

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Hodnocení techniky běhu u elitních českých

běžců a běžkyň

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. PaedDr. Pavel Červinka, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Aneta Franková

Praha 2021

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

V Praze, dne

.....

.....

Bc. Aneta Franková

### 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

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce RNDr., PaedDr. Pavlu Červinkovi, Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí materiálů a užitečné rady, jež přispěly k dokončení této práce. Velké díky patří především mé rodině, která vždy věří že dokáží vše, co si usmyslím.

# ABSTRAKT

**Název práce:** Hodnocení techniky běhu u elitních českých běžců a běžkyň

**Cíle práce:** Hlavním cílem práce je zhodnocení techniky běhu u elitních českých běžců a běžkyň na střední tratě a intraindividuální variability běžeckého stylu jednotlivých probandů.

**Metody zpracování dat:** K tvorbě této práce byla použita kvalitativní kinematická analýza záznamu pohybu a kvantitativní kinematografická vyšetřovací metoda vyhodnocení videozáznamu techniky běhu. Záznamy byly dále zpracovány za využití aplikací Adobe Photoshop, Adobe Premiere, Kinovea a Microsoft Excel.

**Výsledky práce:** Jednotliví probandí výzkumného souboru naplňují podstatnou část modelové běžecké techniky doporučené odbornou literaturou, jako je aktivní dokrok, doba trvání jednotlivých fází běžeckého kroku, nebo správné postavení hlavy, trupu a extendované odrazové končetiny v propulzní fázi do tzv. běžeckého luku. Můžeme tedy tvrdit, že čeští běžci jsou technicky zdatní. Avšak zároveň pozorujeme odlišné individuální pojetí běžecké techniky u každého probanda jako např. hyperlordóza bederní oblasti, záklon trupu, předsun hlavy či rozsah práce paží.

**Klíčová slova:** biomechanika pohybu, kinematická analýza, technika běhu, ekonomika pohybu

## **ABSTRACT**

**Title:** Evaluation of running techniques in elite Czech male and female runners

**Aims:** The main goal of the work is to evaluate the running technique of elite Czech male and female runners on middle tracks and intra-individual variability of the running style.

**Methods of work:** Qualitative kinematic analysis of motion and quantitative cinematographic examination method of video recording of running technique were used to create this work. The records were further processed using Adobe Photoshop, Adobe Premiere, Kinovea and Microsoft Excel.

**Results:** The individual probands of the research group fulfill a substantial part of the model running technique recommended by the literature such as the active forefoot strike, the duration of individual phases, or the correct position of the head, torso, and extended reflex limb in the propulsion phase. So, we can say that Czech runners are technically capable. However, at the same time we observe a different individual concept of running technique for each proband, such as lumbar hyperlordosis, retroflexion of torso, head tilt or the extent of arm work.

**Key words:** biomechanics of motion, kinematic analysis, running technique, economics of motion

## OBSAH

Abstrakt .....	5
Abstract .....	6
Seznam zkratek .....	9
Úvod.....	10
1 Teoretická část .....	11
1.1 Charakteristika běhů na střední tratě .....	11
1.2 Anatomie.....	11
1.2.1 Kosterní soustava.....	11
1.2.2 Svalová soustava.....	13
1.3 Biochemické a fyziologické hledisko .....	15
1.4 Intersexuální rozdíly .....	16
1.5 Biomechanika .....	18
1.5.1 Vnější síly .....	19
1.5.2 Akce a reakce.....	20
1.6 Technika běhu.....	20
1.6.1 Ekonomika pohybu .....	22
1.6.2 Fáze běžeckého kroku.....	23
1.7 Diagnostika .....	26
2 Cíle a úkoly práce, výzkumné otázky .....	27
2.1 Cíle práce .....	27
2.2 Úkoly práce.....	27
2.3 Výzkumné otázky .....	27
3 Metodika práce .....	28
3.1 Charakteristika výzkumného souboru .....	29
4 Výzkumná část.....	31
4.1 Kinogram běžecké techniky, probandka 1 .....	31
4.2 Kinogram běžecké techniky, proband 2 .....	34
4.3 Kinogram běžecké techniky, proband 3 .....	37
4.4 Kinogram běžecké techniky, probandka 4.....	40
4.5 Kinogram běžecké techniky, probandka 5.....	43
4.6 Kinogram běžecké techniky, probandka 6.....	46

4.7	Kinogram běžecké techniky, proband 7 .....	49
4.8	Kinogram běžecké techniky, proband 8 .....	52
4.9	Vertikální výkyv těžiště výzkumného souboru .....	55
4.10	Doba trvání oporové a letové fáze výzkumného souboru.....	55
5	Diskuze .....	57
6	Závěr .....	62
	Seznam kinogramů.....	63
	Seznam tabulek .....	65
7	Seznam použité literatury .....	66
8	Přílohy.....	70
8.1	Příloha č. 1 vyjádření Etické komise UK FTVS.....	70
8.2	Příloha č. 2 Informovaný souhlas .....	72
8.3	Příloha č. 3 Osobní rekordy probandů .....	74
8.4	Příloha č. 2 Sezónní maxima probandů .....	74
8.5	Příloha č. 3 Jednotlivé úhly při došlapu a odrazu .....	74



## SEZNAM ZKRATEK

ATP – adenosin trifosfát

ATP-CP – adenosin trifosfát-kreatin fosfát

FG – rychlá glykolytická svalová vlákna

FOG – rychlá oxidativně glykolytická svalová vlákna

LK – levá končetina

O<sub>2</sub> – kyslík

OR – osobní rekord

PK – pravá končetina

RE – ekonomika běhu

SB – season best (sezónní maximum)

SO – pomalá oxidativní svalová vlákna

VO<sub>2</sub> – spotřeba kyslíku

VO<sub>2</sub>max – maximální spotřeba kyslíku

## ÚVOD

Člověk v kontextu evoluce je jediným tvorem živočišné říše, jemuž je umožněna specifická lokomoce dolních končetin, tj. vytrvalostní bipedální běh ve vzpřímené poloze těla (Kračmar, Chrátková, Bačáková & kol., 2016).

V roce 776 př. n. l. při příležitosti prvních antických olympijských her se uskutečnila první soutěž v běhu na jeden stadion (tehdejších 192,27 m). Obecně tuto událost považujeme za první běžeckou soutěž. Již z této doby pochází svědectví o běžecké technice, jež se dochovalo v podobě kreseb na antických vázách. Běžci měli mít neúplný nápon odrazové nohy, nápadně zvednutou švihovou nohu, výrazné vykývnutí bérců a velký rozsah práce paží. Poloha trupu na některých kresbách vzpřímená, na jiných předkloněná. My bychom ovšem měli mít na paměti, že podmínky závodu byli zcela odlišné od těch dnešních. Běžci se brodili hlubokým pískem a z toho důvodu byly pohyby zaměřeny více vzhůru, než dopředu. Při vytrvalejším běhu, jehož nákresy byly nalezeny na starých amforách, se běžci měli pohybovat způsobem nelišícím se příliš od toho dnešního (Jurečka & kol., 1981).

Co se vývoje techniky běhu týče, dalo by se říci, že po tisíciletí přetrvává požadavek účelnosti a krásy uvolněného běhu. Uplatnění zásad běžecké techniky je neustále aktuální u všech běžeckých disciplín a ve všech etapách vývoje běžce. Znalost, a především praktická realizace nám umožní optimalizovat nejen ekonomičnost běhu, ale i jeho rychlost a tím i celkový výkon. Běžecká technika je podřízena jedinému cíli, překonat co nejrychleji určitou vzdálenost. Vzhledem k tomu, že se jedná o pohyb cyklický je třeba vydat pouze tolik energie, kolik je nezbytné minimum, tedy hospodařit s hnací silou pohybového aparátu tak, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám (Jurečka & kol., 1981; Písařík & Liška, 1989; Tvrzník, Soumar & Soulek, 2004).

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Charakteristika běhů na střední tratě

Střední tratě jsou charakteristické poměrně dlouhotrvajícím submaximálním až maximálním fyzickým zatížením. Z fyziologického hlediska se řadí do oblasti krátkodobé vytrvalosti a poměrně vysoká rychlost běhu vyžaduje smíšenou formu energetických procesů. Z hlediska pohybové struktury se jedná o pohyb cyklický. Výkonnost v běžích na 800 m a 1 500 m je závislá na budování mnoha složek tělesné přípravy od schopností obecných až po schopnosti speciální (Písařík & Liška, 1985; Bureš 1986; Millerová, 2003; Franková, 2019).

## 1.2 Anatomie

U mnohobuněčných organismů dochází ke specializaci buněk. Tím vzniká populace buněk typických tvarů a vlastností, které říkáme tkáň. Rozlišujeme tkáně pojivové, svalovou tkáň, nervovou tkáň, epitel a krevní tkáň. Skládám tkáně do vyšších celků vznikají orgány. Funkčním spojením orgánů potom orgánové soustavy (Čapek, Hájek, Henyš & kol., 2018).

### 1.2.1 Kosterní soustava

Pohyblivý, přitom však pevný podklad pro úpon svalů, vazů a povázek tvoří kosti. Poskytují rovněž oporu měkčím tkáním. V lidském těle jsou pospojovány do celku dvojím způsobem. V souvislosti (vazivovou tkání, chrupavčitou tkání nebo srůstem) a dotykem (kloubní spojení tam, kde je umožněn pohyb). Samotné kosti a ani jejich spojení v souvislosti pohyb neumožňují. Pohyb je umožněn pouze kloubním spojením (Bártlová, 2003).

Pro popis pohybu, rovin, os a směrů používáme anatomické názvosloví. Mezi základy patří směr dopředu (ventrálně) a dozadu (dorzálně). Na končetinách rozlišujeme směrem k trupu (proximálně), směrem od trupu (distálně). Valivé pohyby v kloubu směrem dopředu se nazývají ohnutí (flexe), směrem dozadu extenze. Od kolen distálně je názvosloví opačné, tj. ohnutí kolena směrem dozadu je nazýváno flexí. Pohyb v kloubu směrem do strany – odtažení (abdukce), směrem k tělu – přitažení (addukce). Tyto pojmy nadále užíváme při terminologickém označení jednotlivých biomechanických pochodů při pohybu (Bártlová, 2003; Čapek et al., 2018).

Pevný bod pro pohyb tvoří kostra trupu neboli osový skelet. Rozlišujeme kostru osovou, zakončenou kostrou hlavy, lebku, kostrou horních končetin a kostrou dolních končetin. Horní končetina je přichycena přes kost hrudní, klíček a lopatku, zatímco dolní končetina je k osově kostře připojena pomocí kloubních spojení přes pánevní kosti (Bártlová, 2003; Čapek et al., 2018).

Osová kostra sestává z páteře kosti hrudní a žeber. Páteř má nejen oporovou ale i nosnou funkci, navíc zastává funkci pohyblivé schránky pro míchu. Je tvořena 33-34 obratli (7 krčních, 12 hrudních, 5 bederních a 4-5 křížových). Její fyziologické dvojesovité zakřivení skládající se z krční lordózy, hrudní kyfózy, bederní lordózy a křížové kyfózy nám pomáhá odpružit zátěž horní poloviny těla (Bártlová, 2003; Čapek et al., 2018).

Horní i dolní končetina se vyvinuly obdobně a mají podobný plán stavby. Kostra horní končetiny je složena v horní části z kosti pažní, ve střední části z kosti vřetení a loketní, v dolní části z kosti ruky tedy z kostí zápěstních, kostí zápřstních a článků prstů. Mezi spojení horní končetiny jmenuje zejména ramenní kloub s největším rozsahem pohybu v celém těle Loketní kloub, kde se stýkají kost pažní, loketní a vřetení. Zápěstní kloub, jehož jamka se nachází na distální ploše vřetenní kosti (Bártlová, 2003; Čihák, 2011; Čapek et al., 2018).

