

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Ondřej Matoušek

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Katedra vojenské tělovýchovy

**Vztah testů vytrvalostních schopností a antropometrie
k vojensko–specifickým úkolům u mužů**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

npor. PhDr. Jan Maleček, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Ondřej Matoušek

Praha, 2024

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou 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:

Bc. Ondřej Matoušek

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval především panu npor. PhDr. Janu Malečkovi, Ph.D. za odborné vedení práce, věnovaný čas, vstřícný přístup a cenné rady, které měly zásadní podíl na zdárném dokončení a odevzdání této práce. Dále bych rád poděkoval konzultantům práce – panu Mgr. Vítovi Třebickému, Ph.D. a panu PhDr. Romanu Malířovi. V neposlední řadě si mé díky zaslouží participanti tohoto výzkumu, kteří se dobrovolně přihlásili a absolvovali fyzicky náročná měření. Poděkování patří samozřejmě i rodině a blízkému okolí za jejich podporu.

ABSTRAKT

Název:

Vztah testů vytrvalostních schopností a antropometrie k vojensko–specifickým úkolům u mužů

Cíl práce:

Cílem této práce bylo analyzovat vztahy mezi vybranými vytrvalostními schopnostmi, antropometrickými údaji a výkony při vojensko–specifických testech simulujících operační zatížení.

Metody:

Vzorek výzkumu tvořilo 24 mužských studentů Vojenského oboru při FTVS UK a 7 zdravých, mladých mužů se zkušenostmi se silovým tréninkem ($n = 31$) s průměrným věkem 22.5 ± 2.9 let, výškou 181.5 ± 7.1 cm a hmotností 80.2 ± 10.2 kg. Participantů absolvovali během dvou týdnů sérii čtyř měření s rozstupem minimálně 48 h. Během úvodní návštěvy probandé podstoupili analýzu tělesné kompozice metodou DEXA a laboratorní měření $VO_2\max$ na běžecím trenažeru. Druhá návštěva obsahovala test maximálního počtu shybů a Cooperův běh. Během třetí návštěvy byli účastníci podrobeni testům: a) kliky, b) leh–sedy, c) maximální vertikální výskok, d) odhod medicinbalu, e) mrtvý tah (1 RM), f) člunkový běh 10×10 m, g) síla stisku ruky. Poslední návštěva obsahovala vojensko–specifické testy, které proběhly na rozdíl od předchozích testů ve vojenské ústroji a balistické výstroji: a) pěší přesun se zátěží, b) tažení figuríny, c) běh pod palbou, d) přesouvání pytle s pískem, e) maximální zdvih zátěže, f) přenášení kanystrů. Získaná data byla poté statisticky zpracována do 6 statistických modelů za použití mnohonásobné lineární regrese a zobecněného lineárního modelu. Pro tvorbu modelů byly využity nezávisle proměnné: Cooperův běh, test $VO_2\max$, člunkový běh, hmotnost a procento tukové tkáně bez oblasti hlavy. Jako závisle proměnné byly dosazeny vojensko–specifické testy. Hladina významnosti byla stanovena na 5 %. Pro zjištění vztahů mezi predikčním vzorcem hodnoty $VO_2\max$ z Cooperova běhu ($(22.351 \times \text{vzdálenost v km}) - 11.288$) a testem $VO_2\max$ byl využit Pearsonův korelační koeficient.

Výsledky:

Test $VO_2\max$ byl vyřazen z důvodu přítomnosti multikolinearity ($VIF = 8.56$). Výkon v maximálním zdvihu zátěže (M1) nejlépe vysvětlovala tělesná hmotnost ($\beta = 0.908$ [0.654,

1.172], $p < 0.001$), přičemž celý model disponoval explanací variability 66 % (upravené $R^2 = 0.662$). V případě přenášení kanystrů s vodou (M2) statistickou významnost vykazovala opět tělesná hmotnost ($\beta = 2.221 [0.945, 3.498]$, $p = 0.001$) a Cooperův běh ($\beta = 0.048 [0.005, 0.091]$, $p = 0.031$), ale se schopností predikce pouze 34 % (upravené $R^2 = 0.337$). Test přesouvání pytle s pískem (M3) byl nejlépe vysvětlen výkonem v Cooperově běhu ($\beta = -0.061 [0.087, -0.035]$, $p < 0.001$) a tělesnou hmotností ($\beta = -0.958 [-1.742, -0.173]$, $p = 0.019$). Nezávisle proměnné v tomto modelu vysvětlovaly 59 % variability výsledků (upravené $R^2 = 0.593$). Prediktorem nejlépe vysvětlujícím výkon v běhu pod palbou (M4) vyšel člunkový běh ($\beta = 0.810 [0.170, 1.450]$, $p = 0.015$), s explanací variability výsledků 30 % (upravené $R^2 = 0.304$). Pro výsledky testu v pěším přesunu se zátěží (M5) vykazoval statistickou významnost Cooperův běh ($\beta = -0.233 [-0.327, -0.140]$, $p < 0.001$), kdy dosažené nezávisle proměnné vysvětlovaly 50 % variability výsledků (upravené $R^2 = 0.593$). Posledním modelem bylo tažení figuríny (M6), jehož predikční schopnost byla pouze 13 % (upravené $R^2 = 0.130$). Statisticky významnou nezávisle proměnnou byla tělesná hmotnost ($\beta = -0.577 [-1.049, -0.105]$, $p = 0.019$), přičemž ale výsledky z tohoto modelu postrádají relevanci a neměly by být interpretovány. Vztah mezi testem VO_{2max} (57.5 ± 7 ml/kg/min) a predikčním vzorcem pro VO_{2max} (55.8 ± 7.4 ml/kg/min) byl velmi silný ($r = 0.819$, $p < 0.001$).

Závěr:

Z dosažených výsledků je důležité se uvědomit, že dnešní operační prostředí vyžaduje po profesionálních vojácích komplexní pohybovou přípravu, tudíž je vhodné do této přípravy zařazovat jak silové, tak vytrvalostní prvky. Dále je patrné, že jedinci s vyšší tělesnou hmotností lépe odolávají nesené zátěži, ale naopak nejsou tak výkonní ve vytrvalostních výkonech s nízkou mrtvou hmotností (tělesná hmotnost + externí zátěž). Cílem budoucí tělesné přípravy vojáků z povolání by tedy měl být všeobecný pohybový rozvoj s důrazem na aerobní, anaerobní a silové prvky. Za nežádoucí příklad by měl být považován voják jednostranně zaměřený jen na vytrvalostní nebo naopak silové schopnosti. Ideální voják by měl být univerzální, schopný na dostatečné úrovni plnit všechny pohybové úkoly, se kterými se v operačním prostředí setká.

Klíčová slova:

armáda, vytrvalost, operační zatížení, test, VO_{2max} , Cooperův běh

ABSTRACT

Title:

The relationship of endurance tests and anthropometry to military-specific tasks within men

Objective:

The aim of this study was to analyze the relationships between selected endurance abilities, anthropometric data and performance in specific military tests simulating operational loads.

Methods:

The research sample consisted of 24 male military students at the FTVS UK and 7 healthy, young men with strength training experience ($n = 31$) with a mean age of 22.5 ± 2.9 years, height 181.5 ± 7.1 cm and weight 80.2 ± 10.2 kg. Participants completed a series of four measurements in two weeks, spaced at least 48 h apart. During the initial visit, probands underwent a body composition analysis using DEXA and laboratory measurement of $VO_2\text{max}$ on a treadmill. The second visit included a maximal push-up test and Cooper's run. During the third visit, participants were subjected to tests of: a) push-ups, b) sit-ups, c) maximum vertical jump, d) medicine ball throw, e) deadlift (1 RM), f) 10×10 m shuttle run, and g) handgrip strength. The last visit included military-specific tests, which were conducted in a military outfit and ballistic gear, unlike the previous tests: a) loaded march, b) casualty drag, c) fire movement, d) moving the sandbag, e) maximum load lift, and f) water cans carry. Obtained data were afterwards statistically processed into 6 statistical models using multiple linear regression and a generalized linear model. The independent variables used in the models were: Cooper's run, $VO_2\text{max}$ test, shuttle run, weight, and percentage of adipose tissue excluding the head. Military-specific tests were entered as dependent variables. The significance level was set at 5 %. Pearson's correlation coefficient was used to determine the relationship between the prediction pattern of $VO_2\text{max}$ from the Cooper run ($(22.351 \times \text{distance in km}) - 11.288$) and the $VO_2\text{max}$ test.

Results:

The $VO_2\text{max}$ test was discarded due to the presence of multicollinearity ($VIF = 8.56$). Performance in the maximal load lift (M1) was best explained by weight ($\beta = 0.908$

[0.654, 1.172], $p < 0.001$), explaining 66 % of the variability (adjusted $R^2 = 0.662$). In case of carrying water cans (M2), statistical significance was again exhibited by weight ($\beta = 2.221$ [0.945, 3.498], $p = 0.001$) and Cooper's run ($\beta = 0.048$ [0.005, 0.091], $p = 0.031$), but with a predictive power of only 34 % (adjusted $R^2 = 0.337$). The sandbag moving test (M3) was best explained by performance in Cooper's run ($\beta = -0.061$ [0.087, -0.035], $p < 0.001$) and weight ($\beta = -0.958$ [-1.742, -0.173], $p = 0.019$). The independent variables in this model explained up to 59 % of the results variability (adjusted $R^2 = 0.593$). The predictor best explaining performance in the fire movement (M4) came out to be the shuttle run ($\beta = 0.810$ [0.170, 1.450], $p = 0.015$), with 30 % of the results variability explained (adjusted $R^2 = 0.304$). For the performance in the loaded march (M5), Cooper's run ($\beta = -0.233$ [-0.327, -0.140], $p < 0.001$) showed statistical significance, with the fitted independent variables explaining up to 50 % of the results variability (adjusted $R^2 = 0.593$). The final model was casualty drag (M6) with only 13 % predictive power (adjusted $R^2 = 0.130$). Weight was the statistically significant independent variable ($\beta = -0.577$ [-1.049, -0.105], $p = 0.019$), but results from this model lacked relevance and should not be interpreted. The relationship between the VO_{2max} test (57.5 ± 7 ml/kg/min) and the prediction formula for VO_{2max} (55.8 ± 7.4 ml/kg/min) was very strong ($r = 0.819$, $p < 0.001$).

Conclusion:

From the results obtained, it is important to realize that today's operational environment requires professional soldiers to undergo a complex movement training, therefore it is appropriate to include both strength and endurance elements in this training. Furthermore, it is evident that higher weight individuals are better to withstand the carried load, but conversely are not as efficient in endurance performances with low dead weight (body weight + external load). Therefore, the goal of future physical training within professional soldiers should be universal movement development with emphasis on aerobic, anaerobic and strength elements. As an undesirable example should be considered a soldier who is mainly focused on endurance or on the other hand strength abilities. The ideal soldier should be universal, capable of performing at a sufficient level all movement tasks encountered in the operational environment.

Key words:

army, endurance, operational load, test, VO_{2max} , Cooper run

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod | 14 |
| 2 Teoretická část | 15 |
| 2.1 Operační prostředí..... | 15 |
| 2.2 Operační odolnost | 16 |
| 2.3 Determinanty odolnosti v operačním prostředí | 16 |
| 2.4 Tělesná zdatnost..... | 19 |
| 2.4.1 Význam tělesné zdatnosti v operačním prostředí | 19 |
| 2.5 Tělovýchova v resortu Armády České republiky | 21 |
| 2.5.1 Systém vojenské tělovýchovy | 21 |
| 2.5.2 Základní tělesná příprava..... | 23 |
| 2.6 Výkonnostní normy v AČR..... | 23 |
| 2.7 Motorické schopnosti | 23 |
| 2.7.1 Taxonomie motorických schopností..... | 24 |
| 2.8 Vytrvalost | 25 |
| 2.9 Metabolické a fyziologické procesy během vytrvalostní zátěže | 26 |
| 2.10 Energetické systémy..... | 30 |
| 2.10.1 Anaerobní procesy..... | 30 |
| 2.10.2 Aerobní procesy | 31 |
| 2.11 Dělení vytrvalostních schopností..... | 32 |
| 2.12 Způsoby testování vytrvalostních schopností..... | 35 |
| 2.12.1 Laboratorní měření základní vytrvalosti..... | 36 |
| 2.12.2 Terénní měření základní vytrvalosti | 37 |
| 2.13 Vytrvalost v armádním prostředí | 39 |
| 2.13.1 Význam vytrvalosti v operačním prostředí | 39 |
| 2.13.2 Způsoby testování vytrvalosti v AČR..... | 40 |
| 2.13.3 Testování vytrvalosti v zahraničních armádách | 41 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.14 | Způsoby testování operační připravenosti..... | 42 |
| 2.14.1 | Testování britských ozbrojených sil | 42 |
| 2.14.2 | Testování ozbrojených sil Spojených států amerických | 43 |
| 2.14.3 | Testování kanadských ozbrojených sil | 44 |
| 2.15 | Způsoby testování tělesného složení..... | 45 |
| 2.15.1 | Terénní metody..... | 46 |
| 2.15.2 | Laboratorní metody | 48 |
| 2.16 | Borgova škála | 49 |
| 2.17 | Empiricko–teoretická práce..... | 49 |
| 3 | Cíle a úkoly práce, hypotézy | 51 |
| 3.1 | Cíle empiricko–teoretické práce | 51 |
| 3.2 | Úkoly práce..... | 51 |
| 3.3 | Výzkumná otázka..... | 51 |
| 3.4 | Hypotézy..... | 51 |
| 4 | Materiál a metody..... | 53 |
| 4.1 | Design výzkumu | 53 |
| 4.1.1 | Výzkumný soubor | 54 |
| 4.1.2 | Harmonogram výzkumu | 55 |
| 4.1.3 | Borgova škála..... | 58 |
| 4.1.4 | Testování vytrvalostních schopností..... | 58 |
| 4.1.5 | Testování vojensko–specifických předpokladů..... | 60 |
| 4.1.6 | Testování tělesného složení..... | 63 |
| 4.1.7 | Technické vybavení a další příslušenství..... | 64 |
| 4.2 | Zpracování dat | 68 |
| 5 | Výsledky..... | 71 |
| 5.1 | Výzkumný soubor | 71 |
| 5.2 | Procedury..... | 72 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.3 | Statistické modely | 73 |
| 5.3.1 | Test multikolinearity..... | 73 |
| 5.3.2 | Model 1 – Maximální zdvih zátěže | 74 |
| 5.3.3 | Model 2 – Přenášení kanystrů s vodou | 77 |
| 5.3.4 | Model 3 – Přesouvání pytle s pískem | 79 |
| 5.3.5 | Model 4 – Běh pod palbou..... | 82 |
| 5.3.6 | Model 5 – Pěší přesun se zátěží..... | 85 |
| 5.3.7 | Model 6 – Tažení figuríny | 87 |
| 5.3.8 | Vztah testu VO ₂ max a predikčního vzorce pro VO ₂ max..... | 90 |
| 6 | Diskuse | 91 |
| 6.1 | Diskuse k výsledkům práce | 91 |
| 6.1.1 | Model 1 – Maximální zdvih zátěže | 91 |
| 6.1.2 | Model 2 – Přenášení kanystrů s vodou | 93 |
| 6.1.3 | Model 3 – Přesouvání pytle s pískem | 94 |
| 6.1.4 | Model 4 – Běh pod palbou..... | 95 |
| 6.1.5 | Model 5 – Pěší přesun se zátěží..... | 96 |
| 6.1.6 | Model 6 – Tažení figuríny | 97 |
| 6.1.7 | Vztah testu VO ₂ max a predikčního vzorce pro VO ₂ max..... | 98 |
| 6.2 | Limitující faktory práce..... | 99 |
| 7 | Závěr | 100 |
| | Seznam literatury..... | 102 |
| | Seznam grafické dokumentace | 115 |
| | Obrázky | 115 |
| | Tabulky..... | 115 |
| | Grafy..... | 117 |
| | Seznam příloh..... | 118 |

Seznam zkratek

| Symbol | Význam |
|-----------------|------------------------------------|
| % BF | procento tělesného tuku |
| 1C | jedno-parametrový model |
| 2C | dvou-parametrový model |
| 3C | troj-parametrový model |
| 4C | čtyř-parametrový model |
| 6C | šesti-parametrový model |
| ACFT | army combat fitness test |
| AČR | Armáda České republiky |
| ADP | adenosindifosfát |
| ANP | anaerobní práh |
| ATP | adenosintrifosfát |
| BIA | bioelektrická impedance |
| BMC | hmotnost kostry |
| BMD | kostní denzita |
| BMI | index tělesné hmotnosti |
| CAF | Kanadské ozbrojené síly |
| CMJ | skok s protipohybem |
| CNS | centrální nervová soustava |
| CO ₂ | oxid uhličitý |
| CP | kreatinfosfát |
| CT | počítačová tomografie |
| č. | číslo |
| čet. | četař |
| DEXA | Dvojitá rentgenová absorpciometrie |

| | |
|----------------|--|
| FFM | netuková hmota |
| FM | tuková hmota |
| FORCE | Fitness for Operational Requirements of CAF Employment |
| GCC | ground close combat |
| chem. | chemické |
| ibid. | tamtéž |
| kol. | kolektiv |
| LA | laktát |
| LTM | hmotnost svalů |
| M | muž |
| M1 (2,3,4,5,6) | model 1 (2,3,4,5,6) |
| max | maximální |
| min | minimální |
| ml | mililitr |
| MO | Ministerstvo obrany |
| n | počet |
| NAA | neutronová aktivační analýza |
| NCVST | Non–Constant Variance Score Test |
| npor. | nadporučík |
| NV MO | normativní výnos Ministerstva obrany |
| O ₂ | kyslík |
| P | fosfát |
| RFT(S) | role fitness test (soldier) |
| RM | repetition maximum |
| RPE | míra vnímaného úsilí |
| s. | strana |

| | |
|---------------------|---------------------------------|
| SD | směrodatná odchylka |
| SF | srdeční frekvence |
| SHBH | svalová hmota bez oblasti hlavy |
| SKF | měření kožních řas |
| STP | speciální tělesná příprava |
| SV | tepový objem |
| TBM | tělesné složení |
| TBW | obsah vody v těle |
| TTBH | tuková tkáň bez oblasti hlavy |
| USA | Spojené státy americké |
| UWW | Hydrodenzitometrie |
| VB | Velká Británie |
| VIF | Variance inflation factor |
| VO ₂ | oxidativní systém |
| VO ₂ max | maximální spotřeba kyslíku |
| vytrval. | vytrvalostních |
| vz. | vzdálenost |
| WHO | světová zdravotnická organizace |
| WHR | poměr pasu a boků |
| ZTP | základní tělesná příprava |

1 Úvod

Operační prostředí je v rámci tělesné přípravy dnešních profesionálních vojáků zcela stěžejním tématem. Cílem této přípravy je vojáky připravit na možné pohybové úkoly, kterým v tomto prostředí mohou čelit. Abychom byli schopni sledovat efektivitu fyzického tréninku na tyto potenciální vojensko–specifické úkoly, je za potřebí vytvořit testovou baterii, která je schopna tyto úkoly reflektovat.

Aktuální pojetí tohoto testování v armádách celého světa spočívá ve sledování úrovně vybraných motorických schopností bez hlubšího propojení se zmiňovaným operačním prostředím. Některé armády se snaží téměř přesně replikovat tyto pohybové úkoly v domácích podmínkách, což se může zdát jako ideální řešení. Realizace takovýchto testů může být však logisticky, materiálně i finančně náročná a ne pro všechny vojenské posádky zcela možná.

Proto by bylo užitečné nalézt takové testy, které jsou snadněji proveditelné, lehce opakovatelné a pro co nejvíce vojenských posádek snadno realizovatelné. Pro tento účel by bylo vhodné vybírat z testů, které jsou již praxí ověřené, se známými hodnotami validity a reliability, a se kterými je vojenský personál zodpovídající za fyzické přezkoušení vojáků obeznámen. Tyto podmínky splňují motorické testy uvedené v normativním výnosu Ministerstva obrany č. 12/2011 ze dne 15. března 2011. Selektce relevantních testů v kombinaci s několika dalšími motorickými a antropometrickými testy by potenciálně mohla představovat snadnou a transparentní testovou baterii pro predikci výkonů ve vojensko–specifických pohybových úkolech. Vhodnou příležitostí pro aplikaci této baterie by pak mohlo být každoroční fyzické přezkoušení.

Dosavadní výzkumy jasně poukázaly na souvislost mezi některými antropometrickými a fyzickými testy a testy simulující operační prostředí. Nicméně většina studií se doposud zaměřovala pouze na úzkou skupinu prediktivních testů i vojensko–specifických pohybových úkolů.

Tato práce si proto klade za cíl zjištění vztahů mezi dalšími potenciálně vhodnými prediktivními testy a testy simulující pohybové úkoly v operačním prostředí a přispět tím k tvorbě testové baterie s přesahem testování pouze motorických schopností. Diplomová práce je pilotní studií a může být podkladem pro další výzkum v této oblasti.

2 Teoretická část

Předmětem kapitoly je vymezení teoretických východisek. Je rozdělena do několika částí, ve kterých je specifikováno operační prostředí, popsána tělovýchova v AČR, motorické schopnosti, tělesná zdatnost, vytrvalost, fyziologické a metabolické procesy během vytrvalostní zátěže, vytrvalostní schopnosti, jejich zařazení a uplatnění v armádním prostředí, testování těchto schopností v AČR i zahraničních armádách a empiricko–teoretická práce.

2.1 Operační prostředí

Operační nasazení je v odborných textech často nahrazováno výrazem „bojové nasazení“ nebo „válečné nasazení“, přičemž se jedná o pojmy stejného významu. (Nindl a kol., 2018; Smith a kol., 2017; Szivak a kol., 2015)

Moderní válečné operace často probíhají v nestabilním, nejistém, komplexním a nejednoznačném prostředí, které je doprovázeno fyzickou námahou, kognitivním přetížením, nedostatkem spánku a nedostatečnou výživou. Stále rychlejší tempo těchto operací vyžaduje, aby vojenský personál prokázal připravenost a odolnost tváří v tvář stresujícímu prostředí, aby si udržel optimální kognitivní a fyzickou výkonnost nezbytnou pro úspěch. Odolnost, schopnost překonat negativní účinky neúspěchů a souvisejícího stresu je komplexní proces zahrnující nejen fyziologii a psychologii jedince, ale i vliv faktorů, jako je pohlaví, prostředí a výcvik. (Nindl a kol., 2018)

Smith a kol. (2017) popisuje prostředí dnešních vojenských operací takto: Vojenské operace vystavují vojáky a vojákyně různým stresorům, včetně náročné pracovní zátěže, drsného a nebezpečného prostředí a nejednoznačnosti, které snižují výkonnost. Armády, které zvítězí, jsou složeny z odolných jedinců, kteří dokážou tyto výzvy překonat a podávat výkony s větší hbitostí, vytrvalostí, schopností přežít.

Szivak a kol. (2015) uvádí, že podoba a úkoly plněné v operačním prostředí se mohou lišit v závislosti na individuálních potřebách dané mise. Toto je velice důležité si uvědomit vzhledem k charakteristice pojmu „operační prostředí“, kdy se tyto charakteristiky mohou rozcházet vzhledem k obsahu a geografické poloze dané mise.

Podle Sharp a kol. (2008) jsou z hlediska fyzické připravenosti pro vojáky, kteří absolvovali mise v Iráku a Afghánistánu, nejdůležitější tyto úkoly: získat a zasáhnout cíle při velké fyzické námaze, vysílat a přijímat komunikaci při velké fyzické námaze,

provádět individuální techniku pohybu v plné bojové výstroji na 300 m, udržet fyzickou výdrž po dobu 72 h a ujít 10 km v plné bojové výstroji v extrémních podmínkách.

Knapik a kol. (2004) a Dean a kol. (2008) uvádí, že vojáci se v rámci operačního nasazení mohou setkat s přidanou (nesenou) zátěží, která se může pohybovat od 27.8 kg do 60 kg při denním pohybu alespoň 4 h. Naopak podle Henning a kol. (2011) v kontextu plnění jiného bojového úkolu vojáci v boji provádějí trvalé operace, které se vyznačují krátkodobými misemi (2–7 dní) oddělenými pouze 1 až 3 dny odpočinku a opakují se až po dobu jednoho měsíce nebo déle. Tyto mise se skládají především z vytrvalostních pohybů sestávajících z přerušovaných období střední až vysoké intenzity ($> 50\%$ VO_{2max}) kombinovaných s obdobími málo intenzivních, dlouhotrvajících pohybů. Ve skutečnosti vojáci v boji provádějí fyzické pohyby (např., pěší hlídky) přibližně 20 h/d a je známo, že mají extrémně vysoký denní kalorický výdej. Kromě tohoto vysokého energetického výdeje jsou vojáci vystaveni mnoha stresorům včetně fyzické únavy, kalorické restrikce nebo extrémů prostředí.

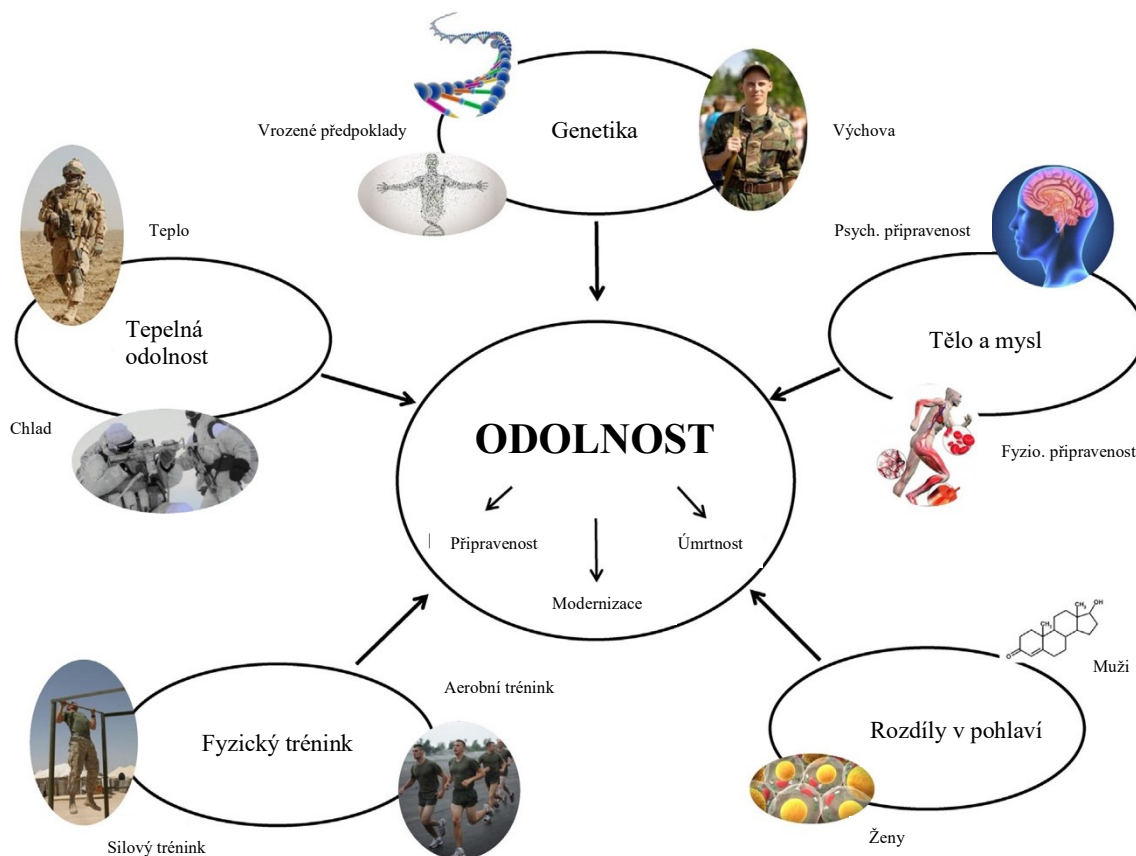
Voják se může při plnění bojových úkolů setkat s pohybovými úkoly jako je např. nošení těžkých břemen, sprint pod zátěží, manévrování v nerovném terénu, tažení raněného, dlouhé pochody ve skupinách, kopání, pytlování písku, přesuny pod palbou, ruční manipulace s materiálem. (Szivak a kol., 2015; Nindl a kol., 2018)

2.2 Operační odolnost

Operační nebo také vojenskou odolnost lze definovat jako schopnost překonat negativní účinky neúspěchů a souvisejícího stresu na vojenskou výkonnost a bojovou efektivitu. Vojenský operační stres může mít mnoho podob prostřednictvím jednotlivých nebo kombinovaných účinků fyzické námahy, kognitivního přetížení, omezení spánku, nedostatku energie, změn operačního prostředí a emočního a psychického stresu. V současném nestálém, nejistém, složitém a nejednoznačném operačním prostředí vyžadují současné i budoucí operace zvýšení a udržení připravenosti a odolnosti vojáků a kladou na ně vyšší důraz. (Nindl a kol., 2018)

2.3 Determinanty odolnosti v operačním prostředí

Determinanty operační odolnosti lze rozdělit na pět klíčových oblastí: genetické předpoklady, fyziologická a psychologická připravenost, pohlaví, fyzický trénink/tělesná zdatnost a schopnost adaptace na teplotní podmínky prostředí. Toto rozdělení je graficky znázorněno na Obrázku 1. (Nindl a kol., 2018)



Obrázek 1 Determinanty operační odolnosti (upraveno dle Nindla a kol., 2018)

Psych. připravenost – psychologická připravenost; Fyziologická připravenost – fyziologická připravenost.

Prostřednictvím výše zmíněných oblastí lze podpořit operační odolnost, která může mít za následek zvýšení připravenosti, modernizaci ozbrojených sil a zvýšení letality (zvýšení množství úmrtnosti nepřítelů) vojáků v operačním nasazení. (Nindl a kol. 2018)

Kromě vzájemných interakcí mezi tělem a myslí existuje mnoho dalších faktorů, které přispívají k odolnosti, včetně pohlaví, prostředí a fyzického tréninku. Je dobře známo, že mezi muži a ženami existuje řada anatomických, fyziologických a funkčních rozdílů, včetně tělesného složení, kardiovaskulárního a muskuloskeletálního systému a také hormonální sekrece, které mohou ovlivnit počáteční fungování i následnou odolnost ve stresovém prostředí. (ibid.)

Samotné prostředí může mít také nepříznivý vliv na odolnost vůči stresu, a to bez ohledu na pohlaví (Nindl a kol., 2018). Stres vyvolaný nízkými teplotami omezuje jemnou motoriku a citlivost na dotek a bylo prokázáno, že snižuje bdělost, náladu a zvyšuje napětí (Muza a Roussel, 2018; Lieberman a kol., 2009). Naopak extrémní horko

v kombinaci s fyzickým cvičením a zvýšenou teplotou jádra může mít škodlivé účinky na kardiovaskulární a endokrinní funkce, které vedou ke snížení výkonnosti (Sawka a kol., 2011).

Kromě pohlaví a prostředí má přímý vliv na schopnost organismu odolávat fyzickým a kognitivním stresorům i fyzický trénink. Fyziologie vojáka je základem veškerého výkonu vojáka a i psychický výkon je určován fyziologickými mechanismy a neurochemií (Nindl a kol., 2018). Nižší aerobní výkon byl spojen s nárůstem muskuloskeletálních zranění během základního bojového výcviku, zatímco nošení břemen a zvedání zátěže patří mezi nejčastější činnosti, při nichž dochází k muskuloskeletálním zraněním během nasazení. (Roy a kol., 2012; Knapik a kol., 2001)

Dále je patrné, že bez dostatečného odpočinku může fyzický výkon snížit kognitivní výkonnost. Studie srovnávající přetřénované a kontrolní sportovce prokázala, že přetřénovaní sportovci dělali více chyb při kognitivním testu. (Hynynen a kol., 2008)

Podobně se ukázalo, že omezení spánku negativně ovlivňuje reakční časy vojáků při střelbě na nepřátelské cíle během střeleckých úkolů. (Smith a kol., 2017)

Stav těla i mysli se ukazuje být také velmi důležitým faktorem. Pokud bereme v úvahu např. úspěch odstřelovače zasáhnout cíl, má schopnost zvládat stres obrovský vliv na výkon. (Nindl a kol., 2018)

Ve vztahu ke stavu těla se nabízí krom fyzické zdatnosti, která jednoznačně ovlivňuje schopnost jedinců zvládat stresory a dobře se jim přizpůsobit, by bylo vhodné zmínit i tělesné složení nebo snížený energetický příjem (Southwick a Charney, 2012). Např. Henning a kol. (2011) uvádí, že u vojáků při kalorické restrikci došlo ke snížení aerobního i anaerobního výkonu o jednotky až desítky procent. Dále podle Crawford a kol. (2011) měla skupina s procentem tělesného tuku < 18 lepší výsledky hodnot VO₂max, anaerobní kapacity a počtu kliků, než skupina s procentem tělesného tuku > 18. Běh na 2 míle a počet sed-lehů zůstaly beze změny. Z pohledu celkové tělesné hmotnosti je však vliv na výkonnost smíšený. Vyšší tělesná hmotnost může do určité míry vojáka zvýhodnit v přenášení nebo zvedání těžkých břemen, naopak nižší tělesná hmotnost poskytuje benefit vojákům při vytrvalostních i silových výkonech vykonávaných jen s vlastní hmotností. (Vanderburgh, 2008)

2.4 Tělesná zdatnost

„Zdatnost, souhrn předpokladů organismu optimálně reagovat na různé podněty z prostředí.“ (Dovalil, 2008, s. 291)

Tyto podněty nemusí být spjaty pouze s pohybem. Mohou jimi být např. psychické podněty, vibrace nebo klimatické podmínky. Nicméně ve spojitosti s pohybem nebo pohybovou činností vždy hovoříme o zdatnosti tělesné, chápané jako souhrn předpokladů pro ideální odpověď organismu na vnější podněty (Dovalil, 2008).

Dovalil (2008) rovněž uvádí, že zdatnost je třeba především ze zdravotních důvodů zvyšovat. Tělo je pak odolnější vůči vnějšímu působení klimatických podmínek, infekcím, ale například i nárokům psychického charakteru.

Vojenská příručka americké armády (Army, 2010) definuje fyzickou připravenost jako schopnost splnit fyzické požadavky jakéhokoli bojového nebo služebního postavení, plnit úkoly a pokračovat v boji a vítězit. Připravenost můžeme dále definovat jako schopnost plnit úkoly nebo mise díky odolnosti, individuálnímu a kolektivnímu týmovému výcviku a vedení. Z holistického pohledu se odolnost vztahuje k duševní, fyzické, emocionální a behaviorální schopnosti čelit nepřízni osudu a vyrovnat se s ní, přizpůsobit se změnám, zotavit se, učit se a růst z neúspěchů. Fyzická odolnost je definována jako rozvoj a vlastnictví fyzických schopností čelit a zvládat fyzické stresory různého charakteru.

2.4.1 Význam tělesné zdatnosti v operačním prostředí

Poslední války zdůraznily potřebu maximalizovat výkonnostní schopnosti bojovníků na stále fyzicky náročnějším bojišti. (Szivak a kol., 2015)

Moderní válka vyžaduje, aby vojáci měli dobře vyvinuté pohybové schopnosti, aby mohli splnit operační požadavky, jako je přeprava těžkého nákladu, překonávání obtížného terénu, odolávání drsným podmínkám prostředí, nošení těžkých břemen, sprint pod zátěží, manévrování v nerovném terénu, tažení raněného, dlouhé pochody ve skupinách, kopání, pytlování písku, přesuny pod palbou nebo ruční manipulace s materiálem. (Szivak a kol., 2015; Nindl a kol., 2018)

Vojáci, kteří jsou fyzicky zdatní, mají nejen lepší výkonnost v misi, ale jsou také odolnější vůči operačním stresorům různého charakteru, kterým čelí během boje. Zdatní vojáci jsou navíc méně náchylní k muskuloskeletálním zraněním, protože cvičení

s odporem působí na šlachy, vazy a kosti a také jsou méně náchylní k nemocem. Kromě toho má fyzická zdatnost vliv na psychickou pohodu, přičemž řada studií poukazuje na pozitivní vliv fyzické zdatnosti na duševní zdraví, štěstí a schopnost odolávat stresu. (Vaara a kol., 2021)

V konečném důsledku jsou odolní vojáci schopni lépe zvládat fyzické a psychické nároky, kterým čelí během výcviku nebo nasazení, a z dlouhodobého hlediska je u nich menší pravděpodobnost vzniku komorbidit, které se často vyskytují u málo zdatných jedinců. (Szivak a kol., 2015)

Důvod, proč je fyzický trénink tak důležitý, spočívá v tom, že tréninkem síly a výkonu připravujeme vojáky na specifické reálné požadavky, kterým budou čelit na bojišti. Když to dáme do souvislosti s odolností vůči stresu, tak pokud mají vojáci dostatečné silové základy již dlouho předtím, než se dostanou do bojového prostředí, bude zátěž, které je tělo vystaveno, když se aktuálně setká s vysoce náročnými anaerobními fyzickými úkoly v boji, mnohem menší, než jakou by zažili v opačném případě. (Hauschild a kol., 2016)

Vzhledem k provázanosti psychických a fyzických aspektů odolnosti přináší zlepšení fyzické zdatnosti i psychické výhody. Výsledným efektem fyzické přípravy je zlepšení celkové fyziologické reakce na stres. Při vědomí nesčetných pozitivních přínosů fyzické zdatnosti a zejména cvičení odolnosti je zřejmé, že cvičení je nedílnou součástí rozvoje fyzické odolnosti, která umožní bojovníkům lépe se přizpůsobit stresorům a operačním nárokům, jimž čelí během boje, a zároveň přináší nadřazené zdravotní výhody. (Army, 2010)

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3 *Determinanty odolnosti v operačním prostředí*, fyzický trénink je spojen s nižším výskytem muskuloskeletálních zranění u vojáků v operačním nasazení. Vzhledem k tomu, že zranění pohybového aparátu jsou hlavní příčinou ztráty času ve službě vojáků, je fyziologická odolnost nejdůležitějším faktorem celkové připravenosti vojáků. Tento hlavní faktor, který je nejvíce zastoupen při ztrátách vojáků ve smyslu opouštění řad ozbrojených sil, je spojen se špatnou fyzickou zdatností, včetně nadváhy. (Nindl a kol., 2018)

Dále také fyzické cvičení zlepšuje kondici pohybového aparátu a kardiovaskulárního systému. Stimuluje také trofické faktory, jako je např. růstový faktor,

což má přínos pro udržení zdraví svalů a kostí. Tepelná odolnost v horkém prostředí je také významně ovlivněna fyzickou zdatností. (Nindl a kol., 2018)

V neposlední řadě převážná část údajů ukazuje, že schopnost přizpůsobit se a překonat účinky vojenských operačních stresorů, jako jsou tepelné extrémy, vysoká pracovní zátěž a nedostatečný odpočinek, je ovlivněna fyziologickou zdatností. Tyto kombinované stresory mohou ovlivnit širokou škálu výsledků souvisejících se schopností plnit vojenské úkoly. (Cheung a McLellan, 1998; Jones a kol., 1993)

Ze všech informací uvedených výše vyplývá, že je potřeba profesionální vojáky systematicky připravovat a posouvat jejich tělesnou zdatnost tak, aby v operačním prostředí měli co nejvyšší šanci na úspěšné splnění daného úkolu. V AČR k této přípravě využíváme systém služební tělesné výchovy, kde mezi hlavní nástroje této přípravy patří základní a speciální tělesná příprava (Obrázek 2). (NV MO č.12, 2011).

