



UNIVERZITA KARLOVA FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

ZÁVĚREČNÉ PRÁCE LICENCE B

Předkládá: Petra Štěpánková



Obsah

Těžiště sportovce sedícího na sjezdové, singlové lodi	2
Cíle práce	3
Metodika výpočtu těžiště sportovce	4
Výpočet hmotnosti segmentů	4
Procentuální metoda	4
Zaciorského metoda	4
Výpočet délky jednotlivých segmentů	5
Výpočet těžiště těla.....	5
Výsledky pro těžiště sportovce v singlové, sjezdové lodi.....	8
Výsledky hmotnosti a délky segmentů mého těla	8
Výsledky pro těžiště mého těla v mé lodi.....	10
Experimentální postup zjišťování těžiště lodi.....	11
Teorie měření	11
Výsledky měření a jejich zpracování.....	12
Spojení tří těžišť	12
Těžiště z pohledu fyzioterapie	13
Závěr.....	15
Reference.....	16

Těžiště sportovce sedícího na sjezdové, singlové lodi

Těžiště, a obecněji rozložení váhy, je v biomechanice a mnohých dalších oborech důležitým předmětem zkoumání. V oblasti sportu, lékařství, výrobního průmyslu a další má zásadní uplatnění. Například ve fyzioterapii, kde se při rehabilitacích napravují poruchy pohybového systému těla sportovců vzniklé neustálým přetěžováním určitých svalových skupin až do té míry, při které vzniká nevratná změna, je těžiště naprosto fundamentální. V tomto příkladě se napravuje špatné držení těla a tím se i poupravuje těžiště tak, aby se zmírnil negativní dopad již zmíněné nevratné změny. Protože se pohybuji v oblasti sportu, tak jsem si na vlastní kůži zažila podstatu správného držení těla, a tudíž i podstatu rozložení váhy pro sportovce. Sama mám lehčí dysbalanci pánve, jednu ruku víc „vytahanou“ a větší kloubní rozsah v pravém rameni v důsledku přetěžování jedné strany, což se projevuje jak při výkonu (větší výskyt laktátu na straně, kterou přetěžuji, větší svalová únava, menší vytrvalost, horší pohyblivost, bolestivost atd. [6]), tak i při práci a ve škole [9].

Problematika těžiště ve sjezdu na divoké vodě je unikátní. Nejen, že sportovec musí správně určit těžiště lodi tak, aby si sjezdovou loď dobře zasedl a neměl potom na vodě potíže s tak zvanou „poskakující špičkou“ (kdy těžiště je těsně u zadní části límce, a proto je špička lodi moc lehká a při každém záběru se investovaná energie přenesla do jejího pohybu nahoru a dopředu, místo toho, aby daný záběr posunul loď jen dopředu) nebo s „ledoborcem“ (kdy je naopak těžiště moc ve předu a špička je moc těžká, tudíž loď má větší odpor vody, což ji brzdí), ale také při pohybu, který vykonává při každém tréninku na vodě (což znamená pro profesionální sjezdaře 2 hodiny šest dní v týdnu), při kterém přetěžuje svalovou i kosterní soustavu. S nadsázkou řečeno, postupně přestává používat některé svaly, ty poté ochabnou a projevují pasivitu (nezapojují se do pohybu, nejsou aktivní), což má dopad na výkonost jedince.

Abych mohla zdárně spočítat těžiště sjezdaře (respektive „singlíře“ – zabírá pouze jedním listem, klečí v lodi, má trochu výše posazené těžiště a tím i větší rozhled), který drží v ruce pádlo, které je těsně nad vodou (pádlo, které drží sportovec za ručku s horní rukou pokrčenou tak, aby ručka pádla byla 10 až 20cm před čelem a spodní rukou tak, aby měl při záběru co největší páku, tj. nataženou a umístěnou na žerdi tak, aby držela pádlo 10 – 15 cm nad listem, úhel který pádlo v danou chvíli svírá s vodou je roven zhruba 55° (viz obrázek 3)), budu muset spočítat jednotlivá těžiště segmentů těla (pro zlehčení si tělo rozdělím na jednotlivé části – segmenty, např. hlava a krk, ruka atd.). Tyto těžiště jednotlivých segmentů spočítám pomocí jejich jednotlivých hmotností a délek. U hmotností segmentů použiji dvě metody, aby bylo vidět projev chyby druhého druhu. Z těchto těžišť segmentů mohu v dalším kroku vypočítat těžiště

