv na výkon při nesené zátěži, a že je nejlepší volbou kombinace silového tréninku s tréninkem aerobním.

5.2 Vybrané studie

Godhe et al. (2020) publikovali článek s názvem *Physiological Factors of Importance for Load Carriage in Experienced and Inexperienced Men and Women*. Cílem této studie bylo zjistit vztah mezi různými faktory a výkonem při nesené zátěži u jedinců, kteří mají zkušenosti s nesením zátěže a u těch, kteří zkušenosti nemají. Výzkumným souborem v této studii bylo 36 zdravých probandů (19 mužů a 17 žen) ve věku 23–36 let. Z těchto probandů bylo 16 zkušených a 20 nezkušených. Úkolem probandů bylo jít 5 min rychlostí 3 a 5 km/h bez zátěže a se zátěží (20, 35, 50 kg). Při měření nesení zátěže docházelo k výpočtu energetického výdeje u jednotlivých probandů a pro určení výkonu byla získávána spotřeba kyslíku (VO_2), která byla převedena na index výkonu nesené zátěže – ELI. Mimo testování nesení zátěže byla měřena antropometrická data, silové schopnosti DK a středu těla a také poměr jednotlivých typů svalových vláken ve stehenním svalu. Svalová síla byla měřena pomocí přístroje *Cybox international Medway*. Síla DK (ve watech) se měřila při explozivním dřepu s a to s 20, 35, 50 kg a také se zátěží těžkou jako jejich tělesná hmotnost. Svaly trupu byly měřeny při cviku v planku, při kterém museli probandí zvedat každou sekundu nohu 5 cm nahoru. Výsledky této studie ukázaly korelaci u testu nesení 20kg zátěže pouze s tělesnou hmotností. U zátěže 35–50 kg se objevovala korelace také se silou DK, tělesnou výškou a s absolutní VO_{2max} . Ke korelaci mezi indexem ELI (35 kg a 50 kg) a relativní hodnotou VO_{2max} , výkonem svalů středu těla ani poměrem jednotlivých typů svalových vláken nedocházelo. V závěrech autoři tvrdí, že tělesná hmotnost a zkušenosti jsou dominantními faktory u schopnosti vykonávat pěší přesuny se zátěží. Limitací této studie byl malý počet probandů a možná nevhodné měření středu těla.

Další zajímavým článkem na toto téma je *Aerobic Fitness is of Greater Importance than Strength and Power in the Load Carriage Performance of Specialist Police* (Robinson et al., 2018). Cílem této studie bylo zjistit vztah svalové síly a aerobního výkonu s výkonem při nesené zátěži. Měření se účastnilo 42 policistů. Při testování silových schopností bylo cílem zjistit především maximální sílu určitých svalových skupin. Ta byla vždy měřena při 1 opakovacím maximu (1RM) na benchpressu, dřepu, shybu a mrtvém tahu (MT). Dále také byla zjišťována explozivní síla DK, a to na desetimetrovém sprintu a dřepu s výskokem. Vytrvalostní schopnosti probandů byly

měřeny standardizovaným tzv. *beep testem*. Dále byli probandi testováni celkem 3x s dostatečným rozstupem (3–4 měsíce) na regeneraci na 5km pěším přesunu s 25kg zátěží, který měli za úkol vykonat co nejrychleji. Vzájemný vztah byl vypočítán pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Výsledky studie ukázaly, že nejvyšší korelaci s výkonem při nesení zátěže dosahuje výkon na *beep testu* a nejnižší 1RM u MT a 10m sprintu. V závěrech autoři uvádí, že optimální výkon při nesené zátěži by mohl být dosažen v tréninku, ve kterém se kombinují pěší přesuny se zátěží s aerobním fitness tréninkem a se silovým tréninkem celého těla nebo DK. Limitací studie byly podle autorů omezené informace o probandech z důvodů ochrany identity – znali pouze hmotnost těla.

Cílem studie od Knapik et al. (1990) s názvem *Relationship of soldier load carriage to physiological factors, military experience and mood states* bylo zjistit vzájemné vztahy mezi výkonem při těžké nesené zátěži a různými fyziologickými a fyzickými testy, zkušeností a náladou. Výzkumný soubor studie tvořilo 96 vojáků mužského pohlaví. Probandům bylo měřeno složení těla, max. síla DK (izometricky a izotonicky) a středu těla (izometricky) na dynamometru, $VO_2\max$ a anaerobní kapacita. Dále v terénních podmínkách také max. vertikální výskok, hod granátem na vzdálenost, max PO za 2 min u kliků a sed – lehů a tzv. *marksmanship* test (střelba na cíl). Test nesení zátěže probíhal na 20km trase (zpevněná cesta, polní cesta), která měla místy mírné změny výškového profilu. Vojáci měli během přesunu na sobě zátěž okolo 46 kg a jejich úkolem bylo ujít danou trasu co nejrychleji. Výsledkem studie byly korelace mezi jednotlivými testy a časem při přesunu. Tělesná hmotnost, tukoprostá hmota, absolutní $VO_2\max$ a většina testů svalové síly byly spojeny s rychlejším časem přesunu. Tento vztah byl po částečných korelačních technikách, při kterých byla odstraněna interkorelace mezi tukoprostou hmotou a ostatními fyziologickými testy, zredukován. Tím pádem to zdůraznilo důležitost tukoprosté nebo svalové hmoty pro úspěšný výkon při nesené zátěži. Tukoprostou hmotu, jako důležitý fyziologický ukazatel maximálního výkonu při nesené zátěži, autoři zdůrazňují i v závěru studie. Limitací studie byla nízká motivovanost některých probandů podat co nejlepší výkon při přesunu.

Korelacemi se zabývala i studie s názvem *Physiological determinants of load bearing capacity* (Dziados et al. 1987). Cílem této studie bylo identifikovat fyzické a fyziologické determinanty pro nesení zátěže. Studie se účastnilo 49 probandů (nespecifikováno). Testování bylo zaměřeno na antropomotorické údaje, složení těla, vytrvalostní schopnosti ($VO_2\max$) a silové schopnosti (maximální a vytrvalostní síla

hamstringů a kvadricepsů na dynamometru). Tyto hodnoty pak byly dávány do vztahu s testem pěšího přesunu se zátěží. Tento test probíhal v terénních podmínkách téměř po celou dobu na asfaltovém povrchu a většina trasy byla bez změn výškového profilu. Probandi měli za úkol zdolat desetimílovou (16,1 km) vzdálenost s 18kg zátěží co nejrychleji. Výsledky studie ukazují relativně vysoké (negativní) korelace mezi silou hamstringů a časem přesunu. V závěru autoři tvrdí, že síla hamstringů může být důležitým determinantem pro přesuny se zátěží. Limitaci studie vidí autoři v relativně nízké hmotnosti zátěže při přesunu.