Dolní končetina zastává opornou a lokomoční funkci. Z toho důvodu je její kostra mohutnější, s menší kloubní pohyblivostí. Pletenec dolní končetiny tvoří párová pánevní kost složena ze srostlé kosti kyčelní, stydké a sedací. Dále kost stehenní, kost holení, kost lýtková a kosti nohy. Výraz noha v anatomii ohraničuje koncovou část dolní končetiny distálně od kotníků. Zahrnuje kosti zánártní (7), kosti nártní (5), články prstů nohy (14) a sesamkové kůstky (2). Zánártní kosti se skládají do úseku nohy zvaného zánártí. Kostí nártní (zkrác. 1.-5. metatars) vytvářejí nárt, jež odpovídá části hřbetu nohy a distální části chodidla. Kostra prstů je tvořena 2 články na palci a 3 články na ostatních prstech. Sesamkové kůstky nohy se vyskytují ve dvojici u kloubu palce. Mezi spojení dolní končetiny je třeba jmenovat sponu stydkou, jež spojuje obě pánevní kosti pomocí vazivové chrupavky. Dále mezi pánevní a stehenní kostí kulovitý kloub kyčelní. Kolenní kloub, jeden z nejsložitějších v těle. Hlavici kolenního kloubu tvoří kondyly stehenní kosti a jamky jsou kondyly kosti holenní, každý doplněný meniskem. Unikátní systém vazů uvnitř kolene zajišťuje kolenu stabilitu při flexi. Jedná se především o dvojici postranních vazů a vazy zkřížené. Spojeny kloubně jsou i obě kosti na bérce. Distálně

tvoří postranní kostní výběžky – kotníky, které ze stran svírají hlezenní kost a účastní se hlezenního kloubu. Avšak hlavní plocha kloubu je mezi spodní plochou kosti holení a hlezenní. Odpružení váhy těla a aktivní pohyb mají za úkol drobné klouby nohy. Pružnost nohy se uplatňuje díky vzájemnému postavení kostí, které je vyklenuté směrem nahoru a nazýváme jej nožní klenbou. Z kloubních linií uvádím ještě skloubení mezi zánártními a nártními kostmi tzv. Lisfrankův kloub a souběžnou linií uprostřed tarzální oblasti tzv. Chopartův kloub (Bártlová, 2003; Čihák, 2011; Čapek et al., 2018).

## 1.2.2 Svalová soustava

Kosterní svaly spolu s tzv. pasivní pohybovou složkou, tvořenou kostrou, jejími vazy a klouby, tvoří jednotný celek. Funkční spjatost s pohyblivě spojeným skeletem vytváří nervově řízený pohybový aparát, který se skládá přibližně z 600 svalů z nichž většina je párových. Úkolem kosterního svalstva je přeměna chemicky vázané energie na energii pohybovou. V klidu se energetické nároky kosterních svalů pohybují zhruba okolo 20 % celkové spotřeby organismu. Při vysokém sportovním výkonu se tato hodnota může zvýšit až na 90 %. Základem svalové soustavy je příčně pruhovaná svalová tkáň, která je schopna kontrakce. Svalovou kontrakci můžeme rozdělit na statickou (izometrickou), jejímž úkolem je udržet svalové napětí při neměnné délce svalu a dynamickou (izotonickou), která je dvojího druhu: koncentrická (svalová vlákna se smršťují) a excentrická neboli brzdivá (svalová vlákna se prodlužují) (Bártlová, 2003; Tvrzník et al., 2004; Čihák, 2011; Jebavý, Hojka & Kaplan, 2017).

Z hlediska vztahu mezi dvěma svaly, nebo svalovými skupinami rozlišujeme agonisty (svaly, které jsou rozhodující pro konkrétní pohyb v nějakém kloubu – iniciátoři pohybu), synergisty (svaly, které mají pro daný pohyb shodný účinek – spoluúčastníci) a antagonisty (sval, který má na kloub protichůdný účinek) (Čapek et al., 2018).

Podpůrnou funkci pro běžce plní svaly trupu a horních končetin. Stěžejní jsou ovšem svaly dolních končetin. Za flexi dolní končetiny je zodpovědný především dvojhlavý bedrokyčelní sval (m. iliopsoas). Mezi nejvýznamnější extenzory a abduktory v kyčelním kloubu řadíme malý, střední a velký hýžd'ový sval (m. gluteus minimus, m. gluteus medius, m. gluteus maximus). Od nichž následuje distálně hluboká skupina pěti tzv. zevních rotátorů kyčle. Svalstvo stehna, jež je určeno především pro kolenní kloub zastupují z mediální skupiny stehenní přitahovače (adduktory) a štíhlý sval (m. gracilis) sestupující až pod koleno. Flexory kolene neboli hamstringy (m. biceps femoris, m.

semitendinosus, m. semimembranosus) spadající do zadní skupiny zajišťují ohyb kolene dozadu a jeho následnou vnitřní nebo zevní rotaci. Nejmhutnější sval – čtyřhlavý sval stehenní (m. quadriceps) a krejčovský sval (m. sartorius) zastupují přední skupinu. Podíváme-li se níž na bérce, nacházíme na přední straně extenzory prstů, na zevní a zadní straně trojhlavý sval lýtkový (m. triceps surae). Sval se skládá ze tří hlav (dvojhlavého m. gastrocnemius a h kratšího m. soleus) a zajišťuje ohýbání nohy. Bříška všech složek se stýkají v Achillově šlaše na patní kosti. Svaly na noze jsou obsazeny palcovou a malíkovou skupinou, červovitými a mezikostními svaly. Čtyřhranný chodidlový sval (m. quadratus plantae) a krátký ohybač prstů (m. flexor digitorum brevis) navíc běží prostředkem chodidla (Tvrzník et al., 2004; Čapek et al., 2018).

Z hlediska bližšího zkoumání svalu bychom se mohli dostat až k jeho nejzákladnější části – svalovému vláknu. V dostupných publikacích jsou nám dnes známy tři druhy svalových vláken: rychlá glykolytická (FG), rychlá oxidativně glykolytická (FOG) a pomalá oxidativní (SO) (Písařík & Liška, 1989; Bártlová, 2003; Franková, 2019).

Kohlíková (2013) rozlišuje dokonce o jeden typ svalových vláken navíc. Přechodná vlákna, které podle ní představují vývojově nediferenciovanou populaci vláken, která je zřejmě potenciálním zdrojem předchozích tří typů.

Ke zjištění typu vláken se provádějí biologické odběry svalových vzorků z m. vastus lateralis. Z bioptického vzorku svalové tkáně se pak dá stanovit procentuální zastoupení vláken, jejich plocha, koncentrace anaerobních enzymů, příp. i množství energetických zdrojů ve formě fosfátu a glykogenu (Písařík & Liška, 1989; Kohlíková, 2013; Franková, 2019).

Podle Písaříka a Lišky (1989), Moravce (2003) Frankové (2019) je procentuální zastoupení u běžců na střední tratě následovné:

*Tabulka 1 Zastoupení skupin svalových vláken v % (Písařík & Liška, 1989; Moravec, 2003)*

Disciplína	FG	FOG	SO
800 m	15-20 %	40-45 %	40 %
1500 m	8 %	33 %	58 %

Kohlíková (2013) a Franková (2019) uvádí u středotratěařů průměrné procentuální zastoupení rychlých a pomalých vláken, 60 % ku 40 %.

Poměr svalových vláken podle Kenneyho, Wilmora a Costilla (2015) a Frankové (2019) je 21:71 u mužů a 31:69 u žen (rychlá glykolytická + oxidativně glykolytická:pomalá oxidativní).

### 1.3 Biochemické a fyziologické hledisko

Schopnost svalů vykonávat kontrakci a relaxaci je podmíněna potřebou energie. Bezprostředním zdrojem energie je rozklad ATP – látky, jejíž zásoby ve svalu jsou poměrně malé. Trvání fyzické zátěže je proto závislé na rychlosti a velikosti obnovy ATP, která probíhá buď aerobními nebo anaerobními pochody (Heller, 2003; Tvrzník et al., 2004, Franková, 2019).

Při aerobních procesech se energie uvolňuje za přítomnosti kyslíku (ve svalech, kde probíhá aerobní štěpení a resyntéza ATP). Anaerobní procesy se začínají aktivovat, když se intenzita pohybu zvýší do té míry, že organismus nestačí dodat svaly potřebné množství kyslíku. Energetické požadavky poté zajišťují procesy ATP-CP nebo anaerobní glykolýzy. Na základě těchto poznatků odlišujeme tři rozdílné způsoby získávání energie: ATP-CP systém, LA systém a O<sub>2</sub> systém (Vránová, 2013; Dovalil et al., 2009, Franková, 2019).

ATP-CP systém získává energii z přítomných energeticky bohatých fosfátů uložených v každé živé buňce. Při LA systému se energie získává štěpením glykogenů a konečným produktem reakcí této anaerobní glykolýzy je kyselina mléčná a její soli (laktát). O<sub>2</sub> systém funguje za přístupu kyslíku při štěpení cukrů, tuků a bílkovin a je nejvíce komplexním systémem. Jako zdroj energie se uplatňuje svalový glykogen, triglyceridy kosterního svalu, glukóza obsažená v krvi, volné mastné kyseliny z tukové tkáně a v krajních případech i bílkoviny (Wilmore & Costill, 1999; Vránová, 2013; Dovalil et al., 2009, Franková, 2019).

Podíváme-li se na energetické systémy v bězích, Písařík a Liška (1985), Neumann, Pfützner a Hottenrott (2005), Bahenský a Bunc (2018), Franková (2019) zařazují běh na 800 m do kategorií výkonů krátkodobého trvání s pohybovou aktivitou submaximální intenzity (35 % aerobní a 65 % anaerobní režim). Běh na 1500 m podle nich již spadá pod zatížení střednědobé vytrvalosti (cca 45 % aerobní a 55 % anaerobní).

Dalším rozdílem, spojeným s délkou trati, je hodnota maximální hladiny laktátu po doběhu. V běhu na 800 m se maximální laktát po doběhu pohybuje okolo 18–25

mmol/l, v běhu na 1 500 m dosahuje cca 14–20 mmol/l. Z této skutečnosti plyne nutnost rozvoje „laktátového systému“ (anaerobní trénink) a současně i „energetického kyslíkového systému“ (aerobní trénink). Nejúčinnější je rozvoj pomocí tréninku AEP a ANP prahu, pro jehož přesnější sestavení slouží laktátový test – stanovení hladiny laktátu v krvi při stupňovaném zatížení (Neumann et al., 2005; Bartůňková & kol., 2013; Bahenský & Bunc, 2018; Franková, 2019).

Aerobní procesy jsou dány schopností organismu zajistit potřebnou energii ke svalové práci při využití kyslíku. Aerobní výkon je funkčně dán vnějším dýcháním, kapacitou srdce, krevního oběhu, složením krve a využitím kyslíku ve tkáních. Míru aerobní trénovanosti udává maximální spotřeby kyslíku (dále jen  $VO_2\max$ ) a doba jejího 100% využití. Pro výkony na středních tratích je důležitá schopnost efektivně pracovat při rychlosti na úrovni  $VO_2\max$  (Písařík a Liška, 1985; Franková, 2019).

Anaerobní procesy jsou dány schopností organismu zabezpečit energii bez využití kyslíku (Písařík a Liška, 1985; Franková, 2019).