jedince klečícího v lodi. Bohužel koeficienty, které experimentálně získali Zaciorskij a Selujanov platí jen, když daný jedinec stojí. Z tohoto důvodu budu muset data pro výpočet těžiště nohou, bérců a stehen naměřit sama. Těžiště lodi zjistím experimentální metodou, kdy položím na vodorovnou plochu kvádr ze dřeva, na který položím loď. Loď budu dále posouvat tak, aby byla v dokonalé rovnováze a ležela pouze na ploše jedné strany dřevěného kvádr. Tuto experimentální metodu zjišťování těžiště tělesa použiji tak abych získala souřadnice pro osy x , y a z , protože se pohybuji v prostoru $\mathbb{R}^3$. U osy z bude těžiště mimo těleso. V posledním kroku spočítám celkové těžiště celé soustavy i s přičtením váhy pádla, které daný sportovec drží v rukou.

Výpočty, které v této práci uvádím, jsem počítala a měřila pro svoji váhu a výšku. Dále jsem experimentálně zjistila těžiště sjezdové, singlové lodi, na které jezdím, typu Limax od výrobce Kick the waves.

Cíle práce

Cílem této závěrečné práce do trenérského kurzu pro získání licence B je zjistit těžiště sportovce jedoucího na sjezdové, singlové lodi, ale také zdůraznit, jak je těžiště těla a správnost pohybu důležitá pro zdravý a prosperitu.

Metodika výpočtu těžiště sportovce

Pro výpočty uvažuji moji hmotnost m [kg], kterou jsem pro zlehčení výpočtů položila rovnou 67 kg. Co se týká mé výšky v [m], tu jsem zaokrouhlila na dvě desetinná místa, to znamená 1,70 m.

Výpočet hmotnosti segmentů

Procentuální metoda

Touto metodou jsem vypočítala hmotnost m_p následovně, vynásobila jsem procenta pro jednotlivé segmenty (viz tabulka 1) s mojí váhou (67 kg). Výjimku tvořily segmenty horní, střední a dolní části trupu, kde nelze procenta spočítat.

SEGMENT	%	B_0 [kg]	B_1	B_2 [kg/cm]
Ruka	0,70%	-0,1165	0,0036	0,00175
Předloktí	1,70%	0,3185	0,01445	-0,00114
Nadloktí	2,90%	0,25	0,03012	-0,0027
Hlava a krk	7,40%	1,296	0,0171	0,0143
Trup	44,80%			
Stehno	12,40%	-2,649	0,1463	0,0137
Berec	4,60%	-1,592	0,03616	0,0121
Noha	1,60%	-0,829	0,0077	0,0073
Horní část trupu		8,2144	0,1862	-0,0584
Střední část trupu		7,181	0,2234	-0,0663
Dolní část trupu		-7,498	0,0976	0,04896

tabulka 1 – koeficienty pro výpočet hmotnosti segmentu [1]

Například počítám procentuální hmotnost ruky, tak dosadím do „vzorce“

$$m_p = m * \%,$$

kde m_p [kg] je hmotnost segmentu, m [kg] je hmotnost jedince a % je procentuální rozložení hmotnosti těla pro daný segment.

Zaciorského metoda

Pro výpočet hmotnosti segmentů podle metody Zaciorského se používá jednoduchá rovnice

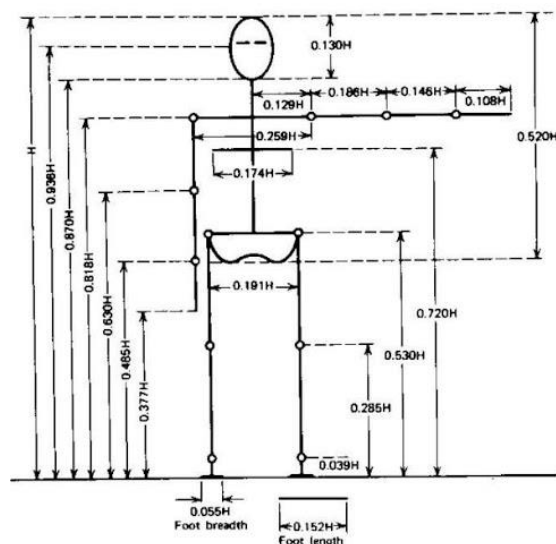
$$m_z = B_0 + B_1 m + B_2 v,$$

kde m_z [kg] je hmotnost daného segmentu dle Zaciorského metody, m [kg] je hmotnost jedince, v [cm] je výška jedince a B_0 [kg], B_1 , B_2 [kg/cm] jsou číselné koeficienty, které zjistili Zaciorskij a Selujanov pomocí regresních rovnic na základě radioizotopické experimentální metody, kterou aplikovali na 100 osob (viz tabulka 1 [1]) [4].