Heilbronn et al. (2020) ve své studii s názvem *Effects of Periodized vs. Nonperiodized Resistance Training on Army-Specific Fitness and Skills Performance* porovnávali výsledek tréninkového programu u 3 skupin vojáků. Výzkumný soubor tvořilo 49 vojáků (n=18, 19, 12) ve věku $22,8 \pm 4,1$ let. Dvě skupiny měly dva různé programy silového tréninku na 9 týdnů a třetí skupina byla bez tréninku. Jedna ze skupin silového tréninku měla periodizovaný program rozdělený na mezocykly a druhá plnila pouze základní pokyny (cviky 4x6, 85 % 1RM) bez další periodizace. Cílem bylo porovnat výsledky fyzických testů před a po tréninkovém programu. Byly měřeny antropometrické ukazatele, svalová síla a pěší přesun se zátěží. Pro měření síly bylo zvoleno několik testů. Byly to testy silově – vytrvalostního charakteru (sed-lehy, shyby podhmatem a kliky) na maximální PO v daném tempu. Poté byla měřena spíše submaximální až maximální síla (3RM) u dřepu, MT, shoulderpressu a floorpressu. Test nesení zátěže byl měřen na 5km úseku se zátěží 45 kg. Dále byly měřeny další výkony spíše anaerobního charakteru, které není nutné pro potřeby této práce dále rozvádět. Výsledky studie ukázaly, že si vojáci ze skupin, které absolvovaly tréninkový program, vedli znatelně lépe než třetí skupina. Skupina periodizovaného i neperiodizovaného tréninku se zlepšila ve všech silových testech a zároveň i v přesunu se zátěží. U třetí skupiny bylo zlepšení zanedbatelné. V závěru autoři tvrdí, že by vojáci, kteří se chtějí zlepšit ve specifických vojenských dovednostech a výkonech, měli zařadit strukturovaný tréninkový program silového tréninku. Limitací této studie byla časová a regenerační náročnost tréninkového programu spolu s normálním vojenským režimem.

Vlivu silového tréninku na výkon při nesené zátěži se zabývali také Wills et al. (2019) ve svém výzkumu s názvem *Load-Carriage Conditioning Elicits Task-Specific Physical and Psychophysical Improvements in Males*. Cílem bylo porovnat výsledky silových testů a testu nesení zátěže před a po tréninkovém plánu silového

charakteru, který byl zaměřený především na rozvoj síly DK a zacílen tak na zlepšení v pěším přesunu se zátěží. V této studii bylo testováno 15 zdravých mužů ve věku $22,6 \pm 1,5$ let. Tito probandi dostali desetitýdenní tréninkový plán skládající se ze silového tréninku a z pěších přesunů se zátěží. Tréninková jednotky (TJ) tohoto programu obsahovaly širokou škálu cviků na DK (PO = 5–10) a střed těla (PO = 30–50). Před a po tomto tréninkovém programu byly zaznamenány výkony při dřepu s výskokem, u kliků a sed – lehů a také při 5km pěším přesunu rychlosti 5,5 km/h s 23kg zátěží. U testu nesení zátěže byla měřena srdeční frekvence (SF) a subj. vnímání zátěže. Výsledky studie ukázaly zlepšení ve všech silových testech a zároveň došlo také ke snížení hodnot u subjektivního vnímání zátěže a zlepšení fyziologické odezvy při přesunu. V závěru autoři uvádí, že by mohly armády tento tréninkový program použít pro efektivnější výsledky tréninků zacílených na zlepšení výkonu při nesení zátěže. Autoři vidí limitaci této studie především v tom, že mohly být zvolené lepší cviky pro testování síly a také, že při přesunu mohli měřit i VO_2 pro lepší změření adaptace na trénink.

Wills et al. (2020) provedli také další podobnou studii pouze s ženami. Cílem s názvem *Physiological Responses of Female Load Carriage Improves after 10 Weeks of Training* bylo vyhodnotit fyziologické projevy během přesunu se zátěží před a po absolvovaném tréninkovém programu. Výzkumným souborem bylo 11 probandů (žen) z civilního sektoru ve věku $21,5 \pm 2,2$ let. Probandi dostali tréninkový plán skládající se ze tří tréninkových jednotek zacílených na rozvoj silových schopností a ze dvou pěších přesunů se zátěží týdně. Trénink obsahoval širokou škálu cviků na DK (PO = 8–10) i na střed těla (PO = 20–50). Před a po absolvovaném tréninkovém programu proběhlo testování silových schopností u kliků, sed – lehů, u izometrické maximální síly v poloze obdobné konečné fázi MT a u člunkového běhu. Před a po, byl také proveden test nesení zátěže v laboratorních podmínkách. Při tomto testu museli probandi jít rychlostí 5,5 km/h 5 km se zátěží 23 kg a během toho byly zaznamenány různé fyziologické hodnoty probanda. Výsledkem bylo, že probandi dosahovali průměrně vyšších hodnot u testů silových schopností a při testu nesení zátěže měli v průměru nižší hodnoty VO_2 a % VO_{2max} a vyšší hodnoty poměru respirační výměny než před ním. Subjektivní vnímání zátěže a SF bylo obdobné před i po tréninkovém programu. V závěru autoři uvádí, že došlo k pozitivní fyziologické na tento specifický trénink. Nezkušenost probandů s přesuny, laboratorní podmínky a krátký seznamovací test na běžeckém páse před měřením vidí autoři jako hlavní limitace této studie.

Studie *Gender and Physical Training Effects on Soldier Physical Competencies and Physiological Strain* (Patterson et al. 2006) se také věnovala adaptacím na tréninkový program. Cílem bylo porovnat výsledky základních antropometrických údajů, složení těla, dále výsledky testů silových schopností, flexibility a vytrvalosti před a po absolvování dvanáctidenního tréninkového programu. Studie se účastnilo celkem 63 probandů (z toho 28 žen). Probandi byli rozděleni do dvou skupin (skupina pro speciální fyzický trénink a kontrolní skupina), přičemž skupina pro speciální fyzický trénink byla rozdělena ještě na silovou a aerobní. Během týdne měli vojáci tři tréninkové dny, ve kterých byly buď jen silově zaměřené TJ, nebo 20minutové vytrvalostní běhy nebo pochody. TJ na rozvoj silových schopností byly zaměřeny komplexně na celé tělo s tím, že PO u cviků byl maximálně deset. Kontrolní skupina pokračovala ve svém klasickém tréninkovém režimu. Baterie testování silových schopností obsahovala leg-press, kliky, shyby, úchop a izometrický tah. Vytrvalostní schopnosti byly zjišťovány na *wingate* testu a období *beep testu*. Součástí výzkumu byl také test nesení zátěže. Při tomto testu museli probandí zdolat 15km úsek na polní cestě bez převýšení se 34,6kg zátěží pod 170 min. Výsledky studie ukázaly zlepšení ve většině fyzických testů po absolvovaném tréninkovém programu. Požadovaný čas při testu nesení zátěže zvládlo po tréninkovém plánu méně probandů než před ním. Zhoršení u některých probandů si autoři vysvětlují jinými klimatickými podmínkami (srpen → listopad). V závěrech autoři tvrdí, že zlepšení fyzických schopností nebyly dostatečné pro zlepšení výkonu při přesunu a také že síla a aerobní kapacita nesouvisí s úspěchem přesunu. Kromě rozdílných klimatických podmínek vidí autoři limitaci studie i v tom, že ne všichni probandí dokončili tréninkový program a také že fyzická zdatnost probandů byla nízká.