2.5 Tělovýchova v resortu Armády České republiky

2.5.1 Systém vojenské tělovýchovy

„Systém vojenské tělovýchovy je soubor opatření, kterými se realizuje tělesná výchova a sport v podmínkách AČR, přičemž zejména cíle, úkoly a obsah jednotlivých forem jsou přizpůsobeny podmínkám vojenské služby. Systém vojenské tělovýchovy je rovněž založen na nutnosti těsného propojení s všestrannou přípravou vojáků pro plnění bojových úkolů, potřeby rozvoje a regenerace fyzických a psychických sil a upevňování zdraví.“ (Přivětivý, 2004, s. 41)

Účel systému služební tělesné výchovy je vymezen cílovým zaměřením systému profesionální přípravy vojáků AČR.

- *Systém profesionální přípravy*

Udává profesionální připravenost vojáka. Tímto systémem rozumíme přípravu vojáka na efektivní jednání v podmínkách nejrůznějšího zatížení. Skládá se z vojensko–odborné připravenosti, psychické připravenosti a tělesné připravenosti.

Cílem systému služební tělovýchovy je přispívat k profesionální připravenosti pomocí zajišťování tělesné připravenosti vojáka rozvojem jeho tělesné zdatnosti. Tento cíl je realizován v podobě uceleného a uspořádaného tělovýchovného procesu (Přivětivý, 2004).

Řízení služební tělovýchovy je popsáno v normativním výnosu Ministerstva obrany (NV MO) č.12/2011 z dne 15. března 2011, na základě kterého se rozlišuje následující rozdělení služební tělesné výchovy:



Obrázek 2 Rozdělení služební tělovýchovy (NV MO č.12, 2011)

- *Tělesná příprava*

Cílem tělesné přípravy je zaštitovat tělesnou připravenost vojáků, aby byli schopni zvládat nejrůznější zátěž a úkoly, jež jim přináší výkon služby (Přivětivý, 2004).

Formami tělesné přípravy rozumíme učební zaměstnání, individuální trénink, trénink složky organizačního celku, kurzy a výcviková soustředění. Jak už bylo uvedeno výše, všechny tyto formy se soustředí na rozvoj tělesné připravenosti vojáků, konkrétně na získávání a upevňování pohybových dovedností, rozvoj pohybových schopností a psychologickou připravenost vojáka. Jak je z výše uvedeného Obrázku 2 patrné, dělí se na základní tělesnou přípravu (ZTP) a speciální tělesnou přípravu (STP) (NV MO č.12, 2011).

- *Výběrová tělesná výchova*

Výběrová tělesná výchova je dobrovolnou složkou služební tělesné výchovy, která probíhá nad rámec času vytyčeného pro výcvik v tělesné přípravě a rozšiřuje tělovýchovné a sportovní aktivity příslušníků AČR (NV MO č.12, 2011; Přivětivý, 2004). Seznam těchto činností je součástí Obrázku 2.

2.5.2 Základní tělesná příprava

Cílem ZTP je především utváření všeobecného tělesného, pohybového a výkonnostního minima, které je nezbytné pro další rozvoj tělesné připravenosti příslušníků AČR. K dosažení tohoto cíle jsou zde využívány především metody a prostředky z tělesné výchovy a sportovního tréninku tak, jak je známe z civilního prostředí, nebo metody jim podobné. Rovněž z tohoto důvodu jsou obsahem této přípravy aktivity a dovednosti obecného pohybového základu a tělesné kondice (atletika, gymnastika, plavání, sportovní hry apod.). Za další cíle ZTP považujeme (NV MO č.12, 2011; Prívětivý, 2004):

- vyrovnávání vstupních rozdílů tělesné výkonnosti vojáků,
- příprava vojáků k plnění základních výkonnostních norem,
- rozvíjení pohybových schopností (tělesné zdatnosti) a dovedností,
- kompenzování důsledků případného dlouhodobého jednostranného zatížení a psychického napětí,
- vytváření a upevňování návyků pravidelné tělesné činnosti.

2.6 Výkonnostní normy v AČR

Výkonnostní normy se stanovují v rámci kontroly tělesné přípravy pro kontrolní testy výročního a profesního přezkoušení. Jsou stanoveny podle pohlaví a věkové kategorie. V kontrolních testech pro výroční přezkoušení se zaměřujeme na testy silových a vytrvalostních schopností, jakožto nedůležitějších schopností pro plnění pohybových úkolů v rámci aktivní služby. Při profesních testech z tělesné přípravy zjišťujeme kompletní tělesnou zdatnost vojáka, tzn. pohybové schopnosti, a také úroveň zvláštních dovedností, které se liší podle typu profesního zařazení (NV MO č.12, 2011).

2.7 Motorické schopnosti

V první řadě je důležité uvést, že význam slova „motorický“ je stejný jako „pohybový“. Tato slova jsou v odborných textech často zaměňována a je důležité vědět, že jejich význam není odlišný. Podle Měkoty a Novosada (2005) se v psychologické literatuře můžeme setkat také se slovem „psychomotorický“.

Motorické schopnosti spadají do nadřazené kapitoly s názvem „motorika“, z níž vydělujeme kromě schopností i pohybové dovednosti (Dovalil a kol., 2012). Obě tyto skupiny jsou relativně stálé v čase, nemění se nárazově a jejich změna je podmíněna

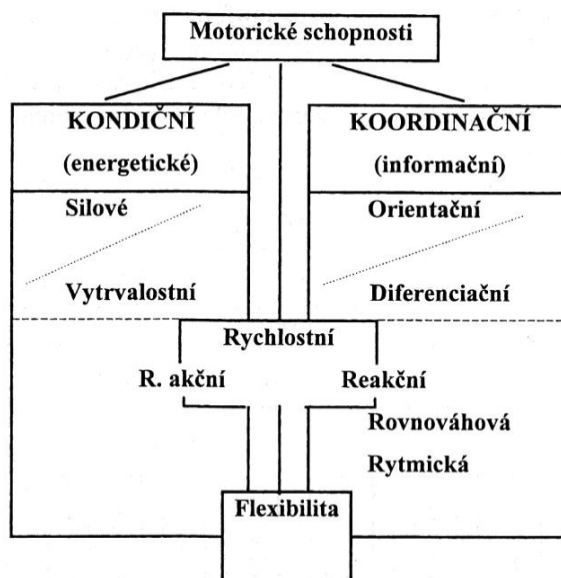
dlouhodobým, soustavným působením, jehož dosahujeme tréninkem. Dohromady tvoří předpoklady pohybové činnosti (Dovalil, 2008). Podle Měkoty a Novosada (2005) se při plnění pohybového úkolu navzájem prolínají a jsou závislé jedna na druhé. Motorické schopnosti můžeme rozvíjet kondičním tréninkem, dovednosti pak učením.

„Pohybové schopnosti se chápou jako relativně samostatné soubory vnitřních předpokladů lidského organismu k pohybové činnosti, v níž se také projevují.“ (Perič a Dovalil, 2010, s. 16)

Pomocí těchto schopností můžeme vysvětlit výkonnostní rozdíly při plnění různých pohybových zadání. Jsou dané geneticky a dalo by se říci, že určitým způsobem limitují náš výkonnostní růst. My všichni tyto schopnosti máme, nicméně u některých jedinců jsou o něco výraznější než u jiných (Měkota a Novosad, 2005).

2.7.1 Taxonomie motorických schopností

Taxonomie motorických schopností se podle autorů různí, a tedy není možné uvádět jedno (správné) nebo jednotné rozdělení. Nicméně ve 21. století se většinou objevuje tento model popsany na Obrázku 3:



Obrázek 3 Taxonomie motorických schopností podle Měkoty a Novosada (2005)

Měkota a Novosad (2005) a Dovalil a kol. (2012) popisují ve svém dělení krom dvou základních skupin (schopností kondičních a koordinačních) ještě skupinu třetí – hybridní schopnosti, nazývané také jako „smíšené“, které stojí na pomyslném pomezí. Do této skupiny řadíme schopnosti rychlostní. Kondičními schopnostmi pak dále rozumíme schopnosti vytrvalostní a silové a koordinačními schopnostmi schopnosti

orientační a diferenciační. Poslední, schopnost pohyblivosti (flexibilita), stojí mimo toto schéma, protože jde spíše o proces pasivního přenosu energie. Kvůli rozlišení významu slova síla, rychlost, rovnováha atd. ve spojitosti s tématem sportu, přidáváme vždy k těmto výrazům slovo „schopnost“, aby nedošlo k záměně výrazu např. s fyzikálními veličinami.

Z dalšího pohledu dělíme pohybové schopnosti na obecné a speciální. Obecné se vztahují na celkový rámec vymezující danou schopnost, zatímco slovem speciální se určitá schopnost spojuje s konkrétním sportovním odvětvím nebo disciplínou. Chápeme ji jako předpoklad jen pro jednu pohybovou činnost. Můžeme tedy rozlišovat např. plaveckou, cyklistickou a běžeckou vytrvalost. (Měkota a Novosad, 2005; Hnízdil a Havel, 2012)

Podle Dovalila a kol. (2012) se všechny schopnosti při plnění pohybových úkolů navzájem prolínají a vytvářejí tak další schéma vztahů, jakými jsou například: rychlá síla, rychlostní vytrvalost a silová vytrvalost. Identifikovat projevy silových, vytrvalostních, rychlostních aj. schopností můžeme v každé pohybové činnosti. Jejich poměr ovšem závisí na charakteru pohybového zadání.

O těchto schopnostech vypovídají konkrétní charakteristiky (např.: délka trvání, rychlost provedení, překonávaný odpor, složitost daného pohybu, přesnost provedení apod.). (Dovalil, 2008)

2.8 Vytrvalost

Vytrvalost je schopnost fyzicky a psychicky po dlouhou dobu odolávat zatížení, které vyvolává únavu, schopnost rychle se zotavovat po fyzické zátěži. (Grosser, 1994)

Podle Periče a Dovalila (2010), Dovalila (2008) a Dovalila a kol. (2012) je vytrvalostí rozuměn komplex pohybových schopností a vnitřních předpokladů, provádět cvičení s nemaximální intenzitou po co nejdéle čas nebo po určitou dobu co nejvyšší možnou intenzitou.

Měkota a Novosad (2005) uvádí, že kromě vnitřních předpokladů je vytrvalostní výkon vždy závislý na následujících složkách:

- ekonomice techniky prováděné pohybové aktivity,
- způsobu krytí energetických potřeb,
- schopnosti příjmu kyslíku,

- ideální tělesné hmotnosti,
- úrovní volní kontrakce zaměřené na překonání únavy,
- rozvoji druhu vytrvalosti, specifického pro typ prováděné pohybové činnosti.

Hnízdil a Havel (2012) mluví o vytrvalosti jako o základní pohybové schopnosti, která je rozhodující pro tělesnou zdatnost a zdraví, umožňuje zvýšení tréninkového i závodního zatížení, ve sportech náročných na koordinaci zvyšuje stabilitu zvládnuté techniky, díky lepší koncentraci. V rámci jejího rozvoje přispíváme prevenci srdečně–cévních onemocnění apod.

Za hlavní předpoklady podmiňující vysokou úroveň vytrvalostních schopností považujeme (Měkota a Novosad, 2005):

- předpoklady vycházející z genetiky a daného somatotypu;
- převaha poměru pomalých svalových vláken v agonistech;
- výkonnost a účinnost systémů zabezpečujících transport a výměnu kyslíku a oxidu uhličitého;
- schopnost efektivní souhry mezi agonisty a antagonisty;
- vysoká úroveň osvojení dané pohybové činnosti.

2.9 Metabolické a fyziologické procesy během vytrvalostní zátěže

V této kapitole se pokusíme přiblížit metabolické a fyziologické procesy, které se v našem těle odehrávají během vytrvalostní zátěže a zátěže obecně od fyziologie buňky až po tvorbu energie umožňující svalový stah a ventilaci plic.

V souvislosti s pohybovou aktivitou různé intenzity se zvyšuje aktivita metabolických dějů. Tato činnost současně evokuje změny zejména v nervosvalovém a kardiopiračním systému, s primárním vlivem na systém svalový. Zmíněné změny dělíme na reaktivní (bezprostřední reakce na pohybové zatížení) a adaptační (výsledek dlouhodobého opakovacího procesu zatížení, tréninku). (Havličková, 1994)

Podle Máčka a Radvanského (2011) rozlišujeme po zahájení pohybu několik fází: iniciální, přechodovou a rovnovážný stav.

Během pohybové aktivity dochází ke zvýšené spotřebě energie z důvodu pracujících svalů a dalších fyziologických funkcí, kdy tato potřeba je přímo závislá na intenzitě dané pohybové aktivity. Organismus tuto energii vytváří prostřednictvím několika energetických systémů, které pracují vždy současně, jsou na sobě závislé,

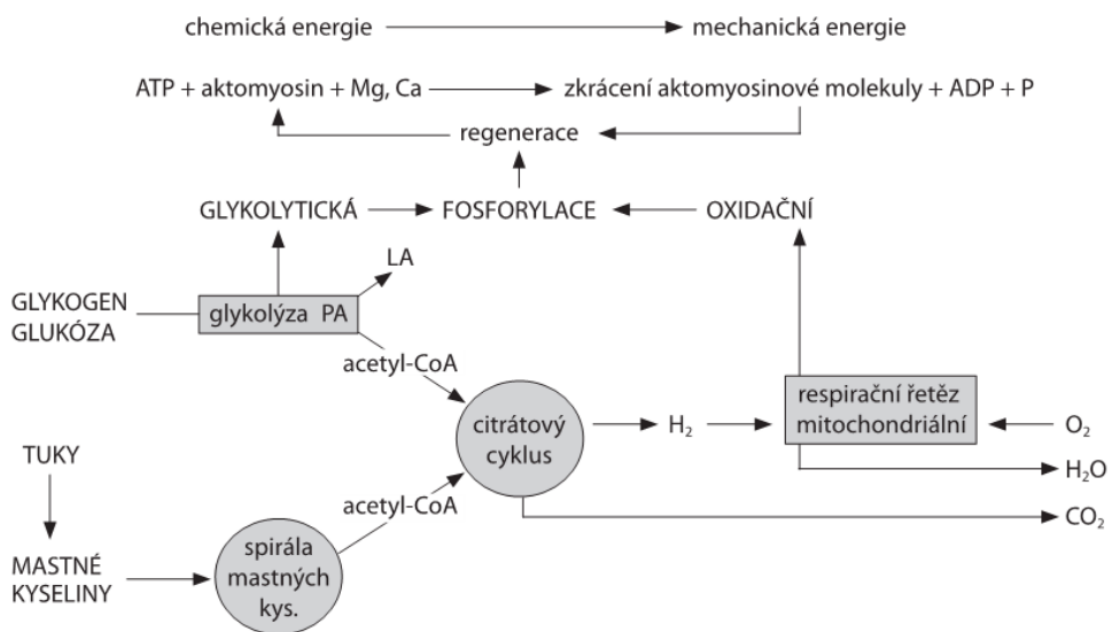
vzájemně se doplňují a v závislosti na typu zátěže, intenzitě, délce trvání, trénovanosti a dalších faktorech převažuje vždy jeden z nich. (ibid.)

- *Svalová kontrakce*

Samotný proces kontrakce se nachází na molekulární úrovni a je velice složitý. Zjednodušeně jej lze popsat takto: Začátek celého procesu způsobuje vzruch, který přichází z mozku do motorické jednotky a způsobuje posun vláken aktinu a myozinu proti sobě a tvorbu tzv. můstků, což je doprovázeno štěpením ATP jako zdroje energie. Naopak při relaxaci svalů dochází k zániku můstků, což je podmíněno resyntézou ATP. Z biochemického hlediska je energie pro resyntézu ATP zajišťována čtyřmi typy reakčních procesů (Melichna, 1995; Brooks a kol., 2004):

- tvorbou ATP ze dvou molekul ADP,
- tvorbou ATP z CP,
- tvorbou ATP při glykolytické fosforylaci (glykogen, glukóza) za vzniku kyseliny mléčné (LA),
- tvorbou ATP při oxidativní fosforylaci (glykogen, glukóza, lipidy, aminokyseliny).

Graficky znázorněný proces tvorby energie z různých zdrojů lze sledovat na Obrázku 4. Dále viz. 2.10 Energetické systémy.



Obrázek 4 Schéma přeměny chem. energie v pohybovou (Máček a Radvanský, 2011)

- *Změny iniciální*

Iniciální fázi rozumíme rychlé změny především v transportním systému trvajících 30–45 sekund. Také se označuje jako nerovnovážná. Od první chvíle zde lze sledovat nárůst příjmu kyslíku a výdej oxidu uhličitého. V závislosti na nárůstu příjmu kyslíku stoupá i jeho spotřeba. Vzhledem k faktu, že na začátku pohybu převažuje anaerobní tvorba energie viz. 2.10 energetické systémy, vzniká pro nedostatek kyslíku kyslíkový deficit, kdy jeho velikost závisí přímo na intenzitě zátěže. Tento deficit je poté „splácen“ v zotavovací fázi, kdy bývá většinou menší než jeho výchozí hodnoty v průběhu pohybu. (Máček a Radvanský, 2011)

Od prvního nádechu se také zvyšuje dechová frekvence a zvětšuje dechový objem. Dechová frekvence se zvyšuje v závislosti na intenzitě až k hodnotám 30–40 dechů za minutu a v dalším průběhu pohybové činnosti se již příliš nemění. Dechový objem je naopak proměnlivější. Součinem objemu a frekvence vzniká objem minutové ventilace plic, která představuje optimální poměr dechového objemu a frekvence pro danou intenzitu a pohybové aktivity. (Máček a Radvanský, 2011; Dovalil a kol., 2012)

V oběhovém ústrojí se započatá zátěž projevuje především vzestupem srdeční frekvence (SF), což má za důsledek zvýšení minutového srdečního výdeje, který během první minuty zátěže dosáhne 80 % své konečné hodnoty. Ten se udává jako součin srdeční frekvence a systolického (tepového) objemu (SV). Tepový objem stoupá v závislosti na stupni zátěže z klidových 60–80 ml na hodnoty 120–150 ml, kam se dostává při SF v rozmezí 120 a 150 tepů za minutu, pak od této doby až do maximální zátěže zůstává konstantní. Krevní tlak se zvyšuje také v závislosti na intenzitě zatížení. Při dlouhodobých vytrvalostních výkonech se mění jen málo (může klesnout i pod výchozí hodnoty). Naopak během velice intenzivní zátěže prudce stoupá. (Máček a Radvanský, 2011; Havlíčková 1994)

- *Přechodová fáze*

Přechodová fáze následuje po fázi iniciální a obsahuje změny pomalejší, menšího rozsahu, při níž dochází k přizpůsobení nárokům pracujících svalů. Tato fáze přechází při zátěži do 60 % VO_2max po 2–3 minutách do tzv. rovnovážného stavu. Čím je pohyb intenzivnější, tím déle trvá nástup rovnovážného stavu. Např. velmi vysoká zátěž může skončit již v přechodové fázi vyčerpáním. (Máček a Radvanský, 2011)

Minutová ventilace plic při mírné až střední intenzitě stoupá lineárně a po dosažení rovnovážného stavu se příliš nemění. Při překročení intenzity 70 % VO_{2max} začíná prudce stoupat. Dechový objem dosahuje maximálních hodnot 50–60 % vitální kapacity plic a to jen při velmi vysoké zátěži. Při zátěži nízké až střední intenzity se pohybuje spíše pod 40 %. Minutový srdeční výdej stoupá přibližně stejně lineárně s minutovou ventilací plic. (Máček a Radvanský, 2011; Dovalil a kol., 2012)

- *Rovnovážený stav*

Pojem rovnovážný označuje takový stav, kdy se organismus vyrovnal se zvýšenými požadavky na danou pohybovou aktivitu a stabilizoval základní funkce na určité úrovni. Teorie uvádí, že při konstantní mírné až střední intenzitě se již požadavky organismu nemění, nicméně z praxe víme, že zde lze pozorovat vzestupné dynamické změny, jako např. mírný vzestup spotřeby kyslíku – zhruba o 5 % za hodinu, což zapříčiňuje vzestup minutové ventilace plic. Minutový objem srdeční zůstává zdánlivě beze změny, nicméně na pozadí se mírně zvyšuje SF a snižuje se SV. (Máček a Radvanský, 2011, Sharkey a kol., 2019)

- *Adaptace na vytrvalostní zátěž*

Za proces adaptace považujeme dlouhotrvající, cílené narušování homeostázy, které vede ke spoustě změn v organismu (Dovalil a kol., 2012).

Vytrvalostní zátěž vede k rozšíření srdečních komor. Zároveň je srdeční sval lépe prokrven a má bohatší kapilární síť. Zvyšuje se množství kapilár a zlepšuje se prokrvení svalové tkáně. V důsledku tréninku u trénovaného sportovce stoupá srdeční objem rychleji a do vyšších hodnot, naopak SF stoupá pomaleji a její klidové údaje se pohybují na mnohem menších hodnotách. Krevní tlak je zpravidla nižší, ovšem rozdíl není tak výrazný. Z hlediska respiračního systému můžeme v souvislosti s vytrvalostním tréninkem mluvit o řadě změn: lepší mechanika dýchání, plicní difuze, nižší dechová frekvence, vyšší maximální dechový objem, vitální kapacita plic, nižší minutová ventilace, vyšší maximální aerobní výkon, větší aerobní kapacita apod. Adaptace na vytrvalostní trénink se mimo jiné projevuje i v zásobách potřebných pro svalovou práci. U vytrvalců byl prokázán nárůst svalového glykogenu až o 100 % (800 g). Obecně se zlepšuje svalová práce a využití oxidativního metabolismu. Ve svalových vláknech také dochází ke zvýšení obsahu mitochondrií a jsou obklopena větším počtem krevních

kapilár. Vytrvalostní trénink rovněž způsobuje pokles FG a FOG svalových vláken. (Máček a Radvanský, 2011; Havlíčková, 1994; Heller, 1996)

2.10 Energetické systémy

Energie pro pohybový výkon je získávána z ATP; kyseliny adenosintrifosforečné, která je uložena ve svalových buňkách a zabezpečuje svalový stah. Tato látka ovšem sama o sobě vydrží jako zdroj energie jen velmi krátkou dobu, proto musí stále docházet k její resyntéze, jejíž způsob se mění vzhledem k době trvání a intenzitě pohybu. Celkově rozlišujeme tři způsoby resyntézy ATP: ATP–CP systém, LA systém a VO₂ systém a za zdroje energie v těchto zónách uvádíme ATP, kreatinfosfát (CP), glykogen, glukózu, tuky a aminokyseliny. Rozhodující skutečností se stává, jestli během pohybové činnosti máme dostatečný přísun kyslíku (aerobní procesy), nebo nemáme a uvolňování energie probíhá za nepřístupu kyslíku a vzniku laktátu (anaerobní procesy). Tyto zóny vymezujeme převahou podílu některého z energetických systémů. Žádný z uvedených systémů ovšem nepracuje izolovaně, vždy pracují současně, avšak ve větším nebo menším poměru (Měkota a Novosad, 2005; Vilikus a kol., 2020; Perič a Dovalil, 2010).

2.10.1 Anaerobní procesy

Uvolňování energie probíhá za nepřístupu kyslíku.

- *ATP, ATP–CP – fosfagenní uvolňování energie*

Jak je uvedeno výše, základem svalové kontrakce je rozpad ATP na ADP a fosfát (P). Tento zdroj energie organismu ovšem vydrží jen na velmi krátkou dobu (zhruba do 4 s). Zde se zapojuje další část fosfátu ve svalové buňce – kreatinfosfát, který se krátkodobě podílí na reakci, která slouží k obnově ATP (resyntéze). Doba trvání pro vyčerpání těchto zásob energie činí zhruba 20 s. (Vilikus a kol., 2020; Brooks a kol., 2004)

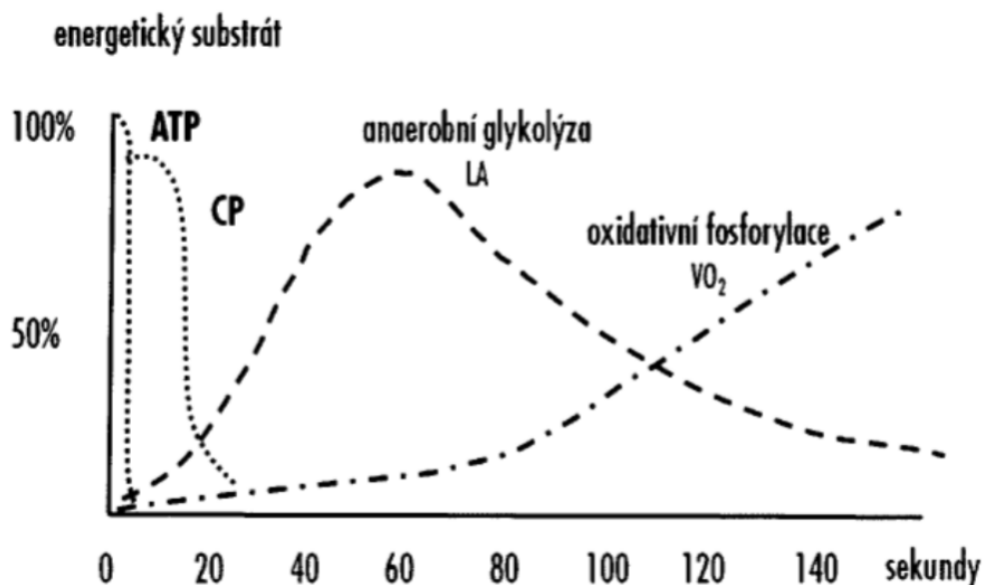
Dříve se tento druh zátěže považoval za tzv. alaktátovou fázi, nicméně dnes již víme, že anaerobní glykolýza se zapojuje do metabolických procesů již od prvních okamžiků pohybu, avšak není systémem dominantním. (Vilikus a kol., 2020)

- *LA – glykolitická fosforylace*

Převaha této fáze získávání energie nastává těsně před vyčerpáním zásob fosfátů a charakterizuje ji tvorba energie pomocí štěpení glukózy za současného vzniku laktátu, tento proces nazýváme anaerobní glykolýzou (Měkota a Novosad, 2005;

Perič a Dovalil, 2010). Toto energetické zabezpečení organismu zůstává dominantním na dobu pohybové činnosti kolem 2 minut, poté začíná převažovat (více než 50 %) oxidativní fosforylace (Vilikus a kol., 2020; Brooks a kol., 2004).

Pro lepší přehlednost můžeme sledovat převahu jednotlivých energetických systémů na následujícím Obrázku 5:



Obrázek 5 Zdroje energie při zátěži různého trvání (1) (Vilikus a kol., 2020)

2.10.2 Aerobní procesy

Uvolňování energie probíhá za přístupu kyslíku. Tato zóna je zajišťována chemickým procesem nazývaným se oxidativní fosforylace.

- $LA-VO_2$

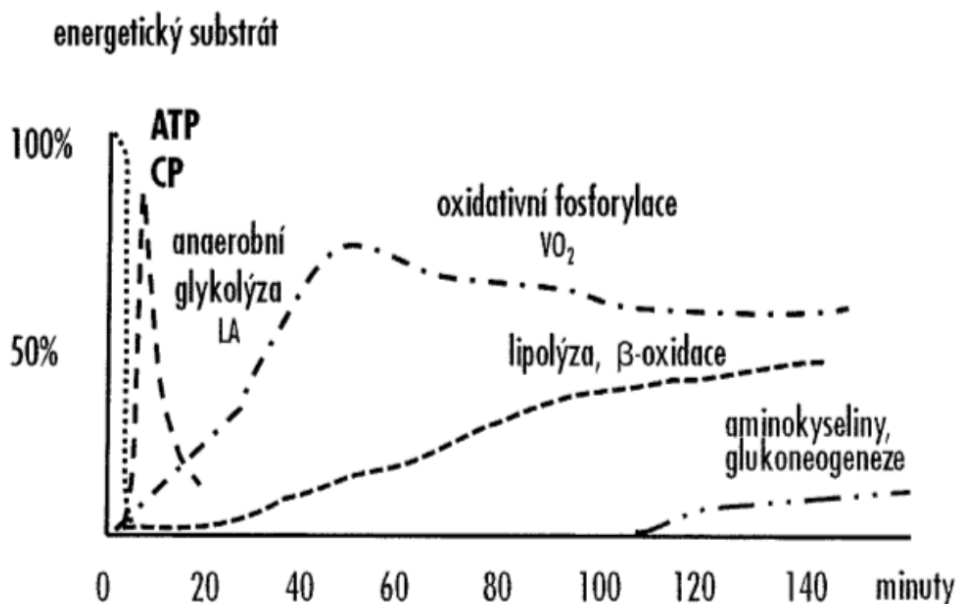
Převaha aerobního způsobu uvolňování energie nastává ve chvíli, je-li k dispozici dostatek kyslíku (O_2), aby mohlo probíhat štěpení glukózy v plném rozsahu, tento proces se nazývá aerobní glykolýza. Tímto způsobem tělo zabezpečuje lokomoční činnost v trvání až do 13 minut (Vilikus a kol., 2020; Měkota a Novosad, 2005; Perič a Dovalil, 2010).

- VO_2 – oxidativní fosforylace

Aerobní způsob získávání energie pokrývá 70–90 % energetické spotřeby při dlouhodobém zatížení střední intenzity. Dochází během ní ke štěpení glukózy (aerobní glykolýza), tuků (beta oxidace) a aminokyselin (glukoneogeneze). Zaštitňuje energetické krytí v rozsahu od 13 minut až do několika hodin. V závislosti na délce trvání vytrvalostní

zátěže, intenzitě, příjmu exogenních zdrojů energie a dalších faktorech, dominuje v resyntéze ATP aerobní glykolýza, beta oxidace nebo glukoneogeneze (Vilikus a kol., 2020; Měkota a Novosad, 2005; Perič a Dovalil, 2010).

Pro lepší přehlednost můžeme sledovat převahu jednotlivých energetických systémů na následujícím Obrázku 6:



Obrázek 6 Zdroje energie při zátěži různého trvání (2) (Vilikus a kol., 2020)

Dodávka energie se může lišit i podle cílové tkáně:

„Dodávka energie, nutná k bezprostřednímu provedení svalové kontrakce pro krátkodobý intenzivní výkon kolísá podle požadavků a potřeb motorické jednotky. Zajišťuje se rozpadem CP a glykogenu v rychlých vláknech typu IIB. Zatímco oxidace sacharidů a tuků se rozebíhá převážně ve vláknech pomalých typu I, určených pro dlouhodobou aktivitu antigravitačního charakteru.“ (Máček a Radvanský, 2011, s. 7).

2.11 Dělení vytrvalostních schopností

Vilikus a kol. (2020) uvádí, že primární vymezení jednotlivých druhů vytrvalosti vychází především z energetických požadavků a způsobu jejich zabezpečení, které určuje intenzita a doba trvání pohybové činnosti.

Podle těchto kritérií uvedených výše můžeme vytrvalostní schopnosti dělit na rychlostní, rychlostně–vytrvalostní, krátkodobé, střednědobé, dlouhodobé a velmi dlouhé (dělení podle doby pohybové činnosti). (Dovalil, 2012; Vilikus a kol., 2020)

Podle Hnízдила a Havla (2012) lze vytrvalostní schopnosti v prvotním rozdělení členit na účelové, časové a strukturální. Toto rozdělení lze sledovat na Obrázku 7.

- *Dělení podle účelu využití (účelové)*

Základní vytrvalost je druh vytrvalosti spojován se základní výkonností a zdravotně orientovanou zdatností a je definována jako schopnost provádět déle trvající výkon v aerobní zóně. Není vázána žádnou specifickou pohybovou aktivitou. Naopak vytrvalost speciální je spojena s dosažením výkonu v určité sportovní disciplíně. Je zaměřena na konkrétní pohybové cvičení nebo činnost. (Hnízdil a Havel, 2012)

- *Dělení podle délky trvání pohybové činnosti (časové)*

Podle Dovalila (2012) a Vilikus a kol. (2020) rozlišujeme následující druhy:

- *Rychlostní vytrvalost*

Rychlostní vytrvalost charakterizuje její krátká doba trvání (do 10 až 20 s). Energeticky je primárně zajišťována zónou ATP–CP.

- *Rychlostně–vytrvalostní zátěž*

Jako příklad této zátěže lze uvést běh na 400 m, její doba trvání je tedy od 20 s do 45–60 s. Jako hlavní energetický systém je zde nejvíce zapojena anaerobní glykolýza za vzniku kyseliny mléčné (LA zóna).

- *Krátkodobá vytrvalost*

Krátkodobou vytrvalostí rozumíme pohybovou činnost v době trvání od 45 až 60 s do zhruba 2 minut. Energetické krytí zajišťuje převážně zóna LA – anaerobní glykolýza za vzniku kyseliny mléčné.

- *Střednědobá vytrvalost*

Tento druh vytrvalosti uvádíme v délce trvání od 2 minut do 13 minut. Energeticky ho zajišťuje většinovým podílem VO_2 zóna se stálým poměrně vysokým zastoupením LA zóny. S klesající intenzitou převažuje podíl VO_2 zóny a naopak.

- *Dlouhodobá vytrvalost*

Dlouhodobá vytrvalost je specifickou schopností pro cyklickou pohybovou činnost v délce trvání od 13 minut do 60 minut. Je zabezpečována uvolňováním energie

převážně v aerobním režimu a s prodlužující se délkou pohybové činnosti poměrně rychle klesá podíl anaerobní.

- *Velmi dlouhodobá vytrvalostní zátěž*

Jako příklad zde můžeme uvést maratónský běh (42.5 km). Doba trvání této zátěže se pohybuje od 2 do 4 a více hodin. Zdrojem k resyntéze ATP slouží glukóza metabolizovaná oxidativním metabolismem a z velké části také beta oxidace, eventuálně glukoneogeneze.

Měkota a Novosad (2005) uvádí jiné rozdělení dlouhodobé vytrvalosti, kterou rozlišuje do čtyř skupin podle doby trvání, intenzity činnosti, srdeční frekvence, % VO_2max , množství laktátu v krvi, podílu aerobního a anaerobního energetického krytí apod. Pro názornost si uvedeme dělení těchto skupin pouze podle délky trvání.

- doba zatížení 10 až 35 minut
- doba zatížení 35 až 90 minut
- doba zatížení 90 až 360 minut
- doba zatížení přes 360 minut

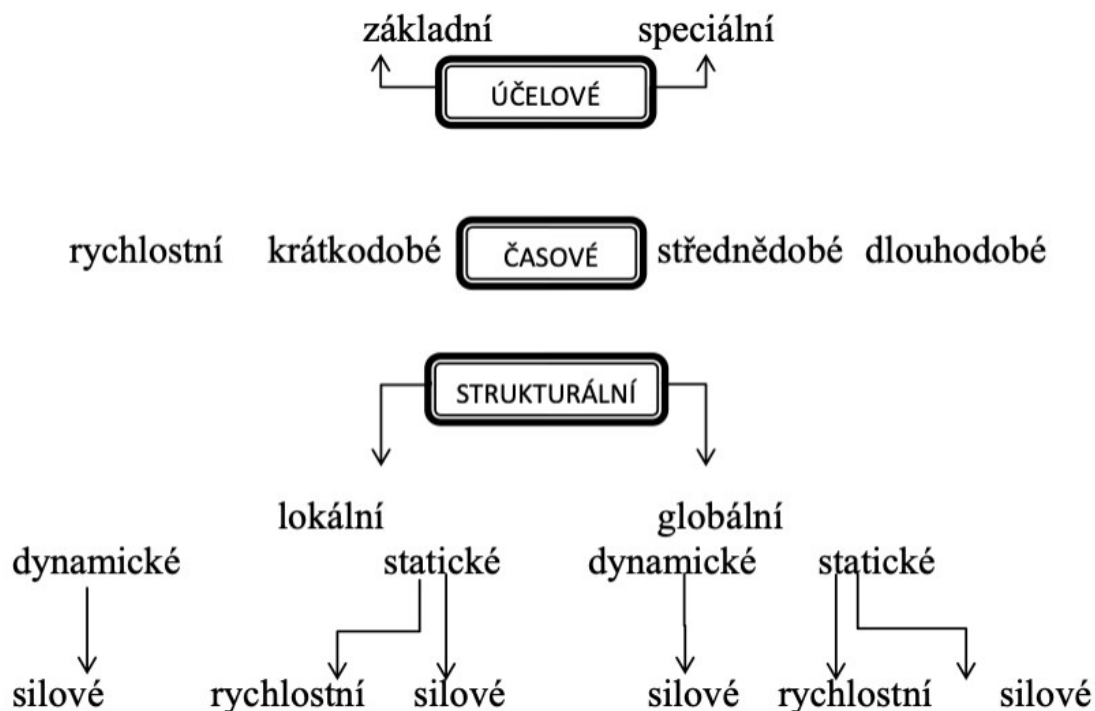
Dalšími hledisky pro vymezení druhů vytrvalostních schopností jsou: způsob energetického krytí, charakter pohybové činnosti, zapojení svalstva, druh svalové činnosti.