Italský trenér Renato Canova (2002) v této souvislosti rozlišuje úroveň aerobní síly, která je identifikovaná anaerobním prahem a vytrvalost aerobní síly identifikovanou aerobní kapacitou. Zdůrazňuje, že je nezbytné rozvíjet aerobní kapacitu a zvyšovat úroveň anaerobního prahu. Pro rozvoj anaerobního prahu je potřebné „pracovat“ mírně nad samotným prahem (tedy nad hladinou laktátu 4 mmol/l). Díky tomu se výkonu účastní větší procento rychlých červených vláken, což umožní svalům používat větší množství kyslíku ve stejném časovém období. Následně dojde ke zvýšení anaerobního prahu. Tento trénink, jehož cílem je zlepšit sílu aerobní vytrvalosti, zároveň zlepšuje aerobní kapacitu (Canova, 2002; Franková, 2019).

## **1.4 Intersexuální rozdíly**

Ženy se od mužů liší geneticky danými anatomickými, fyziologickými a psychologickými rozdíly. Základní tělesné znaky se diferencují již v embryonálním stádiu. Od raného dětství mají ženy předstih v kostním vyžívání, avšak v 17-18 letech se stav vyrovnává. Tělesný růst u žen končí dříve než u mužů. V dospělosti dosahují ženy tělesné výšky odpovídající 93-94 % výšky muže a tělesné hmotnosti odpovídající 81 % hmotnosti muže (Kvapilík & kol., 1978; Dovalil et al., 2009; Franková, 2019)



V začátcích pubertálního období se vlivem mužských pohlavních hormonů zvyšuje množství svalové masy a roste svalová síla u chlapců. Naopak působením ženských pohlavních hormonů a menší výkonností kardiorespirace mají ženy nižší transportní kapacitu krve pro kyslík. Při intenzivní práci rychleji vyčerpávají aerobní kapacitu a jsou proto nuceny přejít dříve na anaerobní laktátový způsob získávání energie (Bartůňková & kol., 2013; Franková, 2019).

Kostra muže je celkově více robustní než kostra ženy. Ženské kosti jsou vůči mužským štíhlejší, menší s méně výraznými drsnatinami. Nejzřejmější jsou však pohlavní rozdíly na pánvi. Ženská pánev je nižší a má větší šíři než mužská. Stydký úhel je rozevřenější u žen (90-100 °, někdy se udává až 125 °). U mužů je tento úhel 65-75 °. Širší pánev a tím větší vzdálenost pánevních kloubních jamek se promítají do odlišného postavení stehenních kostí (průměr osy stehenní kosti je u žen šikmější než u mužů). Větší příčný odstup pánevních lopat na ženské pánvi a menší úhel krčku k ose stehenní mění působení páky při přenášení svalové síly v oblasti pánve do dolních končetin. Tím jsou ženy v nevýhodě při určitých sportovních výkonech, např. právě běh. (Kvapilík & kol., 1978; Franková, 2019).

Ženské složení těla disponuje vyšším procentem tuku a vyšším množstvím tělesné vody. Pozorujeme ukládání tuku spíše do spodní části těla, na rozdíl od mužů, kterým se více ukládá do horní části těla (Smitka, 2013; Dovalil et al., 2009; Franková, 2019).

Ženy mají zhruba o 15 % větší podíl pomalu kontrahujících vláken a důsledkem svalového složení také stejné, nebo dokonce vyšší vytrvalostní předpoklady než muži. Naproti tomu kondiční předpoklady pro rychlostně silový trénink jsou u žen nižší (Kvapilík & kol., 1978; Smitka, 2013; Dovalil et al., 2009; Franková, 2019).

Z hlediska morfofunkčních rozdílů jsou ženy v oblasti oběhového systému znevýhodněny menším srdcem, objemem krve i tepovým objemem. Maximální aerobní kapacita dosahuje cca 75-80 % kapacity muže. Anaerobní laktátová (glykolýza) i alaktátová (ATP + CP) kapacita jsou rovněž menší oproti mužům. V oblasti dýchacího systému disponují ženy drobnějším hrudníkem a s ním spojenou nižší totální i vitální kapacitou plic. Pokud se podíváme více do hloubky, tak i červený krevní obraz (především počet erytrocytů, hematokrit, hemoglobin apod.) je u žen v porovnání s muži nižší (Písařík & Liška, 1985; Havlíčková & kol., 1999; Smitka, 2013; Franková, 2019)

Na středních tratích jsou ženy do jisté míry znevýhodněny oproti mužům. I když se přístupem k tréninku a k závodění často mužům vyrovnají a mnohdy je i předčí, pozorujeme jisté odlišnosti. Svalová hmota u žen (35,8 % tělesné hmotnosti) je podstatně menší než u mužů (41,8 % tělesné hmotnosti). Síla u žen činí v průměru 55-80 % síly mužů a přírůstek síly stejného druhu je u žen procentuálně nižší než u mužů (Bureš, 1986; Vránová, 2013; Franková, 2019).

## 1.5 Biomechanika

Každý sportovní pohyb se děje podle obecně platných zákonů mechaniky. Mechanika je oborem fyziky a rozdělit ji můžeme podle různých kritérií. Např. podle vztahu k příčinám pohybu na kinematiku (popisující pohyb těles bez ohledu na příčiny pohybu) a dynamiku (zabývající se příčinami pohybu). Dále podle skupenství na mechaniku tuhého tělesa, hydromechaniku či aeromechaniku. Nebo podle vztahu k jiným oborům na mechatroniku (aplikace pro potřeby elektroniky, softwarového inženýrství atp.), geomechaniku (spojitost s geologickými či hornickými obory), biomechaniku (ve spojitosti s živými či neživými organismy). Biomechaniku můžeme členit do několika směrů, ale pro naše účely se budeme věnovat biomechanice savců, konkrétně člověka (Štoll, 2011).

Běh představuje především pohyb v mechanickém smyslu, neboť jde především o změnu místa hmoty lidského těla v prostoru a čase, jejíž příčinou jsou nějaké síly. Na velikosti a vzájemném působení síla-hmota závisí mechanický průběh pohybu, který je právě předmětem biomechanického zkoumání (Seliger & Novák, 1960).

Základní biomechanickou úlohou je vyšetření silového působení na lidské tělo, k čemuž využíváme Newtonovy zákony. Právě Newton charakterizuje sílu jako „příčinu pohybu“. Síla je definována nejen svou velikostí, ale i směrem a smyslem. Idealizovaná síla působí v jednom bodě a má vektorový charakter. Díky tomu ji lze rozložit do složek zvoleného souřadnicového systému pomocí směrových úhlů (Valenta & Konvičková, 1997; Tlapáková, 2003; Čapek et al., 2018).

Podle Tlapákové (2003) působí na činnost jak vnější síly, tak síly vnitřní, jež produkuje běžec vlastní svalovou činností. Vzájemný vztah vnitřních a vnějších sil mezi směrem pohybu těla a směrem působení síly může být trojího charakteru:

**hybná síla** – síla napomáhající pohybu, směr síly se shoduje se směrem pohybu těla;

**brzdící síla** – protichůdná síla, směr síly je opačný směru pohybu těla;

**neutrální síla** – neovlivňuje rychlost v daném směru, směr síly tvoří pravý úhel se směrem pohybu těla. (Tlapáková, 2003)

Působení vnitřních svalových sil se řídí podle charakteru vnějšího odporu, který má velký význam pro dosažení větší rychlosti i pro zdokonalení běžeckých schopností. Na charakter vnějšího odporu může mít vliv změna jakosti opory, změna vlastnosti obuvi, změna terénu nebo změna pohybu (Seliger & Novák, 1960; Millerová, 2003; Brewer, 2017).

Při sportu vzniká síla stahem svalových vláken. Nejlepšího využití dosáhneme, pokud působí ve směru celkového těžiště těla nebo náčiní. V opačném případě (jde-li mimo) se zmenšuje její účinnost a dochází k rotacím (Kerssenbrock & kol, 1976).

### 1.5.1 Vnější síly

Na sportovní pohyb může působit celá řada vnějších sil, ale podle Tlapákové (2003) a Brewera (2017) se jej nejčastěji účastní tyto síly:

**gravitační** (tíhová) – dána silovým polem Země. Závisí na hmotnosti daného tělesa a tíhovém zrychlení. Může způsobovat tlak na podložku, pohyb tělesa svisle dolů, nebo rotaci;

**reakční** – podle Newtonova třetího zákona má stejnou velikost, ale opačnou orientaci než síla akční;

**třecí** – dostatečná velikost této síly je podmínkou pro veškerou lokomoci (chůze, běh), sportovci ji mohou uměle zvětšit např. během v tretrách;

**setrvačná** – Newtonův první zákon říká, že těleso má snahu zachovat si svůj pohybový stav (klid, nebo rovnoměrný přímočarý pohyb).

Při křivočarých pohybech se vyskytuje síla dostředivá, kterou vyvíjí jedinec pro změnu směru pohybu a odstředivá, působící na jedince při změně směru pohybu (např. běh do zatáčky). (Tlapáková, 2003)

Kerssenbrock a kol. (1976) rozlišují vnější síly na reakci opory, odpor prostředí, přitažlivost zemskou a odstředivou sílu.

Sportovních výkonů se zpravidla účastní více sil najednou. Působí-li dvě síly ve stejném působišti stejným směrem, potom se rovná konečná velikost součtu obou sil. Nejčastější případ ve sportu je síla, vytvořená v propulzní fázi, jež uděluje tělu nebo náčiní rychlost ve směru vertikálním a síla pocházející z horizontální složky, která uděluje rychlost ve směru horizontálním (Kerssenbrock & kol., 1976).

## 1.5.2 Akce a reakce

Každá akce vyvolá reakci o stejné velikosti, avšak opačného směru. Současně s pohybem těla vzhůru při odraze (akce) vzniká tlak na podložku směrem dolů (reakce). Jestliže je podložka dostatečně pevná, je reakce zrušena a může veškerá svalová síla působit vzhůru. Pokud není, bude sportovec zároveň s pohybem vzhůru klesat dolů. Jakmile zanikne akce, zanikne i reakce (Kerssenbrock & kol., 1976).

### 1.5.2.1 Změna terénu

Pohyb lidského těla při běhu je tedy mj. závislý na podložce, po které se běžec pohybuje. Čím pevnější je podložka, tím efektivněji lze provést odraz. Měkčí podložka naopak lépe absorbuje náraz při dopadu, což má pozitivní vliv na osový systém. Toto tvrzení dokazují Janura a Zahálka (2004) svým sledováním běžkyně (22 let, 56 kg, 168 cm) na atletickém povrchu a na měkkém přírodním terénu. Na tvrdé podložce měla běžkyně průměrnou délku kroku 1,71 m (102 % tělesné výšky) a frekvenci běhu  $3,05 \text{ kroku} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na měkkém podložce byla průměrná délka kroku 1,49 m (89 % tělesné výšky) a frekvence kroku  $2,67 \text{ kroku} \cdot \text{s}^{-1}$ , což znamená rozdíl ve frekvenci o 13 %. Rychlost běhu závislé na délce kroku a frekvenci byla v terénu o 20 % menší (Janura & Zahálka, 2004).

V souhrnu je v přírodním terénu kratší doba letu (o 25 %), delší doba opory (o 35 %), větší úhel dokroku (o 6 %), vyšší vertikální výkyv těžiště (o 30 %), vyšší frekvence kroku (o 13 %) a nižší průměrná rychlost těžiště těla (o 23 %). Důvodem je při nedostatečné pevnosti podložky tlumení reakční složky hnací síly vyvinuté na dolní končetinu. Tato skutečnost způsobí delší dobu amortizace i vlastního odrazu a tím zvýšení času, po kterou je doba v kontaktu s podložkou (Janura & Zahálka, 2004).