6 Diskuze

Záměrem této práce bylo udělat rešerši odborné literatury tak, aby bylo možné splnit cíle práce a odpovědět na výzkumnou otázku – Jak důležité jsou silové schopnosti DK a trupu pro aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží?

Stěžejním bodem pro tuto práci byla znalost samotného pohybu, a hlavně zatížení jednotlivých svalů a svalových skupin. Ve 2. kapitole (*kap. 2*) je tak z tohoto důvodu značná část zaměřena právě na svalovou anatomii pohybu samotné chůze a poté také na nesení zátěže, a to jak po rovině, tak i v různých sklonech (*kap. 2.2.2*). Dále je v této části také podkapitola (*kap. 2.2.3*) věnována nejběžnějším zraněním, které se vyskytují při přesunech a kterým by se dalo předejít silovým tréninkem (Zatsiorsky a Kraemer, 2006). Tyto znalosti pak byly nutné pro pochopení (nebo nepochopení) volby cviků pro testování silových schopností a trupu, nebo přímo volby cviků v tréninkovém programu u studií, které byly využity pro tuto rešerši.

Tato diskuze je rozdělena celkem do čtyř částí. První dvě části (*kap. 6.1, 6.2*) se věnují přímo výzkumné otázce a cílům této práce – řeší se tedy zvlášť vliv síly DK a trupu na aerobní výkon při nesené zátěži. Třetí část (*kap. 6.3*) je věnována silovému tréninku v kontextu prevence zranění. Poslední část diskuze (*kap. 6.4*) je zaměřena na limitace této práce.

6.1 Vliv síly DK na aerobní výkon při nesené zátěži

Vybrané studie se od sebe liší ve svém celkovém designu, a tak interpretace výsledků není vždy úplně snadná. Hlavním rozdílem bylo zařazení nebo nezařazení tréninkového programu. Z celkového počtu vybraných studií byly čtyři, které se věnovaly pouze korelacím mezi testy (Godhe et al., 2020; Robinson et al., 2018; Knapik et al., 1990; Dziados et al., 1987) a čtyři, které se zaměřily na výsledek tréninkového programu (Heilbronn et al., 2020; Wills et al., 2019; Wills et al., 2020; Patterson et al., 2006).

Studie od Robinson et al. (2018), Knapik et al. (1990) a Dziados et al. (1987) byly zaměřené přímo na korelace a zjišťovaly vztah mezi hodnotami silových testů a časem testu nesení zátěže. Pozitivní vztahy tudíž vycházely v mínusových hodnotách. Téměř všechny výsledky korelačních koeficientů poukazyvaly na pozitivní vztah mezi silou DK a nesením zátěže. Výsledky korelačních koeficientů mezi hodnotami silových testů a časem testu nesení zátěže se pohybovaly od -0,541 do -0,14. Negativní vztah pak

vycházel u korelace mezi 10m sprintem a časem tří oddělených pokusů nesení zátěže (0,178–0,373) (Robinson et al., 2018). Godhe et al. (2020) zjišťoval také korelace, ale výsledek testu nesení zátěže v této studii nebyl vyjádřen časem, ale indexem výkonu nesené zátěže vypočítaným z $VO_2\text{max}$. V této studii tím pádem vycházel pozitivní vztah v plusových hodnotách korelačního koeficientu. Korelace (0,228) byly pozorovány až při nesení zátěže o hmotnosti 50 kg. Korelace v této studii mezi silou DK a přesunem s 20kg a 35kg zátěží byla nulová nebo zanedbatelná.

Tři studie (Heilbronn et al., 2020; Wills et al., 2019; Wills et al., 2020), které se věnovaly adaptaci na tréninkový program, ukazují signifikantní zlepšení jak v silových testech pro DK, tak v měření pěšihového přesunu se zátěží (čas přesunu, VO_2 , SF). Jedna studie (Patterson et al., 2006) ale ukazuje po absolvovaném tréninkovém programu paradoxně zhoršení v testu přesunu – zatím co se probandi signifikantně zlepšili v silových testech (leg – press, izometrický “MT“), celkové výsledky přesunů byly horší. V této studii museli ujít určitou vzdálenost v požadovaném limitu. Z tréninkové skupiny byli celkem čtyři probandi, kteří zvládli test před tréninkovým programem, ale nezvládli test poté. Toto si autoři vysvětlují jinými klimatickými podmínkami při testech přesunů (srpen–listopad). I tak je ale výsledek tohoto výzkumu překvapivý, neboť během celého tréninkového programu probandi chodili běhat nebo trénovat přesuny (pravděpodobně venku, a ne na treadmilla) a mohlo tak dojít k adaptaci na počasí. I přesto tato studie nakonec ukazuje důležitost síly DK, a to v případě srovnání testů síly a přesunů u žen. Probandi ženského pohlaví, kteří úspěšně zvládli požadovaný limit na testu nesení zátěže ($n=11$), měli v průměru výrazně vyšší hodnoty (108,3 kg) na testu leg–press, než ženy ($n=17$), které limit nezvládly (94 kg).

Je nutné říct, že každá studie měla jiné testování silových schopností. Testy probíhaly, buď v laboratorních, nebo v terénních podmínkách a rozdílný byl jak výběr cviků, tak i měření určitého typu silové schopnosti. Většina silových testů byla zaměřena na zjišťování maximální nebo explozivní síly. Maximální síla byla měřena buď na dřepu nebo na MT způsobem 1RM–3RM, anebo maximálním izometrickém nebo izotonickým vyvinutím síly na dynamometru u flexe a extenze kolena (Heilbronn et al., 2020; Wills et al., 2020; Patterson et al., 2006; Robinson et al., 2018; Knapik et al., 1990; Dziados et al., 1987). Explozivní síla byla měřena především u dřepu, nebo u výskoku (Wills et al., 2019; Godhe et al., 2020; Robinson et al., 2018; Knapik et al., 1990). Pouze v jedné studii se pak autoři zaměřili i na měření vytrvalostní síly DK. Toto měření

probíhalo na dynamometru, při němž museli probandi vykonat 50 maximálních úsilí v rychlosti 180°/s (Dziados et al., 1987). Robinson et al. (2018) zařadil mimo jiné do své studie také testování rychlostní síly DK v podobě 10m sprintu.