- *Dělení podle zapojení svalstva (strukturální)*

Celkovou (globální) vytrvalostí rozumíme schopnost organismu dlouhodobě provádět danou pohybovou činnost v určité intenzitě se zapojením více než 2/3 svalstva celého těla. Oproti tomu lokální vytrvalost je schopnost provádět danou pohybovou aktivitu pouze určitou částí těla s danou intenzitou co nejdéle. Do této činnosti je zpravidla zapojena méně než 1/3 svalstva celého těla. (Hnízdil a Havel, 2012)

- *Dělení podle druhu svalové činnosti*

Statická vytrvalost je dle Měkoty a Novosada (2005) popisována jako schopnost překonávat po delší dobu vnější odpor při výdrži v dané poloze. Pro tuto schopnost je charakteristická izometrická svalová kontrakce. Dynamickou vytrvalostí pak rozumíme schopnost překonávat vnější odpor při dané činnosti v pohybu. Tato vytrvalost se vyznačuje všemi druhy svalové kontrakce kromě izometrické. (ibid.)



Obrázek 7 Schéma členění vytrval. schopností dle kritérií (Hnízdil a Havel, 2012)

- *Dělení podle energetického krytí*

Do tohoto rozdělení spadá vytrvalost aerobní a anaerobní. Aerobní vytrvalost vytváří předpoklad pro výkon vytrvalostního charakteru. Při tomto výkonu je energie dodávána za přístupu kyslíku štěpením energetických zásob. Anaerobní vytrvalostí rozumíme druh vytrvalosti vyznačující se uvolňováním energie štěpením ATP uloženého ve svazech a jeho následné resyntéze (Měkota a Novosad, 2005).

- *Dělení podle charakteru pohybové činnosti*

Podle Periče a Dovalila (2010) rozlišujeme cyklickou lokomoční a acyklickou. V případě první zmíněné činnosti se jedná o celkový pohybový projev, např. (běh, jízda na kole, plavání apod.). V případě druhém pak hovoříme o jednotlivém pohybu, např. (kopy, hody, skoky atd.).

2.12 Způsoby testování vytrvalostních schopností

Úroveň vytrvalostních schopností vyhodnocujeme ze standardizovaných motorických testů a funkčních zkoušek, jež můžeme dělit dle následujících kritérií podle Hnízdila a Havla (2012):

- *Výkon nebo reakci organismu na zatížení (co hodnotíme)*

Jak je z názvu patrné, rozlišují se testy výkonové a zátěžové.

- *Prostředí (kde testujeme)*

Zde autoři uvádí rozdělení na terénní a laboratorní.

- *Účel testování (co testujeme)*

V kontextu výkonově orientovaných testů hovoříme o rozdělení na testy lokální statické vytrvalosti, lokální dynamické vytrvalosti a globální vytrvalosti. Dále je pro zátěžové testy uvedeno rozdělení na obecné funkční vyšetření a speciální testy pro určení trénovanosti (Máček a Radvanský, 2011).

- *Pohybový obsah (jak testujeme)*

Pohybovým obsahem rozumíme konkrétní podobu a výběr testu dle daného cíle.

Dalším možným rozdělením je systematizace podle převažujících energetických systémů. Zde je možné rozlišit testy ATP–CP systému, testy glykolytického systému a testy systému aerobního. (Powers a Howley, 2007)

2.12.1 Laboratorní měření základní vytrvalosti

Měkota a Novosad (2005) uvádí, že v těchto testech zjišťujeme funkční změny v organismu, které byly vyvolány vytrvalostním druhem zatížení (zátěžové testy). Nejčastěji zjišťujeme maximální hodnoty daných fyziologických funkcí. Při těchto měřeních se obvykle používá běhací koberec s postupně se zvyšující se rychlostí běhu, nebo bicyklový ergometr, kde se zátěž navyšuje pomocí počtu wattů.

- *Pohyblivý pás („běhátko“ nebo také „běžecký pás“)*

Tento přístroj na motorizovaný pohon obsahuje dva volitelné prvky – rychlost pásu a sklon pásu. Pro měření požadovaných ukazatelů se používají tzv. „zátěžové protokoly“, kdy každý z nich pracuje na principu postupně se zvyšující zátěže většinou od velmi lehké po maximální. Podle tohoto kritéria se rozlišují následující zátěžové protokoly:

- sklon pásu se nemění, zvyšuje se rychlost,
- rychlost je konstantní, zvyšuje se sklon,
- zvyšuje se rychlost pásu i sklon.

Dalšími parametry, které určují unikátnost jednotlivých zátěžových testů jsou: délka trvání jednotlivých stupňů zátěže, počáteční rychlost běhu, míra vzestupu intenzity v každém následujícím stupni zatížení. (Hnízdil a Havel, 2012)

Dále podle těchto autorů do nejčastěji sledovaných ukazatelů řadíme:

- srdeční frekvenci (maximální, klidová, průměrná apod.),
- spotřebu kyslíku (až na hranici VO_{2max} , spotřeba kyslíku vzhledem k tělesné hmotnosti),
- hodnotu laktátu (maximální hodnota laktátu v momentě ukončení zátěže, dosažení úrovně aerobního a anaerobního prahu),
- dechovou frekvenci,
- dechový objem,
- minutovou ventilaci plic,
- respirační kvocient a další.

Sledované ukazatele se mění v závislosti na konkrétním cíli měření. Např. pro vojenské účely se často sleduje hodnota VO_{2max} a srdeční frekvence (Matoušek, 2022).

- *Spiroergometrie*

Spiroergometrie je společně s predikčními rovnicemi způsobem pro stanovení hodnoty VO_{2max} (maximální spotřeby kyslíku). V tomto vícestupňovém zátěžovém testu jsou hodnoceny potřebné hodnoty a parametry pomocí analyzátorů, které analyzují dýchací plyny, jež jsou zachycené prostřednictvím individuálně nastavené dýchací masky. (Máček a Radvanský, 2011)

2.12.2 Terénní měření základní vytrvalosti

Tyto testy mívají většinou charakter výkonnostních testů. Úroveň vytrvalostních schopností odvozujeme od výkonů dosažených v těchto testech. Zároveň je nutné, aby všechny zmíněné testy měly vysokou standardizaci při jejich provádění, jinak by nebylo možné považovat výsledky za objektivní ukazatele vytrvalostního výkonu (Měkota a Novosad, 2005).

Jako příklad lze uvést následující testy podle Hnízdila a Havla (2011), Měkoty a Novosada (2005) a Matouška (2022):

- Cooperův test,
- protokoly pro běžecké pásy (výkonové),

- běh na vzdálenost 1–12.8 km,
- opakované probíhání stanovené dráhy,
- index vytrvalosti (únavy),
- Conconiho test (Legérův test; beep test, progresivní člunkový běh),
- chůze na vzdálenost 2 kilometrů,
- chůze po dobu šesti minut,
- výstupové testy (step testy),
- přerušované yo–yo testy,
- testy globální vytrvalosti testovacích baterií Fitnessgram, Eurofittest, Unifit 6–60 a další.

Každý z výše uvedených testů využívá odlišnou lokomoční činnost a můžeme jimi testovat různé druhy vytrvalostních schopností. (ibid.)

- *Cooperův test*

Cooperův test je jedním z nejrozšířenějších terénních testů. Cvičenec provádí danou pohybovou (lokomoční) činnost po dobu 12 minut bez přerušení. Hodnotí se vzdálenost, kterou za tuto dobu překoná. Pro posouzení stupně vytrvalostních schopností se používají výkonnostní tabulky, které se liší podle věkové kategorie a pohlaví. (Měkota a Novosad, 2005)

Tento test se také používá pro výpočet hodnoty $VO_2\max$ na základě vzorce: $VO_2\max$ (ml/kg/min) = (22.351 x vzdálenost v kilometrech) - 11.288 (Das, 2013). Nicméně tento vzorec je přesnou kopií vzorce původního z práce Coopera (1968), který byl navržen na základě výsledků práce korelace mezi tímto běžeckým protokolem po dobu 12 minut a zátěžovým testem $VO_2\max$ na běhátku. Bylo testováno 115 mužů. Korelační koeficient mezi těmito testy byl velmi silný ($r=0.897$). (Hnízdil a Havel, 2012)

- *Člunkový běh 10 × 10 metrů*

Tento test se na rozdíl od výše uvedených používá k testování anaerobní vytrvalosti. Účastníci probíhají vzdálenost 10 metrů, kde se otáčejí kolem kužele o 180 stupňů a běží zpět ke startovnímu kuželu, kde se znovu otáčejí a pokračují do té doby, dokud nedosáhnou vzdálenosti 100 metrů (10 délek).

Člunkový běh 10 × 10 metrů není standardním testem pro anaerobní vytrvalost. Spíše se používá jako test pro zjišťování úrovně rychlostních, obratnostních nebo

koordinačních schopností (NV MO č. 12, 2011; Kohout, 2022). Z hlediska času pod zatížením (25–30 s), které je prováděno maximálním úsilím se ovšem může jednat o test vhodný pro predikci anaerobní kapacity. Toto tvrzení podporuje studie, ve které autoři srovnávali 4 potenciální prediktory anaerobní kapacity, kdy předmětnými prediktory byly různé výkonové testy do 30 s maximálního úsilí. Tyto testy byly shodně vyhodnoceny vhodnými prediktory pro anaerobní vytrvalost ve srovnání s Wingate testem, rovněž trvajícím 30 s, který je považován za vhodný prediktor anaerobní vytrvalosti v laboratorních podmínkách. (Ponce–García a kol., 2021)

Mezi další argumenty podporující toto tvrzení lze zařadit člunkový běh na 40 m a člunový běh na 300 m, které byly shodně vyhodnoceny jako prediktory anaerobní vytrvalosti. Vzhledem k tomu, že člunkový běh 10 × 10 metrů se nachází mezi těmito dvěma vzdálenostmi, lze usuzovat, že by mohl být také vhodným prediktorem pro anaerobní vytrvalost. (Baker a kol., 1993; Moore a Murphy, 2003)

2.13 Vytrvalost v armádním prostředí

Jak bylo uvedeno v kapitole 2.1 *Operační prostředí*, vytrvalost je jednou z výchozích schopností využívaných při téměř každé činnosti. V některých případech může stupeň rozvoje vytrvalosti zachránit vojákovi život, a proto je důležité jí testovat, udržovat a rozvíjet.

2.13.1 Význam vytrvalosti v operačním prostředí

Je dobře známo, že mnoho vojenských profesních úkolů zahrnuje dlouhodobý a/nebo opakovaný výkon, např. sprint pod zátěží, manévrování v nerovném terénu, tažení raněného, dlouhé pochody ve skupinách, kopání, pytlování písku, přesuny pod palbou, ruční manipulace s materiálem. Obvykle je základem plnění těchto úkolů vytrvalost. Jedinec s vyšší aerobní kapacitou ($VO_2\max$) bude proto pracovat s nižší relativní intenzitou (% $VO_2\max$) ve srovnání s méně aerobně zdatnými jedinci. Nižší relativní intenzita úkolu zase umožní delší plnění úkolu a/nebo větší schopnost opakovaného úsilí (Astrand a Rodahl, 1986). Kromě pracovní výkonnosti je aerobní zdatnost také v silné korelaci s mírou zranění a úbytkem osob během vojenského výcviku (Pope a kol., 1999). Aerobní zdatnost je totiž jedním z nejčastějších rizikových faktorů pro muskuloskeletální zranění během vojenského výcviku. (Knapik a kol., 2001)

Aerobní trénink může vojenskému personálu také pomoci tlumit alostatickou zátěž (důsledek chronického působení stresu) spojenou s vojenským výcvikem.

Konkrétně byla aerobní zdatnost spojena s oslabením hormonální a subjektivní stresové reaktivity v reakci na vojenský výcvik (Taylor a kol., 2008; Tyyska a kol., 2010). Důležité ve vojenském kontextu je, že aerobní trénink pomáhá zmírnit reaktivitu na psychické stresory, a to při absenci fyzického stresu (Nindl a kol., 2018).

Souhrnně lze říci, že vytrvalostní trénink může vojenskému personálu přinést řadu výhod, včetně zvýšení fyzické a fyziologické schopnosti snášet nároky na plnění pracovních úkolů, snížení rizika zranění, zlepšení celkového zdravotního stavu (včetně psychického) a zvýšení schopnosti tlumit stres. Tyto výhody se projevují jak v krátkodobém (např. lepší schopnost plnit úkoly/misi), tak v dlouhodobém horizontu (např. lepší odolnost vůči zraněním a vyrovnávání stresových situací během dlouhodobého výcviku/nasazení a snížení rizika onemocnění). (Nindl a kol., 2018)

2.13.2 Způsoby testování vytrvalosti v AČR

Testování vytrvalostních schopností probíhá v rámci profesního a výročního přezkoušení, které se odehrává každoročně. Výkonnost každého vojáka je určována známkou, která je mu přidělena podle kvality jeho výkonu podle předepsaných tabulkových norem.

- *Výroční přezkoušení*

V rámci tohoto přezkoušení se používá běh na 12 minut (Cooperův test). Normy výročního přezkoušení jsou rozděleny podle věku a pohlaví, kde jsou nejvyšší nároky kladeny na nejmladší skupinu mužů (do 30 let). Pro hodnocení „výtečně“ z výročního přezkoušení v této skupině je potřeba zaběhnout při Cooperově testu vzdálenost 3 km. Vojáci se v rámci výročního přezkoušení přezkušují ze silových a vytrvalostních schopností. Do silových testů řadíme: sed–leh, klik–vzpor a shyb na hrazdě, přičemž voják si může vybrat buď pouze shyby nebo sedy–lehy + kliky. Za vytrvalostní testy považujeme Cooperův test (běh) a plavání v bazénu na vzdálenost 300 m, kde si voják může vybrat absolvování jednoho nebo druhého testu. (NV MO č.12, 2011).

- *Profesní přezkoušení*

Zde je zařazeno kromě Cooperova testu několik rozšiřujících testů sledujících úroveň různých druhů vytrvalostních schopností: běh na vzdálenost 1 km, běh na vzdálenost 2 km, zrychlený přesun na 5 km, pěší přesun na 20 km s nesenou zátěží 20 kg a člunkový běh 10 × 10 m. V tabulce 1 uvedené níže lze najít výkonnostní normy

vybraných vytrvalostních testů pro nejvýkonnější skupinu AČR, skupinu A, do které spadají organizační celky nebo jejich složky s vysokou náročností na tělesnou připravenost jejich příslušníků (speciální síly, výsadkáři, apod.) V prvním sloupci se nachází hodnota potřebná pro známku *výtečně*, ve druhém *dobře* a ve třetím sloupci pro známku *vyhovující*. Dále nalezneme v AČR výkonnostní skupiny B (se střední náročností na tělesnou připravenost) a C (se základními požadavky na pohybové schopnosti a dovednosti). Výkonnostní normy pro tyto skupiny jsou dohledatelné ve zdroji pro tento odstavec (ibid.).

Tabulka 1 Přehled výkonnostních norem – skupina A (NV MO č. 12, 2011)

| Test | Výtečně | Dobře | Vyhovující |
|--|----------------|--------------|-------------------|
| Cooperův test (m) | 3.100 | 2.900 | 2.700 |
| Běh na vz. 1 km (min) | 3:40 | 4:00 | 4:20 |
| Běh na vz. 2 km (min) | 7:50 | 8:20 | 8:30 |
| Zrychlený přesun na vz. 5 km (min) | 26 | 27 | 28 |
| Přesun na vz. 20 km se zátěží 20 kg (h) | 4:00 | 4:30 | 5:00 |
| Člunkový běh 10 × 10 m (s) | 25.8 | 26 | 27 |

vz. = vzdálenost.

2.13.3 Testování vytrvalosti v zahraničních armádách

- *Terénní testy*

Pro testování globální vytrvalosti se v zahraničních vojenských výzkumech u mužů nejčastěji využívají následující testy v sestupném pořadí: běh na vzdálenost, přesun se zátěží, Cooperův test, beep test, step test a yo–yo test. (Matoušek, 2022)

V běhu na vzdálenost se testy pohybují od 2.4 do 12.8 km, přičemž nejčastěji zastoupen je běh na vzdálenost 3.2 km. Stejně je tomu i v případě přesunu se zátěží, kdy nejčastější vzdáleností byla shledána distance 3.2 km a nejvyšší frekvence nesené zátěže se pohybovala na 25 kg. (ibid.)

- *Laboratorní testy*

V případě laboratorního testování se jedná např. o zjišťování hodnoty $VO_2\max$ a z toho vyvozující úroveň vytrvalostních schopností, což je metoda, kterou ve svých pracích využili Vantarakis a kol. (2017), Santilla a kol. (2009), Sperlich a kol. (2009)

nebo Santilla a kol. (2012). Hodnota $VO_2\max$ je často používána jako prediktor této pohybové schopnosti (Máček a Radvanský, 2011). Zmíněná hodnota je zjišťována na běžeckém páse nebo bicyklovém ergometru metodou spiroergometrie, viz. kapitola 2.12.1 *Laboratorní měření základní vytrvalosti*.

2.14 Způsoby testování operační připravenosti

Pro testování operační výkonnosti je třeba se v rámci testování co nejvíce přiblížit podmínkám a pohybovým vzorcům vyskytujícím se v tomto prostředí. Níže jsou uvedeny testové baterie, u kterých byla zjištěna vysoká pravděpodobnost predikce vybraných specifických operačních činností (Physical employment standards, 2020; U. S. G. U. Army, 2020; FORCE, 2015).

2.14.1 Testování britských ozbrojených sil

Pro tyto účely stanovila armáda Velké Británie speciální testovou baterii zvanou Role Fitness Test (Soldier) (RFT(S)) pro vojáky, kteří se v pozemním boji dostávají do přímého kontaktu s nepřítelem (Groude Close Combat (GCC)). Účastníci mají během testování RFT(S) na sobě balistickou vestu a taktickou přilbu, aby napodobili podmínky vojáků GCC. Patří sem následující testy: (Physical employment standards, 2020)

- *Přesun se zátěží*

Cílem testu je co nejrychleji překonat vzdálenost 2 km se zátěží 25 kg v podobě vojenského vybavení (balistická vesta, taktická přilba, zbraň v závěsu a naložený batoh). Limit pro dokončení tohoto testu je stanoven na ≤ 15 min.

- *Pohyb pod palbou*

Tento test se skládá z dvaceti 7.5m taktických přískoků, následovaných plazením na 15 m a 15m sprintem. Limit pro splnění tohoto testu je ≤ 55 s.

- *Tažení raněného*

Účastníci co nejrychleji, pozpátku táhnou 111 kg vážící figurínu na vzdálenost 20 metrů. Test je nutno dokončit v časovém limitu ≤ 35 s.

- *Nošení barelů s benzínem*

Vojáci přenášejí dva 22 kg kanystry naplněné tekutinou na vzdálenost 240 m (4×60 m s otočkou o 180 stupňů). Pro splnění testu je potřeba tuto vzdálenost překonat v čase: ≤ 4 min.

- *Záchrana raněného z vozidla*

Voják stojí na dvou bednách umístěných 50 cm od sebe. Jeho úkolem je zvednout do vzduchu a držet po dobu 3 sekund 70kg zátěž v podobě posilovacích kotoučů upevněných lanem.

- *Opakované zvedání a přenášení zátěže*

Účastníci zvednou z podlahy 20kg pytel s pískem, přenášejí jej kolem kužele vzdáleného 15 metrů, vrátí se na start, položí pytel s pískem na 1.49 m vysokou plošinu, vrátí pytel s pískem na zem a absolvují 30 m běhu kolem kužele bez zátěže. Vojáci podstoupili celkem 20 sérií těchto koleček se zátěží (10 ×) a bez ní (10 ×). Dohromady tedy 600 m. Čas potřebný k dokončení tohoto úkolu byl ≤ 14 min.

Ve studii od autorů Sterczala a kol. (2023) se objevuje také maximální zdvih zátěže do výšky 150 cm.

- *Maximální zdvih zátěže*

V tomto testu vojáci zvedají pískové pytle z podlahy na plošinu ve výšce 1.49 m. Hmotnost zvedaného pytle začíná na 20 kg a při každém úspěšném zvednutí se zvýší o 5 kg. Zvedání pokračuje s minutovým odpočinkem až do selhání, nebo když účastník dosáhne maximální zátěže 60 kg. Účastníci si mohou při zvedání silového pytle pomáhat kolenem. Při neúspěšném zvednutí nejsou povoleny žádné opakované pokusy. Zaznamenává se maximální úspěšně zvednutá hmotnost.

2.14.2 Testování ozbrojených sil Spojených států amerických

Dalším z příkladů těchto testových baterií může být army combat fitness test (ACFT), který používá armáda Spojených států amerických. Pro tyto testy není třeba balistická ústrojí ani vybavení. Testy za sebou následují v tomto pořadí: (U. S. G. U. Army, 2020)

- *Mrtvý tah*

Tento test simuluje schopnost vojáka zvedat ze země těžká břemena. Testu předchází desetiminutové zahřátí, které pokračuje již lehčími sériemi mrtvého tahu s postupně se zvyšující zátěží. Samotný mrtvý tah je realizován s „hexbar“ osou. Cílem tohoto testu je zvednout co nejvyšší zátěž 3x za sebou v jedné sérii.

- *Dynamický odhod vzad*

Cílem tohoto testu je zjištění výbušnosti vojáka. Průběh testu spočívá v odhození 4.5kg medicinbalu vzad přes hlavu ve stoje s možným nášvihem. Voják nesmí překročit výchozí čáru a pro úspěšné zvládnutí testu má celkově dva pokusy, přičemž se počítá ten nejdější.

- *Kliky*

Klik–vzpor je poměrně častým testem v armádním prostředí. V tomto pojetí je cílem vykonání co nejvíce opakování klik–vzpor (jedno opakování končí v poloze vzpor) za 2 minuty. Při vykonání kliku je nutné dotknout se hrudníkem podložky a rukama zaujmout polohu upažení.

- *Sprint–tažení–nošení*

Test začíná polohou vleže s rukama na zemi a pro jeho dokončení je nutné absolvovat 5 po sobě jdoucích nepřerušovaných, 50m člunkových běhů (vždy 2 × 25 m). Prvních 50 m je sprint bez zátěže, druhých 50 m voják táhne 90kg saně pozadu, třetích 50 m je pohyb bokem (tam na jednu stranu, zpět na druhou), čtvrtých 50 m je sprint se dvěma 20kg činkami a posledních 50 m je opět sprint bez zátěže do cíle.

- *Plank*

Plank je statická výdrž v poloze podporu na předloktích ležmo. Je nutné po celou dobu testu udržet tělo ve výchozí, vodorovné poloze.

- *Běh na 2 mile*

Cílem tohoto testu je uběhnutí vzdálenosti 2 mil (3.2 km) za co nejkratší čas bez vnější pomoci. Povoleno je pouze slovní povzbuzování.

2.14.3 Testování kanadských ozbrojených sil

Kanadské ozbrojené síly (CAF – Canadian Armed Forces) používají k testování připravenosti svých vojáků testovou baterii nazvanou FORCE (Fitness for Operational Requirements of CAF Employment) evaluation, která byla vytvořena jako prediktor vybraných úkolů, se kterými se vojáci při plnění svých úkolů běžně setkávají. Mezi tyto úkoly patří sbírání předmětů a kopání, útěk do úkrytu, nošení různých objektů, vytažení raněného z vozidla, přenášení nosítek, přemísťování pytlů s pískem. Tato baterie se skládá ze čtyř testů: (FORCE, 2015; National Defence, 2024)

- *20m běhy*

Vojáci z polohy vleže absolvují dva člunkové sprinty (1 člunkový sprint = 20 m tam, 20 m zpět) celkem 80 m, přičemž každých 10 m zaujmou polohu vleže s upažením horních končetin. Test je potřeba zvládnout za 51 sekund nebo méně.

- *Zvedání pytlů s pískem*

Cílem testu je zvednutí třiceti po sobě jdoucích 20kg pytlů s pískem z podlahy nad výšku 1 m, který je znázorněn čarou na stěně. Voják střídá levý a pravý pytel s pískem vzdálený od sebe 1.25 m. Test je třeba dokončit za 3 minuty a 30 sekund nebo méně.

- *Člunkový běh se zátěží*

Pro dokončení testu je potřeba dokončit 10 po sobě jdoucích člunkových sprintů (1 člunkový sprint = 20 m tam, 20 m zpět), pravidelně se střídají sprinty se zátěží 20 kg v podobě pytle s pískem a sprinty bez zátěže, celkem 400 m. Maximální časový limit pro úspěšné zvládnutí testu je 5 minut a 21 sekund.

- *Tažení pytlů s pískem*

Voják při tomto testu táhne minimálně čtyři 20kg pytle s pískem na popruzích směrem vzad, přičemž další 20kg pytel nese na ruku. Cílem tohoto testu je přemístit těchto celkem 100 kg do vzdálenosti 20 m bez zastavení. Množství tažených pytlů se odvíjí podle povrchu, po kterém jsou pytle taženy.

2.15 Způsoby testování tělesného složení

Důležitost tělesného složení pro odolnost a výkon v operačním prostředí byla již zmíněna v kapitole 2.3 *Determinanty odolnosti v operačním prostředí*. V této kapitole budou rozebrány metody pro jeho sledování.

Měření složení lidského těla je objektivní metodou hodnocení stavu těla a je důležité pro odborníky na výživu, zdravotníky a sportovní vědce. Hodnocení tělesného složení poskytuje poznatky o výživovém stavu i funkční kapacitě lidského těla. (Thibault a kol., 2012; Andreoli a kol., 2016)

V rámci tělesného složení sledujeme nejčastěji tyto parametry:

- tělesnou hmotnost (TBM),
- tukovou hmotu (FM),
- netukovou hmotu (FFM) – hmotnost kostry, svalů a orgánů,

- obsah vody v těle (TBW),
- hmotnost svalů (LTM),
- hmotnost kostry (BMC),
- kostní denzitu (BMD). (Kuriyanová, 2018)

Podle Riegrové (2006) a Kuriyanové (2018) lze metody měření tělesného složení rozlišit do 5 skupin:

- *Jedno-parametrový model (1C)*

Jedno-parametrový model měří pouze tělesnou hmotnost. Jedná se o nejjednodušší model měření.

- *Dvou-parametrový model (2C)*

2C model rozlišuje tělesnou hmotnost na tukovou a netukovou tkáň. Typickým zástupcem tohoto modelu je hydrodenzinometrie.

- *Troj-parametrový model (3C)*

Tento model je schopný sledovat tukovou tkáň a netukovou tkáň rozdělovat na hmotnost svalů a kostry. Rozlišuje tělesné složení na vodu, tuk a sušinu (proteiny a minerály).

- *Čtyř-parametrový model (4C)*

Model 4C měření tělesného složení rozlišuje tělesnou hmotnost jako tukovou tkáň, extracelulární tekutinu, buňky a minerály. Pro jeho vytvoření je nutná kombinace více metod měření tělesného složení.

- *Více-parametrové modely*

Tyto modely složení těla vyžadují přímou analýzu hlavních prvků v těle. Pomocí neutronové aktivační analýzy (NAA) lze měřit celkový obsah prvků v těle (vápník, sodík, chloridy, fosfor, dusík, vodík, kyslík a uhlík). Např. model 6C rozděluje tělo na vodu, dusík, vápník, draslík, sodík a chlorid.

2.15.1 Terénní metody

Terénními metodami rozumíme antropometrická měření, která jsou neinvazivní. Pomáhají při hodnocení stavu výživy, identifikaci rizikových jedinců, sledování účinnosti nutriční intervence a poskytují informace o zásobách tuku a svalů v těle. Protože se jedná

o relativně jednoduchá měření, která jsou levná a nevyžadují vysokou úroveň technických dovedností, jsou antropometrická měření široce využívána v klinických situacích a rozsáhlých epidemiologických studiích. (Kuriyanová, 2018)

- *Index tělesné hmotnosti (BMI)*

Je široce používán k odhadu tělesného tuku, pomocí vzorce. Ke kategorizaci BMI se běžně používá klasifikace WHO (WHO, 1998). Procento tělesného tuku (% BF) se pro daný BMI mění s věkem a míra této změny se liší v závislosti na pohlaví, etnické příslušnosti a individuálních rozdílech (Gallagher a kol., 2000). BMI není citlivý na skutečné rozložení tělesného tuku a metabolické riziko nadváhy, nerozlišuje FM a FFM (Thomas a kol., 2012; Prentice a Jebb, 2001; Tomiyama a kol., 2016).

- *Obvod pasu*

Obvod pasu se používá u dětí i dospělých jako ukazatel nitrobrišního tuku. Obvod pasu se měří pomocí nenatahovacího pásku s přesností na 0.1 cm ve stoje při výdechu na konci nádechu v pomyslném středu mezi posledním žebrem a kyčelním hřebene. (Eveleth, 1995)

- *Poměr pasu a boků (WHR)*

Poměr obvodu pasu a boků se používá jako náhradní měřítko rozložení tuku v dolní a horní části těla a měří, kde se tuk v těle ukládá. Androidní typ postavy neboli nadbytek tuku v horní části těla je typičtější pro muže, zatímco gynoidní typ postavy neboli nadbytek tuku v dolní části těla se vyskytuje spíše u žen. (Kuriyanová, 2018)

- *Měření kožních řas (SKF)*

Technika měření pomocí kožních řas (SKF) je měřením podkožního tuku, kdy se z odhadu hustoty těla odvodí procento BF. Běžně se používají kalipery, které měří s přesností na 0.2 mm. Měření se provádí na místech, jako je biceps, triceps, podlopatkový a nadkolenní sval, která se používají v rovnicích pro jednotlivé věkové kategorie a pohlaví, aby se dospělo k hodnotám tělesné hustoty. Tělesný tuk se získává z tělesné hustoty pomocí populačně specifického převodního vzorce. (Kuriyanová, 2018; Siri, 1993)

- *Bioelektrická impedanční analýza (BIA):*

Technika bioelektrické impedanční analýzy se používá k předpovědi tělesného složení na základě elektrických vodivostních vlastností těla (Khalil a kol., 2014). Zařízení

BIA může být jedno–frekvenční, kdy pracuje na frekvenci 50 kHz, nebo více–frekvenční, kdy se používá široký rozsah frekvencí. Princip BIA spočívá v tom, že svalová tkáň, která se skládá z vody a elektrolytů, je dobrým elektrickým vodičem, zatímco tuk, který vodu neobsahuje, je vodičem špatným. (National Institutes of Health, 1996)

2.15.2 Laboratorní metody

Laboratorních metod pro měření tělesného složení existuje větší množství, než je uvedeno v této kapitole, nicméně pro účely této práce byly vybrány tyto 3 nejběžnější:

- *Hydrodenzitometrie (UWW)*

Vážení pod vodou neboli denzitometrie zahrnuje odhad tělesné hustoty. Metoda měří vodu vytlačenou tělem, když je zcela ponořeno, a v kombinaci s měřením zbytkového objemu plic může poskytnout přesné měření tělesného objemu, z něhož lze odhadnout tělesnou hustotu. Jedinec s vyšším procentem FFM bude ve vodě vážit více a bude mít nízké % BF, protože kosti a svaly jsou hustší než voda, zatímco tuk bude plavat. Při velkém množství FM bude tělo ve vodě lehčí a takový jedinec bude mít vysoké % BF. (Kuriyanová, 2018)

- *Dvojitá rentgenová absorpciometrie (DEXA)*

DEXA využívá dvourozměrné projekční údaje vytvořené pomocí nízkoenergetického vějířového rentgenového záření k vytvoření 3C modelu složení těla, který se skládá z tukové hmoty, LTM a BMC. Princip metody DEXA spočívá v tom, že útlum rentgenového záření s vysokou a nízkou energií fotonů je měřitelný a závisí na vlastnostech podkladové tkáně. Rozdíly v útlumu rentgenového záření procházejícího tkáněmi jsou způsobeny rozdíly v hustotě a chemickém složení tuku, svalů a kostí. Vyšetření DEXA je rychlé, má nízkou radiační zátěž a vyžaduje jen malou technickou zručnost a přípravu jednotlivce. Snímky lze rozdělit na složky kostí a měkkých tkání pomocí dvou různých energetických úrovní. (Kraemer a kol., 2020; Kuriyanová, 2018)

- *Výpočetní tomografie (CT)*

Počítačová tomografie tělesného složení funguje na bázi rentgenových projekcí z různých úhlů těla a lze z ní získat trojrozměrný objemový obraz částí těla s vysokým rozlišením. Pomocí CT lze přesně určit množství tuku v tkáni kosterního svalstva a v játrech, i když v případě jaterního tuku < 5 % je určení podstatně méně přesné. Pomocí CT lze získat přímá objemová měření orgánů (Goodpaster a kol., 2000;

Kramer a kol. 2017). Měření tělesného složení pomocí CT se však často provádí pomocí dvourozměrné analýzy konkrétních axiálních řezů těla. Děje se tak především z důvodu minimalizace dávky záření (Yu a kol., 2009). (Kuriyanová, 2018)

2.16 Borgova škála

Míra vnímaného úsilí (RPE) je subjektivní, vlastní hodnocení intenzity cvičení založené na probandově vnímání fyzické námahy. RPE se běžně používá ke sledování intenzity aerobního cvičení. Skóre RPE lze použít k posouzení úrovně intenzity probanda během tréninku a zajistit tak bezpečnou intenzitu na základě probandova vnímání. Vnímaná námaha zohledňuje řadu faktorů spojených s intenzitou cvičení, jako je srdeční frekvence nebo frekvence dýchání. K měření RPE se často používá patnáctibodová a desetibodová Borgova stupnice RPE, přičemž nižší číslo odpovídá nižšímu vnímanému úsilí a vyšší číslo odpovídá vyššímu vnímanému úsilí. (Morishito a kol., 2018).

- *Patnáctibodová Borgova škála*

Borgova patnáctibodová stupnice RPE byla vyvinuta Borgem (1970). Jedná se o modifikovanou 6–20ti bodovou stupnici RPE. Borgova patnáctibodová stupnice RPE se používá k měření úrovně fyzické zátěže nebo vnímané námahy (Borg, 1982). Bylo prokázáno, že tato stupnice RPE významně koreluje se srdeční frekvencí. Tato stupnice je považována za platný nástroj pro sledování intenzity cvičení (Scherr a kol., 2013). Hodnocení „6“ se považuje za žádnou námahu, tj. odpočinek, a hodnocení „20“ představuje maximální námahu, tj. nejvíce zátěžové prováděné cvičení.

- *CR–10 Borgova škála*

Borgova stupnice RPE CR–10 (desetibodová) vychází z patnáctibodové Borgovy stupnice RPE.. Na této stupnici představuje hodnocení „0“ žádnou námahu, tj. odpočinek, a hodnocení „10“ maximální námahu, tj. nejvíce zátěžové provedené cvičení. Tato stupnice nepředstavuje spojitost s tepovou frekvencí, je přehlednější a často se využívá při silovém tréninku (Borg, 1998; Morishita a kol., 2018).