## 1.6 Technika běhu

Pohybová způsobilost je charakterizována stavem svalů a dovednostními předpoklady, tedy zvládnutím techniky. Pro dosažení nezbytné úrovně pohybových

dovedností je třeba dosáhnout jisté úrovně kondičních předpokladů. V potaz je třeba brát i ekonomiku pohybu, jež můžeme charakterizovat za pomoci množství energie vydané k přemístění 1 kg hmotnosti na vzdálenost 1 m (Novacheck, 1997; Bahenský & Bunc, 2012; Franková, 2019).

Mezi další parametry ovlivňující kvalitu pohybové činnosti řadíme pohyblivost segmentů těla zajišťujících konkrétní pohybovou činnost, individuální antropometrické parametry, fyzické dispozice, pohybové návyky, stupeň únavy, vnější podmínky, trénovanost atp. (Keith, 1985; Bunc, 2012; Di Michele, 2008).

Při hodnocení techniky běhu rozeznáváme dva základní způsoby: šlapavý běh, který se používá především pro stupňování rychlosti buď z klidu (výběh z bloků) anebo z pohybu (akcelerace na trati), dále běh švihový, který slouží k udržení získané rychlosti (Kerssenbrock a kol., 1976).

Optimální technika umožňuje běžcům dokonalou rovnováhu mezi rychlostí běhu a ekonomikou pohybu. Ideální pohybový vzorec se může lišit v závislosti na cíli, kterým může být ekonomicky nejvhodnější pohyb při dlouhém běhu nebo rychlostně silový projev při sprintu. Zatímco sprinteři a vytrvalci si drobné chyby v technice běhu mohou dovolit, běžci na středních tratích nikoliv. U vytrvalců záleží především na vytrvaleckých schopnostech, u sprinterů na schopnosti vykonat pohyby maximální rychlostí. Proti tomu běžci na středních tratích nevystačí bez pohybové ekonomie. Rychlost jejich běhu je poměrně vysoká, a proto musí být jejich odraz dostatečně energický. Zároveň musí dokonale využívat setrvačnosti pohybu. Stylově dokonalé běžce proto najdeme právě mezi středotratěři (Seliger & Novák, 1960; Cunningham, Hunter, Seeley & Feland, 2013).

Lokomoční pohyby vznikají protisměrnou rotací páteře. V oblasti hrudi je přenášena na ramena a dále na horní končetiny. V křížové oblasti na pánev a dále na dolní končetiny. Hlavním zdrojem postupného pohybu je silový impuls náponové nohy a švihové podpůrné složky. Cyklus běžeckého kroku využívá až 70 % celkové energie právě na propulzní fázi, dále 20 % na regenerační mechaniku a 10 % na udržení stability těla. Při dokročení nastávají v důsledku brzdících sil ztráty rychlosti, avšak u běhu jsou nepatrné. Spolurozhodující je ovšem práce v kolenním kloubu, která má povolující tendenci. Dokrok by měl být měkký (elastický) a je prováděn na přední část chodidla. Paže jsou v lokti ohnuty tak, aby představovaly krátké kyvadlo. Ruce mírně sevřeny v pěst, čelist uvolněna. Rozsah pohybu končetin je závislý na rychlosti běhu. Provedení

kroku při rychlém běhu a při pomalém běhu se odlišuje. Vyplývá to z různé intenzity odrazu, z úspornosti provedení odrazu a z různé míry využití setrvačnosti těla. Čím rychlejší běh, tím větší rozsah pohybu, delší letová fáze a větší svislé výkyvy těžiště. Největšího pohybového rozsahu je dosahováno běžci na tratích 400–800 m. Větší intenzita odrazu vyžaduje mohutnější švih paží a vyšší zvednutí švihové nohy. Převádění švihové končetiny vpřed musí být co nejrychlejší, páka, kterou je kost stehenní, musí mít rameno břemene co nejkratší, a proto je švihová končetina v kolenu daleko více ohnuta než při vytrvalostním běhu (Seliger & Novák, 1960; Jurečka & kol., 1981; Milerová, 2003; Cunningham et al., 2013; Christensen, 2017).

Provedení kroku se liší v závislosti na poměru jednotlivých částí dolní končetiny, především na poměru délky stehna a délky bérce. Běžec, jehož stehno je stejně dlouhé jako bérec, ohýbá koleno nejméně při vodorovném pohybu těžiště těla. Je-li stehno kratší je nutný větší pohybový rozsah v kyčelním kloubu v opačném případě (je-li stehno delší) jsou kladeny vyšší požadavky na rozsah pohybu v kloubech hlezenních. Fáze od okamžiku dokročení do okamžiku, kdy je bérec svisle je delší u běžce s krátkým stehnem a dlouhým bérce než u běžce se stejně dlouhou končetinou, avšak s delším stehnem a kratším bérce. V konečné fázi odrazu je ve výhodě běžec s dlouhým stehnem (Seliger & Novák, 1960; Cunningham et al., 2013)

V neposlední řadě bychom neměli zaměřovat pojmy běžecká technika a běžecký styl. Neboť technika je určitý způsob řešení daného pohybového úkolu a styl je osobní pojetí techniky. Na vrcholové úrovni se i špičkoví běžci se stejnou výkonnostní úrovní od sebe na první pohled liší, neboť např. pákové poměry se při běhu budou projevovat jinak u vysokého běžce s dlouhými končetinami než u běžce nižší postavy. Optimální provedení bude tedy kompromisem mezi biomechanickými zákonitostmi a individuálními zvláštnostmi jedince (Seliger & Novák, 1960; Tvrzník et al., 2004; Cunningham et al., 2013; Jebavý, Kovářová & Hořic, 2019).

### **1.6.1 Ekonomika pohybu**

Di Michele (2008) ve své práci uvádí, že za tradiční ukazatel výkonnosti u běžců bylo považováno VO<sub>2</sub>max. Avšak dnes se čím dál častěji ukazuje, že i ekonomika běhu definována jako aerobní poptávka pro danou submaximální rychlost je rovněž důležitým determinanem výkonu a dobře rozlišuje atlety s podobnými hodnotami VO<sub>2</sub>max.

Novacheck (1997) dokonce považuje maximalizování energetické efektivity za nejdůležitější determinující faktor způsobu, jakým se jedinec pohybuje. Dle něj platí, že pro ustálené aerobní podmínky si člověk volí takové strategie, které jsou z hlediska spotřeby energie ekonomičtější.

Di Michele (2008) dále nastiňuje intuitivní propojenost mezi technikou běhu a ekonomikou pohybu od počátku vykonání mechanického vzorce pohybu (bez neproduktivních pohybů) na něž se aplikují síly odpovídajících velikostí v náležitých směrech s přesným načasováním. Celý tento sled událostí povede k menšímu množství celkové práce, menšímu fyziologickému napětí a nižší spotřebě energie při dané rychlosti, tedy k následnému zlepšení výkonu.

Mezi první faktor ovlivňující styl běhu, který souvisí s energetickou spotřebou, patří délka kroku. Cavanagh (1982) uvádí, že ekonomika pohybu má tendence se křivočáře zvyšovat se změnou délky kroku (prodloužení, zkrácení). Dále také uvádí, že není třeba u trénovaných jedinců kontrolovat délku kroku, protože za prvé přirozeně získávají optimální poměr mezi rychlostí a délkou kroku v závislosti na vnímané námaze. Za druhé se mohou opakovaným tréninkem fyziologicky přizpůsobit konkrétní kombinaci délky a frekvence kroku pro danou rychlost běhu.

S běžeckou ekonomikou souvisí dále několik diskrétních proměnných. Di Michele (2008) ve své práci popisuje např. menší vertikální oscilaci a větší symetričnost u elitních ekonomicky zdatnějších běžců než u méně ekonomicky hospodárných sportovců. Dále také spojitost s více extendovanou dolní částí nohy, větší maximální změnou rychlosti plantární flexe a větší změnou horizontální rychlosti paty při došlapu. Nakonec ale uvádí, že nelze činit definitivních závěrů a jsou zapotřebí další studie.

## **1.6.2 Fáze běžeckého kroku**

Provedení pohybu se skládá z jednotlivých fází. Výsledek činnosti jedné fáze je zároveň vstupem do fáze následující (Jebavý, Hojka, & Kaplan, 2014).

Při běhu se cyklicky střídají dvě fáze. Fáze letová a fáze jednooporová. Na dráhu a rychlost těžiště těla působíme pouze v oporové fázi. Ve fázi letové se tělo běžce pohybuje setrvačností a jeho těžiště má nejvyšší polohu. V oporové fázi se těžiště vychyluje horizontálně na stranu oporové nohy a zároveň dochází k jeho vertikálním výkyvům v důsledku běžeckého odrazu. Doba trvání je u obou fází zhruba stejně dlouhá.

U netrénovaných osob cca 120 ms. U trénovaných běžců se doba opory zkracuje. Se špatnou technikou běhu se naopak doba opory prodlužuje, nebo je stranově nevyvážená (Millerová, 2003; Měkota & Cuberek, 2005; Bahenský & Bunc, 2018).

Jebavý et al. (2014) rozdělují běžecký krok do 4 fází. Na fázi oporovou, fázi složení končetiny, fázi přenosu a fázi přípravy na dokrok.

### **Oporová fáze**

Tato fáze je složena z dokroku, momentu vertikály a odrazu. Klade se v ní důraz na dostatečné vyvinutí impulzu síly za co nejkratší dobu. Kontakt se zemí by se podle Christensena (2017) měl pohybovat okolo 156-165 ms v závodní rychlosti. Při švihovém způsobu běhu dochází k výskytu brzdné fáze. Vlivem předkročení před těžiště působí síla proti směru pohybu. Brzdná fáze je ovlivněna mírou předkročení a úrovní extenze v jednotlivých kloubech oporové končetiny. Jejího zkrácení můžeme dosáhnout aktivním dokrokem na podložku s minimální mírou předkročení. Dokrok by měl být pružný, realizovaný přes vnější (malíkovou) část chodidla, zakončen v momentě vertikály. Úhel dokroku se pohybuje u švihového způsobu běhu mezi 70-80°. V momentě vertikály se tělo běžce nachází nad oporovou neboli stojnou nohou. Ta je mírně flektována v kolenní a dotýká se celým chodidlem podložky. Obě paže se nacházejí přibližně ve stejné poloze. Vertikální výkyv těžiště (které se nachází přibližně v oblasti pánve) mezi momentem vertikály a nejvyšším bodem letové fáze by měl být od 5 do 10 cm (Seliger & Novák, 1960; Tvrzník et al., 2004; Jebavý et al., 2014; Nosek a Valter, 2014).

Technika oporové fáze je dále předurčena fyziologickými poměry kloubů dolních končetin konkrétně kyčelních, kolenních a hlezenních. O správném postavení hovoříme v případě, kdy spojnice hlavice kyčelního kloubu a středu dolní části kosti holenní prochází i středem kolenního kloubu. Nesprávné postavení může být dvojího typu. Valgózní postavení kolenních kloubů (vbočené kolenní klouby do „X“), kdy osa probíhá vně kolene a varózní postavení (vybočené kolenní klouby do „O“) typické průběhem spojnice směrem dovnitř ke druhému kolennímu. Krom přetěžování kolen mají tyto odchylky jednoznačně negativní vliv i na vlastní techniku došlapu (Tvrzník et al, 2004; Levitová & Hošková, 2015).