Na základě výsledků těchto studií se dá říct, že síla DK a její rozvoj hraje důležitou roli při aerobním výkonu nesení zátěže. Z nepochopitelných důvodů však pouze jedna studie byla zaměřena na testování vytrvalostní síly DK. Právě rozvoj vytrvalostní síly se podle autora nejvíce nabízí pro zlepšení výkonu při pěších přesunech se zátěží. Ve vysokých sklonech a s vysokými hmotnostmi zátěže se pak také může zdát velmi důležitý rozvoj maximální síly DK. Explozivní ani rychlá síla nejsou podle autora tak důležité jako dva výše uvedené typy síly.

Proto je zde ještě podle autora prostor pro další výzkum, který by se více zaměřil na vliv jednotlivých typů silových schopností (především maximální a vytrvalostní síly) DK na pěší přesuny se zátěží, přičemž by přesuny byly měřeny ve více sklonech a také s více zátěžemi.

6.2 Vliv síly trupu na aerobní výkon při nesené zátěži

Původním záměrem bylo věnovat se pouze síle DK, ale v průběhu psaní přišlo autorovi nevhodné se nezaměřit i na střed těla (trup), neboť se autoři shodují, že právě kvalitní střed těla je základem pro každý další pohyb a celkovou stabilitu. Doležal a Jebavý (2013) dokonce tvrdí, že síla zpevnění středu těla musí odpovídat síle pohybu končetin, takže tento vztah funguje v přímé úměře – čím je stabilnější střed těla, tím větší sílu končetin umožňuje.

Godhe et al. (2020) zvolili pro test síly středu těla plank se zvedáním DK do určité úrovně v určitém tempu na výdrž. Výsledky korelačního koeficientu mezi tímto testem a testem nesení zátěže byly ale zanedbatelné. Autoři však uvádí, že výběr tohoto cviku nemusel být úplně vhodný. V ostatních studiích korelace mezi testy síly trupu a testem nesení zátěže se pohybovaly od -0,1 do -0,45 (Robinson et al., 2018; Knapik et al., 1990).

Stejně jako u DK (*podkap. 6.1*) jsou výsledky adaptace na tréninkový program vidět signifikantně jak u testů silových schopností, tak u testu nesení zátěže (Heilbronn et al., 2020; Wills et al., 2019; Wills et al., 2020). Při studii od Patterson et al. (2006) se probandi sice zlepšili v izometrickém “MT“ (což by se dalo brát i jako test síly trupu), ale jak již bylo zmíněno, u některých došlo ke zhoršení na testu nesení zátěže.

Měření maximální síly trupu probíhalo u cviku MT způsobem 1RM–3RM nebo v jeho izometrické době (Heilbronn et al., 2020; Wills et al., 2020; Patterson et al., 2006; Robinson et al., 2018). Zajímavým testem pak byl také test na maximální izometrickou sílu při flexi a extenzi trupu ve speciálním kovovém postroji. Někteří autoři zvolili test vytrvalostní síly u cviků sed–leh na PO nebo ve výdrži v planku (Heilbronn et al., 2020; Wills et al., 2019; Wills et al., 2020; Godhe et al., 2020; Knapik et al., 1990).

Síla trupu se zdá být podle výsledků těchto studií taktéž důležitým faktorem výkonu při nesení zátěže. Ne všechny studie ale (podle autora) zvolily vhodné cviky pro testování.

Je zde tedy podle autora prostor pro další výzkum, jehož výsledky by přesně ukázaly, jaký typ silové schopnosti je nutné rozvíjet, aby byl trénink pro zlepšení výkonu co nejefektivnější. Totéž platí i pro samotné svalové skupiny (DK/ core).

6.3 Zranění

Pohybovou výkonnost můžeme definovat jako schopnost jedince podávat opakovaně maximální požadované úkoly v určité oblasti pohybových aktivit. V případě pěších přesunů je měřitelná časem nebo vzdáleností (NV MO č. 12/2011). Zranění by se tak mohlo v pěších přesunech považovat za jeden z faktorů, který může značně ovlivnit výkon, neboť jestliže je voják nějakým způsobem zraněn, zhoršuje se v lepším případě pouze čas přesunu, v horším případě neujde ani požadovanou vzdálenost a nesplní tak úkol.

Důležité je tedy do případného tréninkového programu zařadit také cviky zajišťující prevenci zranění. Posílení problémových svalů by se sice nemuselo projevit v empirickém výzkumu při laboratorním testování přesunů, ale určité by mělo smysl v reálných terénních podmínkách, kde je vyšší pravděpodobnost zranění.

Mezi nejčastější zranění, kterým bychom teoreticky mohli předejít, patří zranění v oblasti zad a kloubů DK (Orr et al., 2014; Knapik a Reynolds, 1997; Deuster et al., 1997). To potvrzují i studie od Attwells et al. (2016), Wang et al. (2013), Smith et al. (2010), Rice et al. (2016), Muslim a Nussbaum (2016), jejichž závěry poukazují na to, že vyšší hmotnosti nesené zátěže mohou způsobit vyčerpání svalů a následné zranění. S tím se shodují i závěry autorů Earl–Boehm et al. (2020),

Herbaut a Delannoy (2020) nebo Spadacciny (2016), kteří uvádí, že zvýšená únava svalů zajišťující pohyb a stabilitu kotníků může způsobit jejich zranění.

Důležité tedy je volit takové cviky, které předejdou svalové dysbalanci, posílí střed těla a stabilizují trup (Stackeová, 2012; Smíšek, 2016; Jarkovské, 2016; Zatsiorsky a Kraemer, 2006; Fitarelli et al., 2020; Leetun et al., 2004; Akuthota et al., 2007). Podle Zatsiorskeho a Kraemera (2006) vede trénink maximální síly mimo jiné také ke zvýšení mechanické síly vazivových tkání kolem kloubu a také zvyšuje obsah minerálů v kostní tkáni. Slabší sval tak dosáhne dříve bodu, kdy nestačí odolávat energii a dojde ke zranění. To podle autorů může být důležité pro prevenci zranění. I kdyby tedy neměl silový trénink pozitivní vliv na výkon při pěších přesunech, bude i tak mít smysl ho zařazovat z důvodu předcházení zranění nebo i případné rekonvalescence.