2.17 Empiricko–teoretická práce

Empirické výzkumné metody jsou takové metody, které se opírají o empiricky orientovanou metodologii vědy. Pro tyto metody je charakteristické, že jsou založeny na zkušenostních postupech, kdy vybraný empirický postup může být realizován buď

zkoumajícím subjektem nebo pomocí přístrojů (např. měření). Mezi základní metody empirického výzkumu patří pozorování, měření a experiment. (Ochrana, 2019)

- *Experiment*

Experimentem rozumíme cíleně navozený pokus a stanovený výzkumný postup, při kterém se hledá odpověď na daný vědecký problém. Za cíl experimentu je považováno buď potvrzení (verifikace) nebo vyvrácení (falzifikace) prověřovaných otázek (hypotéz). Mezi základní rysy experimentu řadíme cílevědomé zaměření, opakovatelnost a empiricky založenou proceduru. Z metodického hlediska rozlišujeme několik fází a postupných kroků, které jsou patrné z Obrázku 8. (ibid.)

| Číslo kroku | Název kroku | Experimentální fáze |
|-------------|--|---------------------|
| 1 | vytvoření teoreticko-konceptuálního rámce | přípravná |
| 2 | stanovení cílů experimentu | |
| 3 | definování výzkumné otázky (hypotézy) | |
| 4 | volba nástrojů pro provedení experimentu | |
| 5 | definování a navození podmínek pro provedení experimentu | |
| 6 | realizace experimentu | realizační |
| 7 | pozorování, měření atp. efektů vyvolaných experimentem | vyhodnocovací |
| 8 | třídění a analýza informací získaných experimentem | |
| 9 | analyticko-syntetické zpracování získaných informací | |
| 10 | formulace závěrů pro oblast vědecké teorie (resp. praxe) | |

Obrázek 8 Metodické kroky při použití experimentu (Ochrana, 2019)

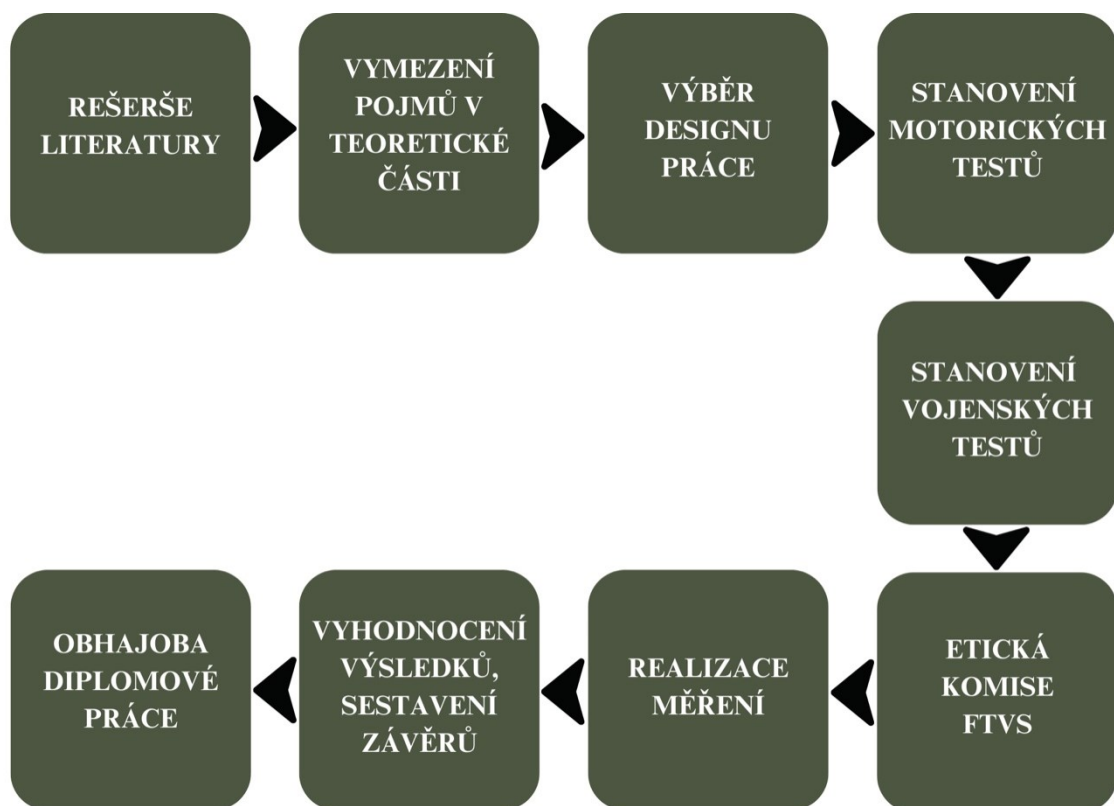
3 Cíle a úkoly práce, hypotézy

3.1 Cíle empiricko–teoretické práce

Cílem této práce bylo analyzovat vztahy mezi vybranými vytrvalostními schopnostmi, antropometrickými údaji a výkony při specifických vojenských testech simulujících operační zatížení.

3.2 Úkoly práce

Autor této práce si vytyčil následující úkoly patrné z Obrázku 9.



Obrázek 9 Úkoly práce (zdroj: autor)

3.3 Výzkumná otázka

V jakém rozsahu vysvětlují určené motorické a antropometrické testy výkon ve vybraných vojensko–specifických testech simulujících zatížení v operačním prostředí?

3.4 Hypotézy

H1: Kovariantem, který dostatečně vysvětluje výsledek v testu maximální zdvih zátěže je hmotnost ($p < 0.05$) (Hydren a kol., 2017).

H2: Kovariantem, který dostatečně vysvětluje výsledek v testu přenášení kanystrů s vodou je test Cooperův běh ($p < 0.05$) (Rice a Sharp, 1994).

H3: Kovariantem, který dostatečně vysvětluje výsledek v testu přesouvání pytle s pískem je test $VO_2\max$ ($p < 0.05$) (Beck, Ham, a kol., 2016; Hauschild a kol., 2016; Szivak a kol., 2014).

H4: Kovariantem, který dostatečně vysvětluje výsledek v testu člunkový běh pod palbou je člunkový běh 10×10 m ($p < 0.05$) (Physical employment standards, 2020; NV MO č. 12, 2011).

H5: Kovariantem, který dostatečně vysvětluje výsledek v testu pěší přesun se zátěží je Cooperův běh ($p < 0.05$) (Coakley a kol., 2019; Brown, 2009).

H6: Kovariantem, který dostatečně vysvětluje výsledek v testu tažení figuríny je hmotnost ($p < 0.05$) (Lockie a kol., 2020).

H7: Mezi vzorcem pro výpočet hodnoty $VO_2\max$ z uběhnuté vzdálenosti při Cooperově běhu ($22.351 \times \text{vzdálenost v kilometrech} - 11.288$) a laboratorním měřením $VO_2\max$ existuje významná korelace ($r > 0.9$) (Bandyopadhyaye, 2014).

4 Materiál a metody

Tato část diplomové práce se zaměřuje na popis použitých výzkumných metod, pojednává o způsobu sběru dat a představuje jejich následné vyhodnocení.

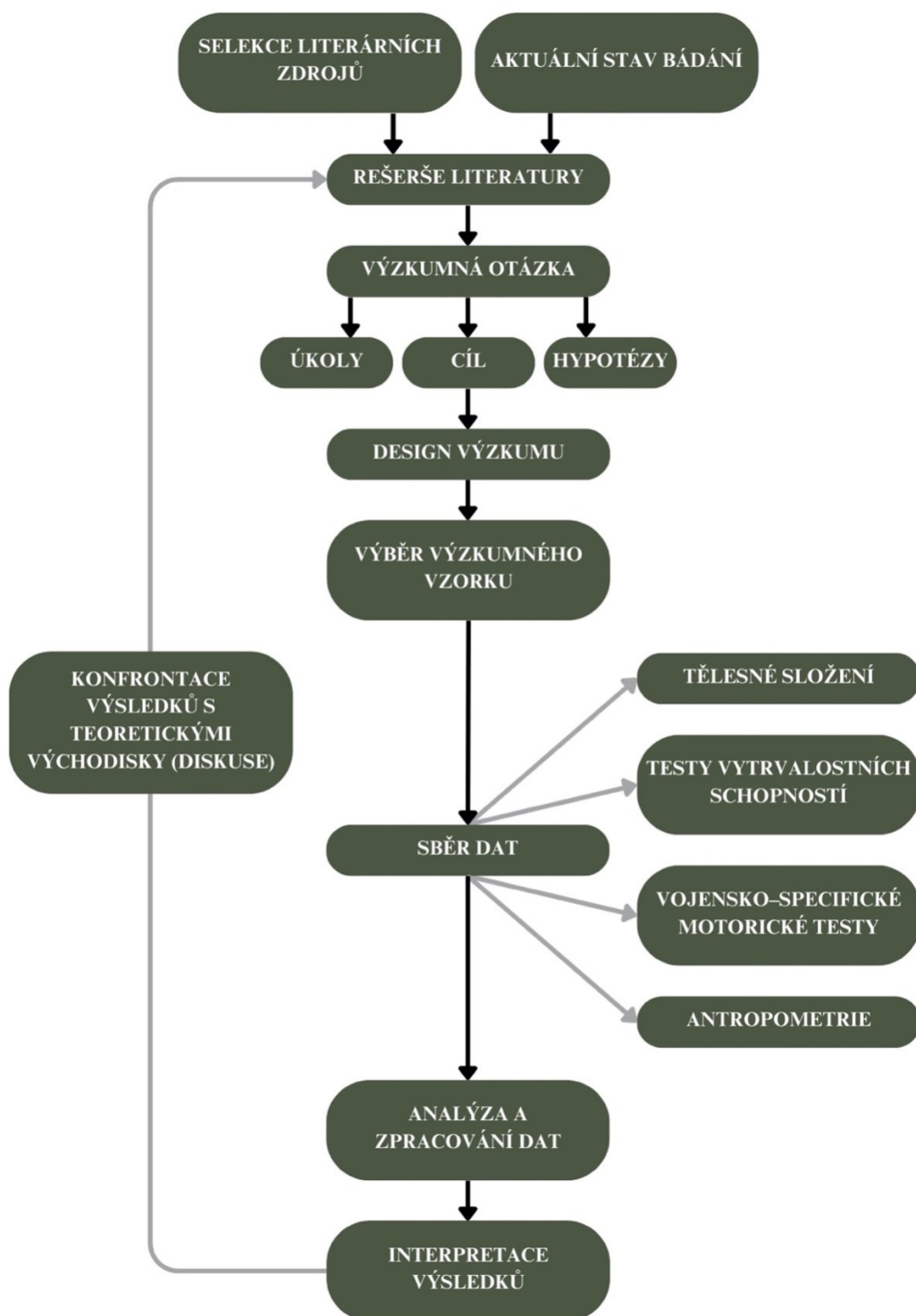
Práce byla schválena Etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy pod jednacím číslem 207/2023 dne 15. 11. 2023 (Příloha 1). Součástí žádosti je informovaný souhlas (Příloha 2). Související data a výstupy pro všechny provedené analýzy jsou k dispozici v úložišti Figshare. Pod odkazem níže lze otevřít, soubor PDF s výstupy statistického programu Jamovi, ve kterém byly vytvářeny statistické modely. Dále soubor JASP, obsahující výpočty Cookovy distance, soubor Microsoft Excel se z-scores probandů a dva soubory Microsoft Word, ve kterých je možné nahlédnout do kódů pro R editor, vytvořených pro výpočet předpokladů zobecněného lineárního modelu a pro výpočet heteroskedasticity lineárních regresních modelů. V poslední řadě zde byl vložen i Microsoft Excel s celým datasetem a soubor PDF se souhlasem etické komise. Pro tvorbu grafik a veškerých obrázků byl použit grafický nástroj pro tvorbu designů Canva (Canva, 2024).

URL: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.26131117.v2>;

DOI: 10.6084/m9.figshare.26131117.

4.1 Design výzkumu

Tato práce je empiricko–teoretického charakteru a je součástí výzkumu sdružující více závěrečných prací. Vzhledem k tomuto faktu zde budou konkrétně popsány pouze testy týkající se vytrvalostních schopností, vojensko–specifických předpokladů a tělesného složení. Průběh výzkumu je patrný z Obrázku 11.



Obrázek 10 Průběh výzkumu (zdroj: autor)

4.1.1 Výzkumný soubor

Vzorek výzkumu tvořilo 31 dobrovolných účastníků – mužů (22.5 ± 2.9 let, 181 ± 7.1 cm, 82 ± 10.4 kg, všechna měření jsou uvedena jako průměr \pm SD), s platnou lékařskou prohlídkou bez zdravotního omezení. 24 z těchto dobrovolníků byli studenti Vojenského oboru při FTVS UK a zbylých 7 byli zdraví, mladí muži. Všichni participanti

měli zkušenost se silovým tréninkem delší než 1 rok, což bylo zjišťováno dotazováním. Vzorek byl sestaven pomocí záměrného výběru, rozšířeného o dobrovolný nenáhodný výběr splňující inkluzivní kritéria (Obrázek 10), z důvodu zvýšení reprezentativnosti a statistické síly výzkumu. Participantů byli nejprve rekrutováni z řad studentů Vojenského oboru při FTVS UK a poté bylo přistoupeno k rozšíření výzkumu mezi další potenciální zájemce. Pro propagaci výzkumu byla využita reklama na sociálních sítích a plakáty rozmístěné v areálu FTVS UK (Příloha 7). Participantů se mohli do výzkumu přihlásit během období 14 dnů (od 1. do 14.11.2023) prostřednictvím e-mailu nebo sociálních sítí výzkumníků. Účastníci byli také seznámeni s designem studie a případnými riziky, plynoucími z jejich participace. Zároveň jim byl poskytnut k podpisu informovaný souhlas schválený Etickou komisí FTVS UK (Příloha 2).



Obrázek 11 Kritéria výběru výzkumného vzorku (zdroj: autor)

4.1.2 Harmonogram výzkumu

Participantů absolvovali během dvou týdnů sérii čtyř měření v areálu FTVS UK, kdy jednotlivá měření byla v rozestupu minimálně 48 hodin. Účastníci byli požádáni, aby vždy 24 h před měřením nevykonávali aktivitu s maximálním úsilím. Grafické znázornění průběhu výzkumu lze sledovat na Obrázku 12.

U každého z níže zmíněných testů byl přítomný jeden kvalifikovaný, poučený pracovník a zároveň u každé návštěvy byli přítomni autoři tohoto výzkumu kvůli organizaci a celkovému dohledu nad průběhem výzkumu. Výsledky testů byly

zaznamenávají do záznamových archů (Příloha 5) a poté přepsány do výpočetního programu Microsoft Excel 2016, kde bylo s daty dále nakládáno.

- *1. návštěva*

Během úvodní návštěvy probandé podstoupili analýzu tělesné kompozice metodou DEXA a laboratorní měření $VO_2\max$ na běžeckém trenažeru. Měření probíhalo ve dvou dnech od ranních do odpoledních hodin v laboratorních podmínkách zátěžové laboratoře FTVS UK, teplota zde byla 22–23 °C. Probandům byla po celou dobu testu $VO_2\max$ měřena tepová frekvence prostřednictvím hrudního snímače Polar H10 a po jeho ukončení byli dotazováni na patnáctibodovou Borgovu škálu vnímaného úsilí. Probandé na sobě měli sportovní oblečení a obuv.

- *2. návštěva*

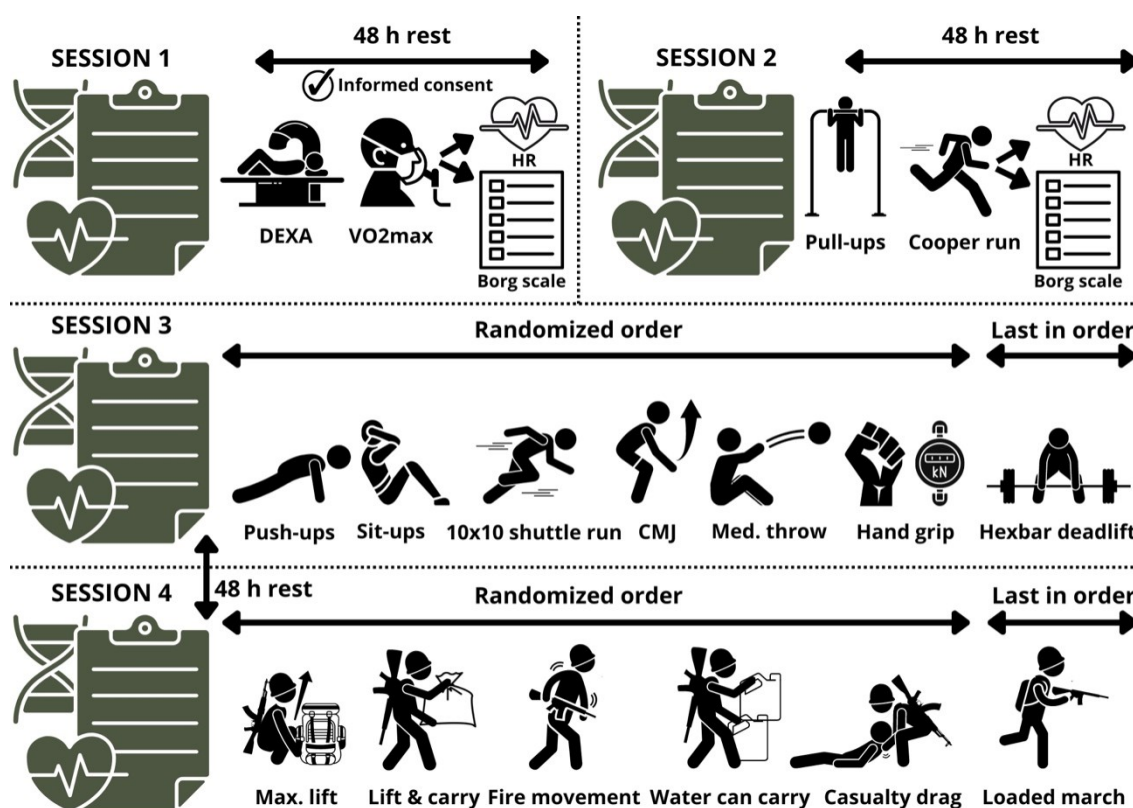
Druhá návštěva obsahovala test maximálního počtu shybů a Cooperův běh. Měření probíhalo v terénních podmínkách od ranních do odpoledních hodin na atletickém ovále FTVS UK, teplota zde byla 9–11 °C, zataženo až polojasno. Intenzita výkonu byla měřena pomocí hrudního snímače srdečního tepu FlexiGuard 1.0.2. a pro posouzení subjektivní intenzity výkonu byli účastníci dotazováni na patnáctibodovou Borgovu škálu vnímaného úsilí. Probandé byli instruováni, aby byli oděni ve sportovním oblečení a obuvi individuálně vzhledem k počasí a ke svému komfortu.

- *3. návštěva*

Během této návštěvy byli účastníci podrobeni testům různých motorických schopností: a) kliky (maximální počet opakování za 30 s), b) leh–sedy (maximální počet opakování za 60 s), c) maximální vertikální výskok (CMJ), d) odhod medicinbalu v sedě trčením vpřed s oporou v zádech, e) mrtvý tah (maximální zvednutá hmotnost na jedno opakování na hexbar ose), f) člunkový běh 10 × 10 metrů, g) síla stisku ruky. Testování probíhalo v laboratorních podmínkách posilovny FTVS UK ve dvou dnech od ranních do odpoledních hodin, teplota zde byla 20–21 °C. Pořadí testů bylo randomizováno pomocí výpočetního programu (random.org, 2024) krom mrtvého tahu, který vždy následoval jako poslední z důvodu možné potenciace testu síly stisku ruky a také kvůli logistickým důvodům. Probandé na sobě měli sportovní oblečení a obuv.

- 4. návštěva

Poslední návštěva obsahovala specifické vojenské testy, které proběhly na rozdíl od předchozích testů ve služební, vojenské ústroji vzor 95, balistické helmě (1.3 kg), vestě (6 kg) a maketě dlouhé zbraně (3.1 kg): a) pěší přesun se zátěží, b) tažení figuríny, c) běh pod palbou, d) přesouvání pytle s pískem, e) maximální zdvih zátěže, f) přenášení kanystrů. Pro posouzení subjektivní intenzity výkonu byli účastníci dotazováni na desetibodovou Borgovu škálu vnímaného úsilí (CR–10). Měření proběhlo ve dvou dnech od ranních do odpoledních hodin v laboratorních podmínkách posilovny FTVS UK s výjimkou přesunu se zátěží, který byl situován na atletickém oválu FTVS UK v terénních podmínkách. Teplota v posilovně byla 21–22 °C, teplota na atletickém ovále se pohybovala od 8 do 10 °C, bylo jasno až polojasno. Pořadí testů bylo randomizováno pomocí výpočetního programu (random.org, 2024) kromě přesunu se zátěží, který vždy následoval jako poslední z důvodu jeho náročnosti a také z logistických důvodů. Pauzy mezi jednotlivými testy byly dlouhé 5 minut.



Obrázek 12 Grafické znázornění průběhu výzkumu (zdroj: autor)

Session = návštěva; rest = odpočinek; Borg scale = Borgova škála; Pull-ups = shyby; Cooper run = Cooperův běh; HR = tepová frekvence; Push-ups = kliky; Sit-ups = sed-lehy; 10 × 10 shuttle run = 10 × 10 člunkový běh; CMJ = vertikální výskok; Med. throw = odhod medicinbalu; Hand grip = síla

stisku ruky; Hexbar deadlift = mrtvý tah s hexbar osou; Max. lift = maximální zdvih zátěže; Lift a carry = přesouvání pytle s pískem; Fire movement = běh pod palbou; Water can carry = přenášení kanystrů s vodou; Casualty drag = tažení figuríny; Loaded march = pěší přesun se zátěží; DEXA = dvojitá rentgenová absorpciometrie; VO₂max = test VO₂max; Randomized order = náhodný výběr pořadí; Last in order = poslední v pořadí; Informed consent = informovaný souhlas.

4.1.3 Borgova škála

Pro sledování subjektivní míry vnímaného úsilí byla, na základě informací uvedených v kapitole 2.16 *Borgova škála*, vybrána Borgova škála vnímaného úsilí.

- *Patnáctibodová Borgova škála*

Tato škála byla zvolena pro test VO₂max a Cooperův běh z důvodu její prokázané souvislosti s tepovou frekvencí viz. kapitola 2.16 *Borgova škála*. V praxi byli probandé instruováni, aby si z této stupnice vybrali číslo a ohodnotili svou celkovou námahu po dokončení pohybového úkolu, kdy princip a způsob hodnocení jim byl předem vysvětlen. Hodnocení „6“ se považuje za žádnou námahu, tj. odpočinek, a hodnocení „20“ představuje maximální námahu, tj. nejvíce zátěžové prováděné cvičení. (Borg, 1970) Stupnice je uvedena v Příloze 3.

- *CR–10 Borgova škála*

Tato stupnice byla vybrána pro testy: člunkový běh 10 × 10 m a všechny testy vojensko–specifických předpokladů. Po dokončení každé pracovní sestavy byli účastníci požádáni, aby ohodnotili svou úroveň vnímané námahy výběrem čísla ze stupnice. Na této stupnici představuje hodnocení „0“ žádnou námahu, tj. odpočinek, a hodnocení „10“ maximální námahu, tj. nejvíce zátěžové provedené cvičení. (Borg, 1998; Morishita a kol., 2018). Stupnice je uvedena v Příloze 4.

4.1.4 Testování vytrvalostních schopností

- *Cooperův běh*

Tento výkonový test byl zvolen vzhledem k jeho jednoduchosti, vysoké vypovídající hodnotě, jak je popsáno v kapitole 2.12.2 *Terénní měření základní vytrvalosti*, a také protože je součástí výročního přezkoušení v AČR (NV MO č. 12, 2011). Cílem tohoto testu je uběhnouti co nejdělsí vzdálenosti za 12 minut.

Test proběhl na 400m atletické dráze na polyuretanovém povrchu. Probandé absolvovali patnáctiminutové individuální rozcvičení v podobě běhu nízké intenzity,

kloubní preaktivace a dynamického protažení. Na povel „PŘIPRAVIT“ účastníci zaujali startovní postavení a na povel „VPŘED!“ vyrazili. Jednu minutu před ukončením testu byli účastníci hvízdnutím na píšťalku upozorněni, že zbývá jedna minuta do konce. Test byl ukončen na povel „KONEC“. Výsledek testu se měřil na přesnost 10 m. Standardizace testu byla zpracována podle NV MO č.12 (2011).

- *Test VO₂max*

Test VO₂max je důležitou součástí této testové baterie z důvodu jeho vysoké schopnosti predikovat úroveň vytrvalostních schopností prostřednictvím stanovení hodnoty VO₂max viz. kapitola 2.13.3 *Testování vytrvalosti v zahraničních armádách*.

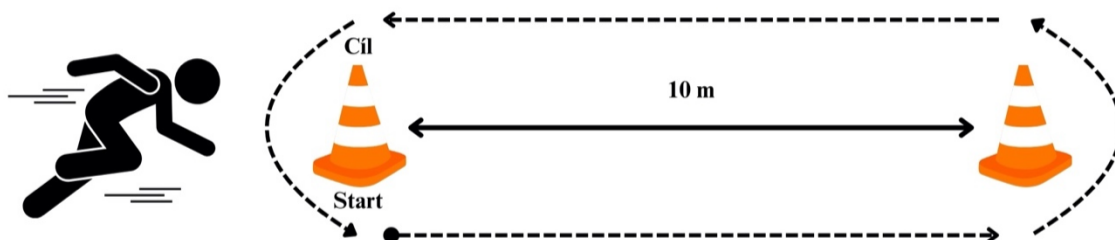
Testování spiroergometrie VO₂max bylo provedeno prostřednictvím zařízení Metalyzer 3B (Cortex Biophysik GmbH, Německo) na běžeckém pásu značky Cosmed. Test byl prováděn s použitím masky, která umožňovala neustálé monitorování poměru oxidu uhličitého (CO₂) a kyslíku (O₂) během celého testu a hrudního snímače srdeční frekvence Polar H10. Před zahájením hlavní části testu byla provedena antropometrická měření, následovaná spirometrií k zjištění klidové plicní ventilace. Během spirometrie byly sledovány dva klíčové parametry: vitální kapacita plic (FVC) a vteřinový výdej (FEV1). Hlavní část testu začala čtyř až šesti minutovým zahřátím, při kterém si účastníci volili intenzitu v rozmezí 8 až 10 km/h s nulovým sklonem běžeckého pásu. Po zahřátí následoval test do vyčerpání s využitím protokolu zvyšování zátěže, kde se rychlost zvyšovala o 0.5 km/h každých 30 sekund při stálém sklonu 5 %. Počáteční rychlost byla nastavena dle odborného posouzení dohlížejícího v závislosti na výkonnosti běžce a průběhu zahřátí tak, aby test trval ideálně 5–7 minut. Test byl ukončen, když testovaná osoba nebyla schopna pokračovat, rozhodla se test ukončit, nebo když osoba zodpovědná za dohled nad testem usoudila, že není bezpečné v testu dále pokračovat (např. z důvodu špatné koordinace nebo výrazné hyperventilace). Hodnota VO₂max (ml/kg/min) byla stanovena pomocí systému plynové analýzy Metalyzer 3B a byla zaznamenána jako nejvyšší průměrná hodnota pozorovaná po dobu 30 s. (Buchfuhrer a kol., 1983; McConnel, 1988; Heller a Vodička, 2018)

- *Člunkový běh 10 × 10 metrů*

Tato varianta člunkového běhu byla do této testové baterie zahrnuta, protože je součástí možných testů profesního přezkoušení AČR (NV MO č. 12, 2011). Zároveň je používána například polskou armádou a německá armáda používá velice podobnou

variantu – člunkový běh 11 × 10 metrů. (Rohde a kol., 2015; Wojsko Polskie, 2024) V tomto výzkumu představuje způsob testování anaerobní kapacity viz. kapitola 2.12.2 *Terénní měření základní vytrvalosti*. Standardizace testu byla zpracována podle NV MO č.12 (2011). Účastníci před tímto testem absolvovali rozcvičení (viz. 4.2.4. *Testování vojensko–specifických předpokladů*).

Na povel „PŘIPRAVIT“ účastníci zaujali startovní postavení a na povel „VPŘED!“ probíhali vzdálenost 10 metrů, kde se otáčeli kolem kužele o 180 stupňů a běželi zpět ke startovnímu kuželu, kde se znovu otáčeli a pokračovali do té doby, dokud nedosáhli vzdálenosti 100 metrů (10 délek). Čas byl měřen ručním měřením pomocí stopek a vyhodnocován s přesností na setiny sekundy. Test probíhal na polyuretanovém povrchu. Grafické znázornění člunkového běhu lze sledovat na Obrázku 13.



Obrázek 13 Grafické zobrazení člunkového běhu 10 × 10 m (zdroj: autor)

4.1.5 Testování vojensko–specifických předpokladů

Cílem těchto testů bylo otestovat specifické vojenské předpoklady účastníků prostřednictvím činností, které se mohou během operačního nasazení běžně vyskytovat. Výčet těchto pohybových úkolů je možné sledovat v úvodu práce v kapitole 2.1 *Operační prostředí* např. dle Szivaka a kol. (2015) nebo Nindla a kol. (2018).

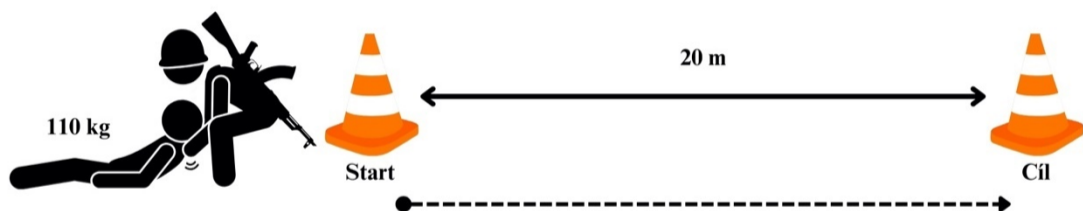
Všechny níže uvedené testy byly vybrány a standardizovány podle Britského vojenského přezkoušení RFT (Physical Employment Standards, 2020) a studie, kterou provedl Sterczala a kol. (2023). Odchytky v jednotlivých vzdálenostech, vybavení či jiných aspektech testů byly způsobeny logistickými možnostmi této studie. Všechny testy začínali na povel „PŘIPRAVIT“, kdy účastníci zaujali startovní postavení, a na povel „VPŘED!“ započal samotný test, který byl většinou ukončen úspěšným vykonáním daného úkolu, pouze v případě testu přenášení kanystrů byl ukončen povel „KONEC“. Před touto testovou baterií probandé absolvovali rozcvičení, které je popsáno níže.

- *Rozcvičení*

Na kontrolované rozcvičení dohlížel z důvodu správného provedení vždy jeden z výzkumníků. Rozcvičení bylo volně inspirováno Hermanem a Smithem (2008), Gharbim a kol. (2015) a Pearcem a kol. (2012). Probandé nejdříve absolvovali tříminutové zahřátí v podobě několika lokomočních cvičení (4 × 40 m klus vpřed, 2 × 40 m cval stranou, 2 × 40 m klus pozadu, 2 × 40 m klus vpřed) v prostorách posilovny UK FTVS na polyuretanovém povrchu. Dále následovala série cviků: 8 × „bend and reach“, 10 × „windmill“, 10 × rotace v kyčli, 8 × „rower“, 8 × „prone row“, 10 × výpady, 5 m „crab crawl“, 5 × dřep s výskokem, 5 × dynamický klik, 5 × angličák. Na závěr rozcvičení účastníci absolvovali 15 m skipink a 2 × 15 m člunkový sprint.

- *Tažení figuríny*

Účastníci měli za úkol táhnout figurínu o hmotnosti 110 kg co nejrychleji 20 m směrem dozadu (Obrázek 14) po polyuretanovém povrchu (tartan). Výkon byl vyhodnocován ručním měřením s přesností na setiny sekundy. Figurína byla z pevného, plastového materiálu, oděna do vojenské, služební ústroje vzor 95, balistické helmy, vesty a makety dlouhé zbraně. Aby bylo dosaženo hmotnosti 110 kg, byly do vojenského batohu vzor 95 na záda uloženy olympijské kotouče o celkové hmotnosti 70 kg. Maketa útočné pušky zde byla upevněna popruhem na zádech.

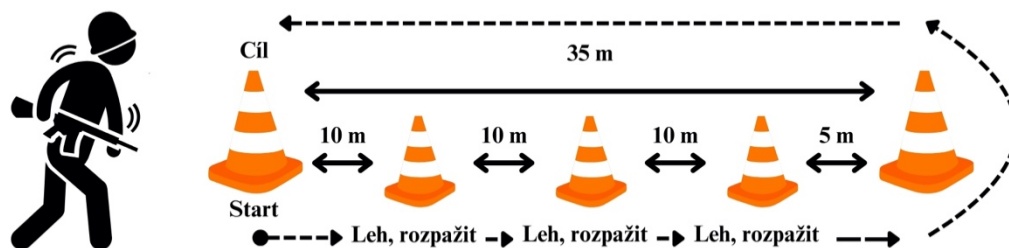


Obrázek 14 Grafické zobrazení tažení figuríny (zdroj: autor)

- *Běh pod palbou*

Při plnění tohoto testu museli probandí absolvovat dva člunkové sprinty (1 člunkový sprint = 35 m) na polyuretanovém povrchu s celkovou vzdáleností 70 m. Během prvního člunkového sprintu probandí museli 3 × lehnout a upažit, vždy po 10 m, tedy 3 × během prvních 30 metrů (místo bylo vždy označeno kuželem). Po dokončení prvního člunkového sprintu se otočili kolem kužele o 180 stupňů a sprintovali zpět na začátek. Výkon byl vyhodnocován ručním měřením s přesností na setiny sekundy.

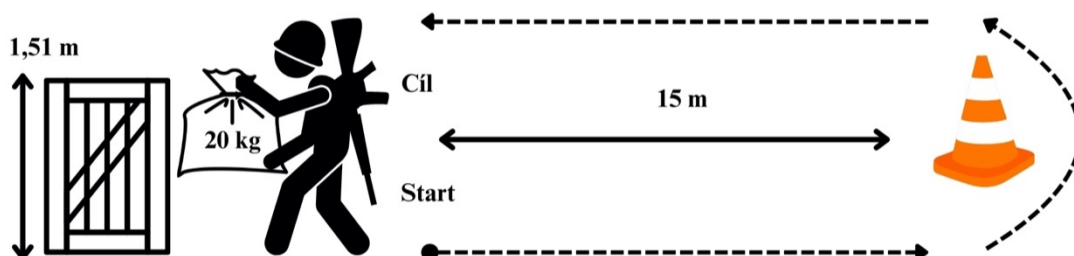
Maketa útočné pušky zde byla držena buď v jedné nebo obou rukách. Pro větší přehlednost byl vypracován Obrázek 15.



Obrázek 15 Grafické zobrazení člunkového běhu pod palbou (zdroj: autor)

- *Přesouvání pytle s pískem*

Účastníci během tohoto testu zvedli z podlahy 20kg pytle s pískem, přenesli jej kolem 15 m vzdáleného kužele, vrátili se na start, položili pytel s pískem na 1.51 m vysokou plošinu (švédská bedna podložená žíněnkami) – odpovídá výšce korby nákladního auta tatra používané v AČR, vrátili pytel s pískem na podlahu a absolvovali 30 m běhu (2×15 m) kolem kužele bez zátěže (Obrázek 16). Takto absolvovali 20 sérií koleček se zátěží a bez zátěže, tedy celkem 600 m. Test proběhl na drceném gumovém granulátu, běžném povrchu v posilovnách. Výkon byl vyhodnocován ručním měřením s přesností na sekundy. Maketa útočné pušky zde byla upevněna popruhem na zádech.



Obrázek 16 Grafické zobrazení přesouvání pytle s pískem (zdroj: autor)

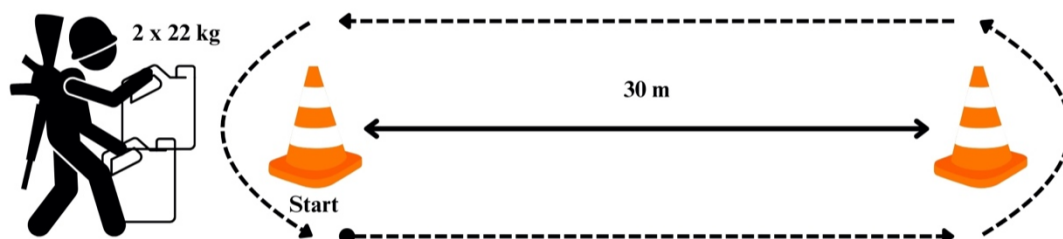
- *Maximální zdvih zátěže*

Účastníci zvedali 60l vojenský batoh, naplněný pytli s pískem, z podlahy na plošinu ve výšce 1.51 m (plyometrické bedny podložené žíněnkami). Hmotnost batohu začínala na 20 kg a s každým úspěšným zvednutím se zvyšovala o 5–20 kg podle probandova uvážení. Zvedání pokračovalo s dvouminutovým odpočinkem mezi jednotlivými zdvihy až do okamžiku, kdy účastník dosáhl maximální zvednuté zátěže. Účastníci mohli využít jakýkoli způsob zvednutí vykonaný pouze vlastní silou (svépomocí), nemohli však batoh opírat o plošinu. Při neúspěšném zvednutí byl povolen

jeden opravný pokus. Pokud bylo okamžité zvýšení zátěže vyšší než 5 kg, bylo možné po selhání zátěž ubrat, aby byla nalezena maximální zvednutá hmotnost. Test proběhl na drceném gumovém granulátu, běžném povrchu v posilovnách. Zaznamenávala se maximální úspěšně zvednutá hmotnost s přesností na 5 kg. Maketa útočné pušky zde byla upevněna popruhem na zádech.

- *Přenášení kanystrů s vodou*

Probandi v tomto testu přenášeli dva 22kg kanystry naplněné vodou po dobu 2 minut kolem dvou kuželů vzdálených 30 m (Obrázek 17). Účastníci mohli kanystry s vodou pokládat podle potřeby k dokončení úkolu. Test probíhal na polyuretanovém povrchu. Zaznamenávala se uběhnutá vzdálenost s přesností na 1 m. Maketa útočné pušky zde byla upevněna popruhem na zádech.



Obrázek 17 Grafické znázornění přenášení kanystrů (zdroj: autor)

- *Pěší přesun se zátěží*

Po desetiminutovém odpočinku, který zabrala příprava tohoto testu absolvovali účastníci co nejrychleji dvoukilometrový přesun se zátěží na 400m atletickém ovále s polyuretanovým povrchem, přičemž nesli 25kg vybavení (balistickou vestu, helmu, maketu útočné pušky a naložený batoh). 40l batoh (2 kg) byl vyplněn letním spacákem (1.5 kg), 10kg olympijským kotoučem a čtyřmi 0.275kg pytlíky s pískem. Výkon byl vyhodnocován ručním měřením s přesností na sekundy. Maketa útočné pušky zde byla nesena libovolným způsobem v rukách.