Přesněji jsem našla v tabulce hodnotu B_0 [kg] pro určitý segment (např. pro ruku -0,1165 kg) a sečetla ji s hodnotou, která mi vyšla při součinu B_1 a mé hmotnosti m [kg] (pro ruku $0,0036 * 67$ kg) sečtením se součinem B_2 a mé výšky v [cm] (konkrétně pro ruku $0,00175$ [kg/cm] * 170 [cm]). Výsledná hodnota je tedy hmotnost daného segmentu m_z [kg]. Speciálně pro výpočet trupu jsem sečetla horní, střední a dolní části trupu. Pro segment horní končetina jsem sečetla m_z ruky, předloktí a nadloktí a pro segment dolní končetina m_z stehna, bérce a nohy.

Výpočet délky jednotlivých segmentů

Abych mohla vypočítat délku jednotlivých segmentů mého těla, musela použít obrázek 1 [2]. Poté už jsem jen vynásobila svoji výšku s daným koeficientem a výsledkem byla délka segmentu h [cm] [4].



Obrázek 1 – koeficienty délky segmentu [2]

Výpočet těžiště těla

Pro výpočet r_T [m] je nutné zjistit těžiště jednotlivých segmentů lidského těla, která se následně dosadím do vzorce [10]

$$r_T = \sum \frac{(m_i * r_i)}{m},$$

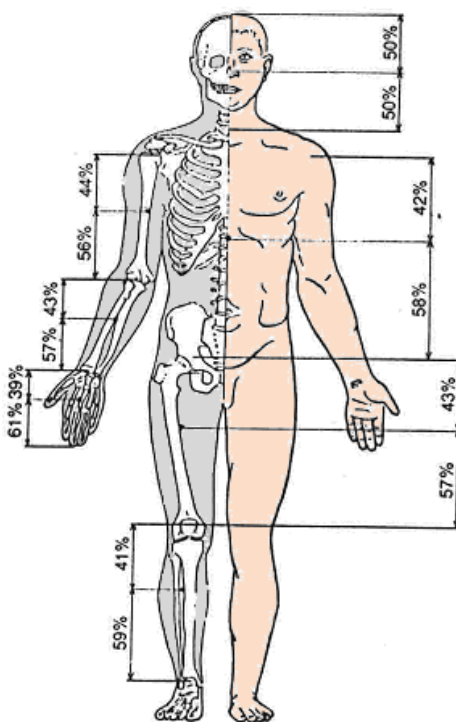
kde r_T [m] je vzdálenost celkového těžiště od zvolené osy (od země), m_i [kg] jsou jednotlivé hmotnosti segmentů podle metody Zaciorského a Selujanova, r_i [m] jsou jednotlivé vzdálenosti těžišť segmentů od země a m [kg] je hmotnost jedince. Při tomto výpočtu je důležité si dát pozor na to, abychom nezapomněli, že ruce, předloktí, nadloktí, stehna, bérce a nohy budou dvakrát.

Vzdálenost těžiště segmentu od země r_i [m] jsem vypočítala pomocí vzorce (zde používám neoficiální značení)

$$r_i = \frac{(h_s + (h_z + k))}{100},$$

kde r_i [m] je vzdálenost těžiště segmentu od hrazdy, h_s [cm] je délka segmentu, h_z [cm] je vzdálenost začátku segmentu od země a k je koeficient těžiště segmentu směrem od země, který nalezneme v knize od pana M. Janura, která se jmenuje Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka na obrázku 15. Na Obrázku jsou hodnoty vyjádřeny v procentech, proto je ještě třeba vydělit daná data stem. Jediný koeficient, který na obrázku není, je koeficient segmentu noha – výška, který jsem vypočítala pomocí poměru 2:3. Tento koeficient vychází 0,4 [3]

Obrázek 2 můžeme najít také na webu katedry Mechaniky Západočeské univerzity v Plzni, přesná adresa je: <https://www.kme.zcu.cz/kmet/bio/mechsteziste.php>.