6.4 Limitace práce

Hlavní limitací této práce je podle autora nedostatečný prostor k řešení otázky rozdílů pohlaví a tělesné hmotnosti. Původním záměrem bylo nastavit kritéria výběru studií do rešerše tak, aby byli probandi pouze mužského pohlaví. Z důvodu relativně nízkého počtu vybraných studií ale byly zařazeny i studie s probandy ženského pohlaví. Rozebírat ale problematiku pohlavních rozdílů by pravděpodobně bylo na samostatnou práci.

Tělesná hmotnost vojáka nesoucího určitou zátěž je pravděpodobně dalším důležitým faktorem ovlivňující výkon. Vzhledem k tomu, že v armádě při přesunech mají všichni stejné podmínky, tak nebyl faktor tělesné hmotnosti, a s tím spojená relativní hmotnost zátěže nebo relativní síla, vzat v úvahu v této práci.

Také je nutno zmínit, že studie s tréninkovým programem pozitivně ovlivnily výsledky několika silových testů (nejen testů síly trupu a DK), respektive tréninkové programy byly zaměřeny dost komplexně na to, aby se pak dalo přesně vyvodit, co přesně stojí za zlepšením při testu nesení zátěže.

Další limitaci autor vidí v testování přesunů. Bylo snahou vybírat studie, jejichž měření přesunů probíhalo v aerobním energetickém krytí. Byly zde zařazeny i studie s testováním na 5 km nesení zátěže. Při takovém výkonu, kdy musí jít vojáci co nejrychleji, pravděpodobně nedochází pouze k aerobnímu krytí a poslední minuty

přesunu budou možná ve vyšších hodnotách SF. I tak ale byly tyto studie zařazeny do rešerše, neboť při přesunu na 5 km pravděpodobně docházelo převážně k aerobnímu krytí. Navíc, kdyby tyto studie nebyly zařazeny do této práce, zbyly by pouze tři, které by splňovaly podmínky. I osm studií ale není dostatek pro jednoznačné závěry.

Je zde potřeba také zmínit hlavní limitace zmíněných studií zabývajících se zatížením svalů a kloubů (*kap. 2.2*). Většina těchto studií byla prováděna v laboratorních podmínkách na běžeckém páse nebo jiných přístrojích, takže se tím zamezily nerovnosti a tím pádem i jejich vliv na samotnou chůzi. Dále některé z nich nebyly věnovány přímo armádní problematice, a tak probandi neměli výstroj nebo výzbroj, kterou normálně vojáci při přesunech mají. Limitací může být také nesprávné zacházení a měření s přístrojem EMG, který byl využit ve většině studií zabývajících se svalovou aktivitou. I tak ale jsou tyto studie pro naše potřeby relevantní a dá se z nich vycházet.

7 Závěr

Tato práce pomáhá lépe pochopit vliv síly DK a trupu na aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží. Tyto znalosti by pak bylo vhodné zúročit při sestavování tréninkového plánu, jehož cílem by bylo zlepšení výkonnosti při nesení zátěže.

Do rešerše bylo vybráno celkem osm studií, které splňovaly všechna kritéria. Na základě interpretace výsledků těchto studií se dá odpovědět na výzkumnou otázku. Tyto závěry je ale nutné, vzhledem k limitacím této práce, brát s rezervou.

Výsledky korelačních koeficientů mezi silou DK a trupu a mezi výkonem při nesené zátěži naznačovaly ve většině případů pozitivní vztah, byť hodnoty nebyly úplně výrazné. Zvýšení úrovně silových schopností DK a trupu se u většiny studií projevilo pozitivně v lepším výkonu při nesené zátěži v podobě času zvládnutí přesunu a také ve fyziologické odezvě. Rozvoj síly má také pozitivní vliv na prevenci zranění, která by mohla značně negativně ovlivnit výkon při nesené zátěži.

Výzkumná otázka: Jak důležité jsou silové schopnosti DK a trupu pro aerobní výkon při pěších přesunech se zátěží? – Důležitost síly DK a trupu pro aerobní výkon při nesené zátěži je relativně vysoká a může se projevit v lepší fyziologické odezvě, ve vyšší rychlosti přesunu, lepším subj. vnímáním zátěže a také ve vyšší odolnosti proti zranění. Pro přesnější vyhodnocení důležitosti jednotlivých typů silových schopností určitých svalových skupin pro aerobní výkon při nesené zátěži by bylo vhodné udělat další výzkum s lepším celkovým designem.

Tato práce tedy bude autorovi sloužit jako pilotní studie pro potencionální diplomovou práci, která by byla empirického charakteru. V diplomové práci by se už autor věnoval těmto (nebo obdobným) hypotézám, na které se nedalo odpovědět ze studií zařazených do rešerše této práce:

- Absolvovaný tréninkový program zaměřený na maximální sílu DK/trupu se u vojáků projevilo/neprojevilo lépe v aerobním výkonu při nesené zátěži než absolvovaný tréninkový program zaměřený na vytrvalostní sílu DK/trupu.
- Vojáci s vyšší maximální/vytrvalostní silou DK/trupu podali lepší výkon při pěším přesunu (aerobního charakteru) se zátěží než vojáci s nižší maximální/vytrvalostní silou (v určitém sklonu, s určitou zátěží).