Vlastní propulsní fáze je dána schopností rychlé koncentrické kontrakce a částečně i reaktivně-silovými dispozicemi jedince. Začíná náponem odrazové nohy v kyčelním, kolenním a hlezenním kloubu. Chodidlo běžce musí mít značnou pohyblivost



právě v hlezenním kloubu, jelikož úhel mezi bércelem a chodidlem je značně zmenšen. Síla odrazu směřuje do těžiště. Hlava, krk, trup i odrazová noha vytvářejí tzv. běžecký luk. Úhel odrazu by se měl pohybovat mezi 50-55° (Seliger & Novák, 1960; Tvrzník et al., 2004; Jebavý et al., 2014; Nosek a Valter, 2014).

### **Fáze složení končetiny**

Fáze doznívání pohybu nastává po dokončení odrazu. Má-li se odrazová síla uplatnit co nejvíce ve směru běhu, musí odrazová končetina směřovat šikmo vzad. Bavíme se zde opět o běžeckém luku. Čím větší je úhel mezi trupem a stehnem, tím lze odraz považovat za účinnější. Charakter odrazu se mění s druhem obuvi, neboť tretry umožňují atletovi energičtější provedení. Po dokončení odrazu pokračuje extenze končetiny, protože již však není v kontaktu s podložkou, nemá další dopínání smysl. Podstatné je končetinu co nejrychleji skrčit, aby při fázi přenesení došlo k působení flexorů v kyčli na co nejnižší moment setrvačnosti dolní končetiny, čímž dojde k vyšší rychlosti otáčení v kyčli. Dominujícím pohybem je flexe kolenního kloubu, které se jako pomocné flexory zúčastňují hamstringy a obě dlouhé hlavy lýtkového tricepsu (podílejí se pouze za předpokladu špičky chodidla přitažené k bérce) (Seliger & Novák, 1960; Jebavý et al., 2014).

### **Fáze přenosu**

Pro fázi přenosu je důležitá koordinace s druhou oporovou končetinou. Při ideální součinnosti je končetina vedena vpřed současným aktivním sešlápnutím opačné nohy a dochází tak k švihovému pohybu. Fáze přenosu nejvíce rozhoduje o délce kroku. Je nezbytné provádět všechny patřičné pohyby ve velkém rozsahu, avšak s minimálním prodloužením doby trvání této fáze, která začíná maximální flexí kolene a končí vysokým stupněm flexe v kyčli vedené končetiny a v koleni. Pozice pánve má rovněž vliv na správné provedení. Podsazená pánev umožňuje realizovat flexi v kyčli ve vyšším rozsahu s nižší námahou. Vysazená pánev má za následek vyšší energetickou náročnost a nižší rozsah pohybu (hýžďový sval se přetahuje s flexory) (Jebavý et al., 2014).

### **Fáze přípravy na dokrok**

Začátek této fáze je charakterizován maximální flexí v kyčli. Konec fáze je zároveň okamžikem dokroku. Úkolem přípravné fáze je produkce co nejvyšší kinetické energie rotace v kyčli spolu s přesným provedením dokroku. Díky svalové pružnosti může dojít ke krátkodobé akumulaci této energie která je využívána zpětně v propulzní

fázi. Za ideální dokrok považujeme měkké převalení přes vnější stranu chodidla. Následně se ploska odvíjí na celé chodidlo, aby dosáhla optimálního předpětí svalů do propulzní fáze. Tato tzv. dvojitá práce kotníků je charakteristická pro švihový způsob běhu a její správné provedení výrazně ovlivňuje jednak ekonomiku ale i efektivnost běhu. Zároveň slouží k udržení rychlostního projevu (Jebavý et al., 2014; Jebavý et al., 2019).

## 1.7 Diagnostika

Součástí každé diagnostiky musí být detailní pohybová anamnéza. Vedle parametrů kvantitativních je třeba posuzovat právě i parametry kvalitativní – techniku. (Bunc, 2012).

Nejčastěji užívanou metodou kvalitativní diagnostiky je expertní hodnocení nebo hodnocení průběhu pohybu na záznamových zařízeních (video nebo film). Výhodou využití této metody je možnost uchování záznamu pohybu, zaznamenání pohybu prováděného ve velké rychlosti, opakované vyhodnocení pohybové sekvence a provedení porovnání u více jedinců současně (Janura & Zahálka, 2004; Bunc, 2012).

Analýza pohybové činnosti může být prováděna na několika úrovních, které se odvíjejí od cíle analýzy a technických podmínek pracoviště. Rozlišujeme kvalitativní a kvantitativní analýzu (Janura & Zahálka, 2004).

Při kvalitativní analýze hodnotíme pohyb (např. slovně) bez měření konkrétních fyzikálních veličin. Jsou zde kladeny menší nároky na technickou zabezpečení. Závisí především na odborné úrovni posuzovatele. Tento postup nám neumožňuje kvantifikovat velikost výstupních veličin. Metodou, jež nám to umožní je analýza kvantitativní, jejíž výstup jsou číselné hodnoty, které zpravidla udávají velikost fyzikálních veličin. Základní rozdělení v biomechanice vychází z charakteru měřené veličiny, neboť rozlišujeme metody dynamické (měřeným parametrem je síla) a metody kinematické u kterých nebereme ohled na příčiny pohybu. Mezi kinematické metody patří goniometrie, akcelerometrie, stroboskopie, systémy pracující na elektromagnetickém principu, systémy využívající akustické senzory, optoelektrické systémy anebo kinematografická (videografická) vyšetřovací metoda (Janura & Zahálka, 2004).

## **2 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

### **2.1 Cíle práce**

Hlavním cílem práce je prostřednictvím kvalitativní kinematické analýzy a kvantitativní kinematografické vyšetřovací metody vyhodnocení videozáznamu techniky běhu u elitních českých běžců a běžkyň na střední tratě zhodnotit technickou zdatnost a intraindividuální variabilitu běžeckého stylu jednotlivých probandů.

### **2.2 Úkoly práce**

1. Obsahová analýza odborné literatury zabývající se převážně biomechanikou běhu, běžeckou technikou a kinematickou analýzou lidského pohybu.
2. Zaznamenání techniky běhu při speciálním tempu u vybraných atletů za pomoci vysokofrekvenčních kamer Panasonic Lumix DMC-FZ300.
3. Analýza získaných záznamů z vysokofrekvenčních kamer za pomoci kvalitativní kinematické analýzy a kvantitativního vyšetření.
4. Zpracování výsledků za pomoci aplikací Adobe Photoshop, Adobe Premiere, Kinovea a Microsoft Excel.
5. Grafické zobrazení výsledků do podoby kinogramů a tabulek.
6. Komparace výsledků s odbornou literaturou zabývající se danou problematikou a mezi sebou navzájem.
7. Zodpovězení výzkumných otázek a formulace závěrů.

### **2.3 Výzkumné otázky**

Výzkumná část práce se zaměřuje na zodpovězení těchto výzkumných otázek:

1. Jak se odlišuje běžecký styl zkoumaných probandů od doporučené modelové techniky podle odborné literatury?
2. Jaká je intraindividuální variabilita běžeckého stylu jednotlivých probandů?

### 3 METODIKA PRÁCE

Práce se zabývá hodnocením techniky běhu elitních českých běžců a běžkyň na střední tratě. Z toho důvodu byl rekrutován výběr na základě nejlepších dosažených výsledků v roce 2019-2020. Kritéria pro výběr probandů byla následující povahy:

- 1) umístění mezi prvními 10 nejlepšími českými běžci a běžkyněmi na 800 m, nebo 1 500 m v roce 2019-2020. Žebříček za daný rok je možné dohledat na adrese: <https://online.atletika.cz/statistiky/prubezne-tabulky/1>;
- 2) časové, zdravotní aspekty, popř. aspekty osobního charakteru.

Rekrutace byla provedena na jaře roku 2021 na základě výkonnostní úrovně a výše zmiňovaných aspektů. Probandi byly během května a června 2021 natáčeni na vysokofrekvenční kamery Panasonic Lumix DMC-FZ300 v průběhu vlastního tréninku, který se vždy odehrával na tartanu atletického stadionu. Kamera byla nastavena na zpomalený záběr se snímkovací frekvencí 100 fps. Během natáčení byly pořízeny 3 čelné a 3 boční záznamy individuálního speciálního tempa v tretrách. Kamera pro záznam běžecké techniky z boku byla umístěna v sedmé dráze 20 m od cíle. Kamera pro záznam běžecké techniky zepředu byla umístěna v druhé dráze 10 m od cíle.

V červenci 2021 byla provedena následná analýza získaných záznamů. Využita byla nejprve metoda kvalitativní, tedy popis a hodnocení pohybu neboli vizuální posouzení záznamu pohybu. Dále byla pro videozáznam pohybové činnosti užitá kvantitativní kinematografická vyšetřovací metoda jejímž výsledkem byly souřadnice bodů na základě, kterých byl umožněn výpočet kinematických veličin.

Záznamy byly dále zpracovány za využití aplikací Adobe Photoshop, Adobe Premiere, Kinovea a Microsoft Excel do podoby kinogramů a tabulek.

Nejprve byly na základě odborné literatury stanoveny uzlové body běžecké techniky:

- a) příprava na dokrok (okamžik těsně před dokrokem),
- b) začátek oporové fáze (první kontakt se zemí)
- c) okamžik položení celého chodidla na zem,
- d) moment vertikály (okamžik, kdy je kyčelní kloub nad kloubem zánártním),
- e) okamžik dokončení odrazu (okamžik, kdy špička opustila oporu),
- f) nejvyšší bod letu.

Tyto fáze byly zaznamenány na základě vizuálního posouzení v programu Adobe Premiere a následně upraveny v programu Adobe Photoshop do podoby kinogramu běžecského dvojkroku z boku a zepředu u každého probanda.

Dále byly za pomoci kinematografické vyšetřovací metody zpracovány v aplikaci Kinovea zpracovány v pořadí třetí, čtvrtý a pátý kinogram u každého jednotlivého probanda. Třetí kinogram mapuje úhel mezi osou kyčel-kotník a zemí v počáteční fázi došlapu (první kontakt se zemí) a na konci propulzní fáze (poslední kontakt se zemí). Rovněž také úhel loketního kloubu, který se rozvíral mezi osami kloub ramenní – kloub loketní a kloub loketní – zápěstí v rovnakých fázích. Čtvrtý kinogram zobrazuje úhel kolenního kloubu při odrazu a při dokroku. Za koncové body úhlu byly brány kloub hlezenní a kloub kyčelní.

Poslední, pátý kinogram u daného jednotlivce zobrazuje náklon trupu v průběhu jednoho běžecského kroku, jež zaznamenává počátek oporové fáze (první kontakt se zemí), moment vertikály, konec oporové fáze (poslední kontakt se zemí) a letovou fázi. Náklon byl měřen úhlem, jehož průsečík ležel v těžišti daného probanda a ramena byla připojena na vertikálu neboli svislici a manubrium sternii.

Jako poslední část byly zpracovány dvě tabulky. Zpracování předcházelo opětovné kinematografické vyšetření v aplikaci Kinovea. Za prvé byl určen vertikální výkyv těžiště během běžecského kroku (dvojkroku), rozdílem mezi těžištěm v nejvyšším bodě letové fáze a nejnižší bodě ve momentě vertikály. Měření bylo provedeno 2x z důvodu minimalizace odchylek měření a následně byl vypočítán v aplikaci Microsoft Excel průměr. Průměr společně se vstupními hodnotami byl graficky zaznamenán do tabulky vertikálního výkyvu těžiště. Za druhé byla na základě rozdílu mezi časem odrazu a časem dokroku určena doba oporové fáze a rozdílu mezi časem dokroku a časem odrazu doba letové fáze. Obě fáze byly zaznamenány v průběhu běžecského dvojkroku a graficky znázorněny za pomoci tabulky v aplikaci Microsoft Excel.