4.1.6 Testování tělesného složení

- *Dvojitá rentgenová absorpciometrie (DEXA)*

Měření metodou DEXA bylo zvoleno díky jeho vysoké vypovídající hodnotě pro měření tělesného složení. Pro testování bylo využito zařízení DEX – Hologic „typ A“. Tento test vykonával odborný pracovník FTVS UK a nebyl pro něj zvolen žádný konkrétní protokol. Probandi přicházeli na měření vzhledem k jejich časovým

možnostem bez omezení jídla, pití, pohybové aktivity atd. Toto bylo ustanoveno vzhledem k faktu, že hned po měření tělesného složení probandi podstupovali test VO₂max, kdy se přiblížili stavu selhání. Měření podstupovali pouze ve spodním prádle bez jakýchkoli kovových předmětů.

4.1.7 Technické vybavení a další příslušenství

- *Hrudní pás Flexi*

Snímač srdečního tepu FlexiGuard 1.0.2. disponuje snímáním tepové frekvence s rozlišením na 1 ms, údaj je odvozený z EKG křivky s interní vzorkovací frekvencí 1 kHz a rozlišením AD převodníku 24 bitů, použitý senzor ADS 1292. Více viz. Příloha 6.

- *Figurína pro test tažení figuríny*

Jednalo se o figurínu z tvrzeného plastu naplněnou vodou (Obrázek 18). Byla oblečena do služebního oděvu vzor 95, balistické helmy, vesty a na zádech měla vojenský batoh vzor 95 o objemu 65 l, ve kterém se nacházely olympijské kotouče. Celková hmotnost figuríny byla 110 kg.



Obrázek 18 Figurína pro test tažení figuríny (zdroj: autor)

- *Služební oděv vzor 95, balistická helma, balistická vesta, maketa útočné pušky*

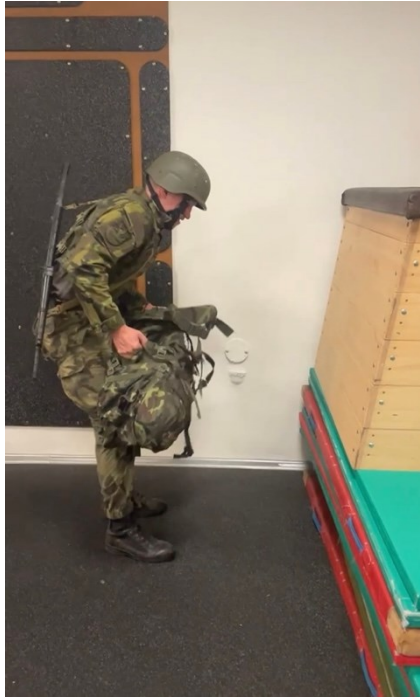
Služební oděv se skládal s taktické košile UBACS vzor 95, služebních, letních kalhot vzor 95 a polních, letních kanad vzor 2011. Voják byl dále oděn do balistické helmy s hmotností 1.3 kg, balistické vesty (nosiče plátů) o hmotnosti 6 kg a makety útočné pušky s hmotností 3.1 kg (Obrázek 19).



Obrázek 19 Oděv a balistická výstroj probandů (zdroj: autor)

- *Batoh a platforma pro maximální zdvih zátěže*

Vojenský batoh vzor 95 disponoval popruhy pro nošení na zádech, bederním a prsním popruhem a objemem 65 l. Naplněn byl zátěžovými pytli s hmotností od 5 do 20 kg, které byly přidávány a odebírány podle cílové hmotnosti. Platforma (150 cm) se skládala z několika žíněnek a švédské bedny (Obrázek 20).



Obrázek 20 Batoh a platforma pro maximální zdvih zátěže (zdroj: autor)

- *Batoh pro pěší přesun se zátěží*

Jednalo se o služební batoh Deuter ve vojenském provedení (Obrázek 21) o objemu 40 l s bederním a prsním popruhem. Batoh byl naplněn vojenským, letním spacákem, 10 kg kotoučem a dalším závažím pro dosažení cílové hmotnosti.



Obrázek 21 Batoh pro pěší přesun se zátěží (zdroj: autor)

- *Zátěžový pytel a platforma pro přesouvání pytle s pískem*

Zátěžový pytel disponoval hmotností 20 kg. Platforma s výškou 151 cm se skládala z jedné žíněnky a 4 různě vysokých plyometrických boxů (Obrázek 22).



Obrázek 22 Zátěžový pytel a platforma pro přesouvání pytle s pískem (zdroj: autor)

- *Kanystry pro test přenášení kanystrů*

Kanystry jsou vyrobeny z tvrzeného plastu s objemem 22 l, tudíž po jejich naplnění vodou disponovaly hmotností 22 kg (Obrázek 23).



Obrázek 23 Kanystry pro test přenášení kanystrů (zdroj: autor)

4.2 Zpracování dat

V této části metodiky práce budou předloženy veškeré údaje o statistických metodách, kterých bylo pro práci se získanými daty využito.

Zaznamenaná data prošla procesem čištění, který zahrnoval odstranění neúplných, chybně zadaných nebo nepřesných záznamů. V dalším kroku byla prověřena konzistence a integrita datového souboru, identifikace a odstranění duplicitních záznamů. Zmíněné kroky byly realizovány v programu Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016). Tato data byla dále rozdělena na závisle a nezávisle proměnné. Pro následnou analýzu byla zvolena mnohonásobná lineární regrese pro parametrické rozložení modelu a pro neparametrické rozložení modelu byl využit zobecněný lineární model (Galluci, 2019).

Pro tvorbu modelů a většinu dalších statistických analýz byl použit výpočetní program Jamovi verze 2.5.4.0. (The jamovi project, 2024). Nejprve byla provedena základní deskriptivní statistika obsahující velikost testovaného vzorku, průměr se směrodatnou odchylkou, medián, minimum a maximum. Dále bylo vytvořeno celkem 6 modelů. Při jejich vytváření byly vždy srovnávány výsledky Cooperova běhu, testu $VO_2\max$, člunkového běhu 10×10 m, tělesné hmotnosti a procent tukové hmoty bez oblasti hlavy, které byly dosazovány jako nezávisle proměnné, s každým z vojensko–specifických testů, které byly dosazovány jako závisle proměnné. Pro každý test z baterie testování vojensko–specifických předpokladů (tažení figuríny, běh pod palbou, přesouvání pytle s pískem, maximální zdvih zátěže, přenášení kanystrů s vodou, pěší přesun se zátěží) byl tedy vytvořen jeden model. Prostřednictvím lineární analýzy byla zjišťována statistická významnost ($p < 0.05$) každé výše uvedené nezávisle proměnné pro daný vojensko–specifický test. Statistická významnost byla hodnocena také u celých modelů pomocí F–testu se stejnou hladinou statistické významnosti. U nezávisle proměnných byl také sledován konfidenční interval, u kterého se hledělo na jeho šíři (Mount a Zumel, 2019).

Po vytvoření byly modely podrobeny diagnostice pro ověření splnění základních předpokladů. Přítomnost multikolinearity byla vylučována prostřednictvím výpočtu VIF (Variance inflation factor). Za nežádoucí výsledek byla považována hodnota vyšší než 5 (Akinwande a kol., 2015). Dále byla identifikována přítomnost odlehlých hodnot, čehož bylo dosaženo využitím výpočetního programu JASP (JASP team, 2023) pomocí Cookovy vzdálenosti. Za alarmující byly považovány průměrné hodnoty Cookovy

vzdálenosti $> \frac{1}{n-k}$ (kde n je počet pozorování a k je počet prediktorů) (Inchausti, 2022). Pro ověření normality rozložení vytvořených modelů byl využit Shapiro–Wilk test. Za neparametrické rozložení residuí byla považována hodnota $p < 0.05$ (Vetter, 2017). Pro ověření nezávislosti residuí byl využit Durbin–Watson test, kdy pro indikaci autokorelace byly stanoveny hodnoty blížíící se 0 nebo 4 s prahovou hodnotou statistické významnosti 5 % (Chen, 2016). Homoskedasticita byla posuzována vizuálně v závislosti na rozložení residuí v rozptylovém grafu pro každou závisle a nezávisle proměnnou. Pokud byl rozptyl bodů v každém grafu relativně konstantní, nebylo zde vysoké riziko heteroskedasticity. Naopak, pokud se rozptyl bodů výrazně měnil s hodnotami nezávisle proměnné, mohlo to naznačovat přítomnost heteroskedasticity. Tyto rozptylové grafy jsou součástí přiloženého odkazu Figshare. Pokud z posouzení grafů vyplývalo riziko přítomnosti heteroskedasticity, byl tento lineární regresní model dále podroben testu NCVST (Non–Constant Variance Score Test), kdy za hladinu pro potvrzení nulté hypotézy o přítomnosti homoskedasticity byla považována hodnota $p > 0.05$. (Field a Miles, 2000). Pro zobecněný lineární model byl vybrán White test s užitím stejné hladiny statistické významnosti (Kleinbaum a kol., 2007). Tyto testy byly vytvořeny pomocí statistického programovacího jazyka R verze 4.3.3 (R Core Team, 2023), prostřednictvím vývojového prostředí RStudio IDE verze 2023.06.0.421 (RStudio Team, 2022), s využitím balíčku „car“, ve spolupráci s PhDr. Romanem Malířem, jelikož výpočetní program Jamovi ani JASP tuto funkci nenabízí (Fox a kol., 2023).

Predikční vlastnosti lineárních regresních modelů byly posouvány podle hodnot upraveného vícenásobného (multiple) R^2 a u zobecněných lineárních modelů bylo použito upravené Cox a Snell R^2 (Kleinbaum a kol., 2007).

Pro zjištění vztahů mezi výpočtem hodnoty VO_{2max} z Cooperova běhu $((22.351 \times \text{vzdálenost v kilometrech}) - 11.288)$ a laboratorně změřenou hodnotou VO_{2max} byl v případě parametrického rozložení residuí využit Pearsonův korelační koeficient, v případě neparametrického rozložení Spearmanův korelační koeficient. Normalita rozložení byla vyhodnocena prostřednictvím Shapiro–Wilk testu. Pro porovnání intenzit zatížení byly zpracovány průměrné hodnoty všech probandů z obou testů pro Borgovu škálu vnímaného úsilí a maximální dosaženou hodnotu srdečního tepu.

Pro výzkumnou populaci byly v programu Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016) zpracovány z-skóry, které jsou součástí přiloženého odkazu Figshare.

5 Výsledky

Tato část diplomové práce si klade za cíl představení dat a dosažených výsledků. Zmíněná data budou níže v jednotlivých podkapitolách rozpracována do tabulek, obrázků a grafů, náležitě popsána a okomentována.

5.1 Výzkumný soubor

Níže v Tabulce 2 jsou vyobrazeny výsledky a popisné údaje výzkumného vzorku, kde můžeme najít věk probandů, tělesnou výšku, tělesnou hmotnost, procento tělesného tuku bez oblasti hlavy (TTBH) a hmotnost svalové hmoty bez oblasti hlavy (SHBH). V druhé části tabulky pak lze nalézt další deskriptivní údaje.

Tabulka 2 Přehled výsledků výzkumného souboru

| Proband | Věk | Výška (cm) | Hmotnost (kg) | TTBH (%) | SHBH (kg) |
|----------------|------------|-------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 20 | 182.5 | 76.7 | 17.8 | 59.6 |
| 2 | 21 | 187 | 84.3 | 21.2 | 62.8 |
| 3 | 21 | 172 | 74.4 | 17.6 | 57.5 |
| 4 | 20 | 184 | 82.3 | 18.3 | 63.5 |
| 5 | 23 | 178 | 82 | 18.1 | 63.4 |
| 6 | 24 | 192 | 81 | 17.8 | 63.7 |
| 7 | 24 | 181 | 73.3 | 18.2 | 56.8 |
| 8 | 23 | 170.5 | 74.8 | 18.8 | 56.8 |
| 9 | 19 | 180.5 | 64.3 | 19.9 | 48.7 |
| 10 | 19 | 175 | 69.2 | 19 | 52.5 |
| 11 | 20 | 182.5 | 86.3 | 19.4 | 66.4 |
| 12 | 19 | 191 | 97.1 | 21.6 | 72.3 |
| 13 | 27 | 179.5 | 61.9 | 17 | 47.9 |
| 14 | 22 | 201 | 87.2 | 19 | 66.8 |
| 15 | 22 | 176 | 75.4 | 16.3 | 59.5 |
| 16 | 22 | 184 | 82.1 | 21.5 | 60.9 |

| Proband | Věk | Výška (cm) | Hmotnost (kg) | TTBH (%) | SHBH (kg) |
|----------------|------------|-------------------|----------------------|-----------------|------------------|
| 17 | 22 | 182.5 | 92.1 | 23.1 | 67.5 |
| 18 | 24 | 176.5 | 68.2 | 15.7 | 54.2 |
| 19 | 23 | 174.5 | 73.9 | 14.3 | 60.1 |
| 20 | 22 | 179.5 | 80.3 | 19.1 | 62 |
| 21 | 22 | 186 | 89.9 | 25.3 | 63.5 |
| 22 | 18 | 177.5 | 69.1 | 18.2 | 52.9 |
| 23 | 25 | 180.5 | 82.6 | 22.9 | 60.3 |
| 24 | 31 | 185 | 99.6 | 20.7 | 75.3 |
| 25 | 23 | 185.5 | 88.2 | 23.4 | 64.3 |
| 26 | 23 | 174.5 | 77.6 | 17.4 | 58.3 |
| 27 | 25 | 193 | 99.5 | 15.4 | 80.1 |
| 28 | 27 | 168.5 | 60.6 | 17.9 | 46.7 |
| 29 | 19 | 185 | 89.5 | 16.2 | 71 |
| 30 | 28 | 187 | 89.5 | 24.2 | 64.5 |
| 31 | 21 | 174 | 74.3 | 16.0 | 57.8 |
| Průměr | 22.5 | 181 | 82 | 19.1 | 61.2 |
| Medián | 22 | 181 | 80.1 | 18.2 | 60.9 |
| SD | 2.9 | 7.1 | 10.4 | 2.7 | 7.61 |
| Min. | 18 | 169 | 60.6 | 14.3 | 46.7 |
| Max. | 31 | 201 | 99.6 | 25.3 | 80.1 |

TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy; SHBH = svalová hmota bez oblasti hlavy; SD = směrodatná odchylka; Min. = minimální hodnota; Max. = maximální hodnota.

5.2 Procedury

Níže v Tabulce 3 jsou vyobrazeny výsledky všech testů využitých v této práci, kde můžeme vidět počet zúčastněných probandů, průměr, medián, směrodatnou odchylku (SD), minimální hodnotu (Min.) a maximální hodnotu (Max.). Další deskriptivní údaje lze najít na přiloženém odkazu Figshare.

Tabulka 3 Přehled výsledků jednotlivých testů

| Test | Počet | Průměr | Medián | SD | Min. | Max. |
|--|-------|--------|--------|-------|------|------|
| Hmotnost (kg) | 31 | 80.2 | 81 | 10.4 | 60.6 | 99.6 |
| SHBH (kg) | 31 | 61.2 | 60.9 | 7.6 | 46.7 | 80.1 |
| TTBH (%) | 31 | 19.1 | 18.2 | 2.7 | 14.3 | 25.3 |
| VO ₂ max (ml/kg/min) | 31 | 57.5 | 57 | 7 | 44 | 76 |
| Predikované VO ₂ max z CB (ml/kg/min) | 30 | 55.8 | 56 | 7.4 | 41 | 79 |
| Cooperův běh (m) | 30 | 3001.3 | 3002.5 | 327.3 | 2350 | 4030 |
| Člunkový běh (s) | 30 | 27.3 | 27.4 | 1 | 25.6 | 29.5 |
| Tažení figuríny (s) | 30 | 27.7 | 25.4 | 12.1 | 11.6 | 68.4 |
| Max. zdvih zátěže (kg) | 30 | 71 | 70 | 10.8 | 50 | 100 |
| Přenášení kanystrů (m) | 29 | 269.1 | 270 | 38 | 175 | 330 |
| PPP (s) | 29 | 275.9 | 266 | 29.8 | 231 | 358 |
| Běh pod palbou (s) | 30 | 21.6 | 21.6 | 1.6 | 18.1 | 24.5 |
| Přesun se zátěží (s) | 29 | 764.8 | 780 | 95.8 | 503 | 910 |

SHBH = svalová hmota bez oblasti hlavy; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy; CB = Cooperův běh; PPP = přesouvání pytle s pískem; Počet = počet zúčastněných probandů; SD = směrodatná odchylka; Min. = minimální hodnota; Max. = maximální hodnota.

5.3 Statistické modely

V této části budou rozebrány a řádně okomentovány statistické modely vytvořené pro tuto práci. Zároveň zde budou prezentovány výsledky diagnostických testů jednotlivých modelů.

5.3.1 Test multikolinearity

V Tabulce 3 lze sledovat výsledky testu multikolinearity, které byly stejné pro všechny statistické modely. Pouze test VO₂max převyšoval hodnotu 5, která byla určena jako nejvyšší přijatelný limit, a proto byla z modelů vyřazena.

Tabulka 4 Test multikolinearity

| Test | VIF | Tolerance |
|---------------------------------|------|-----------|
| Člunkový běh (s) | 1.37 | 0.728 |
| Cooperův běh (m) | 4.85 | 0.206 |
| TTBH (%) | 1.82 | 0.549 |
| Hmotnost (kg) | 2.85 | 0.351 |
| VO ₂ max (ml/kg/min) | 8.56 | 0.117 |

VIF = Variance inflation factor; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy.

5.3.2 Model 1 – Maximální zdvih zátěže

V pořadí první model se skládal ze závisle proměnné – maximálního zdvihu zátěže a čtyřech nezávisle proměnných – Cooperova běhu, člunkového běhu, hmotnosti a tukové tkáně bez oblasti hlavy. Prahem Cookovy vzdálenosti pro Model 1 byla hodnota 0.160. Z Tabulky 5 pak lze vyčíst, že proband č. 14 s Cookovou vzdáleností 0.200, proband č. 19 s Cookovou vzdáleností 0.395 a proband č. 25 s Cookovou vzdáleností 0.242 tento práh překročili. Probandi č.14 a č. 25 se nachází relativně nízko nad tímto prahem, takže jejich vliv na model pravděpodobně nebude významný. Proband č. 19 ovšem překračuje maximální hodnotu Cookovy vzdálenosti víc než dvojnásobně, a proto jeho vliv na odhad regresních koeficientů bude pravděpodobně násobně vyšší než vliv ostatních pozorování.

Tabulka 5 Výsledky Cookovy vzdálenosti – maximální zdvih zátěže

| Proband | Cookova vzdálenost |
|---------|--------------------|
| 14 | 0.200 |
| 19 | 0.395 |
| 25 | 0.242 |

Regresní model byl dále podroben Shapiro–Wilk testu normality rozložení, jehož výsledek v Tabulce 6 hodnotou $p = 0.383$ indikuje parametrické rozložení. Z tohoto důvodu byla použita mnohonásobná lineární regrese.

Tabulka 6 Výsledky testu normality – maximální zdvih zátěže

| Statistika | p |
|------------|-------|
| 0.963 | 0.383 |

p = statistická významnost.

V Tabulce 7 lze nalézt výsledky Durbin–Watson testu nezávislosti residuí. Hodnota 2.41 ($p = 0.288$) jasně naznačuje jejich nezávislost. Dále byla vyhodnocena přítomnost heteroskedasticity a jeden ze čtyř rozptylových grafů naznačoval její potenciální přítomnost. Výsledky testu NCVST, kdy $\chi^2 = 0.031$ ($p = 0.861$) potvrzují, že předpoklad homoskedasticity platí.

Tabulka 7 Výsledky testu nezávislosti residuí – maximální zdvih zátěže

| Autokorelace | DW statistika | p |
|--------------|---------------|-------|
| -0.216 | 2.41 | 0.228 |

DW statistika = hodnota Durbin–Watson testu; p = statistická významnost.

Po diagnostice modelu přišlo na řadu zkoumání vlastností modelu. Z výsledku hodnoty R^2 (Tabulka 8) lze usuzovat vysokou explanační schopnost modelu, kdy nezávisle proměnné vysvětlují až 71 % výsledků. Upravené R^2 s hodnotou ne příliš rozdílnou od R^2 naznačuje, že většina prediktorů v tomto modelu je relevantní, navíc se zohledněním počtu prediktorů stále deklaruje vysokou schopnost predikce – 66 %. Model byl statisticky významný ($F = 14.7$, $p < 0.001$).

Tabulka 8 Vlastnosti modelu – maximální zdvih zátěže

| R^2 | Upravené R^2 | F | p |
|-------|----------------|------|--------|
| 0.710 | 0.662 | 14.7 | < .001 |

R^2 = koeficient determinace; p = statistická významnost; F = F–statistika.

Z níže uvedené Tabulky 9 lze vyčíst testy se statistickou významností pro maximální zdvih zátěže. Statistickou významnost vykazuje hmotnost ($p < 0.001$) přičemž dle odhadu z tohoto vzorku by každý 1 kg tělesné hmotnosti navíc měl znamenat zvýšení výkonu v maximálním zdvihu zátěže o 0.9 kg. Další nezávisle proměnnou blížící se hodnotě 0.05 je procento tukové tkáně bez oblasti hlavy. Zde odhad naznačuje opačný trend – s každým procentem tukové tkáně navíc se výkon v maximálním zdvihu zátěže

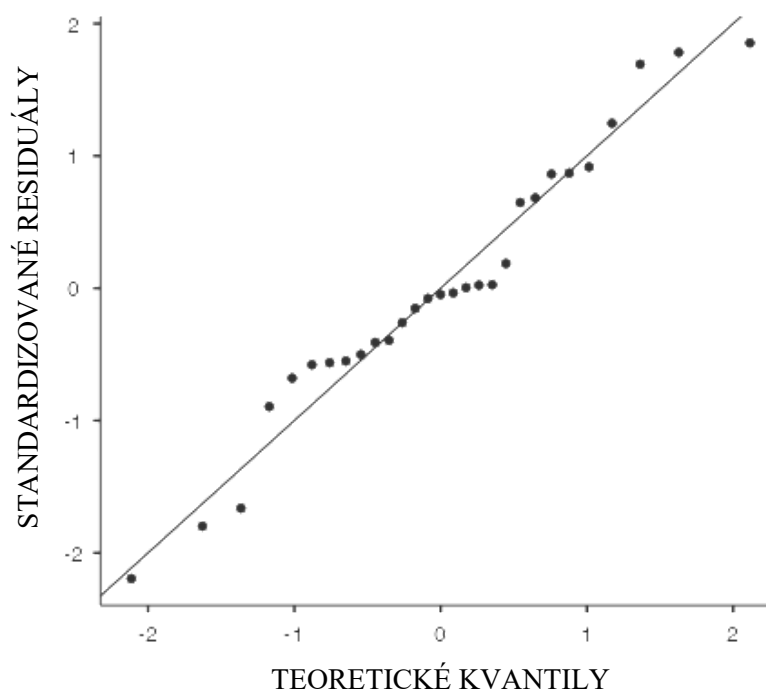
zhorší o 1 kg. Zmíněný odhad však není spolehlivý. Zbylé prediktory nebyly statisticky významné.

Tabulka 9 Výsledky odhadu koeficientů modelu – maximální zdvih zátěže (kg)

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|
| | | | Spodní | Horní | | |
| Intercepce | 93.542 | 44.686 | 1.314 | 185.77 | 2.093 | 0.047 |
| Cooperův běh (m) | -0.003 | 0.004 | -0.011 | 0.006 | -0.597 | 0.556 |
| Člunkový běh (s) | -2.470 | 1.460 | -5.484 | 0.544 | -1.691 | 0.104 |
| Hmotnost (kg) | 0.908 | 0.128 | 0.654 | 1.172 | 7.121 | < .001 |
| TTBH (%) | -1.068 | 0.561 | -2.227 | 0.091 | -1.902 | 0.069 |

SE = standardní chyba; Konf. interval = konfidenční interval; t = parciální t-test; p = statistická významnost; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy.

V Grafu 1 je zobrazeno rozložení všech pozorování regresního modelu. Jednotlivá pozorování jsou rozmístěna pravidelně kolem přímky, přičemž některá z nich se mírně vzdalují, což by podporovalo výsledek Cookovy vzdálenosti o variabilitě vlivu jednotlivých pozorování a zároveň výsledek Shapiro–Wilk testu o parametrickém rozložení všech pozorování.



Graf 1 Kvantil – kvantil graf – maximální zdvih zátěže (zdroj: autor)

5.3.3 Model 2 – Přenášení kanystrů s vodou

Druhý model byl vytvořen ze závisle proměnné – přenášení kanystrů s vodou a čtyřech nezávisle proměnných – Cooperova běhu, člunkového běhu, hmotnosti a tukové tkáně bez oblasti hlavy. Prahem Cookovy vzdálenosti pro Model 2 byla hodnota 0.167. Z Tabulky 10 pak lze vyčíst, že proband č. 13 s Cookovou vzdáleností 0.425, proband č. 25 s Cookovou vzdáleností 0.383, proband č. 27 s Cookovou vzdáleností 0.354 a proband č. 28 s Cookovou vzdáleností 0.169 tento práh překročili. Proband č. 28 se nachází velmi nízko nad tímto prahem, takže jeho vliv na model pravděpodobně nebude významný. Probandi č. 13, č. 25 a č. 28 ovšem překračují maximální hodnotu Cookovy vzdálenosti více než dvojnásobně, a proto jejich vliv na odhad regresních koeficientů bude pravděpodobně násobně vyšší než vliv ostatních pozorování.

Tabulka 10 Výsledky Cookovy vzdálenosti – přenášení kanystrů s vodou

| Proband | Cookova vzdálenost |
|---------|--------------------|
| 13 | 0.425 |
| 25 | 0.383 |
| 27 | 0.354 |
| 28 | 0.169 |

Výsledek Shapiro–Wilk testu normality rozložení (Tabulka 11) s hodnotou $p = 0.202$ indikuje parametrické rozložení, což bylo důvodem pro použití mnohonásobné lineární regrese.

Tabulka 11 Výsledky testu normality – přenášení kanystrů s vodou

| Statistika | p |
|------------|-------|
| 0.952 | 0.202 |

p = statistická významnost.

V Tabulce 12 lze nalézt výsledky Durbin–Watson testu nezávislosti residuí, kdy hodnota 1.92 ($p = 0.846$) přesvědčivě vypovídá o jejich nezávislosti. Dále byla vyhodnocena potenciální přítomnost heteroskedasticity a žádný z rozptylových grafů nenaznačoval tuto skutečnost. Výsledky testu NCVST, kdy $\chi^2 = 2.416$ ($p = 0.120$) potvrzují, že předpoklad homoskedasticity platí.

Tabulka 12 Výsledky testu nezávislosti residuí – přenášení kanystrů s vodou

| Autokorelace | DW statistika | p |
|--------------|---------------|-------|
| 0.039 | 1.92 | 0.846 |

DW statistika = hodnota Durbin–Watson testu; p = statistická významnost.

Výsledky vlastností modelu (Tabulka 13) naznačují přiměřenou explanační schopnost modelu. R^2 je relativně nízké – nezávisle proměnné vysvětlují pouze 43 % výsledků. Upravené R^2 s hodnotou mírně rozdílnou od R^2 naznačuje přítomnost nezávisle proměnných, které zbytečně zatěžují regresní model. Hodnota upraveného R^2 se zohledněním počtu prediktorů pak deklaruje nízkou schopnost predikce – 34 %. Model byl statisticky významný ($F = 4.56$, $p = 0.007$).

Tabulka 13 Vlastnosti modelu – přenášení kanystrů s vodou

| R^2 | Upravené R^2 | F | p |
|-------|----------------|------|-------|
| 0.432 | 0.337 | 4.56 | 0.007 |

R^2 = koeficient determinace; p = statistická významnost; F = F–statistika.

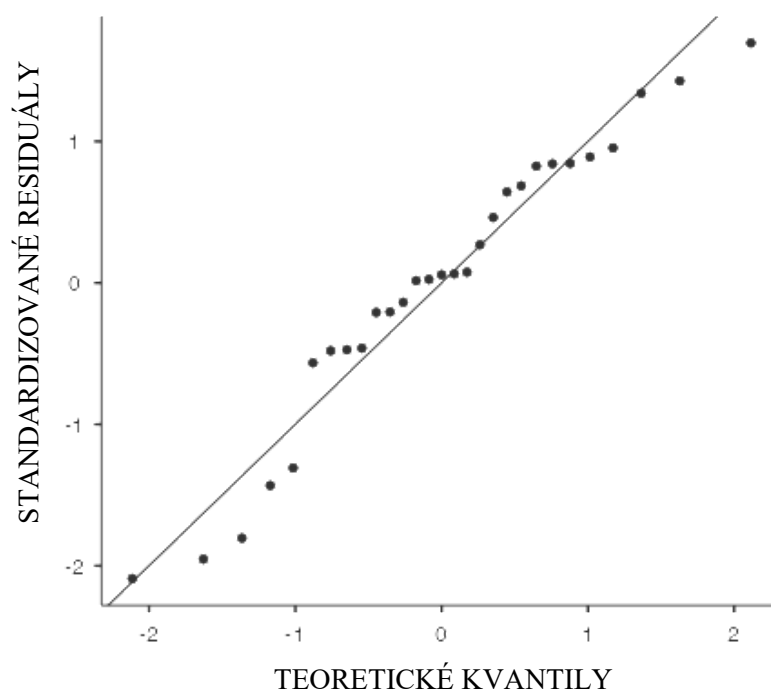
Z níže uvedené Tabulky 14 lze vyčíst testy se statistickou významností pro přenášení kanystrů s vodou. Statistickou významnost vykazuje hmotnost ($p = 0.001$) přičemž dle odhadu z tohoto vzorku by každý 1 kg tělesné hmotnosti navíc měl znamenat zvýšení výkonu v přenášení kanystrů s vodou o 2.2 m. Další nezávisle proměnnou pod úrovní 0.05 je Cooperův běh, přičemž z odhadu je patrné, že při uběhnutí 100 metrů v Cooperově běhu se výkon v přenášení kanystrů s vodou zvýší o 4 m. Zbylé prediktory nebyly statisticky významné.

Tabulka 14 Výsledky odhadu koeficientů modelu – přenášení kanystrů s vodou (m)

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|------------------|---------|---------|---------------------|---------|--------|-------|
| | | | Spodní | Horní | | |
| Intercepce | 114.606 | 216.518 | -332.266 | 561.478 | 0.529 | 0.601 |
| Cooperův běh (m) | 0.048 | 0.021 | 0.005 | 0.091 | 2.295 | 0.031 |
| Člunkový běh (s) | -5.564 | 7.076 | -20.168 | 9.039 | -0.786 | 0.439 |
| Hmotnost (kg) | 2.221 | 0.618 | 0.945 | 3.498 | 3.592 | 0.001 |
| TTBH (%) | -0.791 | 2.721 | -6.405 | 4.824 | -0.291 | 0.774 |

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|--|-------|----|---------------------|-------|---|---|
| | | | Spodní | Horní | | |
| <i>SE = standardní chyba; Konf. interval = konfidenční interval; t = parciální t-test; p = statistická významnost; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy.</i> | | | | | | |

V Grafu 2 je zobrazeno rozložení všech pozorování regresního modelu. Jednotlivá pozorování jsou rozmístěna pravidelně kolem přímky, nicméně některá z nich se mírně vzdalují. Toto by podporovalo výsledek Cookovy vzdálenosti o variabilitě vlivu jednotlivých pozorování a zároveň výsledek Shapiro–Wilk testu o parametrickém rozložení všech pozorování.



Graf 2 Kvantil – kvantil graf – přenášení kanystrů s vodou (zdroj: autor)

5.3.4 Model 3 – Přesouvání pytle s pískem

Model s číslem 3 se skládal ze závisle proměnné – přesouvání pytle s pískem a čtyřech nezávisle proměnných – Cooperova běhu, člunkového běhu, hmotnosti a tukové tkáně bez oblasti hlavy. Prahem Cookovy vzdálenosti pro Model 3 byla hodnota 0.167. Z Tabulky 15 pak lze vyčíst, že proband č. 22 s Cookovou vzdáleností 0.256 a proband č. 27 s Cookovou vzdáleností 0.313 tento práh překročili. Proband č. 22 se nachází poměrně nízko nad tímto prahem, takže jeho vliv na model pravděpodobně nebude významný. Proband č. 27 však překračuje maximální hodnotu Cookovy vzdálenosti

téměř dvojnásobně, a proto jeho vliv na odhad regresních koeficientů bude pravděpodobně násobně vyšší než vliv ostatních pozorování.

Tabulka 15 Výsledky Cookovy vzdálenosti – Přesouvání pytle s pískem

| Proband | Cookova vzdálenost |
|----------------|---------------------------|
| 22 | 0.256 |
| 27 | 0.313 |

Regresní model byl dále podroben Shapiro–Wilk testu normality rozložení, jehož výsledek v Tabulce 16 hodnotou $p = 0.959$ indikuje parametrické rozložení. Z tohoto důvodu byla použita mnohonásobná lineární regrese.

Tabulka 16 Výsledky testu normality – přesouvání pytle s pískem

| Statistika | p |
|-------------------|----------|
| 0.986 | 0.959 |

p = statistická významnost.

V Tabulce 17 lze nalézt výsledky Durbin–Watson testu nezávislosti residuí. Hodnota 1.26 naznačuje přítomnost autokorelace a p -hodnota (0.042) dále potvrzuje, že v tomto modelu by měla být přítomna autokorelace na úrovni významnosti 4.2 %. Dále byla vyhodnocena přítomnost heteroskedasticity a jeden ze čtyř rozptylových grafů naznačoval její potenciální přítomnost. Výsledky testu NCVST, kdy $\chi^2 = 2.347$ ($p = 0.126$) potvrzují, že předpoklad homoskedasticity platí.

Tabulka 17 Výsledky testu nezávislosti residuí – přesouvání pytle s pískem

| Autokorelace | DW statistika | p |
|---------------------|----------------------|----------|
| 0.301 | 1.26 | 0.042 |

DW statistika = hodnota Durbin–Watson testu; p = statistická významnost.

Analýza vlastností modelu odhalila následující skutečnosti: z výsledku hodnoty R^2 (Tabulka 18) lze usuzovat vysokou explanační schopnost modelu, kdy nezávisle proměnné vysvětlují až 65 % výsledků. Upravené R^2 s hodnotou ne příliš rozdílnou od R^2 naznačuje, že většina prediktorů v tomto modelu je relevantní, navíc se zohledněním počtu prediktorů stále deklaruje poměrně vysokou schopnost predikce – 59 %. Model byl statisticky významný ($F = 11.2, p < 0.001$).

Tabulka 18 Vlastnosti modelu – přesouvání pytle s pískem

| R² | Upravené R² | F | p |
|----------------------|-------------------------------|----------|----------|
| 0.651 | 0.593 | 11.2 | < .001 |

R² = koeficient determinace; p = statistická významnost; F = F–statistika.

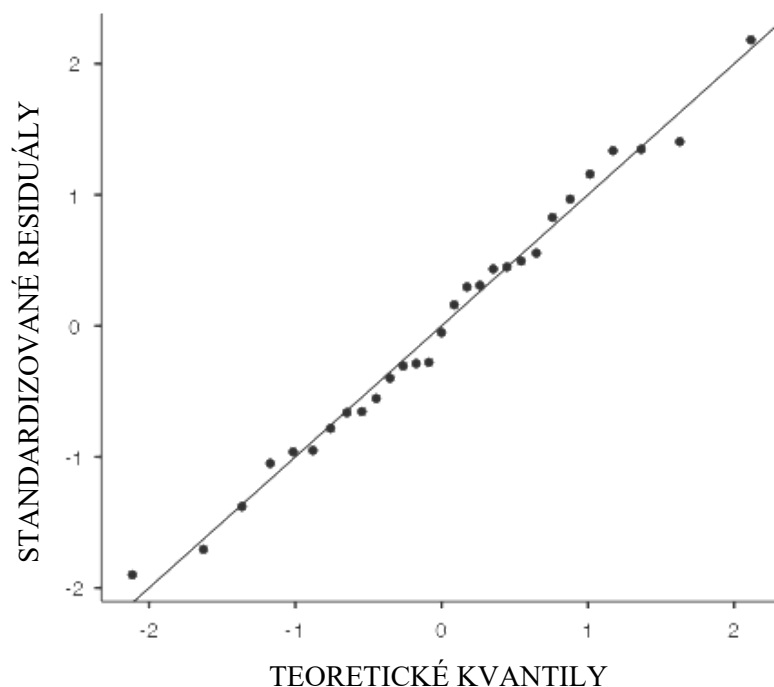
Z níže uvedené Tabulky 19 lze vyčíst testy se statistickou významností pro přesouvání pytle s pískem. Statistickou významnost vykazuje Cooperův běh ($p < 0.001$) přičemž dle odhadu z tohoto vzorku by uběhnutí 100 metrů mělo znamenat zvýšení výkonu v přesouvání pytle s pískem o 6 sekund. Další nezávisle proměnnou s hodnotou < 0.05 je člunkový běh. Zde odhad naznačuje, že zhoršení výkonu v člunkovém běhu o 1 sekundu by mělo znamenat zhoršení výkonu v přesouvání pytle s pískem o 10.9 sekundy. Tento odhad však kvůli širokému rozptylu konfidenčního intervalu [1.988, 19.935] není spolehlivý. Dále z výsledků statistické významnosti hmotnosti ($p = 0.019$) vyplývá, že snížení tělesné hmotnosti o 1 kg by mělo vést k zlepšení výkonu v přesouvání pytle s pískem o 0.9 sekundy. Tuková tkáň bez oblasti hlavy nebyla statisticky významnou.