Obrázek 2 – procentuální rozložení těžišť

Při výpočtu h_z [cm], což je vzdálenost začátku segmentu od země, je třeba počítat s tím, že v singlové, sjezdové lodi člověk klečí a třímá pádlo s jedním listem. Musíme tedy počítat nejen

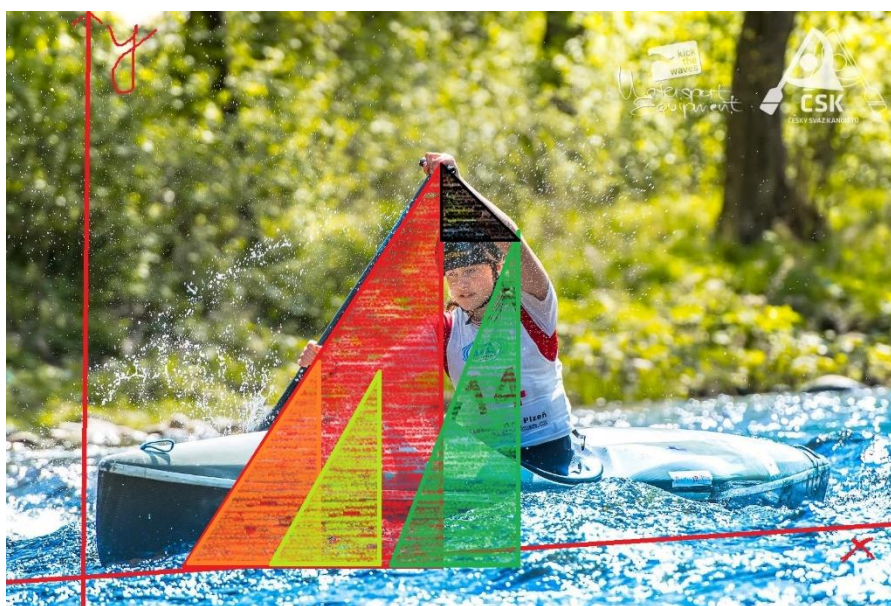
s výšku sedačky, ale také s tíhou pádla a postavením rukou při začátku záběru. Pro výpočet začátku a konce segmentu ruky, předloktí a nadloktí jsem použila goniometrickou funkci sinus, tzn. protilehlá odvěsna ku přeponě trojúhelníku. Tuto funkci lze použít, protože známe úhel, který svírá pádlo s osou x (tj. 55°).

Přesněji

$$\frac{y}{d} = \sin \alpha,$$

kde y [cm] je hledaná neznáma, tedy vzdálenost začátku nebo konce segmentu od země, d [cm] je celková délka pádla a α [$^\circ$] je úhel, který svírá pádlo se zemí.

Pro tento výpočet je třeba znát délku pádla (123 cm), délku listu (43 cm), vzdálenost, ve které se pádlo drží od listu (12 cm) a výšku sedačky (10 cm). Všechny tyto hodnoty jsou pro každého sportovce jiné.



Obrázek 3 – výpočet vzdáleností segmentů rukou, předloktí a nadloktí od země

Pro veškeré dosud uvedené výpočty jsem použila tabulkový procesor MS Excel a jeho funkce SUMA a SOUČIN, který mi poskytl pan Jan G. Švec, Ph.D. et Ph.D. v přednáškách Hlas řeč sluch na stránce <https://sites.google.com/site/jangsvet/vyuka-biomechanika-2021>.

Výsledky pro těžiště sportovce v singlové, sjezdové lodi

Výsledky hmotnosti a délky segmentů mého těla

Jak už bylo uvedeno, pro výpočet hmotnosti segmentů jsem použila dvě metody – Procentuální a Zaciorského. V tabulce 2 (poslední dva sloupce) jsou modře zvýrazněny číselné údaje pro obě zmiňované metody. Na výsledných datech u Zaciorského metody můžeme vidět projev chyby 2. druhu měření (přesněji u Zaciorského metody vyšla po sečtení všech hmotností jednotlivých segmentů váha 67,12032 kg, ale na začátku výpočtů byla váha rovna 67 kg), kdy koeficienty B_0 [kg], B_1 a B_2 [kg/cm] byly závěrem měření na poměrně malém počtu osob [3] - na základě výsledků radioizotopické experimentální metody, kterou aplikovali na 100 lidech (viz tabulka 1 [1]). Údaj, že metoda byla aplikována na 100 lidech byl uveden na webu katedry anatomie a biomechaniky FTVS v kapitole Geometrie hmotností lidského těla (přesná adresa je <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1376.html>). Také se ve výpočtech projevuje zaokrouhlování těchto koeficientů.

Je zde potřeba také počítat s nejistotou typu A a jejím šířením, nejistota vznikla na základě nedokonalého měření mé váhy a výšky [12]. Počítejme s nejistotou u měření mé hmotnosti na základě intervalu spolehlivosti ($67 \pm 0,050$) kg a u mé výšky ($1,70 \pm 0,0050$) m.