8 Literatura

8.1 Literární zdroje

1. AKUTHOTA, Venu a Scott F. NADLER, 2007. Core strengthening. *Instructional course lectures* [online]. 56, 379–384 . ISSN 00656895. Dostupné z: doi:10.1053/j.apmr.2003.12.005
2. ALEXANDER, Nathalie a Hermann SCHWAMEDER, 2016. Effect of sloped walking on lower limb muscle forces. *Gait and Posture* [online]. 47, 62–67. ISSN 18792219. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2016.03.022
3. AL-SHUKA, HAYDER F.N., et al., 2019. Biomechanics, actuation, and multi-level control strategies of power-augmentation lower extremity exoskeletons: an overview. *International Journal of Dynamics and Control* [online]. 7(4), 1462–1488. ISSN 21952698. Dostupné z: doi:10.1007/s40435-019-00517-w
4. ARMSTRONG, Nicola C.D., Amanda WARD, Mitch LOMAX, Michael J. TIPTON a James R. HOUSE, 2019. Wearing body armour and backpack loads increase the likelihood of expiratory flow limitation and respiratory muscle fatigue during marching. *Ergonomics* [online]. 62(9), 1181–1192. ISSN 13665847. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2019.1629638
5. ATTWELLS, Renee L., Stewart A. BIRRELL, Robin H. HOOPER a Neil J. MANSFIELD, 2006. Influence of carrying heavy loads on soldiers' posture, movements and gait. *Ergonomics* [online]. 49(14), 1527–1537. ISSN 00140139. Dostupné z: doi:10.1080/00140130600757237
6. BOFFEY, David, Idan HARAT, Yftach GEPNER, Cheyanne L FROSTI, Shany FUNK a Jay R HOFFMAN, 2019. The Physiology and Biomechanics of Load Carriage Performance. *Military Medicine* [online]. 184(1–2), e83–e90. ISSN 0026–4075. Dostupné z: doi:10.1093/milmed/usy218
7. ČIHÁK, Radomír, 2011. *Anatomie 1 , třetí, upravené a doplněné vydání* [online]. ISBN 978–80–247–3817–8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/anatomie-1-405744/#>
8. DEUSTER, Patricia et al., 1997. *The Navy SEAL Physical Fitness Guide*.
9. DIMON, THEODORE, Jr., 2008. *Anatomie těla v pohybu*. ISBN 978–80–7549–158–9.
10. DOLEŽAL Martin a JEBAVÝ Radim, 2013. *Přirozený funkční trénink* [online]. ISBN 978–80–247–4438–4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/ukazka/prirozeny-funkcni-trenink-950/>

11. DUNGL, Pavel, 1989. *Ortopedie a traumatologie nohy* | Národní digitální knihovna | Digitální knihovna Kramerius [online]. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:f5ef3c30-3a3d-11e4-8e0d-005056827e51?page=uuid:d66d4e30-4d69-11e4-aded-005056827e51>
12. EARL-BOEHM, Jennifer E., Daniel N. POEL, Kathryn ZALEWSKI a Kyle T. EBERSOLE, 2020. The effects of military style ruck marching on lower extremity loading and muscular, physiological and perceived exertion in ROTC cadets. *Ergonomics* [online]. 63(5), 629-638. ISSN 13665847. Dostupné z: [doi:10.1080/00140139.2020.1745900](https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1745900)
13. EKKA, Sanjay, 2016. *Gait definition, its phases & abnormal gait : Physiosunit* [online]. Dostupné z: <https://physiosunit.com/gait-definition-phases-of-cycle-explained/#18-final-word>
14. EKKA, Sanjay, 2018. *Gait Cycle Muscles Activity: Its anatomy explained : Physiosunit* [online]. Dostupné z: <https://physiosunit.com/gait-cycle-muscle-anatomy/>
15. FITARELLI, Luan, Giovana RAMOS, Felipe SCUDIERO, Rodrigo RABELLO a Rodrigo RODRIGUES, 2020. Core muscles thickness is not associated with knee frontal plane projection angle during single-leg squat in healthy people. *Gait and Posture* [online]. 80, 292-297. ISSN 18792219. Dostupné z: [doi:10.1016/j.gaitpost.2020.06.015](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.06.015)
16. GODHE, Manne, Torbjörn HELGE, C. Mikael MATTSSON, Örjan EKBLÖM a Björn EKBLÖM, 2020. Physiological factors of importance for load carriage in experienced and inexperienced men and women. *Military Medicine* [online]. 185(7-8), E1168-E1174. ISSN 1930613X. Dostupné z: [doi:10.1093/milmed/usaa050](https://doi.org/10.1093/milmed/usaa050)
17. HAJGHANBARI, Bahareh, Cristiane YAMABAYASHI, Teryn R. BUNA, Jonathan D. COELHO, Kyle D. FREEDMAN, Trevor A. MORTON, Sheree A. PALMER, Melissa A. TOY, Cody WALSH, A. William SHEEL a W. Darlene REID, 2013. *Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: A systematic review with meta-analyses* [online]. červen 2013. B.m.: J Strength Cond Res. ISSN 10648011. Dostupné z: [doi:10.1519/JSC.0b013e318269f73f](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318269f73f)
18. HAVEL, Zdeněk a Jan HNÍZDIL, 2009. *Rozvoj a diagnostika silových schopností* [online]. ISBN 978-80-7414-189-8. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:214bc210-332f-11e4-8f64-005056827e52?page=uuid:fd8af010-4695-11e4-a450-5ef3fc9bb22f>

19. HEILBRONN, Brian E., Kenji DOMA, Dale GORMANN, Moritz SCHUMANN a Wade H. SINCLAIR, 2020. Effects of Periodized vs. Nonperiodized Resistance Training on Army-Specific Fitness and Skills Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 34(3), 738–753. ISSN 1064–8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000003029
20. HERBAUT, Alexis a Julien DELANNOY, 2020. Fatigue increases ankle sprain risk in badminton players: A biomechanical study. *Journal of Sports Sciences* [online]. 38(13), 1560–1565. ISSN 1466447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2020.1748337
21. HNÍZDIL, Jan a HAVEL, Zdeněk et al., 2012. *Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností*. ISBN 978-80-7414-476-9.
22. HU, Xiao, Silvia S BLEMKER, Nathaniel T PICKLE, Alena M GRABOWSKI a Anne K SILVERMAN, 2020. Muscle Eccentric Contractions Increase in Downhill and High-Grade Uphill Walking [online]. Dostupné z: doi:10.3389/fbioe.2020.573666
23. HUDÁK, Radovan, David KACHLÍK a kol., 2013. *Memorix anatomie*. 1. ISBN 978–80–7387–674–6.
24. JARKOVSKÁ, Helena a Markéta JARKOVSKÁ, 2016. *Posilování s vlastním tělem* [online]. ISBN 978–80–271–9288–5. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/ukazka/posilovani-s-vlastnim-telem-2581/>
25. JOSEPH E. DZIADOS, MAJ, MC, ANDREW I. DAMOKOSH, M.S., ROBERT P. HELLO, M.S AND JAMES A. VOGEL, Ph.D. a US, 1987. *PHYSIOLOGICAL DETERMINANTS OF LOAD BEARING CAPACITY*.
26. KAČINETZOVÁ, Alena, 2003. *Bolesti kolenních kloubů I | Národní digitální knihovna | Digitální knihovna Kramerius* [online]. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:762244d0-49f5-11e4-8113-005056827e52?page=uuid:a9e87440-5320-11e4-8b11-005056827e51>
27. KNAPIK, Joseph J a Jeffery Staab Michael Bahrke John O'Connor Marilyn Sharp Peter Frykman Robert Mello Katy Reynolds James VOGEL, 1990. RELATIONSHIP OF SOLDIER LOAD CARRIAGE TO PHYSIOLOGICAL FACTORS, MILITARY EXPERIENCE AND MOOD STATES.
28. KNAPIK, Joseph J a K REYNOLDS, 1997. [PDF] *Load Carriage in Military Operations: A Review of Historical, Physiological, Biomechanical, and Medical Aspects | Semantic Scholar* [online]. Dostupné z: <https://www.semanticscholar.org/paper/Load-Carriage-in-Military-Operations%3A-A-Review-of-Knapik-Reynolds/bda18284a129a8bc14d9e6d9201b1022c9a74bc6>