Tabulka 19 Výsledky odhadu koeficientů modelu – přesouvání pytle s pískem (s)

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|------------------|--------------|-----------|----------------------------|--------------|----------|----------|
| | | | Spodní | Horní | | |
| Intercepce | 253.005 | 133.004 | -21.587 | 527.595 | 1.902 | 0.069 |
| Cooperův běh (m) | -0.061 | 0.013 | -0.087 | -0.035 | -4.782 | < .001 |
| Člunkový běh (s) | 10.961 | 4.349 | 1.988 | 19.935 | 2.521 | 0.019 |
| Hmotnost (kg) | -0.958 | 0.380 | -1.742 | -0.173 | -2.520 | 0.019 |
| TTBH (%) | -0.851 | 1.672 | -4.301 | 2.599 | -0.509 | 0.615 |

SE = standardní chyba; Konf. interval = konfidenční interval; t = parciální t–test; p = statistická významnost; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy.

V Grafu 3 je vyobrazeno rozložení všech pozorování regresního modelu. Jednotlivá pozorování jsou rozmístěna pravidelně kolem přímky, přičemž pouze několik z nich se mírně vzdaluje, což by podporovalo výsledek Cookovy vzdálenosti o variabilitě vlivu jednotlivých pozorování a zároveň výsledek Shapiro–Wilk testu o parametrickém rozložení všech pozorování.



Graf 3 Kvantil – kvantil graf – přesouvání pytle s pískem (zdroj: autor)

5.3.5 Model 4 – Běh pod palbou

Do modelu 4 byla zařazena závisle proměnná – běh pod palbou a čtyři nezávisle proměnné shodné s předchozími modely – Cooperův běh, člunkový běh, hmotnost a tuková tkáň bez oblasti hlavy. Prahem Cookovy vzdálenosti pro Model 4 byla hodnota 0.160. Z Tabulky 20 pak lze vyčíst, že proband č. 2 s Cookovou vzdáleností 0.174 a proband č. 14 s Cookovou vzdáleností 0.171 tento práh překročili. Oba tyto případy se nachází velmi nízko nad tímto prahem, takže jejich vliv na model pravděpodobně nebude významný.

Tabulka 20 Výsledky Cookovy vzdálenosti – běh pod palbou

| Proband | Cookova vzdálenost |
|---------|--------------------|
| 2 | 0.174 |
| 14 | 0.171 |

Regresní model byl dále podroben Shapiro–Wilk testu normality rozložení, jehož výsledek v Tabulce 21 hodnotou $p = 0.658$ indikuje parametrické rozložení. Z tohoto důvodu byla použita mnohonásobná lineární regrese.

Tabulka 21 Výsledky testu normality – běh pod palbou

| Statistika | p |
|------------|-------|
| 0.974 | 0.658 |

p = statistická významnost.

V Tabulce 22 lze nalézt výsledky Durbin–Watson testu nezávislosti residuí. Hodnota 1.92 ($p = 0.814$) přesvědčivě naznačuje jejich nezávislost. Dále byla vyhodnocena přítomnost heteroskedasticity a jeden ze čtyř rozptylových grafů naznačoval její potenciální přítomnost. Výsledky testu NCVST, kdy $\chi^2 = 0.037$ ($p = 0.847$) potvrzují, že předpoklad homoskedasticity platí.

Tabulka 22 Výsledky testu nezávislosti residuí – běh pod palbou

| Autokorelace | DW statistika | p |
|--------------|---------------|-------|
| 0.024 | 1.92 | 0.814 |

DW statistika = hodnota Durbin–Watson testu; p = statistická významnost.

Z Tabulky 23 a výsledku hodnoty R^2 lze vyčítat přiměřenou explanační schopnost modelu, kdy nezávisle proměnné vysvětlují 40 % výsledků. Upravené R^2 s hodnotou více rozdílnou od R^2 naznačuje, že jsou přítomny prediktory, které zbytečně zatěžují model. Dále upravený koeficient determinace zohledňující počet prediktorů deklaruje nízkou schopnost predikce – jen 30 %. Model byl statisticky významný ($F = 4.050$, $p = 0.012$).

Tabulka 23 Vlastnosti modelu – běh pod palbou

| R^2 | Upravené R^2 | F | p |
|-------|----------------|------|-------|
| 0.403 | 0.304 | 4.05 | 0.012 |

R^2 = koeficient determinace; p = statistická významnost; F = F–statistika.

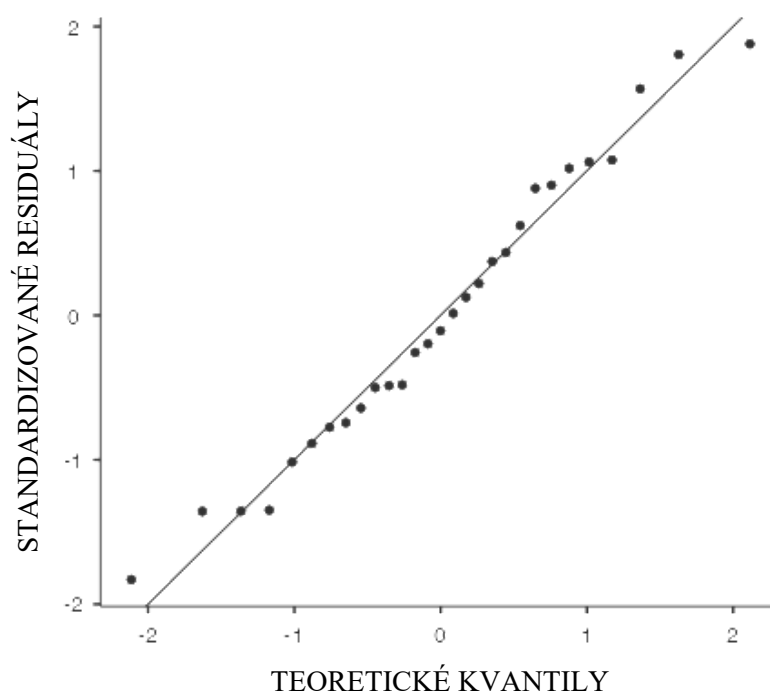
Z níže uvedené Tabulky 24 lze vyčíst testy se statistickou významností pro běh pod palbou. Statistickou významnost vykazuje člunkový běh ($p = 0.015$) přičemž dle odhadu z tohoto vzorku by zvýšení výkonu v člunkovém běhu o 1 sekundu mělo znamenat zvýšení výkonu v běhu pod palbou o 8 desetin sekundy. Další nezávisle proměnnou blížící se hodnotě 0.05 je procento tukové tkáně bez oblasti hlavy. Zde odhad naznačuje, že s každým procentem tukové tkáně navíc se výkon v běhu pod palbou zhorší o 2 desetiny sekundy, tento odhad však není spolehlivý. Zbylé prediktory nebyly statisticky významné.

Tabulka 24 Výsledky odhadu koeficientů modelu – běh pod palbou (s)

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|------------------|--------|---------|---------------------|--------|--------|-------|
| | | | Spodní | Horní | | |
| Intercepce | -5.921 | 9.488 | -25.504 | 13.661 | -0.624 | 0.538 |
| Cooperův běh (m) | 0.001 | 9.11e-4 | -6.77e-4 | 0.003 | 1.320 | 0.199 |
| Člunkový běh (s) | 0.810 | 0.310 | 0.170 | 1.450 | 2.613 | 0.015 |
| Hmotnost (kg) | -0.028 | 0.027 | -0.084 | 0.028 | -1.029 | 0.314 |
| TTBH (%) | 0.214 | 0.119 | -0.032 | 0.460 | 1.797 | 0.085 |

SE = standardní chyba; Konf. interval = konfidenční interval; t = parciální t-test; p = statistická významnost; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy.

V Grafu 4 je zobrazeno rozložení všech pozorování regresního modelu. Jednotlivá pozorování jsou rozmístěna pravidelně kolem přímky, což naznačuje vysokou robustnost regresního modelu a zároveň podporuje výsledek Shapiro–Wilk testu o parametrickém rozložení všech pozorování.



Graf 4 Kvantil – kvantil graf – běh pod palbou (zdroj: autor)

5.3.6 Model 5 – Pěší přesun se zátěží

V pořadí pátý model se skládal ze závisle proměnné – pěší přesun se zátěží a čtyřech nezávisle proměnných – Cooperova běhu, člunkového běhu, hmotnosti a tukové tkáně bez oblasti hlavy. Prahem Cookovy vzdálenosti pro Model 5 byla hodnota 0.167. Z Tabulky 25 pak lze vyčíst, že proband č. 13 s Cookovou vzdáleností 0.177 a proband č. 28 s Cookovou vzdáleností 0.178 tento práh překročili. Obě tyto pozorování se nachází velmi nízko nad tímto prahem, takže jejich vliv na model pravděpodobně nebude významný.

Tabulka 25 Výsledky Cookovy vzdálenosti – pěší přesun se zátěží

| Proband | Cookova vzdálenost |
|---------|--------------------|
| 13 | 0.177 |
| 28 | 0.178 |

Regresní model byl dále podroben Shapiro–Wilk testu normality rozložení, jehož výsledek v Tabulce 26 hodnotou $p = 0.62$ indikuje parametrické rozložení. Z tohoto důvodu byla použita mnohonásobná lineární regrese.

Tabulka 26 Výsledky testu normality – pěší přesun se zátěží

| Statistika | p |
|------------|-------|
| 0.972 | 0.620 |

p = statistická významnost.

V Tabulce 27 lze nalézt výsledky Durbin–Watson testu nezávislosti residuí. Hodnota 1.70 ($p = 0.400$) naznačuje jejich nezávislost. Dále byla vyhodnocena přítomnost heteroskedasticity a jeden ze čtyř rozptylových grafů naznačoval její potenciální přítomnost. Výsledky testu NCVST, kdy $\chi^2 = 0.003$ ($p = 0.954$) potvrzují, že předpoklad homoskedasticity platí.

Tabulka 27 Výsledky testu nezávislosti residuí – pěší přesun se zátěží

| Autokorelace | DW statistika | p |
|--------------|---------------|-------|
| 0.119 | 1.70 | 0.400 |

DW statistika = hodnota Durbin–Watson testu; p = statistická významnost.

Výsledek hodnoty R^2 (Tabulka 28) popisuje vyšší explanační schopnost modelu, kdy nezávisle proměnné vysvětlují 57 % výsledků. Rozdíl hodnot upraveného R^2 a R^2 naznačuje přítomnost nezávisle proměnných, které mají minimální vliv na zvýšení predikčních vlastností modelu a zbytečně jej zatěžují. Upravené R^2 se zohledněním počtu prediktorů také deklaruje středně vysokou schopnost predikce – 50 %. Model byl statisticky významný ($F = 8.120$, $p < 0.001$).

Tabulka 28 Vlastnosti modelu – pěší přesun se zátěží

| R^2 | Upravené R^2 | F | p |
|-------|----------------|------|--------|
| 0.575 | 0.504 | 8.12 | < .001 |

R^2 = koeficient determinace; p = statistická významnost; F = F -statistika.

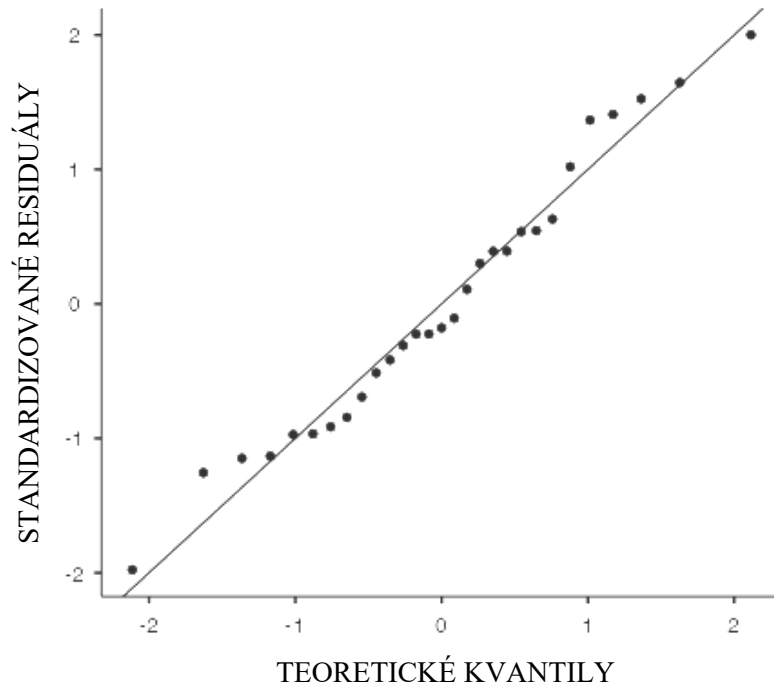
Z níže uvedené Tabulky 9 lze vyčíst testy se statistickou významností pro pěší přesun se zátěží. Statistickou významnost vykazuje pouze Cooperův běh ($p < 0.001$) přičemž dle odhadu z tohoto vzorku by 100 metrů uběhnuté vzdálenosti mělo znamenat zvýšení výkonu v pěším přesunu se zátěží o 20 sekund. Zbylé prediktory nebyly statisticky významné.

Tabulka 29 Výsledky odhadu koeficientů modelu – pěší přesun se zátěží (s)

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|------------------|----------|---------|---------------------|----------|--------|--------|
| | | | Spodní | Horní | | |
| Intercepce | 1983.043 | 472.575 | 1007.697 | 2958.389 | 4.196 | < .001 |
| Cooperův běh (m) | -0.233 | 0.045 | -0.327 | -0.140 | -5.144 | < .001 |
| Člunkový běh (s) | -16.697 | 15.443 | -48.57 | 15.177 | -1.081 | 0.290 |
| Hmotnost (kg) | -1.448 | 1.350 | -4.234 | 1.338 | -1.073 | 0.294 |
| TTBH (%) | 2.810 | 5.938 | -9.445 | 15.064 | 0.474 | 0.640 |

SE = standardní chyba; Konf. interval = konfidenční interval; t = parciální t -test; p = statistická významnost; TTBH = tuková tkáň bez oblasti hlavy.

V Grafu 5 je zobrazeno rozložení všech pozorování regresního modelu. Jednotlivá pozorování jsou rozmístěna pravidelně kolem přímky, což naznačuje vysokou robustnost regresního modelu a zároveň podporuje výsledek Shapiro–Wilk testu o parametrickém rozložení všech pozorování.



Graf 5 Kvantil – kvantil graf – pěší přesun se zátěží (zdroj: autor)

5.3.7 Model 6 – Tažení figuríny

Šestý model byl vytvořen ze závisle proměnné – tažení figuríny a čtyřech nezávisle proměnných – Cooperova běhu, člunkového běhu, hmotnosti a tukové tkáně bez oblasti hlavy. Prahem Cookovy vzdálenosti pro Model 6 byla hodnota 0.160. Z Tabulky 30 pak lze vyčíst, že proband č. 19 s Cookovou vzdáleností 0.178, proband č. 21 s Cookovou vzdáleností 0.218, proband č. 25 s Cookovou vzdáleností 0.365 a proband č. 28 s Cookovou vzdáleností 0.401 tento práh překročili. Pozorování probandů č. 19 a č. 21 se nachází velmi nízko nad tímto prahem, takže jejich vliv na model pravděpodobně nebude významný. Probandi č. 25 a č. 28 překračují maximální hodnotu Cookovy vzdálenosti více než dvojnásobně, a proto jejich vliv na odhad regresních koeficientů bude pravděpodobně násobně vyšší než vliv ostatních pozorování.

Tabulka 30 Výsledky Cookovy vzdálenosti – tažení figuríny

| Proband | Cookova vzdálenost |
|---------|--------------------|
| 19 | 0.178 |
| 21 | 0.218 |
| 25 | 0.365 |
| 28 | 0.401 |

Regresní model byl dále podroben Shapiro–Wilk testu normality rozložení, jehož výsledek v Tabulce 31 hodnotou $p = 0.003$ nezamítá nultou hypotézu, a tudíž indikuje neparametrické rozložení. Z tohoto důvodu byl použit obecný lineární model.

Tabulka 31 Výsledky testu normality – tažení figuríny

| Statistika | p |
|------------|-------|
| 0.880 | 0.003 |

p = statistická významnost.

V Tabulce 32 lze nalézt výsledky Durbin–Watson testu nezávislosti residuí. Hodnota 1.78 ($p = 0.528$) jasně naznačuje jejich nezávislost. Dále byla vyhodnocena přítomnost heteroskedasticity, přičemž dva ze čtyř rozptylových grafů naznačovaly její potenciální přítomnost. Výsledky White test, kdy $\chi^2 = 6.268$ ($p = 0.044$) naznačují, že předpoklad homoskedasticity neplatí a hovoří o přítomnosti heteroskedasticity.

Tabulka 32 Výsledky testu nezávislosti residuí – tažení figuríny

| Autokorelace | DW statistika | p |
|--------------|---------------|-------|
| 0.090 | 1.78 | 0.594 |

DW statistika = hodnota Durbin–Watson testu; p = statistická významnost.

Výsledek hodnoty R^2 (Tabulka 33) popisuje nízkou explanační schopnost modelu, kdy nezávisle proměnné vysvětlují pouze 25 % výsledků. Upravené R^2 s hodnotou velmi rozdílnou od R^2 naznačuje přítomnost irelevantních nezávisle proměnných, navíc se zohledněním počtu prediktorů deklaruje velmi nízkou schopnost predikce – 13 %. Model nebyl statisticky významný ($F = 2.047$, $p = 0.120$).

Tabulka 33 Vlastnosti modelu – tažení figuríny

| R^2 | Upravené R^2 | F | p |
|-------|----------------|-------|-------|
| 0.254 | 0.130 | 2.047 | 0.120 |

R^2 = koeficient determinace; p = statistická významnost; F = F–statistika.

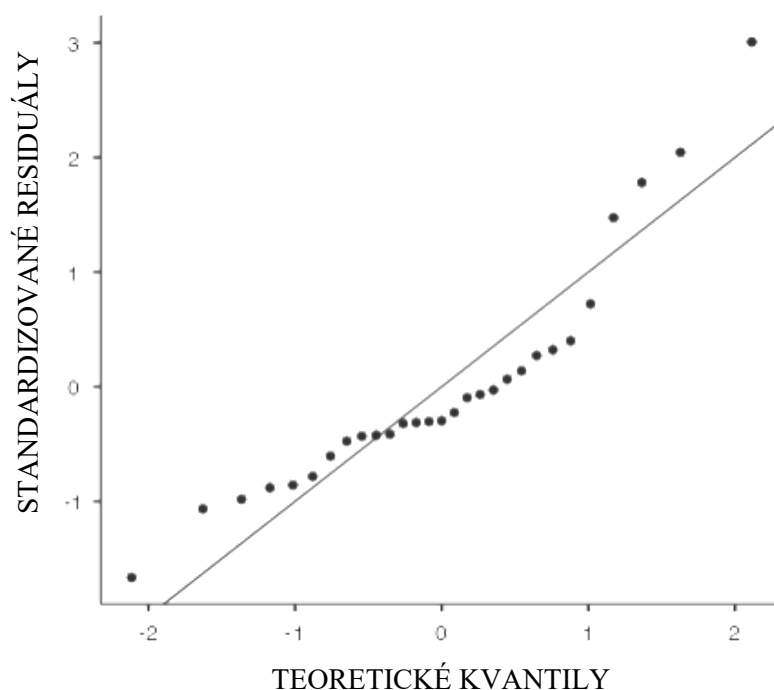
Z níže uvedené Tabulky 34 lze vyčíst testy se statistickou významností pro tažení figuríny. Statistickou významnost vykazuje pouze hmotnost ($p = 0.019$) přičemž dle odhadu z tohoto vzorku by každý kilogram tělesné hmotnosti měl znamenat zvýšení výkonu v tažení figuríny o 6 desetin sekundy. Zbylé prediktory nebyly statisticky významné.

Tabulka 34 Výsledky odhadu koeficientů modelu – tažení figuríny (s)

| Prediktor | Odhad | SE | Konf. interval 95 % | | t | p |
|------------------|--------|-------|---------------------|--------|--------|--------|
| | | | Spodní | Horní | | |
| Intercepce | 27.393 | 2.121 | 23.015 | 31.771 | 12.91 | < .001 |
| Cooperův běh (m) | 0.004 | 0.008 | -0.012 | 0.020 | 0.551 | 0.587 |
| Člunkový běh (s) | 1.252 | 2.615 | -4.146 | 6.650 | 0.479 | 0.636 |
| Hmotnost (kg) | -0.577 | 0.229 | -1.049 | -0.105 | -2.524 | 0.019 |
| TTBH (%) | 0.516 | 1.006 | -0.560 | 3.591 | 1.507 | 0.145 |

SE = standardní chyba; *Konf. interval* = konfidenční interval; *t* = parciální *t*-test; *p* = statistická významnost; *TTBH* = tuková tkáň bez oblasti hlavy.

V Grafu 6 je zobrazeno rozložení všech pozorování regresního modelu. Jednotlivá pozorování jsou rozmístěna nepravidelně kolem přímky, přičemž některé z nich se zcela vzdalují, což by podporovalo výsledek Cookovy vzdálenosti o variabilitě vlivu jednotlivých pozorování a zároveň výsledek Shapiro–Wilk testu o neparametrickém rozložení všech pozorování.



Graf 6 Kvantil – kvantil graf – tažení figuríny (zdroj: autor)

5.3.8 Vztah testu VO₂max a predikčního vzorce pro VO₂max

Výsledky Shapiro–Wilk testu normality v Tabulce 35 v obou případech zamítají nulovou hypotézu a tudíž vypovídají o normalitě rozložení dat.

Tabulka 35 Výsledky testu normality – Cooperův běh a VO₂max

| Test | Statistika | p |
|--|------------|-------|
| Predikované VO ₂ max z CB (ml/kg/min) | 0.934 | 0.063 |
| VO ₂ max (ml/kg/min) | 0.984 | 0.902 |

p = statistická významnost; CB = Cooperův běh.

Pro zjištění vztahů mezi testem VO₂max (57.5 ± 7 ml/kg/min) a predikčním vzorcem pro VO₂max (55.8 ± 7.4 ml/kg/min) byl z důvodu parametrického rozložení dat použit Pearsonův korelační koeficient. V Tabulce 36 pak lze najít výsledky tohoto vztahu, kde $r = 0.819$ ($p < 0.001$), což značí velmi silný vztah obou proměnných.

Tabulka 36 Výsledky korelační matice

| Test | Predikované VO ₂ max z CB (ml/kg/min) | VO ₂ max (ml/kg/min) |
|--|--|---------------------------------|
| Predikované VO ₂ max z CB (ml/kg/min) | – | |
| VO ₂ max (ml/kg/min) | 0.819*** | – |

*CB = Cooperův běh; *** = ($p < 0.001$).*

V Tabulce 37 jsou vyobrazeny výsledky sledování intenzity při Cooperově běhu a testu VO₂max. Průměr maximální srdeční frekvence při Cooperově běhu a testu VO₂max se neliší a hodnoty Borgovy škály vnímaného úsilí se liší pouze o 0.6 bodu. Z těchto hodnot vyplývá, že probandi absolvovali oba testy ve vysoké intenzitě, která byla v obou testech téměř shodná.

Tabulka 37 Výsledky sledování intenzity – Cooperův běh a VO₂max

| Test | ST max. – průměr (tepy) ± SD | BŠ – průměr ± SD |
|---------------------------------|------------------------------|------------------|
| Cooperův běh (m) | 189 ± 8.7 | 18.1 ± 1.2 |
| VO ₂ max (ml/kg/min) | 189 ± 8.9 | 17.5 ± 1.2 |

BŠ = Borgova škála; ST max. = maximální srdeční tep; SD = směrodatná odchylka.

6 Diskuse

Cílem této práce bylo analyzovat vztahy mezi vybranými vytrvalostními schopnostmi, antropometrickými údaji a výkony při specifických vojenských testech simulujících operační zatížení. Výsledky práce byly porovnány a vyhodnoceny s dalšími dostupnými zdroji, zabývajícími se podobnou problematikou.

6.1 Diskuse k výsledkům práce

Po vyhodnocení výsledků předkládané diplomové práce bylo zjištěno, že vybrané motorické a antropometrické testy (Cooperův běh, člunkový běh, hmotnost a procento tukové tkáně bez oblasti hlavy) vysvětlují výkon v testu maximální zdvih zátěže z 66 % (upravené $R^2 = 0.662$), v testu přenášení kanystrů s vodou z 34 % (upravené $R^2 = 0.337$), v testu přesouvání pytle s pískem z 59 % (upravené $R^2 = 0.593$), v testu běh pod palbou z 30 % (upravené $R^2 = 0.304$), v testu pěší přesun se zátěží z 50 % (upravené $R^2 = 0.593$) a v testu tažení figuríny pouze z 13 % (upravené $R^2 = 0.130$), čímž bylo odpovězeno na výzkumnou otázku.

6.1.1 Model 1 – Maximální zdvih zátěže

Více než 73 % fyzicky náročných vojenských úkolů zahrnuje zvedání, spouštění, přenášení, nošení břemen, tahání a tlačení (Hydren a kol., 2017). Zpráva amerického námořnictva uvádí, že 84 % úkolů vyžadovaných při fyzicky náročných pracích na lodích zahrnuje tři základní pohyby: zvedání, nošení a tahání (Robertson a Trent, 1985). Americká armáda uvádí, že zvedání a spouštění předmětů se vyskytuje u 41 % úkolů ve všech vojenských profesních specializacích (Myers a kol., 1984). Vzhledem k vysoké frekvenci výskytu takovýchto pracovních úkolů je důležité znát možné prediktory výkonu v tomto pohybovém úkolu.

Výsledky této práce stanovují jako nejlepší prediktor pro maximální zdvih zátěže tělesnou hmotnost, s odhadem koeficientu $\beta = 0.908$ [0.654, 1.172], $p < 0.001$, s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné, čímž byla potvrzena hypotéza **H1**. K jiným výsledkům došla systematické rešerše Hydren a kol. (2017), která zkoumala maximální zdvihovou kapacitu probandů do různých výšek. Tělesná hmotnost nebyla statisticky významnou ($p = 0.485$), naopak hmotnost svalové tkáně ($p < 0.001$) a tělesná výška ($p = 0.003$) vyšly statisticky významné. Toto je ovšem zajímavé, protože v našem výzkumu vykazuje vztah tělesné hmotnosti a hmotnosti svalové tkáně velmi vysokou

míru korelace ($r = 0.964$, $p < 0.001$), což by vysvětlovalo výsledek statistické významnosti tělesné hmotnosti v našem výzkumu. Testovaný soubor měl v průměru jen 19.1 ± 2.7 % tělesného tuku, což ukazuje na poměrně vysoké procento aktivní svalové hmoty, která je primárně zapojená do přemísťování zátěže. Tento fakt by dále podporovalo i tvrzení Vanderburgh (2008), který uvádí, že vyšší tělesná hmotnost může do určité míry vojáka zvýhodnit právě v přenášení nebo zvedání těžkých břemen.

Vybrané nezávisle proměnné vysvětlují tento test z 66 % (upravené $R^2 = 0.662$), což značí velmi dobrou schopnost predikce. Na výsledky odhadu regresních koeficientů však může mít významný vliv odlehlá hodnota probanda č. 19. Model byl statisticky významný. Výše byla zmíněna tělesná výška jako velmi dobrý prediktor pro výkon v testu maximální zdvihové kapacity (Hydren a kol., 2017), což je určitě logické vzhledem k tomu, že se externí zátěž zvedá do určité výšky. Autoři tohoto výzkumu se však tělesnou výšku nerozhodli zařadit do regresních modelů, protože není možné ji nijak ovlivnit. Ve výsledcích Modelu 1 je dále patrné, že procento tukové tkáně bez oblasti hlavy se nachází blízko námi určené hladiny statistické významnosti ($p = 0.069$), což by odpovídalo zjištěním Hydren a kol. (2017), kde $p = 0.088$, nicméně v tomto výzkumu ani v systematické rešerši (Hydren a kol., 2017) nebyl zmíněný prediktor statisticky významným.

Cooperův běh ani člunkový běh nejevily známky statistické významnosti, což je opět v rozporu se zjištěním Hydren a kol. (2017), kde běh na 3.2 km, který je velmi podobný Cooperově běhu, byl statisticky významný ($p < 0.001$). Autoři systematické rešerše (Hydren a kol., 2017), si tento vztah vysvětlují tím, že absolutní aerobní kapacita dobře koreluje s maximální zdvihovou kapacitou, kdy spotřeba kyslíku silně souvisí s celkovým množstvím aktivní svalové hmoty. Pokud se aerobní kapacita měří ve vztahu k tělesné hmotnosti nebo se uvádí jako čas na uběhnutí dané vzdálenosti, vztah dramaticky klesá. Ačkoli testy aerobní zdatnosti nebo času na uběhnutí určité vzdálenosti mohou být prediktivní, pokud jsou měřeny v jednotkách absolutní aerobní kapacity, mohou být interpretovány jako zkreslené a postrádají objektivní validitu (Hydren a kol., 2017). Zároveň by tedy vhodným prediktorem pro maximální zdvihovou kapacitu mohla být i hodnota VO_{2max} , kterou lze vypočítat pomocí predikčních vzorců k tomu určených. Z tohoto modelu však byla vlivem multikolinearity ($VIF = 8.56$) vyřazena.

Dalšími relevantními prediktory pro maximální zdvihovou kapacitu pak mohou být např. kliky (maximální počet opakování za jednu nebo dvě minuty) nebo horizontální či vertikální výskok (Hydren a kol., 2017).

6.1.2 Model 2 – Přenášení kanystrů s vodou

Přenášení kanystrů s vodou patří mezi běžné testy simulující přenášení kanystrů s benzínem, které mají ve stavu maximálního naplnění hmotnost právě 22 kg. S tímto pohybovým úkolem se voják může v běžné operační činnosti snadno setkat (Physical employment standards, 2020; Szivak a kol., 2015; Nindl a kol., 2018). Dále se tento test používá jako prediktor pro výkon v činnosti přenášení raněného na nosítkách (Beck a kol., 2015; Beck a kol., 2016). V případě, že není možné tento test provádět, je vhodné mít k dispozici prediktory, které dokáží výkon v tomto testu uspokojivě předpovědět.

Z výsledků diplomové práce je patrné, že nejvlivnějším prediktorem na výkon v přenášení kanystrů s vodou je tělesná hmotnost, s odhadem koeficientu $\beta = 2.221$ [0.945, 3.498], ($p = 0.001$), s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné. Tento výsledek by opět potvrzovalo tvrzení Vanderburgh (2008), že vyšší tělesná hmotnost může zlepšit výkon v přenášení zátěže. Nebo také relativně silný korelační vztah mezi tělesnou hmotností a časem v nošení raněného na nosítkách ($r = 0.63$, $p < 0.05$) ze studie Knapik a kol. (1999). Dále se statisticky významným prediktorem ukázal Cooperův běh, s odhadem koeficientu $\beta = 0.048$ [0.005, 0.091], ($p = 0.031$), s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné, čímž byla potvrzena hypotéza **H2**. Zmíněný výsledek podporují výsledky studie Rice a Sharp (1994), kteří uvádějí jako vhodný prediktor pro přenášení raněného na nosítkách běh na 3,2 km ($p < 0.01$), který je Cooperově běhu velmi podobný. Zbylé nezávisle proměnné nebyly statisticky významné ani v této práci ani v jakékoli z výše zmíněných výzkumech, patrně z důvodu, že člunkový běh se vztahuje primárně k predikci obratnostních a rychlostních předpokladů a procento tělesného tuku bez oblasti hlavy vstupuje spíše do testování předpokladů relativní síly a vytrvalostních výkonů s vlastní hmotností. (NV MO č. 12, 2011; Naghii, 2006)

I pokud bychom přehlédli možné zkreslení výsledků z důvodu nízkého počtu probandů, stále model vysvětluje jen 33 % variability výsledků (upravené $R^2 = 0.337$), což se nezdá jako příliš uchopitelné. Model byl statisticky významný, na výsledky odhadu

regresních koeficientů však mohou mít významný vliv odlehle hodnoty probandů č.13, č. 25 a č. 27.

Jako další relevantní prediktory podle studií Beck a kol. (2015), Knapik a kol. (1999) a Rice a Sharp (1994) mohou být síla stisku pravé a levé ruky, shyby nebo benchpress.

6.1.3 Model 3 – Přesouvání pytle s pískem

Přesouvání pytle s pískem je další z pohybových úkolů, který může vojáky potkat v operačním nasazení např. při budování zákopů nebo stavění různých zdí proti nepříteli nebo např. proti vodě apod. (Physical employment standards, 2020; Szivak a kol., 2015; Nindl a kol., 2018). V praxi je replikace tohoto testu poměrně logisticky náročná, a proto je vhodné najít jednodušší, dostupnější a relevantní prediktory pro jeho odhad.

Do současné chvíle se mnoho studií nezabývalo predikcí tohoto testu se zahrnutím námi vybraných nezávisle proměnných, a proto náš předpoklad vycházel primárně z regresní analýzy Beck, Ham, a kol. (2016), kde v testu podobného charakteru vyšla statisticky významná hodnota VO_{2max} ($p < 0.001$). Jak již bylo zmíněno výše, tato hodnota byla z regresních modelů vyjmuta z důvodu přítomnosti multikolinearity ($VIF = 8.56$) a z toho důvodu je nutné zamítnout hypotézu **H3**. Tuto hypotézu by dále podporoval i silný korelační vztah ze studie Hauschild a kol. (2016) mezi opakovaným zvedáním a přenášením zátěže a kardiorespirační vytrvalostí ($r = 0.72$) nebo obdobný vztah mezi opakovaným zvedáním beden a během na 3.2 km ($r = 0.54$) z výzkumu Szivak a kol. (2014). Přestože byla hypotéza zamítnuta, stále zůstává mezi nezávisle proměnnými hodnota, která může reflektovat hodnotu VO_{2max} – Cooperův běh. Právě tento test disponoval v Modelu 3 statistickou významností, s odhadem koeficientu $\beta = -0.061 [0.087, -0.035]$, $p < 0.001$, s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné.

Dalším statisticky významným prediktorem byla tělesná hmotnost, s odhadem koeficientu $\beta = -0.958 [-1.742, -0.173]$, $p = 0.019$, s negativním vlivem na výsledek závisle proměnné, tudíž se stoupající hmotností se zhoršuje výkon v přesouvání pytle s pískem. Zde se nabízí vysvětlení, že probandi jsou v tomto testu vystaveni poměrně nízké mrtvé hmotnosti (mrtvá hmotnost = tělesná hmotnost + externí zátěž) při déletrvajícím výkonu (průměrně 276 ± 29.8 sekund), což může zvýhodnit jedince s nižší tělesnou hmotností (Vanderburgh, 2008). Posledním statisticky významným prediktorem byl člunkový běh ($p = 0.019$) s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné. V tomto

případě autor nenašel fundamentální vysvětlení a i vzhledem k vysokému rozsahu konfidenčního intervalu [1.988, 19.935] je tento výsledek velmi nespolehlivý. Procento tělesného tuku bez oblasti hlavy nebylo statisticky významné, což je zajímavé vzhledem k výše uvedené souvislosti mezi snižující se tělesnou hmotností a zvyšováním výkonu v přesouvání pytle s pískem. Důvodem může být stejně jako v případě Modelu 1 poměrně nízké procento tělesného tuku u našeho výzkumného vzorku.

Koeficient determinace zohledňující počet prediktorů zde vyšel s hodnotou 59 % (upravené $R^2 = 0.593$), což přisuzuje tomuto modelu vysokou predikční schopnost. Model byl statisticky významný. V interpretaci výsledků bychom však měli být obezřetní vzhledem k přítomnosti autokorelace a odlehle hodnotě probanda č. 19.

Pro další výzkum se podle Szivak a kol. (2014) jako vhodné prediktory jeví kliky nebo benchpress.

6.1.4 Model 4 – Běh pod palbou

Pohyb nebo běh pod palbou je vysoko intenzivní bojový úkol, který slouží k přesunutí se při bezprostředním kontaktu s nepřítelem. Spočívá ve střídajících se několikavteřinových sprintech ukončených zalehnutím, poté rychlým zvednutím a takto stále dokola do chvíle, kdy se voják dostane do cílového prostoru. V momentě zalehnutí je samozřejmě schopen vést palbu nebo dělat další potřebné činnosti (Physical employment standards, 2020). Jedná se o životně důležitou činnost, a proto je důležité umět do možné míry předpovědět výkon v tomto úkolu.

V rámci našeho výzkumu se jako statisticky významný projevil člunkový běh, s odhadem koeficientu $\beta = 0.810$ [0.170, 1.450], $p = 0.015$, s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné, čímž se potvrdila hypotéza **H4**. Dosud nebyla zpracována studie, která by srovnávala běh pod palbou a člunkový běh 10 × 10 metrů, nicméně tyto výsledky nejsou překvapivé. Oba tyto testy vyžadují pohyb v maximální intenzitě za krátký čas na podobnou vzdálenost, přičemž jejich průměrná doba trvání byla také podobná (21.6 ± 1.6 a 27.3 ± 1 sekundy). Druhým prediktorem, blížící se námi určené hladině statistické významnosti 5 %, byla TTBH ($p = 0.085$) s negativním vlivem na výsledek závisle proměnné, tedy vyšší procento tukové tkáně by znamenalo zhoršení výkonu v běhu pod palbou. Tento výsledek má logický podtext, kdy nižší mrtvá hmotnost je spojena s lepším výkonem v daném pohybovém úkolu, pokud se jedná o takto malou externí zátěž (Vanderburgh, 2008). Tento prediktor však nebyl statisticky významný, což

mohlo být způsobeno limitacemi a specifickým výzkumným vzorkem tohoto výzkumu. Další nezávisle proměnné nebyly statisticky významné, kdy Cooperův test se vztahuje primárně k aerobní kapacitě a dlouhodobé vytrvalosti, což je téměř opakem tohoto pohybového úkolu (Měkota a Novosad, 2005).