### **3.1 Charakteristika výzkumného souboru**

Samotný výzkumný soubor je tvořen 8 atlety (4 muži a 4 ženami) průměrného věku  $26 \pm 6$  let, jež dosahují výkonnostní úrovně české atletické špičky. Jejich osobní rekordy k 1. 6. 2021 měli průměrnou hodnotu u mužů: v běhu na 800 m –  $1:47,73 \pm 4,78$ ; v běhu na 1 500 m –  $3:38,97 \pm 10,34$  a u žen: v běhu na 800 m –  $2:03,52 \pm 2,16$ ; v běhu na 1 500 m –  $4:17,09 \pm 11,44$  viz tabulka č. 2.

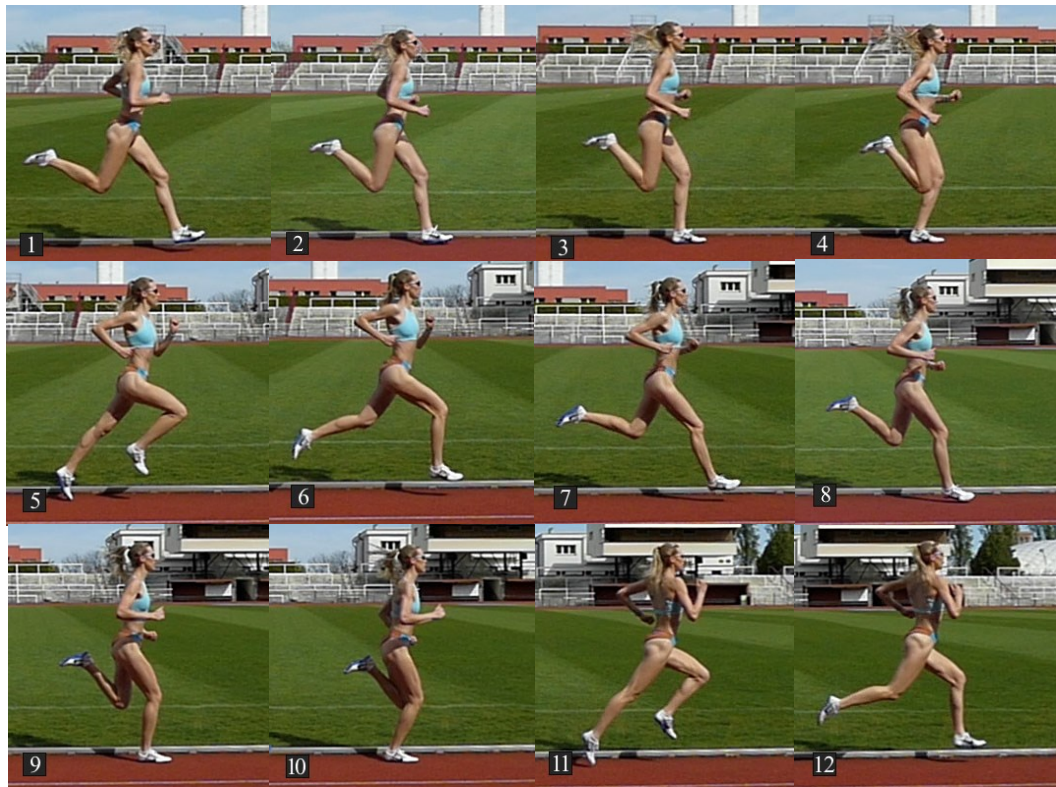
*Tabulka 2 Osobní rekordy probandů k 1.6.2021*

Proband		OR 800 m [s]	OR 1 500 m [s]
1	Ficenec, Kimberley	2:05.35	4:27.09
2	Friš, Jan	1:47.05	3:39.05
3	Holuša, Jakub	1:45.12	3:32.49
4	Mäki Kristiina	2:02.21	4:06.61
5	Mezuliáníková, Diana	2:01.36	4:06.12
6	Pavličková, Renata	2:05.16	4:28.52
7	Sasínek, Filip	1:46.24	3:35.02
8	Vích, Damián	1:52.51	3:49.31

## 4 VÝZKUMNÁ ČÁST

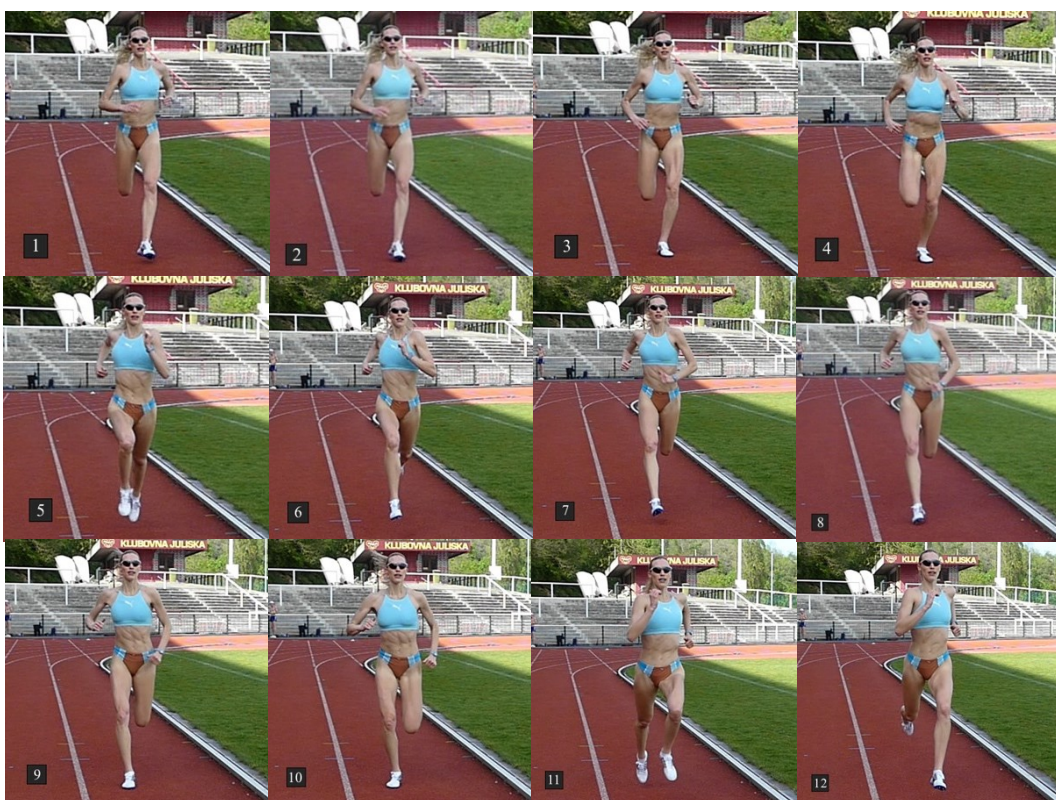
### 4.1 Kinogram běžecké techniky, probandka 1

*Kinogram 1 Běžecký dvojkrok z boku, probandka 1*



Kinogram 1 zachycuje běžecký dvojkrok elitní osmistovkačky Kimberley Ficenec. Každá jednotlivá fáze disponuje typickými znaky. Příprava na dokrok charakterizována aktivním vykývnutím bérce (obr. 1, obr. 7.), došlap na celé chodidlo (obr. 3, obr. 9) po aktivním dokroku přes přední část (obr. 2, obr. 8), moment vertikály (obr. 4, obr. 10) s mírnou flexí u oporové nohy a v propulzní fázi (obr. 5, obr. 11) aktivního odrazu zakončenou maximální extenzí v koleni odrazové končetiny a zdvihem stehna nohy švihové. Hlava v prodloužení, trup narovnaný s mírnou bederní hyperlordózou. Rotace trupu mají zanedbatelný charakter, ramena uvolněná, prsty rukou v sevření. Co se týká rozsahu pohybu práce paží, v letové fázi (obr. 6, obr. 12) se úhel v lokti přední paže uzavírá téměř na minimum. Obě paže pracují stejně, nenalzáme viditelné odlišnosti.

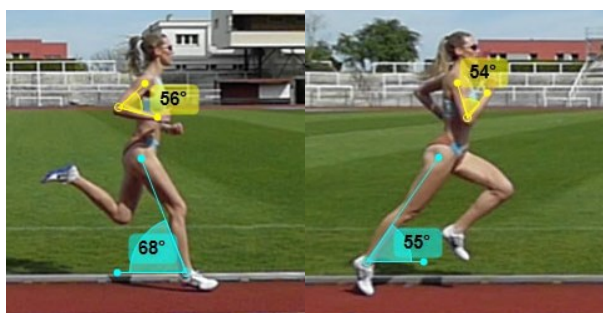
### Kinogram 2 Běžecký dvojkrok zepředu, probandka 1



Čelný záznam běžeckého kroku na kinogramu 2 neukazuje významné pohyby hlavy, pánve nebo trupu do stran. „Největší“ výkyv pánve do strany je viditelný při došlapu pravé nohy (obr. 8-9).

V momentě vertikály (obr. 4, obr. 10) je běžkyně schopna udržet aktivní krok s minimálním poklesem pánve na straně aktivní nohy. Dokrok je realizován na vnější přední část chodidla (obr. 2, obr. 8) s následným překlopením na patu (obr. 3, obr. 9). Osa kolen se nezakřivuje dovnitř, ale zůstává stabilně držena ve směru pohybu. Špičky mírně vytočeny vně. Aktivní symetrický rozsah práce paží, kdy se v letové fázi (obr. 7, obr. 14) ruce dostávají až před prsa.

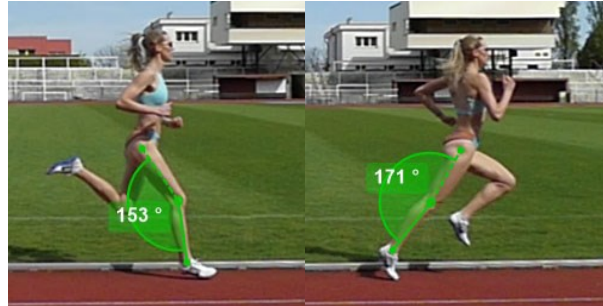
### Kinogram 3 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 1





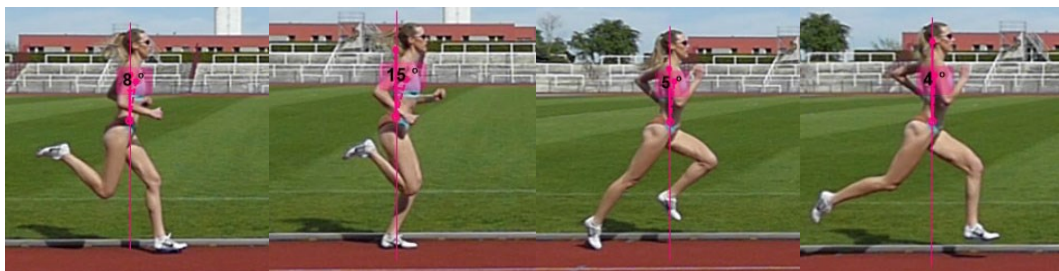
Na kinogramu 3 je zobrazen úhel  $56^\circ$  v loketním kloubu u došlapu a  $54^\circ$  u odrazu. Při propojení kyčle a kotníku odečítáme úhel se zemí při dokroku  $68^\circ$  a při odrazu  $55^\circ$ .

*Kinogram 4 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, probandka 1*



Kinogram 4 zobrazuje úhel v kolenním kloubu v průběhu běžeckého kroku. Při došlapu má úhel hodnotu  $153^\circ$ . Při odrazu nabývá hodnoty  $171^\circ$ .