29. KNAPIK, Joseph J, Everett A HARMAN, Ryan A STEELMAN a Bria S GRAHAM, 2012. A Systematic Review of the Effects of Physical Training on Load Carriage Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 26(2), 585–597. ISSN 1064–8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3182429853
30. KUHN, Katja, 2005. *Vytrvalostní trénink* [online]. ISBN 80–7232–252–4. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:cdedeee0-b202-11e6-88f6-005056827e52?page=uuid:0b375801-c5f3-11e6-b22f-5ef3fc9ae867>
31. LARSEN, Christian, 2005. *Zdravá chuze po celý život*. B.m.: Poznání. ISBN 80–86606–38–4.
32. LEETUN, DARIN T., MARY LLOYD IRELAND, JOHN D. WILLSON, BRYON T. BALLANTYNE a IRENE MCCLAY DAVIS, 2004. Core Stability Measures as Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. 36(6), 926–934. ISSN 0195–9131. Dostupné z: doi:10.1249/01.MSS.0000128145.75199.C3
33. LIU, Yali, Ligang QIANG, Qiuzhi SONG, Mingsheng ZHAO a Xinyu GUAN, 2020. Effects of Backpack Loads on Leg Muscle Activation during Slope Walking. *Applied Sciences* [online]. 10(14), 4890. ISSN 2076–3417. Dostupné z: doi:10.3390/app10144890
34. M. HAISMAN, 2007. „*The International Conference of Environmental Ergonomics*” – *Load Carriage*.
35. MĚKOTA Karel, CUBEREK Roman, 2007. *Pohybové dovednosti – činnosti – výkony* [online]. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:87e2c9f0-5202-11e9-936e-005056827e52?page=uuid:050a47d4-b27f-4827-b513-823436cf449c>
36. MĚKOTA, Karel a NOVOSAD Jiří, 2005. *Motorické schopnosti* [online]. ISBN 80–244–0981–X. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:eb056e20-8bb2-11e6-88c5-005056827e52?page=uuid:611d9c20-9c86-11e6-bfc2-001018b5eb5c>
37. MINISTERSTVO OBRANY, 2011. *NVMO č 12–2011 Služební TV*. 2011.
38. MUSLIM, Khoirul a Maury A. NUSSBAUM, 2016. Traditional posterior load carriage: effects of load mass and size on torso kinematics, kinetics, muscle activity and movement stability. *Ergonomics* [online]. 59(1), 99–111. ISSN 13665847. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2015.1053538
39. NUCKOLS, Richard W., Kota Z. TAKAHASHI, Dominic J. FARRIS, Sarai MIZRACHI, Raziell RIEMER a Gregory S. SAWICKI, 2020. Mechanics of walking and running up and downhill: A joint-level perspective to guide design of lower-limb exoskeletons. *PLOS ONE* [online]. 15(8), e0231996. ISSN 1932–6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0231996

40. ORR, Robin M., Venerina JOHNSTON, Julia COYLE a Rodney POPE, 2015. Reported Load Carriage Injuries of the Australian Army Soldier. *Journal of Occupational Rehabilitation* [online]. 25(2), 316–322. ISSN 10530487. Dostupné z: doi:10.1007/s10926–014–9540–7
41. ORR, Robin Marc, Rodney POPE, Venerina JOHNSTON a Julia COYLE, 2014. *Soldier occupational load carriage: a narrative review of associated injuries* [online]. 2. říjen 2014. B.m.: Taylor and Francis Ltd. ISSN 17457319. Dostupné z: doi:10.1080/17457300.2013.833944
42. PARK, Huiju, Donna BRANSON, Seonyoung KIM, Aric WARREN, Bert JACOBSON, Adriana PETROVA, Semra PEKSOZ a Panagiotis KAMENIDIS, 2014. Effect of armor and carrying load on body balance and leg muscle function. *Gait and Posture* [online]. 39(1), 430–435. ISSN 09666362. Dostupné z: doi:10.1016/j.gaitpost.2013.08.018
43. PATTERSON, Mark J, Warren S ROBERTS, Wai–Man LAU a Stephen K PRIGG, 2006. *Gender and Physical Training Effects on Soldier Physical Competencies and Physiological Strain*.
44. PAUL, Sohini, Debojyoti BHATTACHARYYA, Tirthankar CHATTERJEE a Dhurjati MAJUMDAR, 2016. Effect of uphill walking with varying grade and speed during load carriage on muscle activity. *Ergonomics* [online]. 59(4), 514–525. ISSN 13665847. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2015.1073792
45. PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL, 2010. *Sportovní trénink*. ISBN 978–80–247–2118–7.
46. PETR, Miroslav a Petr ŠŤASTNÝ, 2012. *Funkční silový trénink*. ISBN 978–80–86317–93–9.
47. PRASANTH ARUMUGANAINAR, Ganesh, 2018. *Simulation of lower limb muscle activity during inclined slope walking*.
48. QUESADA, Peter M., Larry J. MENGELKOCH, Robert C. HALE a Sheldon R. SIMON, 2000. Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. *Ergonomics* [online]. 43(3), 293–309. ISSN 13665847. Dostupné z: doi:10.1080/001401300184413
49. RICE, Hannah, Joanne FALLOWFIELD, Adrian ALLSOPP a Sharon DIXON, 2016. Influence of a 12.8–km military load carriage activity on lower limb gait mechanics and muscle activity. *Ergonomics* [online]. 60(5), 649–656. ISSN 13665847. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2016.1206624
50. RICHTER, Phillip a Eric HEBGEN, 2011. *Spouštěcí body a funkční svalové řetězce* [online]. ISBN 9788073492618. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:68cc3d70–04d9–11e8–b1a1–005056827e52?page=uuid:a196d7d0–0c29–11e8–8ee4–005056825209>