Celý model byl statisticky významný, ale jeho predikční schopnosti dosáhly explanace rozptylu výsledků pouze ze 30 % (upravené $R^2 = 0.304$). Z tohoto důvodu je důležité dbát opatrnosti při interpretaci výsledků, které nedosahují vysoké relevance.

6.1.5 Model 5 – Pěší přesun se zátěží

Pěší přesun s nesenou zátěží patří mezi jednu z nejčastějších činností vojáka v bojovém nasazení. Délka tohoto přesunu se může velmi lišit v závislosti na charakteru daného úkolu a stejně je tomu i v případě nesené zátěže. Field manual (1990) udává hmotnost 21.7 kg pro bezprostřední bojovou činnost, která ovšem často dosahuje až 25 kg, což byla námi zvolená hmotnost. Limit 32.7 kg je pak určený pro přesun s cílem přiblížení se k nepříteli a 32.7–81.4 kg pro dlouhodobý pobyt v operačním prostředí. Optimální zátěž pro vojáka byla stanovena na 30 % jeho tělesné hmotnosti a maximální zátěž by neměla překročit 45 % tělesné hmotnosti (Burba, 1986).

Z hlediska statistické významnosti se jako nejlepším prediktorem ukázal Cooperův běh, s odhadem koeficientu $\beta = -0.233 [-0.327, -0.140]$, $p < 0.001$, kdy vyšší uběhnutá vzdálenost v Cooperově běhu by měla znamenat zlepšení výkonu v přesunu se zátěží, čímž se potvrdila hypotéza **H5**. V souladu s výsledky této studie jsou i výsledky Brown (2009), kde jako statisticky významným prediktorem pěšího přesunu se zátěží 20 kg na vzdálenost 2.4 km, vyšel běh na 2.4 km ($p = 0.02$), který testuje totožné vytrvalostní schopnosti. Další výzkum zabývající se přesunem se zátěží 25 kg na vzdálenost 8 mil, identifikoval vhodným statistickým modelem lineární model s tělesnou hmotností a během na 2.4 km jako nezávisle proměnnými (upravené $R^2 = 0.71$, $p < 0.001$) (Coakley, 2018). V našem výzkumu se tělesná hmotnost neukázala jako statisticky významnou, což může být dáno velkým rozdílem ve vzdálenosti obou závisle proměnných. Další nezávisle proměnné také nevykazovaly statistickou významnost, patrně protože člunkový běh testuje rychlostní vytrvalost (NV MO č. 12, 2011). TTBH nevyšla shodně statisticky významná s výzkumem Coakley (2018).

Výsledky vlastností modelu ukázaly, že kombinace těchto nezávisle proměnných vysvětluje 50 % variability výsledků (upravené $R^2 = 0.504$), přičemž celý model byl

statisticky významný. S odhlédnutím od možného zkreslení výsledků vlivem nízkého počtu probandů se tento model jeví jako robustní.

Externí zátěž pro náš výzkumný vzorek se pohybovala od 41 do 25 % tělesné hmotnosti (průměrně 31 ± 4.1 %), což u nejlehčích probandů dosahuje téměř maximální doporučené hranice pro nesení zátěže. Tento fakt může znevýhodnit lehčí jedince oproti těžším při nesení stejně těžké externí zátěže, přičemž důležitým údajem bude, aby zmíněný rozdíl v hmotnosti obou vojáků představovala svalová hmota, ne tuková. Tato potenciální nevýhoda by se však pravděpodobně projevila až při vyšších hmotnostech externí zátěže, která by přesáhla citovaných 45 % tělesné hmotnosti nebo při delších vzdálenostech. (Vanderburgh, 2008)

6.1.6 Model 6 – Tažení figuríny

Tažení figuríny je specifickým bojovým úkolem, který je z určitého úhlu pohledu nejdůležitějším ze všech. Simuluje totiž odtažení raněného vojáka do bezpečí nebo minimálně z palebného prostoru, aby mu mohla být poskytnuta první pomoc. Vzhledem k průměrné tělesné hmotnosti vojáků a bojové zátěži, kterou musí nést, může při simulaci tohoto úkolu při výcviku hmotnost "oběti" dosahovat od 80 do 130 kg. (Canino a kol., 2019; Foulis a kol., 2017; Lockie a kol., 2020; Sterczala a kol. 2023)

Náš výzkum identifikoval nejlepším prediktorem pro tažení figuríny tělesnou hmotnost, s odhadem koeficientu $\beta = -0.577$ [-1.049, -0.105], $p = 0.019$, s pozitivním vlivem na výsledek závisle proměnné, čímž se potvrdila hypotéza **H6**. Tedy těžší jedinci by měli být v tomto úkolu zvýhodněni. Korelace z výzkumu Lockie a kol. (2020) poukazuje na středně silný korelační vztah mezi tělesnou hmotností a rychlostí tažení raněného u mužů i žen ($r = 0.53$, $p < 0.01$). Vyšší tělesná hmotnost může být výhodou při plnění specifických vojenských úkolů, zejména těch, které vyžadují absolutní sílu (např. zvedání, nošení a tahání) (Harman a Frykman, 1992; Vanderburgh, 2008). Jak uvádí Lockie (2020), vyšší tělesná hmotnost také znamená, že jedinci budou při chůzi obecně vytvářet větší sílu reakce na zem, což by mohlo ovlivnit i schopnost vytvářet sílu při úkolu tažení nebo vlečení.

Lineární model se ukázal jako statisticky nevýznamný ($p = 0.120$), přestože výsledky jsou v souladu s tvrzeními ostatních studií. Výsledky Modelu 6 by tedy neměly být relevantně interpretovány, i protože model vysvětluje pouze 13 %

(upravené $R^2 = 0.130$) rozptylu výsledků, je neparametricky rozložen, je zde přítomnost heteroskedasticity a také odlehlých hodnot probandů č. 25 a č. 28.

Vzhledem k převážně silové povaze testu by bylo vhodné zařadit do modelu spíše prediktory testující silové schopnosti jako např. mrtvý tah nebo sílu stisku ruky, což je předmětem druhé části tohoto výzkumu (Lockie a kol, 2020).

Právě vzhledem k silové orientaci pohybové úkolu pravděpodobně Cooperův běh a člunkový běh nezaznamenaly námi zvolené hodnoty statistické významnosti. TTBH by pravděpodobně s výkonem v tomto testu měla souviset, nicméně náš výzkumný vzorek měl poměrně vysoké procento svalové hmoty, a proto zůstala statisticky nevýznamnou (Kusano, 1997; Vanderburgh, 2008).

6.1.7 Vztah testu VO₂max a predikčního vzorce pro VO₂max

Tento vztah je zásadní pro získávání hodnot VO₂max u vojenských posádek, které nemají možnost měřit vojáky pomocí spiroergometrie. Pokud by právě hodnota VO₂max vyšla jako statisticky významná u některého z výše uvedených modelů, tedy byla vhodným prediktorem, v praxi by takovéto posádky nemohly tohoto prediktoru využívat. Navíc je laboratorní test VO₂max velmi finančně, logisticky i personálně nákladný.

Na toto téma již bylo provedeno mnoho studií např. Bandyopadhyaye (2014), Penry a kol. (2011) nebo Mayorga–Vega a kol. (2016), nicméně autoři tohoto výzkumu chtěli získat autentický vztah testu VO₂max a predikčního vzorce pro VO₂max právě pro tento výzkumný vzorek.

Výsledky ukázaly velmi silný korelační vztah ($r = 0.819$, $p < 0.001$) mezi testem VO₂max a predikčním vzorcem: $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = (22.351 \times \text{vzdálenost v kilometrech}) - 11.288$ (Das, 2013), což neodpovídá zjištění Bandyopadhyaye (2014), kde byl korelační vztah stanoven až na hladinu $r = 0.93$ ($p < 0.001$), a proto byla zamítnuta hypotéza **H7**. Důvodem pro tento rozkol může být odlišnost ve výkonnosti výzkumných vzorků, kdy průměrná hodnota VO₂max probandů z Indie byla 42.8 ± 4.0 ml/kg/min, zatímco průměrná hodnota našeho výzkumného vzorku byla rovna 57.5 ± 7 ml/kg/min. Jak uvádí Penry a kol. (2011) na základě jejich výzkumu, predikční schopnost Cooperova běhu pro VO₂max se může lišit v závislosti na výkonnosti běžce, kdy vyšší hodnoty jsou nadhodnocovány a ty nižší naopak podhodnocovány. Dalším potenciálním důvodem by mohla být odlišná intenzita obou výkonů, přičemž z výsledků je patrné, že oba testy

proběhly průměrně v obdobné intenzitě (průměr ST max. – 189 ± 8.7 a 189 ± 8.9 tepů), která se subjektivně blížila maximálnímu úsilí (průměr BŠ – 18.1 ± 1.2 a 17.5 ± 1.2).

V celkovém důsledku tedy lze použít výše uvedený predikční vzorec jako prediktor hodnoty $VO_2\text{max}$, nicméně je nutné počítat s určitým rozptylem výsledků, kdy se kriteriální validita Cooperova běhu může pohybovat od 0.78 do 0.93, což může být dáno odlišnostmi v testovacích protokolech nebo např. individuální schopností zapojení anaerobního metabolismu každého jedince při výkonu v Cooperově běhu. (Martínez–Lemos a kol., 2024; Bandyopadhyaye, 2014; Penry a kol., 2011; Mayorga–Vega a kol., 2016).

Veškeré výše uvedené výsledky je, vzhledem k množství probandů, které není zobecnitelné, potřeba vnímat primárně ve vztahu k tomuto výzkumnému vzorku, kdy např. tuková hmota, která v tomto výzkumu nevyšla jako statisticky významnou, byla v jiných studiích shledána jako důležitým ukazatelem výkonu ve vojensko–specifických úkolech (Kusano, 1997; Vanderburgh, 2008; Hydren a kol., 2017).

6.2 Limitující faktory práce

Je patrné, že práce má několik limitů, např. velikost výzkumného vzorku, kdy počet 31 probandů nemůže sloužit k relevantním statistickým závěrům o predikci konkrétních jevů a z tohoto důvodu je nutné dbát zvýšené opatrnosti v interpretaci dosažených výsledků. Z dalších limitů lze zmínit omezené znalosti v problematice regresní analýzy, omezené schopnosti v práci s výpočetními programy nebo lidské pochybení při sběru a zpracování dat, které potenciálně mohlo způsobit zkreslení výsledků. V poslední řadě je důležité zmínit, že ačkoli byly identifikovány jednotlivé předpoklady regresních modelů, nebylo s nimi dále nijak pracováno vzhledem k úpravě jednotlivých modelů.

7 Závěr

Po zpracování všech lineárních modelů bylo zjištěno, že nejvíce vypovídajícím prediktorem pro všechny vybrané pohybové úkoly byla celková tělesná hmotnost, která byla statisticky významnou celkem u čtyřech lineárních modelů (maximální zdvih zátěže, přenášení kanystrů s vodou, přesouvání pytle s pískem a tažení figuríny), přičemž v některých pohybových úkolech by byli zvýhodněni lehčí a v jiných zase těžší jedinci. Druhým nejčastěji statisticky významným prediktorem byl shledán Cooperův běh, který významně předpovídal výkon v celkem třech vojensko–specifických úkolech (přenášení kanystrů s vodou, přesouvání pytle s pískem a pěší přesun se zátěží), kdy se s rostoucí uběhnutou vzdáleností zlepšoval i výkon v těchto úkolech. Člunkový běh 10 × 10 metrů předpovídal pouze výkon v běhu pod palbou. Procento tukové hmoty bez oblasti hlavy nebylo statisticky významné v žádném vojensko–specifickém úkolu. Predikční vzorec pro výpočet hodnoty VO_{2max} z Cooperova běhu byl shledán jako dostatečně vypovídajícím pro účely AČR.

Zajímavými predikčními schopnostmi variability výsledků disponovaly modely pro maximální zdvih zátěže (66 %), přesouvání pytle s pískem (59 %) a přesun se zátěží (50 %), které by se po odstranění statisticky nevýznamných prediktorů a některých nežádoucích předpokladů daly využít pro výzkum s větším výzkumným vzorkem a v případě potvrzení těchto závěrů poté v praxi. Zbylé modely vyžadují korekci zařazení vybraných prediktorů, jelikož jejich schopnost predikce byla nízká.

Z dosažených výsledků je důležité si uvědomit, že dnešní operační prostředí vyžaduje po profesionálních vojácích komplexní pohybovou přípravu, tudíž je vhodné do této přípravy zařazovat jak silové, tak vytrvalostní prvky. Dále je patrné, že jedinci s vyšší tělesnou hmotností lépe odolávají nesené zátěži, ale naopak nejsou tak výkonní ve vytrvalostních výkonech s nízkou mrtvou hmotností. Cílem budoucí tělesné přípravy vojáků z povolání by tedy měl být všeobecný pohybový rozvoj s důrazem na aerobní, anaerobní a silové prvky. Za nežádoucí příklad by měl být považován voják jednostranně zaměřený jen na vytrvalostní nebo naopak silové schopnosti. Ideální voják by měl být univerzální, schopný na dostatečné úrovni plnit všechny pohybové úkoly, se kterými se v operačním prostředí setká.

Protože tato studie srovnávala pouze vytrvalostní a antropometrické prediktory, v budoucích výzkumech by bylo zajímavé zkombinovat prediktory zaměřující se na širší

škálu motorických schopností a vyselektovat z nich ty, které jsou pro profesionálního vojáka ve výše uvedených vojensko–specifických úkolech nejvíce důležité. Výstupem z této analýzy by po testování na velkém počtu probandů pak mohly být relativně konkrétní tréninkové plány zaměřující se na rozvoj zjištěných prediktorů, které by mohly podpořit efektivitu plnění úkolů našich vojáků v operačním prostředí.

Seznam literatury

1. Akinwande, M. O., Dikko, H. G., a Samson, A. (2015). Variance Inflation Factor: As a Condition for the Inclusion of Suppressor Variable (s) in Regression Analysis. *Open Journal of Statistics*, 05(07), 754–767. <https://doi.org/10.4236/ojs.2015.57075>
2. Andreoli, A., Garaci, F., Cafarelli, F. P., a Guglielmi, G. (2016). Body composition in clinical practice. *European Journal of Radiology*, 85(8), 1461–1468. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.02.005>
3. Army, U. S. G. U. (2020). *Army Techniques Publication ATP 7–22.01 Holistic Health and Fitness Testing October 2020*.
4. Army, U. S. G. U., a Army, U. (2010). *Training Circular TC 3–22. 20 (FM 21–20) Army Physical Readiness Training August 2010*. Createspace Independent Pub.
5. Åstrand, P., a Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. 3. vyd. McGraw–Hill Professional Publishing.
6. Baker, J., Ramsbottom, R., a Hazeldine, R. (1993). Maximal shuttle running over 40 m as a measure of anaerobic performance. *British Journal of Sports Medicine*, 27(4), 228–232. <https://doi.org/10.1136/bjism.27.4.228>
7. Bandyopadhyay, A. (2014). Validity of Cooper’s 12–minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. *Biology of Sport*, 32(1), 59–63. <https://doi.org/10.5604/20831862.1127283>
8. Beck, B., Carstairs, G. L., Odgers, J. N. C., Doyle, T. L. A., a Middleton, K. J. (2015). Jerry can carriage is an effective predictor of stretcher carry performance. *Ergonomics*, 59(6), 813–820. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1088074>
9. Beck, B., Ham, D. J., Best, S. A., Carstairs, G. L., Savage, R. J., Straney, L., a Caldwell, J. N. (2016). Predicting endurance time in a repetitive lift and carry task using linear mixed models. *PLoS One*, 11(7), e0158418. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158418>
10. Beck, B., Middleton, K. J., Carstairs, G. L., Billing, D. C., a Caldwell, J. N. (2016). Predicting stretcher carriage: Investigating variations in bilateral carry tests. *Applied Ergonomics/Applied Ergonomics*, 55, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.02.002>

11. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. (1996). *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 524S–532S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.524s>
12. Borg G. (1970). *Perceived exertion as an indicator of somatic stress*. *Scand J Rehabil Med.*; 2:92–98.
13. Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics Publishers.
14. Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5). <https://doi.org/10.1249/00005768-198205000-00012>
15. Brooks, G. A., Fahey, T. D. a Baldwin, K. M. (2004). *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications*. 4. vyd. Boston: McGraw Hill. ISBN 0–07–255642–0.
16. Brown, P. E. H. (2009). *Physical training for loaded marching performance among British Army recruits*. <http://eprints.chi.ac.uk/818/>
17. Buchfuhrer, M. J., Hansen, J. E., Robinson, T. E., Sue, D. Y., Wasserman, K., a Whipp, B. J. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *Journal of Applied Physiology*, 55(5), 1558–1564. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.5.1558>
18. Burba, E. H. (1986). The soldier's load. *Infantry* May–June: 2–3.
19. Canada. Department of National Defence. (2015). *FORCE Program Operations Manual*. Ottawa: DND Canada.
20. Canino, M. C., Foulis, S. A., Zambraski, E. J., Cohen, B. S., Redmond, J. E., Hauret, K. G., Frykman, P. N., a Sharp, M. A. (2019). U.S. Army Physical Demands Study: Differences in Physical Fitness and Occupational Task Performance Between Trainees and Active Duty Soldiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1864–1870. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002681>
21. Canva. (2024). Canva [Nástroj pro grafický design]. Dostupné z: <https://www.canva.com>
22. Chen, Y. (2016). Spatial Autocorrelation Approaches to Testing Residuals from Least Squares Regression. *PloS One*, 11(1), e0146865. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146865>

23. Cheung, S. S., a McLellan, T. M. (1998). Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1731–1739. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.5.1731>
24. Coakley, S., Myers, S., Walker, E., Hale, B., Jackson, S., Greeves, J., Roberts, R., a Blacker, S. (2019). 1.5 mile run time and body mass predict 8 mile loaded march performance, irrespective of sex. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(2), 217–221. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.07.007>
25. Cooper, K. H. (1968). A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *JAMA*, 203(3), 201–204. <https://doi.org/10.1001/jama.203.3.201>
26. Crawford, K., Fleishman, K., Abt, J. P., Sell, T. C., Lovalekar, M., Nagai, T., Deluzio, J., Rowe, R. S., McGrail, M. A., a Lephart, S. M. (2011). Less body fat improves physical and physiological performance in army soldiers. *Military Medicine*, 176(1), 35–43. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-10-00003>
27. Das, B. (2013). Estimation of maximum oxygen uptake by evaluating cooper 12–min run test in female students of West Bengal, India. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(4), 1008–1014. <https://doi.org/10.4100/jhse.2013.84.11>
28. Dean, C. E. (2008). The Modern Warrior’s Combat Load – Dismounted operations in Afghanistan. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(5), 60. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000321238.28174.55>
29. Department of the Army (1990). U.S. Army field manual No. 21–18, foot marches. Washington, DC: Headquarters, Department of the Army.
30. Dovalil, J. (2008). *Lexikon sportovního tréninku*. 2. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978–80–246–1404–5.
31. Dovalil, J. a Choutka, M. (2012). *Výkon a trénink ve sportu*. 4. vyd. Praha: Olympia. ISBN 978–80–7376–326–8.
32. Eveleth, P. B. (1995). Physical Status: The use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO expert committee. *American Journal of Human Biology*, 8(6), 786–787. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1520-6300\(1995\)8:6](https://doi.org/10.1002/(sici)1520-6300(1995)8:6)
33. Field, A., a Miles, J. (2000). *Discovering statistics using SPSS*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA90312900>

34. Foulis, S. A., Redmond, J. E., Frykman, P. N., Warr, B. J., Zambraski, E. J., a Sharp, M. A. (2017). U.S. Army Physical Demands Study: Reliability of simulations of physically demanding tasks performed by combat arms soldiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3245–3252. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001894>
35. Fox, J., a Weisberg, S. (2023). *car: Companion to Applied Regression*. [R package]. Dostupné z: <https://cran.r-project.org/package=car>.
36. Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., a Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 694–701. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.694>
37. Gallucci, M. (2019). *GAMLj: General analyses for linear models*. [jamovi module]. Dostupné z: <https://gamlj.github.io/>.
38. Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj–Sassi, R., Chamari, K., a Souissi, N. (2015). Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of Sport*, 32(3), 207–212. <https://doi.org/10.5604/20831862.1150302>
39. Goodpaster, B. H., Kelley, D. E., Thaete, F. L., He, J., a Ross, R. (2000). Skeletal muscle attenuation determined by computed tomography is associated with skeletal muscle lipid content. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 104–110. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.104>
40. Grosser., M. Z. (1994). *Training der konditionellen Fahigkaiten*. Schornodorf: Karl Hofmann. ISBN 9783778082027.
41. Harman, E. A., a Frykman, P. N. (1992). The relationship of body size and composition to the performance of physically demanding military tasks. 105–118. <https://eurekamag.com/research/002/527/002527149.php>
42. Hauschild, V. D., DeGroot, D. W., Hall, S. M., Grier, T. L., Deaver, K. D., Hauret, K. G., a Jones, B. H. (2016b). Fitness tests and occupational tasks of military interest: a systematic review of correlations. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(2), 144–153. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103684>
43. Hauschild, V. D., DeGroot, D. W., Hall, S. M., Grier, T. L., Deaver, K. D., Hauret, K. G., a Jones, B. H. (2016). Fitness tests and occupational tasks of military interest: a

- systematic review of correlations. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(2), 144–153. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103684>
44. Havlíčková, L. (1994). *Fyziologie tělesné zátěže I.: Obecná část*. Praha: Karolinum. ISBN 80–7066–506–8.
 45. Heller, J. (1996) *Fyziologie tělesné zátěže II: speciální část*. 3. díl. Praha: Karolinum. ISBN 80–7184–225–7.
 46. Heller, J. a Vodička, P. (2018). *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. 2. vyd. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978–80–246–3861–4.
 47. Henning, P. C., Park, B., a Kim, J. (2011). Physiological decrements during sustained military operational stress. *Military Medicine*, 176(9), 991–997. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-11-00053>
 48. Herman, S. L., a Smith, D. T. (2008). Four–Week dynamic stretching warm–up intervention elicits Longer–Term performance benefits. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1286–1297. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318173da50>
 49. Heyward, V. H., Wagner D.R. (2004). *Applied body composition assessment*. 2. vyd. Champaign, IL: Human Kinetics.
 50. Hnízdil, J. a Havel, Z. (2012). *Rozvoj a diagnostika vytrvalostních schopností*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem. ISBN 978–80–7414–476–9.
 51. Hydren, J. R., Borges, A. S., a Sharp, M. A. (2017). Systematic Review and Meta–Analysis of Predictors of Military Task Performance: Maximal lift capacity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1142–1164. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001790>
 52. Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N., a Rusko, H. (2008). Cardiac autonomic responses to standing up and cognitive task in overtrained athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 29(7), 552–558. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989286>
 53. Inchausti, P. (2022). *Statistical modeling with R: a dual frequentist and Bayesian approach for life scientists*. Oxford University Press.
 54. JASP Team (2023). *JASP (Version 0.18.2)* [Computer software]. Dostupné z: <https://jasp-stats.org>
 55. Jones, B. H., Bovee, M. W., Harris, J. M., a Cowan, D. N. (1993). Intrinsic risk factors for exercise–related injuries among male and female army trainees. *The American*

56. Khalil, S. F., Mohktar, M. S., a Ibrahim, F. (2014). The Theory and fundamentals of bioimpedance Analysis in clinical status monitoring and diagnosis of diseases. *Sensors*, 14(6), 10895–10928. <https://doi.org/10.3390/s140610895>
57. Kleinbaum, D., Kupper, L., Nizam, A., a Muller, K. (2007). *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*. ISBN 0–495–38496–8
58. Knapik, J. J., Harper, W., a Crowell, H. P. (1999). Physiological factors in stretcher carriage performance. *European Journal of Applied Physiology*, 79(5), 409–413. <https://doi.org/10.1007/s004210050530>
59. Knapik, J. J., Reynolds, K. L., a Harman, E. (2004). Soldier Load Carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Military Medicine*, 169(1), 45–56. <https://doi.org/10.7205/milmed.169.1.45>
60. Knapik, J. J., Sharp, M. A., Canham–Chervak, M., Hauret, K., Patton, J. F., a Jones, B. H. (2001). Risk factors for training–related injuries among men and women in basic combat training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 946–954. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00014>
61. Kohout, T. (2022). *Testování rychlostních a koordinačních schopností v armádním prostředí: systematická rešerše*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova
62. Kramer, H., Pickhardt, P. J., Kliwer, M. A., Hernando, D., Chen, G., Zagzebski, J. A., a Reeder, S. B. (2017). Accuracy of liver fat quantification with advanced CT, MRI, and ultrasound techniques: Prospective comparison with MR spectroscopy. *American Journal of Roentgenology*, 208(1), 92–100. <https://doi.org/10.2214/ajr.16.16565>
63. Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *Indian Journal of Medical Research*, 148(5), 648. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_1777_18
64. Kusano, M. A., Vanderburgh P. M., Bishop, P. (1997). Impact of body size on women's military obstacle course performance. *Biomed Sci Instrum*. 34:357–62.
65. Langmeier, M. (2009). *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada. ISBN 978–80–247–2526–0.
66. Lieberman, H. R., Castellani, J. W., a Young, A. J. (2009). Cognitive function and mood during acute cold stress after extended military training and recovery. *Aviation*,

67. Lockie, R. G., Moreno, M. R., Ducheny, S., Orr, R. M., Dawes, J. J., a Balfany, K. (2020). Analyzing the training load demands, and influence of sex and body mass, on the tactical task of a casualty drag via surface electromyography wearable technology. *PubMed*, 13(4), 1012–1027. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32922638>
68. Máček, M. a Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén. ISBN 978–80–7262–695–3.
69. Martínez–Lemos, I., Rodríguez, A. O., Diz, J., a Ayán, C. (2024). Reliability and criterion–related validity of the Cooper test in pre–adolescents and adolescents: A systematic review and meta–analysis. *Journal of Sports Sciences*, 42(3), 222–236. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2326352>
70. Matoušek, O. (2022). *Vytrvalostní schopnosti a jejich testování v armádním prostředí: systematická rešerše*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova.
71. Mayorga–Vega, D., Bocanegra–Parrilla, R., Ornelas, M., a Viciano, J. (2016). Criterion–Related Validity of the Distance– and Time–Based Walk/Run field Tests for estimating Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta–Analysis. *PLoS One*, 11(3), e0151671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151671>
72. McConnell, T. R. (1988). Practical Considerations in the Testing of VO₂ max in Runners. *Sports Medicine*, 5(1), 57–68. <https://doi.org/10.2165/00007256-198805010-00005>
73. Měkota, K. a Novosad J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80–244–0981–x.
74. Melichna, J. (1995). *Fyziologie tělesné zátěže. 2., Speciální část. 2. díl*. Praha: Karolinum. ISBN 80–7184–039–4.
75. Microsoft Corporation. (2016). *Microsoft Excel (Version 2016)* [Software]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com>
76. Ministerstvo obrany. (2011). *Normativní výnos Ministerstva obrany č. 12*. ISBN 384/2011–SRDS–OS MO
77. Moore, A., a Murphy, A. (2003). Development of an anaerobic capacity test for field sport athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3), 275–284. [https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(03\)80021-x](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(03)80021-x)

78. Morishita, S., Tsubaki, A., Takabayashi, T., a Fu, J. B. (2018). Relationship between the rating of perceived exertion scale and the load intensity of resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 40(2), 94–109. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000373>
79. Mount, J., a Zumel, N. (2019). *Practical Data Science with R, 2. vyd.* Simon and Schuster.
80. Muza S, Roussel M. (2018) *Fit, Nourished and Resilient, Army ALaT*, 151–155.
81. Myers, D. C., Gebhardt, D. L., Crump, C. E., a Fleishman, E. A. (1984). Validation of the military Entrance Physical Strength Capacity Test. [Dataset]. In *PsycEXTRA Dataset*. <https://doi.org/10.1037/e444592004-001>
82. Naghii, M. R. (2006). The importance of body weight and weight management for military personnel. *Military Medicine*, 171(6), 550–555. <https://doi.org/10.7205/milmed.171.6.550>
83. National Defence, Canadian Armed Forces (2024). *Force evaluation* [05/05/2024] dostupné z: <https://cfmws.ca/sport-fitness-rec/fitness-testing/cmtfe-force-evaluation/force-evaluation>
84. Nindl, B. C., Billing, D. C., Drain, J. R., Beckner, M. E., Greeves, J., Groeller, H., Teien, H. K., Marcora, S., Moffitt, A., Reilly, T., Taylor, N. A., Young, A. J., a Friedl, K. E. (2018). Perspectives on resilience for military readiness and preparedness: Report of an international military physiology roundtable. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(11), 1116–1124. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.05.005>
85. Ochrana, F. (2019). *Metodologie, metody a metodika vědeckého výzkumu*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. ISBN 978–80–246–4200–0.
86. Pearce, A. J., Rowe, G., a Whyte, D. G. (2012). Neural conduction and excitability following a simple warm up. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(2), 164–168. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.09.001>
87. Penry, J. T., Wilcox, A. R., a Yun, J. (2011). Validity and reliability analysis of Cooper's 12-Minute Run and the Multistage shuttle Run in healthy adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 597–605. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181cc2423>
88. Perič T., Dovalil J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada Publishing a.s. ISBN 978–80–247–6842–7.

89. Physical Employment Standards. (2020). Fit to Serve 2020 [05/05/2024]. Dostupné z: <https://www.army.mod.uk/physical-employment-standards/>.
90. Polar Electro. (2024). *Polar H10*. [05/05/2024] Dostupné z: <https://www.polar.com/cs/sensors/h10-heart-rate-sensor>
91. Ponce-García, T., Benítez-Porres, J., García-Romero, J. C., Castillo-Domínguez, A., a Alvero-Cruz, J. R. (2021). The Anaerobic Power Assessment in CrossFit® Athletes: An Agreement study. *International Journal of Environmental Research and Public Health/International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8878. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168878>
92. Pope, R. P., Herbert, R., Kirwan, J. D., a Graham, B. J. (1999). Predicting attrition in basic military training. *Military Medicine*, 164(10), 710–714. <https://doi.org/10.1093/milmed/164.10.710>
93. Powers, S. K. a Howley, E. T. (2007). *Exercise Physiology. Theory and Application to Fitness and Performance*. New York: Mc Graw-Hill International Edition.
94. Prentice, A. M., a Jebb, S. A. (2001). Beyond body mass index. *Obesity Reviews*, 2(3), 141–147. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2001.00031.x>
95. Přívětivý, L. (2004). *Vojenská tělovýchova*. Praha: Karolinum. ISBN 80-246-0805-7.
96. R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing (Version 4.3.3)* [Počítačový software]. R Foundation for Statistical Computing. Dostupné z: <https://www.r-project.org/>
97. Randomness and Integrity Services Ltd., *RANDOM.ORG*, Dublin, c1998–2024, dostupné z: <https://www.random.org>
98. Rice, V. J., a Sharp, M. A. (1994). Prediction of performance on two Stretcher-Carry tasks. *Work*, 4(3), 201–210. <https://doi.org/10.3233/wor-1994-4308>
99. Riegerová, J., Přidalová, M., Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. 3. vyd. Olomouc: Hanex. ISBN 80-85783-52-5.
100. Robertson, D. W., a Trent, T. (1985). *Documentation of muscularly demanding job tasks and validation of an Occupational Strength Test battery (STB)*. <https://doi.org/10.21236/ada162781>

101. Rohde, U., Sievert, A., R  ther, T., Witzki, A., a Leyk, D. (2015). Concept for a predeployment assessment of basic military fitness in the German Armed Forces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(Supplement 11), S211–S215. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001074>
102. Roy, T. C., Knapik, J. J., Ritland, B. M., Murphy, N., a Sharp, M. A. (2012). Risk factors for musculoskeletal injuries for soldiers deployed to Afghanistan. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 83(11), 1060–1066. <https://doi.org/10.3357/asem.3341.2012>
103. RStudio Team. (2022). *RStudio: Integrated Development for R (Version 2023.06.0.421)* [Po  ta  ov   software]. RStudio, PBC. Dostupn   z: <https://posit.co/>
104. Santtila, M., H  kkinen, K., Nindl, B. C., a Kyr  l  inen, H. (2012). Cardiovascular and neuromuscular performance responses induced by 8 weeks of basic training followed by 8 weeks of specialized military training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 745–751. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31822b72f1>
105. Santtila, M., Kyr  l  inen, H., a H  kkinen, K. (2009). Serum hormones in soldiers after basic training: Effect of added strength or endurance regimens. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(7), 615–620. <https://doi.org/10.3357/asem.2479.2009>
106. Sawka, M. N., Leon, L. R., Montain, S. J. a kol. (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr Physiol*; 1(4):1883–1928.
107. Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., a Halle, M. (2013). Associations between Borg’s rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 147–155. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2421-x>
108. Sharkey, B. J. a Gaskill, S. E. (2019). *Fyziologie sportu pro tren  ry*. P  elo  il Michal BARDA. Praha: Mlad   fronta. Edice   esk  ho olympijsk  ho v  boru. ISBN 978–80–204–4532–2.
109. Sharp, M. A., Knapik, J. J., Walker, L. A., Burrell, L., Frykman, P. N., Darakjy, S. S., Lester, M. E., a Marin, R. E. (2008). Physical Fitness and Body Composition after a 9–Month Deployment to Afghanistan. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(9), 1687–1692. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318176b978>

110. Siri, W. E. (1993). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *PubMed*, 9(5), 480–491; discussion 480, 492. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8286893>
111. Smith, C. D., Cooper, A. D., Merullo, D. J., Cohen, B. S., Heaton, K. J., Claro, P. J., a Smith, T. (2017). Sleep restriction and cognitive load affect performance on a simulated marksmanship task. *Journal of Sleep Research*, 28(3). <https://doi.org/10.1111/jsr.12637>
112. Southwick S. M., Charney D. S. (2012). The science of resilience: implications for the pre-vention and treatment of depression., 338(6103):79–82.
113. Sperlich, B., PhD, Fricke, H., De Marées, M., Linville, J. W., a Mester, J. (2009). Does respiratory muscle training increase physical performance? *Military Medicine*, 174(9), 977–982. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-04-6408>
114. Sterczala, A. J., Krajewski, K. T., Peterson, P. A., Sekel, N. M., Lovalekar, M., Wardle, S. L., O’Leary, T. J., Greeves, J. P., Flanagan, S. D., Connaboy, C., a Nindl, B. C. (2023). Twelve weeks of concurrent resistance and interval training improves military occupational task performance in men and women. *EJSS/European Journal of Sport Science*, 23(12), 2411–2424. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2239752>
115. Szivak, T. K., a Kraemer, W. J. (2015). Physiological readiness and resilience. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(Supplement 11), S34–S39. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001073>
116. Szivak, T. K., Kraemer, W. J., Nindl, B. C., Gotshalk, L. A., Volek, J. S., Gomez, A. L., Dunn–Lewis, C., Looney, D. P., Comstock, B. A., Hooper, D. R., Flanagan, S. D., a Maresh, C. M. (2014). Relationships of physical performance tests to military–relevant tasks in women. *PubMed*, 20–26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24706238>
117. Taylor, M. K., Markham, A. E., Reis, J. P., Padilla, G. A., Potterat, E. G., Drummond, S. P. A., a Mujica–Parodi, L. R. (2008). Physical fitness influences stress reactions to extreme military training. *Military Medicine*, 173(8), 738–742. <https://doi.org/10.7205/milmed.173.8.738>
118. The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.5) [Počítačový Software]. Dostupné z: <https://www.jamovi.org>.