*Kinogram 5 Náklon trupu v průběhu běžeckého kroku, probandka 1*



Kinogram 5 zobrazuje jednotlivé úhly náklonu trupu probandky 1 v průběhu běžeckého kroku. Náklon trupu při dokroku je  $8^\circ$ , v momentě vertikály se rozevírá téměř na dvojnásobek při hodnotě  $15^\circ$ . Na konci propulzní fáze činí úhel náklonu trupu  $5^\circ$  a v letové fáze pouze o stupeň méně  $4^\circ$ .

## 4.2 Kinogram běžecké techniky, proband 2

*Kinogram 6 Běžecký dvojkrok z boku, proband 2*



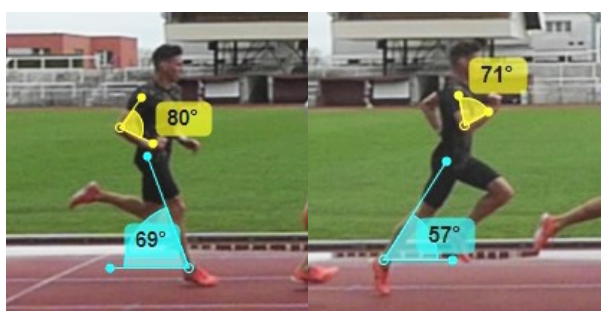
Kinogram 6 zobrazuje běžecký dvojkrok českého mílaře Jana Friše. Na snímku 1 a 7 probíhá příprava na dokrok aktivním vykývnutím bérce. Samotný dokrok je realizován přes vnější část předního chodidla (obr. 2, obr. 8) až na patu (obr. 3, obr. 9). Pohyb pokračuje přes mírně flektované koleno oporové nohy ve fázi vertikály (obr. 4, obr. 10) a přenos složené končetiny. Snímek 5 a 11 zachycuje konec oporové fáze odlepením chodidla odrazové končetiny, který pokračuje realizováním náponu odrazové končetiny do tzv. běžeckého luku s aktivním zdvihem stehna švihové nohy a zmenšením úhlu loketního kloubu. Pánev je protlačena dopředu. Zaměříme-li se na horní polovinu těla, trup má během celého běžeckého kroku mírnou dopřednou tendenci. Hlava v prodloužení osy těla, avšak ve fázi dokroku (obr. 2-3) pozorujeme předsun. Rotace trupu zanedbatelného charakteru, prsty v sevření. Ramena mírně tažena vzhůru, především ve fázi letu (obr. 6, ob. 12). Pohyb paží symetrický, dle anatomické osy ramen, v adekvátním rozsahu.

### *Kinogram 7 Běžecový dvojkrok zepředu, proband 2*



Kinogram 7 zachycuje zepředu na snímcích 1-12 Jana Friše při tréninku speciálního tempa. Hlava i trup jsou drženy rovně s minimálními výkyvy do stran. Vertikální poloha ramen se v průběhu pohybu mění. V letové fázi jsou přitažena více (obr. 1, obr. 7, obr. 12), než ve fázi oporové (obr. 2-6, obr. 8-11). Zároveň je pravé rameno nad oporovou nohou při došlapu níže, než levé rameno nad nohou aktivní (obr. 3). Při dokroku levé nohy není rozdíl tak patrný (obr. 9). Co se týče momentu vertikály i zde pozorujeme rozdíl. Na snímku 4 je patrné mírné hroucení pánve na straně aktivní nohy, oproti snímku 10, kde je pánev aktivně držena. Mírná varozita kolen ztelnější u levé nohy (obr. 9). Špičky vytočeny ven.

### *Kinogram 8 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 2*



Na kinogramu 8 vidíme úhel kyčel-kotník  $69^\circ$  při prvním kontaktu se zemí. Úhel loketního kloubu činí  $80^\circ$  proti propulzní fázi na snímku 2, kde je hodnota úhlu  $71^\circ$ , tedy o  $9^\circ$  menší než ve fázi přípravy na dokrok. Úhel odrazu je  $57^\circ$ .

*Kinogram 9 Úhel v kolenním kloubu při došlapu a odrazu, proband 2*



Na kinogramu 9 je zobrazen úhel v kolenním kloubu  $160^\circ$  na začátku oporové fáze a úhel  $169^\circ$  na jejím konci při odrazu.

*Kinogram 10 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, proband 2*



Kinogram 10 zobrazuje náklon trupu v průběhu jednoho běžecského kroku mílaře Jana Friše. Po celou dobu má náklon dopřednou tendenci, a to na hodnotách  $5^\circ$  při dokroku,  $10^\circ$  v momentě vertikály,  $9^\circ$  při odraze a nejméně v letové fázi,  $3^\circ$ .

### 4.3 Kinogram běžecké techniky, proband 3

*Kinogram 11 Běžecký dvojkrok z boku, proband 3*



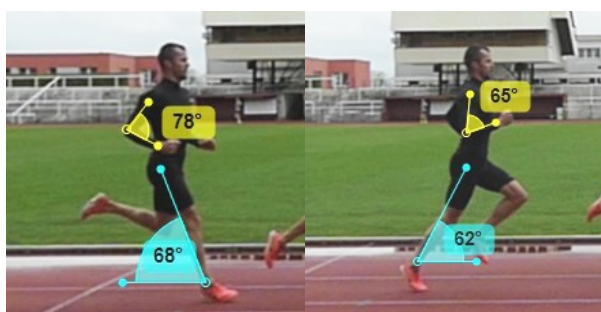
Průběhu pohybu běžeckého dvojkroku na kinogramu 11 dominuje vzpřímené držení těla s mírným záklonem patrným především v propulzní a letové fázi (obr. 6-7, obr. 11-12). Hlava v prodloužení podélné osy těla. Ramena uvolněná, mírně svěšená dolů. Paže se pohybují symetricky se znatelným uzavřením úhlu lokte před tělem (při letové fázi obr. 6, obr. 12). Ruka paže před tělem je výše, než ruka paže za tělem (obr. 5, obr. 11). Prsty rukou v mírném sevření. Pohybový cyklus nohou je charakterizován vykývnutím bérce dokrokové nohy ve fázi přípravy na došlap na přední vnější část chodidla (obr. 2, obr. 8) a skrčení druhé nohy za přítomnosti neúplného složení paty aktivní nohy k hýždím (obr. 2-4, obr. 8-10). Oporová noha prochází momentem vertikály (obr. 4, obr. 10) se znatelnou kolenní flexí. Při propulzní fázi je odrazová noha téměř natažena v koleni a svírá ostrý úhel se zemí (obr. 5, obr. 11).

*Kinogram 12 Běžecový dvojkrok zepředu, proband 3*



Kinogram 12 zobrazuje kinogram běžecové techniky zepředu elitního českého mílaře. V průběhu celého pohybu je hlava držena vzpřímeně, stejně jako trup, s minimálními pohyby do stran. Ramena uvolněná se znatelnou rotací. Pozorujeme také pokles ramene nad oporovou nohou při dokroku (obr. 3, obr. 9) a v momentu vertikály (obr. 4, obr. 10). Při oporové fázi je pokles pánve na levé straně aktivní nohy (obr. 3-4) větší než u strany pravé (obr. 9-10). Znatelná valgozita kotníků, především při průchodu momentem vertikály (obr. 4, obr. 10). Špičky směřují mírně vně.

*Kinogram 13 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 3*



Kinogram 13 zachycuje dokrokovou fázi demonstrovanou úhlem došlapu  $68^\circ$  a úhlem v loketním kloubu  $78^\circ$ . V propulzní fázi se úhel loketního kloubu uzavírá na hodnotu  $65^\circ$ . Hodnota úhlu odrazu činí  $62^\circ$ .

*Kinogram 14 Úhel v kolenním kloubu při došlapu a odrazu, proband 3*



Na kinogramu 14 je zaznamenán úhel v koleni při dokroku  $160^\circ$  a úhel v koleni při fázi odrazové  $164^\circ$ .

*Kinogram 15 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, proband 3*



Na kinogramu 15 je zaznamenám náklon trupu v průběhu běžecského kroku. Při dokroku úhel nabývá hodnoty  $3^\circ$  a v momentě vertikály zůstává stejný. O tři stupně méně má při odraze a to rovných  $0^\circ$ . Jako poslední můžeme pozorovat záporný úhel  $-2^\circ$  v letové fázi.

## 4.4 Kinogram běžecké techniky, probandka 4

*Kinogram 16 Běžecký dvojkrok z boku, probandka 4*



Na kinogramu 16 můžeme pozorovat vzpřímené držení těla s mírnou dopřednou tendencí trupu během pohybového cyklu běžeckého dvojkroku elitní české mílačky Kristiiny Mäki. Hlava vzpřímená v prodloužení podélné osy těla. Pánev v přirozené poloze bez prohnutí. Ramena jsou většinu času uvolněná, avšak např. na záběru 5. a 6. vidíme pozici ramene o poznání výše v kontrastu k předchozím. Úhel v lokti se před tělem zmenšuje (obr. 5, obr. 11), v momentě vertikály rozevívá (obr. 4, obr. 10) a za tělem v letové fázi opět zmenšuje (obr. 12). V letové fázi se neuzavírá tolik jako ve fázi dokončení odrazu (obr. 5, obr. 11). V poslední fázi letu, tedy ve fázi přípravy na dokrok (obr. 1, obr. 7.) si přední švihová noha aktivním vykývnutím bérce připravuje podmínky pro pružný došlap. Dokrok je realizován na přední část chodidla (obr. 2, obr. 8) s následným převalením na patu (obr. 3, obr. 9). V aktivní oporové fázi (tzv. momentě vertikály, obr. 4, obr. 10) se těžiště těla nachází nad středem oporové nohy, která je mírně pokrčena. Druhá noha je ohýbána v koleni složením bérce pod stehno. Při odrazové fázi (obr. 5, obr. 11) směřuje výslednice odrazové síly do těžiště, pánev je tlačena dopředu. Zadní noha je téměř natažena v koleni a svírá ostrý úhel se zemí. Společně s náklonem trupu vytváří tzv. běžecký luk.

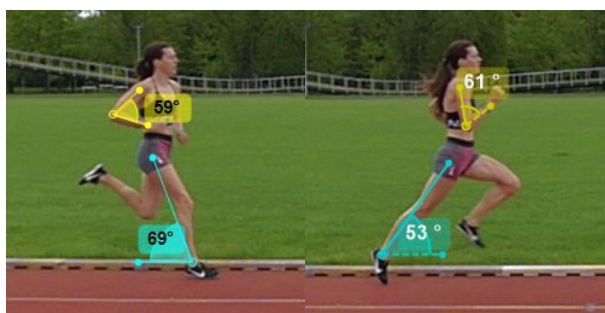


*Kinogram 17 Běžeczký dvojkrok zepředu, probandka 4*



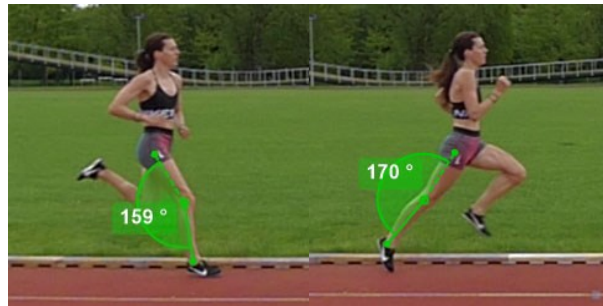
Kinogram 17 zobrazuje pohledu zepředu na běžeczkou techniku Kristiiny Mäki. Vidíme, že dochází k mírný pohybům hlavy do stran, patrných především na snímku 2, kdy je brada vychýlena do levé strany. Dále můžeme pozorovat rotaci ramen (obr. 1 a obr. 7). Pohyb paží zepředu vzad je v momentě vertikály provázen větším otevřením úhlu pravého lokte (obr. 3) oproti levému (obr. 9). Ve fázi odrazu se oba úhly zmenšují stejně (obr. 5 a obr. 11). Prsty rukou sevřeny v pěst v průběhu celého pohybu. Rozsah práce paží je velký, ve fázi odrazu (obr. 5 a obr. 11) se dostávají až před hrudník. Pohyb těžiště těla je doprovázen patrným „hroucením“ pánve na straně aktivní nohy v momentě vertikály (obr. 4, obr. 10). Špičky nohou jsou mírně vytočeny směrem ven.