51. ROBINSON, Jeremy, Adam ROBERTS, Shane IRVING a Robin ORR, 2018. Aerobic Fitness is of Greater Importance than Strength and Power in the Load Carriage Performance of Specialist Police. *International journal of exercise science* [online]. 11(4), 987–998. ISSN 1939–795X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30147827>
52. SADLER, Sean, Martin SPINK a Vivienne CHUTER, 2021. Gluteus medius muscle activity during gait in people with and without chronic nonspecific low back pain: A case control study. *Gait and Posture* [online]. 83, 15–19. ISSN 18792219. Dostupné z: [doi:10.1016/j.gaitpost.2020.10.003](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.10.003)
53. SAPSFORD, Ruth, 2004. Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization. *Manual Therapy* [online]. 9(1), 3–12. ISSN 1356689X. Dostupné z: [doi:10.1016/S1356-689X\(03\)00131-0](https://doi.org/10.1016/S1356-689X(03)00131-0)
54. SHARKEY, Brian J. a Steven E. GASKILL, 2006. *Fyziologie sportu pro trenéry*. B.m.: Mladá fronta. ISBN 978–80–204–4532–2.
55. SMÍŠEK, Richard, 2016. *Svalové řetězce*. ISBN 978–80–87568–65–1.
56. SMITH, Benjamin, Michael ROAN a Minhyung LEE, 2010. The effect of evenly distributed load carrying on lower body gait dynamics for normal weight and overweight subjects. *Gait and Posture* [online]. 32(2), 176–180. ISSN 09666362. Dostupné z: [doi:10.1016/j.gaitpost.2010.04.007](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.04.007)
57. SPADACCINY, Dylan, 2016. *5 Ankle Strength Exercises to Prevent Sprains | STACK* [online]. Dostupné z: <https://www.stack.com/a/5-ankle-strength-exercises-to-prevent-sprains>
58. STACKEOVÁ, Daniela, 2012. *Cvičení na bolavá záda* [online]. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:426415f0-a211-11e9-9209-005056827e51?page=uuid:88c64734-6dda-4d5e-953a-2d686dd8d38c>
59. STOPPANI, Jim, 2014. *Velká kniha posilování* [online]. ISBN 978–80–247–5643–1. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/ukazka/velka-kniha-posilovani-1377/>
60. VÁGNER, Michal, 2016. *Kondiční trénink pro tenis* [online]. ISBN 978–80–271–9500–8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/ukazka/kondicni-trenink-pro-tenis-1763/>
61. VAN DEN HOORN, Wolbert, François HUG, Paul W. HODGES, Sjoerd M. BRUIJN a Jaap H. VAN DIEËN, 2015. Effects of noxious stimulation to the back or calf muscles on gait stability. *Journal of Biomechanics* [online]. 48(15), 4109–4115. ISSN 18732380. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jbiomech.2015.10.013](https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.10.013)

62. VELÉ, František, 2006. *Kineziologie, přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy* [online]. ISBN 80–7254–837–9. Dostupné z: <https://ndk.cz/view/uuid:a06973e0-ee50-11e8-a5a4-005056827e52?page=uuid:b92caff0-3b8a-11e9-9656-5ef3fc9bb22f>
63. VESELÝ, Jan, 2007. *Dynamická chůze*. ISBN 80–7336–373–9.
64. WALL–SCHEFFLER, Cara M., Elizabeth CHUMANOV, Karen STEUDEL–NUMBERS a Bryan HEIDERSCHEIT, 2010. Electromyography activity across gait and incline: The impact of muscular activity on human morphology. *American Journal of Physical Anthropology* [online]. 143(4), 601–611. ISSN 00029483. Dostupné z: [doi:10.1002/ajpa.21356](https://doi.org/10.1002/ajpa.21356)
65. WANG, He, Jeff FRAME, Elicia OZIMEK, Daniel LEIB a Eric L. DUGAN, 2013. The effects of load carriage and muscle fatigue on lower–extremity joint mechanics. *Research Quarterly for Exercise and Sport* [online]. 84(3), 305–312. ISSN 02701367. Dostupné z: [doi:10.1080/02701367.2013.814097](https://doi.org/10.1080/02701367.2013.814097)
66. WILLS, Jodie A., David J. SAXBY, Daniel J. GLASSBROOK a Tim L.A. DOYLE, 2019. Load–Carriage Conditioning Elicits Task–Specific Physical and Psychophysical Improvements in Males. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 33(9), 2338–2343. ISSN 1064–8011. Dostupné z: [doi:10.1519/JSC.0000000000003243](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003243)
67. WILLS, Jodie A., Jace DRAIN, Joel T. FULLER a Tim L.A. DOYLE, 2020. Physiological Responses of Female Load Carriage Improves after 10 Weeks of Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [online]. 52(8), 1763–1769. ISSN 15300315. Dostupné z: [doi:10.1249/MSS.0000000000002321](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002321)
68. ZATSIORSKY, V.M. a W.J. KRAEMER, 2006. *Silový trénink. Praxe a věda*. ISBN 978–80–204–3261–2.

8.2 Internetové zdroje obrázků

1. <https://1url.cz/5KwbS> – www.researchgate.net
2. <https://1url.cz/0Kwb5> – dostupné na www.acefitness.org
3. <https://1url.cz/9KwbP> – dostupné na www.tekscan.com
4. <https://1url.cz/2Kwb6> – dostupné na [cz.pinterest.com](https://www.pinterest.com)

9 Seznam grafické dokumentace

9.1 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Příklady způsobů nesení zátěže (Knapik a Reynolds, 1997)</i>	16
<i>Obrázek 2: Hmotnost zátěže u různých vojsk (Knapik a Reynolds, 1997).....</i>	18
<i>Obrázek 3: Krokový cyklus (www.tekscan.com).....</i>	20
<i>Obrázek 4: Svaly DK – pohled zepředu (paulcrane–sportsmassagetherapy.weebly.com).....</i>	21
<i>Obrázek 5: Svaly DK – pohled zezadu (paulcrane–sportsmassagetherapy.weebly.com)</i>	22
<i>Obrázek 6: Aktivita svalů během krokového cyklu (google.com – obrázky – ResearchGate.com)</i>	22
<i>Obrázek 7: Svaly – CORE (acefitness.org).....</i>	25
<i>Obrázek 8: Svaly m. trapezuis (vlevo) a m. iliopsoas (vpravo) (Memorix anatomie, 2013)</i>	27
<i>Obrázek 9: Dýchací a pomocné dýchací svaly (Memorix anatomie, 2013)</i>	27
<i>Obrázek 10: Počet zranění v určité části těla (Orr et al., 2015)</i>	29
<i>Obrázek 11: Zatížení kloubů DK v různých sklonech (Nuckols et al., 2020)</i>	30
<i>Obrázek 12: Základní dělení vytrvalosti (Kuhn, 2005)</i>	40

9.2 Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Svaly zajišťující pohyb v kyčelním kloubu (Memorix anatomie, 2013)</i>	24
<i>Tabulka 2: Svaly zajišťující pohyb v kolenním a hlezenním kloubu (Memorix anatomie, 2013)</i>	24
<i>Tabulka 3: Diagram vyhledávání odborných článků</i>	45