SEGMENT	%	B0 [kg]	B1	B2 [kg/cm]	Procentuální m.	Zaciorského m.
Ruka	0,70%	-0,1165	0,0036	0,00175	0,469	0,4222
Předloktí	1,70%	0,3185	0,01445	-0,00114	1,139	1,09285
Nadloktí	2,90%	0,25	0,03012	-0,0027	1,943	1,80904
Hlava a krk	7,40%	1,296	0,0171	0,0143	4,958	4,8727
Trup	44,80%				30,016	29,004
Stehno	12,40%	-2,649	0,1463	0,0137	8,308	9,4821
Bec	4,60%	-1,592	0,03616	0,0121	3,082	2,88772
Noha	1,60%	-0,829	0,0077	0,0073	1,072	0,9279
Horní část trupu		8,2144	0,1862	-0,0584	0	10,7618
Střední část trupu		7,181	0,2234	-0,0663	0	10,8778
Dolní část trupu		-7,498	0,0976	0,04896	0	7,3644
Horní končetin a celkem					3,551	3,32409
Dolní končetin a celkem					12,462	13,29772
Celkem					67	67,12032

Tabulka 2 - výsledky hmotnosti segmentů [1]

V tabulce 3 nalezneme modře zvýrazněné délky segmentů pro člověka měřícího 170 cm a vážícího 67 kg.

SEGMENT	Koef. délky segmentu (Winter, 1990; Janura obr. 10)	Délka segmentu [cm]
ruka	0,108	18,36
předloktí	0,146	24,82
nadloktí	0,186	31,62
hlava+krk	0,182	30,94
trup	0,288	48,96
stehno	0,245	41,65
bérec	0,246	41,82
noha-výšk	0,039	6,63

Tabulka 3 - vypočet délky segmentů [2]

Tyto výsledky jsou zkreslené (je zde mnoho proměnných, které ovlivňují hmotnost a délku daných segmentů), protože každý jedinec má jiný genetický základ, jinou výchovu v dětství, jinou zátěž v zaměstnání či při sportovních aktivitách. Tím mám na mysli, že dítě, které bylo od mala vedeno ke sportu a zatěžovalo své tělo rovnoměrně s kompenzací, bude mít jiné rozložení hmotnosti svého těla než dítě, které celý svůj dosavadní život jen sedělo u počítače a například hrálo hry nebo se učilo.

Při sportech (obzvláště těch, kde je zátěž nesoroměrná a jedinec nekompenzuje jednostrannou zátěž) bude mít sportovec jiné rozložení délky a hmotnosti těla než člověk v sedavém zaměstnání [7].

Také v průběhu let se délky a hmotnosti daných segmentů těla postupně mění. Novorozenec bude mít jiné parametry než dospívající či dospělý jedinec [5]. Také v dospělosti se segmenty mění (i když jen minimálně), zhruba od 30. roku života kosti ztrácí svoji dosavadní pružnost a začínají být křehčí [9].

Výsledky pro těžiště těla v lodi

Zde bych chtěla ještě jednou zdůraznit, že získané výsledky jsou převážně orientační a že v důsledku nejistoty měření a jejímu šíření napříč výpočty je nemůžeme brát jako konečně pravá data.

Jednotlivé segmenty lidského těla	vzdálenost začátku segmentu od země [cm]	vzdálenost konce segmentu od země [cm]	koeficient těžiště segmentu směr od země (Janura obr.15) [11]	vzdálenost těžiště segmentu od země [cm]	vzdálenost těžiště segmentu od země (r_i [m])	součin hmotnosti segmentu a vzdálenosti těžiště segmentu od země
Ruka p	48,74	55,9	0,61	59,94	0,5994	0,253
Ruka l	93,6	100,76	0,61	104,8	1,048	0,442
Předloktí p	48,74	48,74	0,57	62,89	0,6289	0,687
Nadloktí p	48,74	58,96	0,56	66,45	0,6645	1,202
Předloktí l	76,05	93,6	0,57	90,2	0,902	0,38
Nadloktí l	58,96	76,05	0,56	96,67	0,9667	1,749
hlava a krk	58,96	89,9	0,5	74,43	0,7443	3,627
trup	10	58,96	0,42	30,56	0,3056	8,864
stehno	0	10	0,43	17,91	0,1791	1,698
bérec	0	0	0,41	17,15	0,1715	0,495
noha-výška	0	0	0,4	2,65	0,0265	0,025

Tabulka 4 – mezi výpočty pro výpočet těžiště těla [10], [11]

V tabulce 4 máme výsledky pro vzdálenost začátku segmentu od země, vzdálenosti konce segmentu od země, koeficienty těžiště segmentu směr od země, vzdálenost těžiště segmentu od země a součin hmotnosti segmentu a vzdálenosti těžiště od země.