119. Thibault, R., Genton, L., a Pichard, C. (2012). Body composition: Why, when and for who? *Clinical Nutrition*, 31(4), 435–447. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.12.011>
120. Thomas, E. L., Frost, G., Taylor–Robinson, S. D., a Bell, J. D. (2012). Excess body fat in obese and normal–weight subjects. *Nutrition Research Reviews*, 25(1), 150–161. <https://doi.org/10.1017/s0954422412000054>
121. Tomiyama, A. J., Hunger, J. M., Nguyen–Cuu, J., a Wells, C. (2016). Misclassification of cardiometabolic health when using body mass index categories in NHANES 2005–2012. *International Journal of Obesity*, 40(5), 883–886. <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.17>
122. Trojan, S. (2003). *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada. ISBN 80–247–0512–5.
123. Tyyskä, J., Kokko, J., Salonen, M., Koivu, M., a Kyröläinen, H. (2010). Association with physical fitness, serum hormones and sleep during a 15–day military field training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 356–359. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.04.005>
124. Vaara, J. P., Groeller, H., Drain, J., Kyröläinen, H., Pihlainen, K., Ojanen, T., Connaboy, C., Santtila, M., Agostinelli, P., a Nindl, B. C. (2021). Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. *EJSS/European Journal of Sport Science*, 22(1), 43–57. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1930193>
125. Vanderburgh, P. M. (2008). Occupational relevance and body mass bias in military physical fitness tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(8), 1538–1545. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31817323ee>
126. Vantarakis, A., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Vezos, N., Douroudos, I. I., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Kambas, A., Kalligeros, S., a Fatouros, I. G. (2017). A 2–Month linear periodized resistance exercise training improved musculoskeletal fitness and specific conditioning of Navy cadets. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1362–1370. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001599>
127. Vetter, T. R. (2017). Fundamentals of research data and variables: The devil is in the details. *Anesthesia and Analgesia/Anesthesia a Analgesia*, 125(4), 1375–1380. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000002370>

128. Viličková, Z. a. K. (2020). *Výživa sportovců a sportovní výkon*. 3. vyd. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum. ISBN 978-80-246-4455-4
129. WHO. (1998). *Obesity, prevention and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation on obesity*. Geneva: WHO. World Health Organization.
130. Wojsko Polskie. (2024). *Big wahadłowy*. [05/05/2024] dostupné z: <https://www.wojsko-polskie.pl/bieg-wahadlowy/>
131. Yu, L., Liu, X., Leng, S., Kofler, J. M., Ramirez-Giraldo, J. C., Qu, M., Christner, J., Fletcher, J. G., a McCollough, C. H. (2009). Radiation dose reduction in computed tomography: techniques and future perspective. *Imaging in Medicine*, 1(1), 65–84. <https://doi.org/10.2217/iim.09.5>

Seznam grafické dokumentace

Obrázky

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Determinanty operační odolnosti (upraveno dle Nindla a kol., 2018)..... | 17 |
| Obrázek 2 Rozdělení služební tělovýchovy (NV MO č.12, 2011)..... | 22 |
| Obrázek 3 Taxonomie motorických schopností podle Měkoty a Novosada (2005)..... | 24 |
| Obrázek 4 Schéma přeměny chem. energie v pohybovou (Máček a Radvanský, 2011) | 27 |
| Obrázek 5 Zdroje energie při zátěži různého trvání (1) (Vilikus a kol., 2020) | 31 |
| Obrázek 6 Zdroje energie při zátěži různého trvání (2) (Vilikus a kol., 2020) | 32 |
| Obrázek 7 Schéma členění vytrval. schopností dle kritérií (Hnízdil a Havel, 2012)..... | 35 |
| Obrázek 8 Metodické kroky při použití experimentu (Ochrana, 2019)..... | 50 |
| Obrázek 9 Úkoly práce (zdroj: autor) | 51 |
| Obrázek 11 Průběh výzkumu (zdroj: autor) | 54 |
| Obrázek 10 Kritéria výběru výzkumného vzorku (zdroj: autor) | 55 |
| Obrázek 12 Grafické znázornění průběhu výzkumu (zdroj: autor) | 57 |
| Obrázek 13 Grafické zobrazení člunkového běhu 10 × 10 m (zdroj: autor)..... | 60 |
| Obrázek 14 Grafické zobrazení tažení figuríny (zdroj: autor) | 61 |
| Obrázek 15 Grafické zobrazení člunkového běhu pod palbou (zdroj: autor) | 62 |
| Obrázek 16 Grafické zobrazení přesouvání pytle s pískem (zdroj: autor)..... | 62 |
| Obrázek 17 Grafické znázornění přenášení kanystrů (zdroj: autor) | 63 |
| Obrázek 18 Figurína pro test tažení figuríny (zdroj: autor) | 64 |
| Obrázek 19 Oděv a balistická výstroj probandů (zdroj: autor)..... | 65 |
| Obrázek 20 Batoh a platforma pro maximální zdvih zátěže (zdroj: autor)..... | 66 |
| Obrázek 21 Batoh pro pěší přesun se zátěží (zdroj: autor)..... | 66 |
| Obrázek 22 Zátěžový pytel a platforma pro přesouvání pytle s pískem (zdroj: autor)... | 67 |
| Obrázek 23 Kanystry pro test přenášení kanystrů (zdroj: autor)..... | 67 |

Tabulky

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Přehled výkonnostních norem –skupina A (NV MO č. 12, 2011)..... | 41 |
| Tabulka 2 Přehled výsledků výzkumného souboru | 71 |
| Tabulka 3 Přehled výsledků jednotlivých testů | 73 |
| Tabulka 4 Test multikolinearity..... | 74 |
| Tabulka 5 Výsledky Cookovy vzdálenosti – maximální zdvih zátěže | 74 |
| Tabulka 6 Výsledky testu normality – maximální zdvih zátěže..... | 75 |

| | |
|---|----|
| Tabulka 7 Výsledky testu nezávislosti residuí – maximální zdvih zátěže | 75 |
| Tabulka 8 Vlastnosti modelu – maximální zdvih zátěže..... | 75 |
| Tabulka 9 Výsledky odhadu koeficientů modelu – maximální zdvih zátěže (kg)..... | 76 |
| Tabulka 10 Výsledky Cookovy vzdálenosti – přenášení kanystrů s vodou | 77 |
| Tabulka 11 Výsledky testu normality – přenášení kanystrů s vodou | 77 |
| Tabulka 12 Výsledky testu nezávislosti residuí – přenášení kanystrů s vodou..... | 78 |
| Tabulka 13 Vlastnosti modelu – přenášení kanystrů s vodou | 78 |
| Tabulka 14 Výsledky odhadu koeficientů modelu – přenášení kanystrů s vodou (m)... | 78 |
| Tabulka 15 Výsledky Cookovy vzdálenosti – Přesouvání pytle s pískem..... | 80 |
| Tabulka 16 Výsledky testu normality – přesouvání pytle s pískem | 80 |
| Tabulka 17 Výsledky testu nezávislosti residuí – přesouvání pytle s pískem..... | 80 |
| Tabulka 18 Vlastnosti modelu – přesouvání pytle s pískem | 81 |
| Tabulka 19 Výsledky odhadu koeficientů modelu – přesouvání pytle s pískem (s) | 81 |
| Tabulka 20 Výsledky Cookovy vzdálenosti – běh pod palbou | 82 |
| Tabulka 21 Výsledky testu normality – běh pod palbou..... | 83 |
| Tabulka 22 Výsledky testu nezávislosti residuí – běh pod palbou | 83 |
| Tabulka 23 Vlastnosti modelu – běh pod palbou | 83 |
| Tabulka 24 Výsledky odhadu koeficientů modelu – běh pod palbou (s)..... | 84 |
| Tabulka 25 Výsledky Cookovy vzdálenosti – pěší přesun se zátěží..... | 85 |
| Tabulka 26 Výsledky testu normality – pěší přesun se zátěží..... | 85 |
| Tabulka 27 Výsledky testu nezávislosti residuí – pěší přesun se zátěží | 85 |
| Tabulka 28 Vlastnosti modelu – pěší přesun se zátěží..... | 86 |
| Tabulka 29 Výsledky odhadu koeficientů modelu – pěší přesun se zátěží (s)..... | 86 |
| Tabulka 30 Výsledky Cookovy vzdálenosti – tažení figuríny | 87 |
| Tabulka 31 Výsledky testu normality – tažení figuríny..... | 88 |
| Tabulka 32 Výsledky testu nezávislosti residuí – tažení figuríny | 88 |
| Tabulka 33 Vlastnosti modelu – tažení figuríny..... | 88 |
| Tabulka 34 Výsledky odhadu koeficientů modelu – tažení figuríny (s)..... | 89 |
| Tabulka 35 Výsledky testu normality – Cooperův běh a VO ₂ max..... | 90 |
| Tabulka 36 Výsledky korelační matice..... | 90 |
| Tabulka 37 Výsledky sledování intenzity – Cooperův běh a VO ₂ max..... | 90 |

Grafy

| | |
|---|----|
| Graf 1 Kvantil – kvantil graf – maximální zdvih zátěže (zdroj: autor)..... | 76 |
| Graf 2 Kvantil – kvantil graf – přenášení kanystrů s vodou (zdroj: autor) | 79 |
| Graf 3 Kvantil – kvantil graf – přesouvání pytle s pískem (zdroj: autor) | 82 |
| Graf 4 Kvantil – kvantil graf – běh pod palbou (zdroj: autor) | 84 |
| Graf 5 Kvantil – kvantil graf – pěší přesun se zátěží (zdroj: autor)..... | 87 |
| Graf 6 Kvantil – kvantil graf – tažení figuríny (zdroj: autor)..... | 89 |

Seznam příloh

| | |
|--|------|
| Příloha 1 Žádost Etické komisi..... | I |
| Příloha 2 Informovaný souhlas..... | IV |
| Příloha 3 Patnáctibodová škála vnímaného úsilí (Morishita a kol., 2018)..... | VI |
| Příloha 4 CR–10 škála vnímaného úsilí (Morishita a kol., 2018) | VII |
| Příloha 5 Záznamový arch..... | VIII |
| Příloha 6 Technické údaje o snímači srdeční frekvence FlexiGuard 1.0.2..... | IX |
| Příloha 7 Plakáty použité pro propagaci výzkumu | XII |

Přílohy

Příloha I Žádost Etické komisi

CHARLES UNIVERSITY
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
Josef Martího 31, 162 52 Prague 6–Veselavín

Application for Approval by UK FTVS Ethics Committee

of a research project, qualification, or seminar work involving human subjects

The title of the project: Verification of the relevance of physical fitness metrics in the context of specific performance of military personnel

Project form: research project

Period of realisation of the project: November 2023 – November 2025

Applicant: Jan Maleček, PhD (Department of Military Physical Education, Faculty of Physical Education and Sport, Charles University)

Lead researcher: Jan Maleček, PhD (DMPE, FPES, Charles University)

Workplace: FPES Charles University – gym and athletic tunnel, FPES BML laboratory, athletic stadium – José Martího 269/31, 162 52, Prague 6 – Veselavín

Co-researcher(s): David Mašek, BA.; Ondřej Matoušek, BA.; Roman Malif, MS.; Vladan Oláh, MS.; Vít Třebický, PhD.; Assoc. Prof. Michal Vágner, PhD.

Supervisor of the project: Jan Maleček, PhD

Financial support: the project has no financial support

Project description: This project endeavours to explore the interplay between endurance and strength capabilities and their impact on performance in specialized military evaluations that mimic operational burdens encountered by military personnel. Through this analysis, we aim to determine the significance of certain physical fitness metrics in predicting and enhancing the operational performance of military individuals.

Aims of the research: - To evaluate endurance, strength, and military-specific capabilities and examine the interrelationships between these variables.

Material and methods: Participants will undergo a series of 4 measurements over two weeks: 1) body composition analysis by DEXA (Dual energy x-ray absorptiometry) – total time allocation: 20 minutes; laboratory measurement of VO₂max on a treadmill (test to exhaustion; Bruce protocol will be used, VO₂max will be determined by using a gas analysis system; exercise intensity will be measured by wearing a chest strap and a sporttester, to evaluate subjective exercise intensity, participants will be asked the Borg scale measurement of perceived effort) – total time allocation: 20 minutes; 2) Cooper's test at the athletic stadium (running for 12 minutes for the longest distance possible; intensity of performance will be measured by using a chest strap and a sporttester, participants will be asked about the Borg scale of perceived effort to evaluate subjective intensity of their performance) – time allocation: 30 minutes; 3) strength tests: a) pull-ups, push-ups, and sit-ups for maximum repetitions, b) maximal vertical jump, c) medicine ball throw in seated position with back support, d) hexbar deadlift (one repetition maximum), e) shuttle run (10 × 10 meters), f) handgrip strength – total time allocation: 90 minutes; 4) military specific tests: a) infantry movement with a load for 2 km (military gear and equipment – ballistic vest, helmet, mock-up rifle, backpack weighing – total 25 kg), b) pulling a 110 kg dummy for 20 metres measuring time, c) simulated extrication of a casualty from a vehicle (repeated vertical lifting of a 70 kg load on a rope in an elevated position on a 30 cm tall box), d) moving an external load (20 kg sandbag – 20 × 30 metres), e) max. single lift: participants will lift power (sand) bags from the floor to a 1.50 m platform – total time allocation: 90 minutes. All of these tests are standard components of physical fitness assessments routinely conducted in military forces globally, including the Czech, US, and British armies.

Characteristics of participants in the research: The planned sample of this research will be consisted of 20–30 volunteer participants – male students of the Department of Military Physical Education, FPES at Charles university with a valid medical examination and without any medical restrictions. The age of the participants will be from 19 to 35 years. Persons with acute, especially infectious diseases, injuries, limitations of their musculoskeletal system and persons in recovery from a disease or an injury will not participate in the research. The participants will only be approached by project co-researchers (their classmates). The project will be presented to all the Military students who will then have the opportunity to voluntarily participate. It will be explicitly explained to them that they may withdraw from the research at any time without giving any reason. Faculty teachers and supervisors of potential participants will not interfere in any way with the process of approaching and deciding about the research.

Ensuring safety within the research: This is a non-invasive method of data acquisition. Due to the disciplines of the exercise protocol, there is some risk of falling, abrasion, or muscle strain. Prevention and minimization of the risk will be ensured by adequate athletic wear, warm-up prior to the exercise, and supervision throughout the study.

Adequate environmental conditions will be provided within the research setting, with the exception of running in an athletic stadium where we will be guided by weather conditions (running will not be conducted in rainy, freezing or stormy weather that could pose an immediate threat to the safety of participants. The risks associated with participation in this research will not be greater than those normally expected for activities and testing conducted as part of this type of research or normal exercise of the selected sample. Safety and supervision during testing will be provided by qualified scientists experienced in both the instrumentation and the operation of the tests. A minimum of two soldiers who have successfully completed a military first aid course will also be always present during the research. Safety will be provided in the standard way. Any medical problems will be dealt via ambulance service (155).

Ethical aspects of the research: Participation in this study will be always voluntary and only healthy and adult individuals will be allowed to participate.

Potential conflict of interest: In this research, the members of the research team are not aware of any potential or actual conflict of primary (e.g., participants and broader public welfare, or the validity of research) or secondary interests (e.g., financial and other gains or personal rivalry) that could influence the integrity and objectivity of this study.

Neither I nor any of the research team has a private interest in the results of the research, nor does the research lead to personal gain.

The views expressed are solely those of the authors' research and do not reflect the official policy or position of the Czech Army, the Department of Defense, or the Czech Government.

Protection of personal data: The data collected in this project by the methods described above will be collected and processed following the General Data Protection Regulation of the European Union No. 2016/679 and Law No. 110/2019 Code. Following personal data will be gathered: name and surname, age, sex, body height, body weight, and data obtained by the above methods. All obtained data will be stored in a computer secured by a password, which will be accessible only to researchers of this project. The data will be processed only in an anonymous form, i.e., the data will not contain any information that could individually or in its summary lead to identifying a specific person. Any personal data that could lead to identifying a specific person will be anonymized at the latest 14 days after the data collection. The data will be used for scientific and research purposes only and will not be passed on to third parties. The obtained data will be processed, securely stored, and published anonymously in scientific journals, data repositories, and monographs and presented at conferences or used in further research work and qualification thesis at FPES CUNI.

Taking photographs of the participants: With the participant's informal consent, we will capture images of participants during testing. These photographs will be utilized for marketing our research and for publication purposes. We commit to ensuring participants' privacy, and any image that risks identifying an individual will be anonymized. Anonymization of individuals in photographs will be carried out by blacking out/blurring faces or body parts, and any distinctive features that could lead to the identification of the subject. Unanonymized photographs will be securely stored on a password-protected computer located in a locked area, accessible only to the lead researcher, Jan Maleček, and will be deleted within 14 days after testing. Only anonymized photographs will be published.

Taking videos recordings of the participants: Anonymization of individuals in videos will be carried out by blacking out/blurring faces or body parts, and any distinctive features that could lead to the identification of the subject. Unanonymized videos will be securely stored on a password-protected computer located in a locked area, accessible only to the lead researcher, Jan Maleček, and will be deleted within 14 days after testing. Only anonymized videos recordings will be published.

There will be no audio recordings within this research.

I shall ensure that the research data will not be misused to the maximum extent possible.

Informed consent: The informed consent sheet can be found attached.

It is the duty of all participants of the research team to protect life, health, dignity, integrity, the right to self-determination, privacy, and protection of the personal data of all research subjects and to undertake all possible precautions. Responsibility for the protection of all research subjects lies on the researcher(s) and not on the research subjects themselves, even if they gave their consent to participate in the research. All participants of the research team must take into consideration ethical, legal, and regulative norms and standards of research involving human subjects applicable not only in the Czech Republic but also internationally.

CHARLES UNIVERSITY
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
José Martího 31, 162 52 Prague 6–Velešlavín

I confirm that this project description corresponds to the plan of the project and, in case of any change, especially of the methods used in the project, I will inform the UK FTVS Ethics Committee, which may require a re-submission of the application form.

In Prague, 10 / 11 / 2023

Applicant's signature:

Approval of UK FTVS Ethics Committee

The Committee: Chair:

Doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.

Members:

Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

The research project was approved by UK FTVS Ethics Committee under the registration number:

204/2023

Date of approval:

15. 11. 2023

UK FTVS Ethics Committee reviewed the submitted research project and found **no contradictions** with valid principles, regulations, and international guidelines for carrying out research involving human subjects.

The applicant has met the necessary requirements for receiving approval of UK FTVS Ethics Committee.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
José Martího 31, 162 52, Praha 6
- 20 -


Signature of the Chair of UK FTVS Ethics Committee

Příloha 2 Informovaný souhlas

CHARLES UNIVERSITY
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
Josef Martího 31, 162 52 Prague 6–Velešlavín

INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 207/2023

Vážený pane, vážená paní,
v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013), Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem „Verifikace relevance metrik fyzické kondice v kontextu specifického výkonu vojenského personálu“ prováděné v posilovně FTVS UK, v atletickém tunelu FTVS UK a na atletickém ovále s přílehlou travnatou plochou.

Projekt bude probíhat v období: listopad 2023 – listopad 2025

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR. Projekt není financován.

Cílem tohoto projektu je analyzovat vztahy mezi vytrvalostními a silovými schopnostmi a výkony při specifických vojenských trestech simulujících operační zatížení u vojenského personálu.

Jedná se celkově o 4 dny měření. Pauza mezi jednotlivými dny měření bude minimálně 24 h.
Mezi jednotlivými testy budou pauzy 5-10 minut.

Budete se účastnit následujících měření:

1. den měření – analýza tělesné kompozice metodou DEXA (Dual energy x-ray absorptiometry),
– laboratorní měření VO_{2max} na běžeckém trenažeru.
2. den měření – Cooperův test na atletickém ovále, shyby, kliky a leh–sedý
3. den měření – vertikální výskok,
– odhod medicínbalu,
– mrtvý tah s hexbar osou,
– člunkový běh (10 × 10 metrů),
– síla stisku ruky
4. den měření – pěší přesun se zátěží
– tažení figuríny
– simulované vytahování raněného z vozíku
– přesouvání externí zátěže
– maximální zdvih btemene

STANDARDIZACE JEDNOTLIVÝCH TESTŮ

- Během všech testů budete mít na sobě sportovní oblečení a obuv.
- Bude Vám vysvětleno provedení všech motorických testů
- Podstoupíte 10 min zahřátí a mobilizaci na pokyny testujícího.

TESTY – podrobné informace

Testování vytrvalostních schopností:

1. VO_{2max} test:
– Testování proběhne na běžeckém trenažeru, VO_{2max} bude stanovena pomocí systému plynové analýzy.
– Zátěžové parametry budou nastaveny podle standardizovaného Bruce protokolu.
2. Cooperův test:
– Test bude probíhat na atletickém ovále UK FTVS
– Doba trvání bude 12 min.
– Zahájení na povel měřícího.
– Nasazení při testu se bude hodnotit využitím Borgovy škály a monitoringem tepové frekvence pomocí chytrých hodinek s hrudním pásem.

Testování silových schopností:

- Pauza mezi jednotlivými testy bude maximálně 10 min.
- 1. Silová vytrvalost horní poloviny těla – shyby:
– Maximální počet opakování (nadhmatem).
– Test končí chybným, či neúplným provedením motorického testu.
– Zahájení ve visu na povel měřícího.
- 2. Silová vytrvalost trupu – leh–sedý:
– Maximální počet opakování
– Test končí chybným, či neúplným provedením motorického testu
– Zahájení v dolní poloze sed–lehu na povel měřícího.
- 3. Silová vytrvalost horních poloviny těla – kliky
– Maximální počet opakování
– Test končí chybným, či neúplným provedením motorického testu.
– Zahájení v dolní poloze kliku na povel měřícího
- 4. Explosivní síla dolních končetin – vertikální výskok:
– Proběhne s využitím siloměrných desek HAWKINDYNAMICS.
– Začínáte ve stoji mírně rozkročeném, ruce v bok a na povel měřícího provedete dřep s následným vertikálním výskokem s maximálním úsilím.

- Celkem 3 skoky s 30 s intervalem mezi jednotlivými skoky
- Zahájení na povel měřícího
- 5. Explosivní síla horních končetin – trčení medicínbalu:
– Medicínbal o hmotnosti 4 kg
– Máte 3 pokusy.
– Sednete si na zem a opřete se zády o zeď, po dotyku medicínbalu prsou, trčíte medicínbal vši silou před sebe.
– Zahájení na povel měřícího.
- 6. Explosivní síla – 100 m člunkový běh:
– 10x10 m člunkový běh ve vyznačeném prostoru (vždy se dotknete rukou vyznačené linie).
– Každý absolvuje jedno měření.
– Zahájení na povel měřícího.
- 7. Maximální síla – mrtvý tah:
– Test je prováděn s „hex“ osou.
– Maximálnímu výkonu předchází 2 rozehtívací série se 70 % a druhá s 85 % 1 RM

CHARLES UNIVERSITY
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
Josef Martího 31, 162 52 Prague 6–Veselavín

STANDARDIZACE JEDNOTLIVÝCH VOJENSKÝCH TESTŮ

- Během všech testů budete mít na sobě vojenskou ústroj vz. 95 a kanady
- Bude Vám vysvětleno provedení všech motorických testů.
- Podstoupíte 10 min. zahřátí a mobilizaci na pokyny testujících

1. Tažení figuriny

- Tažení figuriny po 20 m vyznačeném úseku
- Figurína o hmotnosti 110 kg.
- Test bude proveden maximálním možným úsilím
- Zahájení na povel měřičiho.
- Čas na provedení testu bude 1 min.

2. Přenášení kanystrů.

- Přenášení dvou 22 kg kanystrů naplněných vodou.
- Délka tratě bude 240 m (4x60 m).
- Zahájení na povel měřičiho
- Časový limit bude 10 min.

3. Peší přesun se zátěží:

- Délka tratě bude 2 km
- Zátěž bude rovna 25 kg (balistická vesta, maketa dlouhé zbraně, batoh, přílba).
- Zahájení na povel měřičiho

4. Simulované vytahování raněného z vozidla

- Opakované vytahování zátěže na laně
- Zátěž bude rovna 70 kg.
- Proband bude stát na dvou bednách o výšce 30 cm
- Zahájení na povel měřičiho
- 5. Přesouvání externí zátěže:
- Pytel s pískem o hmotnosti 20 kg.
- Vzdálenost bude rovna 600 m (20 x 30 m).
- Po každém úseku odhodíte pytel a znovu ho zvedne.
- Časový limit tohoto testu bude 25 min.

Časová náročnost projektu:

- 20 min DEXA
- 20 min test VO2Max
- 30 min Cooperův test (včetně zahřátí)
- 90 min testy silových schopností
- 90 min vojenské testy

Jedná se o neinvazivní metodu. Vzhledem k disciplinám zátěžového protokolu je určité riziko pádu, odření, nebo natažení svalů. Prevence bude zajištěna adekvátním sportovním oděvem a důkladným rozcvičením před výkonem. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí v rámci daného výzkumu, s výjimkou běhu na atletickém stadionu, kde se budeme řídit podmínkami počasí, nicméně zmíněný běh nebude probíhat za deštivého, mrazivého nebo bouřkového počasí, které by mohlo bezprostředně ohrozit bezpečnost probandů. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžné očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Bezpečnost a dozor při testování bude zajištěna kvalifikovanými vědeckými pracovníky se zkušenostmi s měřicími přístroji i s provozováním daných testů. Během výzkumu budou také vždy přítomni minimálně dva vojáci s úspěšně absolvovaným vojenským kurzem první pomoci. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem. Případné zdravotní potíže budou řešeny prostřednictvím ZS 155

Výzkumu se neúčastní osoby s akutním zejména s infekčním onemocněním, úrazem, s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu nebo v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu. Účastníci výzkumu musí mít platnou lékařskou prohlídku.

Z kteréhožkoliv testu můžete kdykoliv odstoupit bez udání důvodu.

Přínosem tohoto výzkumu pro Vás bude zjištění Vaší aktuální hodnoty VO_{2max} podle standardizovaného testu, zjištění tělesné kompozice metodou DEXA, zjištění úrovně Vaší maximální síly a dalších silových schopností a úroveň Vašich specifických, vojenských, pohybových dovedností a výkonnosti během vojenského operačního zatížení. Dalším přínosem pro Vás bude zkušenost s aktivní účastí na vědeckém projektu. Osobní výsledky vám budou předány do 14 dnů po posledním měření, poté budou data anonymizována a nebude možno Vaši osobu rozpoznat.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci ve studentském informačním systému UK nebo na e-mailové adrese: malecek.honza@gmail.com

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.

Data budou shromažďována a zpracována v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – O zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje – jméno a příjmení, pohlaví, věk, výška, váha, data získaná výše uvedenými metodami – které budou bezpečně uchovány heslem na zajištěném počítači v uzamčeném prostoru. Budou k nim mít přístup pouze řešitel a školitel. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotlivé osoby nebyly rozpoznatelné v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou bezprostředně do 14 dnů po testování anonymizována. Získaná data budou zpracována, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, v monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

V rámci výzkumu budeme pořizovat fotografie a videa. Anonymizace osob na fotografiích a videích bude provedena začerněním nebo rozmazáním obličejů nebo částí těla a odstraněním znaků, které by mohly vést k identifikaci osoby. Neanonymizované fotografie a videa budou bezpečně uloženy na počítači chráněném heslem v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze hlavní výzkumník Jan Maleček, a do 14 dnů po provedení testování budou smazány. K publikaci budou použity pouze anonymizované fotografie a videa.

Jméno a příjmení hlavního předkladatele a hlavního řešitele projektu: Mgr. Jan Maleček, Ph.D.

Jméno a příjmení nezávislé osoby, která provedla poučení: Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvědit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasně a srozumitelně odpovědi na své dotazy. Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k vybraným sportovním aktivitám. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis

Příloha 3 Patnáctibodová škála vnímaného úsilí (Morishita a kol., 2018)

| Rating | Descriptor |
|---------------|--------------------|
| 6 | No Exertion at all |
| 7 | Extremely Light |
| 8 | |
| 9 | Very light |
| 10 | |
| 11 | Light |
| 12 | |
| 13 | Somewhat Hard |
| 14 | |
| 15 | Hard (Heavy) |
| 16 | |
| 17 | Very Hard |
| 18 | |
| 19 | Extremely Hard |
| 20 | Maximal Exertion |

Příloha 4 CR–10 škála vnímaného úsilí (Morishita a kol., 2018)

| Rating | Descriptor |
|---------------|-------------------|
| 0 | Rest |
| 1 | Very, very easy |
| 2 | Easy |
| 3 | Moderate |
| 4 | Somewhat hard |
| 5 | Hard |
| 6 | – |
| 7 | Very hard |
| 8 | – |
| 9 | – |
| 10 | Maximal |

Příloha 5 Záznamový arch

| | |
|--------|---|
| ID: | 1 |
| AGE: | |
| GROUP: | |

| 1. MEETING | Date: | START TIME: | FINISH TIME: |
|------------------------------|-------|-------------|--------------|
| Height (cm): | | | |
| Weight (kg): | | | |
| Arm lenght (cm): | | | |
| Leg lenght (cm): | | | |
| Fat (%): | | | |
| Total_Mass (kg): | | | |
| Fat_Mass (kg): | | | |
| Lean_Mass (kg): | | | |
| Bone_mineral_content (kg): | | | |
| VO2max (mL/kg/min): | | | |
| maxHR_after_treadmill (bpm): | | | |
| RPE_VO2max: | | | |

| 2. MEETING | Date: | START TIME: | FINISH TIME: |
|---------------------------|-------|-------------|--------------|
| Pull_ups (reps): | | | |
| RPE_Pull_ups: | | | |
| Distance_Cooper (m): | | | |
| maxHR_after_cooper (bpm): | | | |
| RPE_Distance_Cooper: | | | |

| 3. MEETING | Date: | START TIME: | FINISH TIME: |
|------------------------------|---|-------------|--------------|
| RANDOMIZATION sequence: | 6 1 3 7 4 2 5 | | |
| 1 Push_ups (reps In 30 sec): | | | |
| 2 Sit_ups (reps In 60 sec): | | | |
| 3 CMJ (cm): | 1st:.....2nd:.....3rd:..... | | |
| 4 Seated_medball_throw (cm): | 1st:.....2nd:.....3rd:..... | | |
| 5 1RM Deadlift (kg): | Estimated:.....Maximal:..... | | |
| Warm_up lifts (kg): | 20%:.....40%:.....60%:.....80%:.....90%:..... | | |
| Maximal_lifts (kg): | 1st:.....2nd:.....3rd:.....4th:.....5th:..... | | |
| Width of stance (cm): | | | |
| 6 HandGrip_strength (N): | L:.....P:.....L:.....P:.....L:.....P:..... | | |
| 7 ShuttleRun (sec): | | | |

| 4. MEETING | Date: | START TIME: | FINISH TIME: |
|-----------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| RANDOMIZATION sequence: | 4 3 1 2 5 6 | | |
| 1 Casualty_Drag_20m (sec): | | | |
| RPE_Casualty_Drag: | | | |
| 2 Single_lift_mass_max. (kg): | | | |
| RPE_Single_lift_mass: | | | |
| 3 Water_can_carry_2minutes (sec): | | | |
| RPE_Water_can_carry: | | | |
| 4 Repeated_LiftCarry_600m (min): | | | |
| RPE_Repeated_LiftCarry: | | | |
| 5 Fire_movement_60m (sec): | | | |
| RPE_Fire_movement: | | | |
| 6 2km_Loaded_March_20kg (min): | | | |
| RPE_Loaded_March: | | | |

Popis a parametry systému

Systém FlexiGuard umožňuje dlouhodobé telemetrické sledování zdravotně-fyziologických parametrů a environmentálních parametrů člověka v reálném čase. Umožňuje individuální i hromadný monitoring v reálném čase, všechny snímané parametry ukládá pro zpětnou analýzu trendů, reakcí i stavu probanda a to jak lokálně na osobní snímací jednotce na paměťovou kartu u každého monitorovaného jedince, tak i centrálně na vizualizační jednotce (viz dále). Pracuje s osobními profily jednotlivých probandů, meze jednotlivých parametrů lze individuálně nastavovat a sledovat vývoj během jednotlivých fází tréningu, akce, výcviku, zásahu apod. a individuální reakce na jednotlivé podněty psychické a fyzické zátěže; všechny parametry lze snímat z více probandů najednou a zobrazit je ve stejné časové ose. Základními monitorovanými parametry jsou: tepová frekvence, fyzická aktivita, teplota těla, teplota a vlhkost okolí (zpravidla pod oděvem) a dechová křivka.

Osobní snímací jednotka

Systém je možné vybavit až 30 snímacími jednotkami, které jsou schopné pracovat současně v reálném čase. Každý proband má v oděvu či ve výstroji umístěnou osobní snímací jednotku, která obsahuje řídicí mikrokontrolér, radiové komunikační rozhraní, napájecí modul a sadu základních senzorů.

Základní vestavěné senzory a použité technologie

- tepová frekvence s rozlišením na 1 ms, údaj je odvozený z EKG křivky s interní vzorkovací frekvencí 1kHz a rozlišením AD převodníku 24 bitů. Použitý senzor ADS 1292.

Použitý algoritmus pro detekci QRS komplexu vychází z následujících publikací (Hamilton-Pan-Tompkinsův algoritmus je jedním ze současných defakto standardů pro detekci QRS komplexů):

- Tompkins WJ. Quantitative investigation of QRS detection rules using the MIT/BIH arrhythmia database. IEEE Trans Eng Biomed Eng. 1986;12:1157–1165. [PubMed]
- Pan J, Tompkins W. A real-time QRS detection algorithm. IEEE Trans Eng Biomed Eng. 1985;32(3):230–236. [PubMed]
- dechová křivka získaná z bioimpedance hrudíku, vzorkovací frekvence 10 Hz, použitý senzor ADS 1292 (stejný čip jako u EKG křivky),
- zrychlení ve třech kolmých směrech X, Y a Z, rozsah +/- 2 G, zdrojovým signálem je tříosý akcelerometr, použitý senzor MMA 8452,
- tělesná teplota, rozlišení 0,1 st.C, použitý senzor TMP 112,

- teplota pod oděvem (rozdíl 0,1 st.C) a relativní vlhkost pod oděvem (rozdíl +/- 1%), použitý sensor SHT 121,
- vestavěný LiPol akumulátor a jeho stav ve [V], kapacita 2000 mAh,
- událostní tlačítko, kterým může proband signalizovat změnu svého stavu.

Parametry osobní snímací jednotky:

- možnost monitorovat současně až 25 probandů,
- možnost nepřetržitého ukládání všech měřených parametrů na vestavěnou paměťovou kartu (funkce osobní fyziologické „černé skříňky“ při ztrátě spojení se zobrazovací jednotkou),
- možnost on-line přenosu vybraných parametrů od všech sledovaných probandů do zobrazovací jednotky v reálném čase,
- dosah radiového rozhraní až 2km v otevřené krajině, v budově pak typicky pokrytí 3 sousedících podlaží
- potu odolné a mechanicky odolné provedení (testováno v protichemickém obleku),
- možnost nasazení na tělo a umístění do výstroje,
- zcela bezobslužný provoz ze strany sledované osoby,
- provozní výdrž na jedno nabití vestavěného LiPol akumulátoru až 24 hodin (při zapnuté bezdrátové telemetrii typicky kolem 20 hodin nepřetržité funkce).

Vizualizační jednotka

Vizualizační jednotka přijímá přes bezdrátové rozhraní sledovaná data z osobních snímacích jednotek od jednotlivých probandů, zobrazuje jejich hodnoty a průběhy v reálném čase, vypočítává z nich odhady fyziologického stavu probanda (probandů) a ukládá data pro případné pozdější vyhodnocení. Základní vlastnosti:

- možnost použít libovolné současné PS s operačním systémem MS Windows, MacOS X nebo GNU/Linux. Prerekvizitou je nainstalovaný webový prohlížeč Google Chrome,
- možnost použít jedno a/nebo dvě bezdrátová rozhraní pro současný příjem (resp. obousměrnou komunikaci) s osobními měřicími jednotkami (viz dále). Obě

komunikační rozhraní jsou založena na protokolu XBee a zapojují se do USB portu, rádiové moduly jsou certifikované pro provoz v ČR,

- přehledové zobrazení parametrů a stavu od všech sledovaných probandů, barevná indikace poruchy a fyziologického stavu (zelená-vše v pořádku, oranžová-varování, např. překročení individuálních mezí konkrétního parametru, červená-porucha nebo významné překročení individuálních mezí),
- možnost vkládání 3 typů časových značek (tagů),
- signalizace z bezpečnostního tlačítka na osobní měřicí jednotce,
- výpočet energetického výdeje podle (servisně) snadno měnitelného modelu:

$$VO2REST = (9,99.MASS + 6,25.HGHT + 4,92.AGE + 5) \cdot 0,144762299$$

$$EP = (VO2MAX-VO2REST) \cdot (HR-HRREST) / (HRMAX-HRREST)$$

$$EE = ((EP + VO2REST) \cdot 0.35) / MASS$$

Kde EE je odhadnutý energetický výdej ve W/kg,
VO2REST a EP zde pro účely výpočtu figurují jako pomocné proměnné,
HR je aktuální tepová frekvence v tepech/minutu,
MASS je hmotnost probanda v kg,
HGHT je výška probanda v cm,
HRREST je klidová tepová frekvence probanda v tepech za minutu,
HRMAX je maximální tepová frekvence probanda v tepech za minutu,
VO2MAX je max. spotřeba kyslíku v ml/minutu.

- možnost sledování náklonů a přetížení těla, viz dále,
- otevřený a zdokumentovaný datový formát, viz dále.

VOJENSKÝ VÝZKUM TĚLESNÉ ZDATNOSTI

**OTESTUJ SVOU FYZICKOU
ZDATNOST POMOCÍ
VOJENSKO-SPECIFICKÝCH
TESTŮ A SROVNEJ JI SE
STUDENTY VOJENSKÉHO
OBORU!**



**Pro více informací naskenuj
QR kód nebo napiš na email:
Dm.david.masek@seznam.cz**

VOJENSKÝ VÝZKUM TĚLESNÉ ZDATNOSTI

OTESTUJ SVOU FYZICKOU ZDATNOST
POMOCÍ VOJENSKO-SPECIFICKÝCH
TESTŮ A SROVNEJ JI SE STUDENTY
VOJENSKÉHO OBORU!



Pro více informací naskenuj
QR kód nebo napiš na email:
Dm.david.masek@seznam.cz

VOJENSKÝ VÝZKUM TĚLESNÉ ZDATNOSTI

- Chceš zjistit, jak komplexní sportovec jsi?
- Chceš si vyzkoušet specifické testy používané ve vojenském prostředí?
- Přijď otestovat svou fyzickou zdatnost a srovnej ji se studenty vojenského oboru!
- Zjisti svou aktuální tělesnou kompozici a hodnotu VO2max pomocí nejmodernějšího laboratorního vybavení.

TERMÍNY MĚŘENÍ:
(nutné absolvovat všechny)

16.11.

20.11.

22. nebo 23.11.

24. nebo 27.11.

Výzkum je určen pro zdravé muže od 18 do 35 let
se zkušenostmi se silovým tréninkem > 1 rok.

Pro přihlášení do výzkumu nebo bližší informace
napiš na tento profil nebo na email:
Dm.david.masek@seznam.cz