Pro součet $m_i \cdot r_i$ přes všechny segmenty mi vyšlo 19,422. Vzdálenost těžiště od země [m] (ke kterému jsem použila vzorec $rT = \frac{\sum (m_i \cdot r_i)}{m}$, vysvětlivky viz výše) je rovno 0,289881 m.

Experimentální postup zjišťování těžiště lodi

Měření je prováděno pro typ lodi Limax od výrobce Kick the waves, kterou vlastním (obrázek 4).

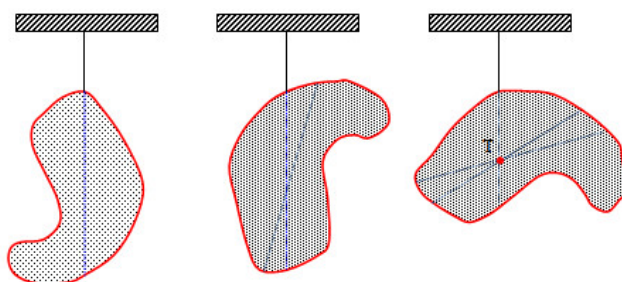


Obrázek 4 – loď, pro kterou je těžiště počítáno

Teorie měření

Těžiště lze zjistit dvěma metodami experimentální a výpočtem. V kapitole Těžiště sportovce sedícího na sjezdové, singlové lodi můžeme vidět metodu výpočtu těžiště sjezdaře „singlíře“. Nyní použijeme metodu experimentální.

Podle definice je těžiště tuhého tělesa působíště tíhové síly, která působí na těleso v homogenním tíhovém poli. Pro nalezení těžiště (tedy působíště tíhové síly) experimentální metodou je třeba daný předmět (v mém případě loď) zavěsit v určitém bodě tak, aby těleso bylo v rovnovážné poloze (viz obrázek 5). Pro objemnější tělesa se používá místo zavěšení nějaké topůrko či jehlan. Tímto způsobem získáváme těžnice a poté tedy i polohu těžiště.



Obrázek 5 – experimentální zjišťování těžiště

Pro následující měření budeme potřebovat nějaké měřicí zařízení v mém případě metr, topůrko ze dřeva (abychom si nepoškrábali loď), nějaké závaží (aby se nám nepohnul metr, abychom neměli špatně naměřené hodnoty).

Metodika zjišťování dat je následující. Topůrko položíme na vodorovný povrch a na něj dáme loď tak, aby byla v rovnovážné poloze. Tím, že se pořád pohybujeme v prostoru $\mathbb{R}^3$, tak je třeba měřit pro všechny tři osy. Tedy až na osu z , protože loď je symetrická v této rovině tudíž těžnice prochází středem.

Je třeba dbát i na správné statistické zpracování dat, což znamená výpočet intervalu spolehlivosti. Použila jsem normálové rozdělení. Následující vzorce

$$\Delta = m - 'm,$$

kde Δ [cm] je rozdíl hodnot m a $'m$, m [cm] je naměřená hodnota a $'m$ [cm] je aritmetický průměr.

$$\mu A = \frac{\hat{s}}{\sqrt{m}} = \left(\frac{\sum (m - 'm)^2}{n(n-1)} \right)^{\frac{1}{2}},$$

kde μ_A [cm] je nejistota typu A, $\hat{s}$ je střední hodnota, m [cm] je naměřená hodnota a n je počet měření.

Výsledky měření a jejich zpracování

Laboratorní podmínky pro daný experiment byly tlak 1014 hPa, teplota 13 °C a vlhkost vzduchu 57 %. Tyto vlivy prostředí mohou interagovat s materiálem, ze kterého je loď vyrobena. Měření proběhlo dne 11.4.2021 v Olomouci na loděnici. Naměřené hodnoty jsou od konce lodi (tedy zádi). Tabulka 4 znázorňuje data pro zjištění těžnice rovnoběžné s osou y .

n	naměřené hodnoty x_1 [cm]	Δ [cm] naměřených hodnot	Δ^2 [cm ²] naměřených hodnot
1	201,2	0,73	0,5329
2	199	-1,47	2,1609
3	202,4	1,93	3,7249
4	198,6	-1,87	3,4969
5	202	1,53	2,3409
6	200,9	0,43	0,1849
7	199,3	-1,17	1,3689
8	200,5	0,03	0,0009
9	201	0,53	0,2809
10	199,8	-0,67	0,4489
průměr	200,47		

Tabulka 4 – výpočet nejistoty měření typu A

$$\mu_A = \left(\frac{14,541}{10 \times (10 - 1)} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,401953562 \text{ cm} \doteq 0,40 \text{ cm}$$

To znamená, že konečně pravá hodnota je s pravděpodobností 68,26 % nachází v intervalu spolehlivosti $x_1 = (200,47 \pm 0,40)$ cm. Hodnoty byly měřené svinovacím metrem, a proto je třeba zmínit nejistotu typu B, takzvanou nejistotu měřidla, která vzniká z nedokonalostí na měřidle.

Tím, že víme dvě těžnice, tedy tu, kterou jsme naměřili a ta, která je díky symetrii uprostřed, tak víme bod těžiště. Těžiště je tedy vzdáleno od konce lodi $(200,47 \pm 0,40)$ cm a tím, že osa x prochází středem lodi, tak podle kartézské souřadnicové soustavy bude těžiště ležet na ose z na souřadnici nula a ode dna lodi je vzdáleno 24,7cm. Což nám dává souřadnice $(200,47; 24,7; 0)$.

Spojení všech tří těžišť

Nyní je třeba z těžišť udělat hmotné body a nalézt hmotný bod celé soustavy.

$$x(m_1 \cdot m_2 \cdot m_3) = x_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2 + x_3 \cdot m_3,$$

kde x je výsledná poloha těžiště, x_1 je poloha těžiště lodi a m_1 je hmotnost lodi, x_2 je vzdálenost těžiště jezdce na lodi, m_2 je hmotnost jezdce na lodi, x_3 je poloha těžiště pádla (poloha pádla viz výše), m_3 je hmotnost pádla.

Počítejme v základních jednotkách a se zaokrouhlením na jednu platnou číslici.

Po vyčíslení předchozí rovnice dostáváme $x \doteq 1,036 \cdot 10^{-3}$.

Těžiště z pohledu fyzioterapie

Jak už bylo řečeno v úvodu, těžiště je zásadní pro sportovce, i když mnoho závodníků si to jen s těžší uvědomuje. Za účelem zjistit více o této problematice, jsem proto oslovila pana Mgr. Davida Lisického, který také jezdí na singlovém sjezdáku a má dlouholetou praxi ve fyzioterapii.

„V čem je důležité těžiště těla ve fyzioterapii, jak se využívá a jak se s ním pracuje, co ho ovlivňuje?“

„Ve fyzioterapii je práce s těžištěm těla takřka denním chlebem, protože kontrolovaný pohyb těžiště je základem lidské motoriky, resp. lidské lokomoce v gravitačním poli. V našem oboru používáme spíše termíny postura tedy nastavení a udržení těla v prostoru, a atituda, což je držení těla orientované ke konkrétní činnosti. Pravdivou poučkou starou více jak sto let je citát Magnussona, že postura následuje pohyb jako stín.

Práci s těžištěm využíváme zejména při zlepšování posturání stability u rehabilitace/reedukace stoje, chůze, nebo stabilizaci kořenových kloubů či tréninku rovnovážných funkcí. Principem zlepšit rychlost nebo efektivitu reakce na měnící se podmínky. Právě deficit těchto reakcí je podkladem spousty poruch pohybového systému. K tomu nám mohou sloužit různé pomůcky od nestabilních ploch po sofistikované přístroje pracující na principu zpětné vazby.

Polohu těžiště ovlivňuje tělesná konstituce tedy výška a váha člověka, rozložení tělesné hmoty a velikost opěrné báze. Práce člověka s těžištěm je komplexní funkcí “senzomotorického”

systému. Tam bych zařadil CNS (mozeček), zrak, vestibulární aparát vnitřního ucha, propriocepce atd. Je to velmi složitý a dokonale vyladěný proces. “

„Co předchází vychýlení těžiště?“

„Pokud se člověk nachází v posturálně stabilním stavu, tedy těžiště se promítá do opěrné báze, a chce tento stav řízeně změnit třeba v pohyb vpřed (např. udělat krok vpřed), je úplně první podmínkou myšlenka tento pohyb provést. Druhou podmínkou je mít dostatečné punctum fixum, aby mohl být pohyb realizován. Z hlediska timingu svalů se jako první aktivují svaly zajišťující stabilizaci trupu (autochtonní muskulatura, bránice, m. transversus abdominis a další). Pak teprve přichází do akce svaly realizující vychýlení těžiště mimo opěrnou bázi. “

„Co byste řekl o důležitosti těžiště v kanoistice?“

„Kanoistika na divoké vodě je pohybem ve výrazně nestabilním prostředí na výrazně nestabilním plavidle. To vyžaduje vysokou úroveň práce s těžištěm, a to zejména v latero-laterálním směru. Stabilitu jízdy na kanoi můžeme ovlivnit výběrem typu lodi (šířka, tvar dna), stylem pádlování (čím širší záběr tím větší opěrná báze) a samozřejmě tréninkem/zkušeností. Řízené vychylování těžiště do stran má vliv na náklon lodi a tím ovlivňuje i její řízení ve smyslu zatáčení. Pro závodní pojetí jízdy a ovladatelnost lodě má velký význam i umístění těžiště v předo-zadním směru tedy míra zatížení špičky nebo zádě. “

Co se týče strategie udržení rovnováhy je specifikem jízdy na kanoi/kajaku to, že jezdec klečí/sedí a tělo je fixováno v lodi v oblasti stehen/pánve, a tedy pro udržení stability musí využívat převážně svalstvo trupu, krku a horních končetin. “

Závěr

V této práci tedy shrnuji, jak moc je těžiště důležité v kanoistice a nalézám přesný bod těžiště pro soustavu o tří těles a to sportovce, lodi a pádla. Tímto bodem x , které vyšlo $1,036 \cdot 10^{-3}$.

Prozkoumávám a poukazuji těžiště jako nedílnou součást života sportovce. Také poslední kapitola je věnována rozhovoru s fyzioterapeutem panem Mgr. Davidem Lisickým. Téma fyzioterapie se spojením s těžištěm se prolínají celou prací a nastiňuje tak náladu důležitosti a podstatnosti těžiště pro zdravé fungování pohybového aparátu.

Reference:

Knižní zdroje:

- [1] Základy biomechaniky tělesných cvičení. *Základy biomechaniky tělesných cvičení* [online]. 2017. s. 150 [cit. 2021-02-28]. ISBN skripta. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1451/jaro2017/bp2054/um/SKRIPTA_KALICHOVA_-zrecenzovane.pdf
- [2] Biomechanics and motor control of human movement. Winter, D. A. (1990) (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [3] doc. RNDr. Karel Hron, Ph.D, doc. RNDr. Pavla Underová, CSc. *Základy počtu pravděpodobnosti a metod matematické statistiky. 2.* Olomouc: Univerzita Palackého, 2015. ISBN 978-80-244-4774-2.
- [4] PhDr. Eva Tlapáková, CSc., odd. biomechaniky FTVS U, Vybrané základní poznatky z biomechaniky. Dostupné z: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_N6yMl7IYlIJ:web.ftvs.cuni.cz/elstudovna/download.php%3Fdir%3D./obsah/abi/doc%26soubor%3DBiomechanika_zaklad.doc+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz
- [12]. Mlčoch J., Úvod do fyzikálních měření. 2. Olomouc: Univerzita Palackého, 2001
- [11] M. Janura, Úvod do biomechaniky pohybového systému člověka Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, obr.15.

Elektronické zdroje

- web katedry anatomie a biomechaniky FTVS-kapitola Geometrie hmotností lidského těla (přesná adresa je <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-1376.html>)

Informace převzaté z přednášek

- [5] Mgr. Pavel Hráský, Ph.D.: Anatomie, kineziologie – přednášky. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, (2021) – Školení trenérů licence B, (viz příloha)
- [6] PhDr. Lenka Kovářová, Ph.D.: Fyziologie zátěže – přednášky. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, (2021) – Školení trenérů licence B, (viz příloha)

- [7] *PhDr. Libor Flemr, Ph.D.*, Pedagogika sportu – přednášky. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, (2021) – Školení trenérů licence B, (viz příloha)
- [8] *Doc. PaedDr. Tomáš Perič, Ph.D.*: Sportovní trénink – přednášky. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, (2021) – Školení trenérů licence B, (viz příloha)
- [9] *Mgr. Lucie Parmová*: Kompenzační cvičení – přednášky. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, (2021) – Školení trenérů licence B, (viz příloha)
- [10] *Jan G. Švec, Ph.D. et Ph.D.*: Hlas řeč sluch - přednášky. Univerzita Palackého v Olomouci, (2021) (<https://sites.google.com/site/jangsvet/vyuka-biomechanika-2021>)