*Kinogram 18 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 4*



Na kinogramu 23 je zaznamenán úhel  $69^\circ$ , jež je úhlem prvního kontaktu osy kyčel-kotník se zemí při dokroku. Při odrazu svírá osa kyčel-kotník a zem úhel  $53^\circ$ . Loketní kloub nabývá při dokroku úhlu  $59^\circ$ . Při odrazu potom  $61^\circ$ .

*Kinogram 19 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, probandka 4*



Na kinogramu 24 je zobrazen úhel v kolenním kloubu  $159^\circ$  na začátku oporové fáze a úhel  $170^\circ$  na jejím konci při odrazu.

*Kinogram 20 Náklon trupu v průběhu běžeckého kroku, probandka 4*



Náklon trupu v průběhu běžeckého kroku u probandky 4 je zachycuje kinogram 25. Úhel při došlapu a v letové fázi je totožný,  $6^\circ$ . V momentě vertikály se úhel rozevívá na  $9^\circ$  a v okamžiku odrazu naopak uzavírá na pouhé  $3^\circ$ .

## 4.5 Kinogram běžecké techniky, probandka 5

*Kinogram 21 Běžecký dvojkrok z boku, probandka 5*



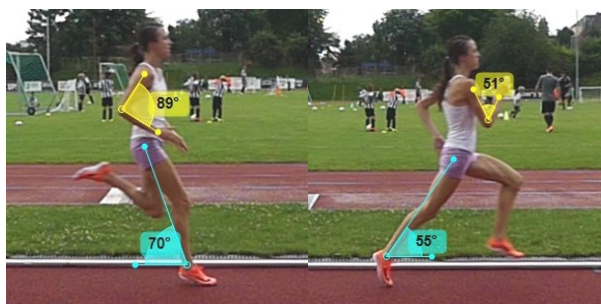
Kinogram 21 zaznamenává techniku běhu elitní osmistovkařky Diany Mezuliáníkové z boku. Záznam 1 zachycuje běžkyni v letové fázi těsně před dokrokem. Koleno přední nohy téměř napnuté v aktivním vykývnutí pro došlap. Zadní noha započíná cyklus skládání. Mírný záklon trupu nejzřetelnější právě v této fázi. Dále pozorujeme předsun hlavy nejviditelnější ve fázi dokroku (obr. 3, obr. 9) momentě vertikály (obr. 4, obr. 10). Dokrok je realizován před těžištěm přes přední část chodidla (obr. 2, obr. 8). Aktivní noha se téměř dotýká patou hýždí (obr. 4, obr. 10) a pokračuje do fáze přenosu (obr. 5, obr. 11). Odraz probíhá s téměř napnuté nohy s mírně flektovaným kolenem (obr. 5, obr. 11). Pohyb paží je symetrický doprovázen největším uzavřením úhlu v kloubu loketním při konci propulzní fáze (obr. 5, obr. 11) a největším otevřením při dokroku (obr. 3, obr. 9). Prsty rukou během celého cyklu natažené. Ramena uvolněna.

*Kinogram 22 Běžecový dvojkrok zepředu, probandka 5*



Čelný záznam techniky běhu na kinogramu 22 neprovází viditelné výkyvy polohy hlavy, trupu nebo pánve do stran. I v průběhu dokroku (obr. 2-3, obr. 8-9) zůstává pánev aktivně držena. Dokrok je realizován přes přední část chodidla. Špičky jsou mírně vytočeny ven (obr. 4, obr. 10) s malým propadem kotníku směrem dovnitř. Práce paží velkého rozsahu, ruce se v průběhu letové fáze dostávají až před tělo (obr. 5, obr. 11). Prsty rukou během celého cyklu natažené. Ramena uvolněna. Rotace mají zanedbatelný charakter, ovšem dokrokové fázi dominuje pokles ramena nad oporovou nohou, který je nejznatelnější u pravé nohy v momentu vertikály (obr. 10).

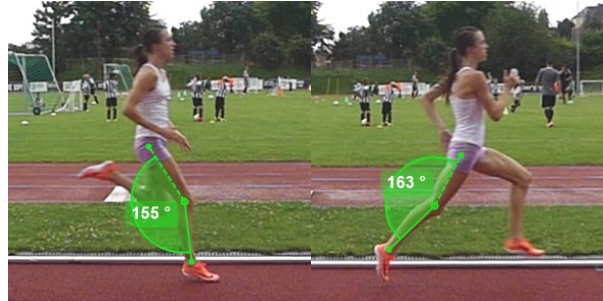
*Kinogram 23 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 5*



Na kinogramu 23 vidíme modrou barvou vyznačen úhel mezi zemí a osou kyčel-kotník v počátku dokrokové fáze, jehož hodnota činí  $70^\circ$ . Oproti tomu odrazový úhel má

hodnotu  $55^\circ$ . Žlutou barvou vyznačený úhel  $89^\circ$  v lokti při dokrokové fázi se uzavírá na  $51^\circ$  při konci propulzní fáze.

*Kinogram 24 Úhel v kolenním kloubu při došlapu a odrazu, probandka 5*



Kinogram 24 zobrazuje úhel v kolenním kloubu v průběhu běžeckého kroku. Při došlapu má úhel hodnotu  $155^\circ$ . Při odrazu nabývá hodnoty  $163^\circ$ .

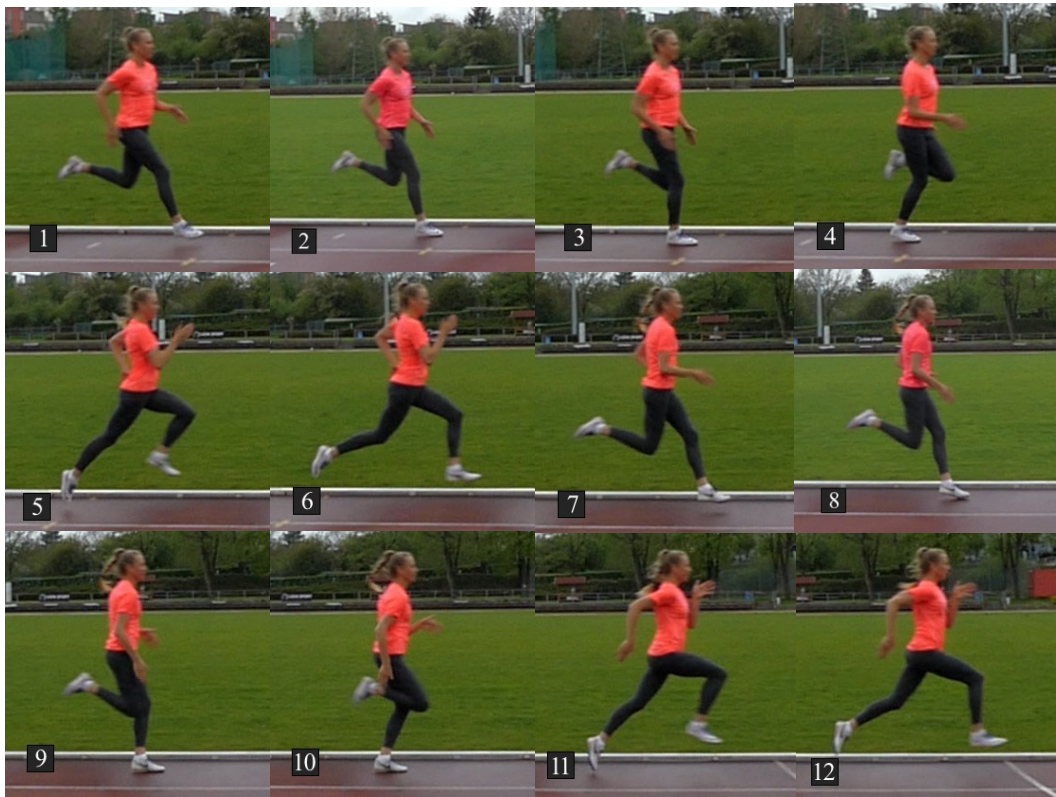
*Kinogram 25 Náklon trupu v průběhu běžeckého kroku, probandka 5*



Na kinogramu 25 je zachycen běžecký krok elitní osmistovkařky Diany Mezuliáníkové. V průběhu pohybu byl zjišťován náklon trupu ve 4 uzlových bodech techniky. Na začátku oporové fáze pravé končetiny činí hodnota úhlu mezi vertikálou procházející středem těla a osou náklonu trupu hodnotu  $4^\circ$ . Při průchodu momentem vertikály se úhlem rozevírá o jeden stupeň na hodnotu  $5^\circ$ . Na konci oporové fáze se atletka společně s odrazem dostává na hodnoty náklonu pouze jediného stupně. V letové fázi můžeme pozorovat  $4^\circ$  záklon neboli předklon  $-4^\circ$ .

## 4.6 Kinogram běžecké techniky, probandka 6

*Kinogram 26 Běžecký dvojkrok z boku, probandka 6*



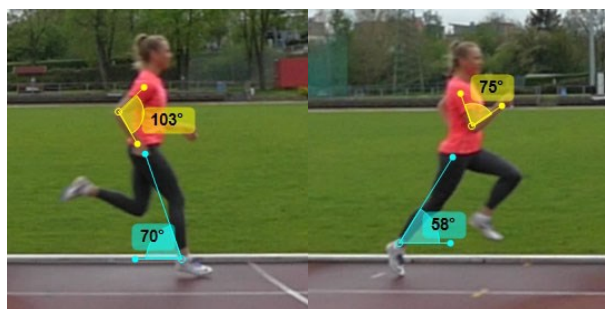
Kinogram 26 zachycuje běžecký krok, kde každá jednotlivá fáze disponuje typickými znaky. Příprava na dokrok charakteristická aktivním vykývnutím bérce (obr. 1, obr. 7.), aktivní dokrok před těžištěm přes přední část (obr. 2, obr. 8) na celé chodidlo (obr. 3, obr. 9), moment vertikály (obr. 4, obr. 10) s mírnou flexí oporové nohy a propulzní fázi (obr. 5, obr. 11) aktivního odrazu zakončenou maximálním náponem odrazové končetiny. V letové započíná cyklus skládání končetiny (obr. 1, obr. 6-7, obr. 12), pata aktivní nohy se téměř dotýká hýždí (obr. 4, obr. 10), končetina je vedena v před (obr. 5-6, obr. 11-12) až do maximálního ohybu kyčle vedené nohy (obr. 6, obr. 12). Hlava v prodloužení, trup narovnaný s bederní hyperlordózou (obr. 5). Rotace trupu mají zanedbatelný charakter, ramena uvolněná, prsty rukou v sevření. Úhel v lokti levé paže se před tělem uzavírá dříve a více (obr. 10-12), než u paže levé u (obr. 4-6). Na snímcích 9 a 10 úhel loketního kloubu otevřený, paže téměř napjatá, stejně tak za tělem (obr. 11-12) se úhel zmenšuje minimálně. Prsty rukou napjaté.

*Kinogram 27 Běžeczký dvojkrok zepředu, probandka 6*



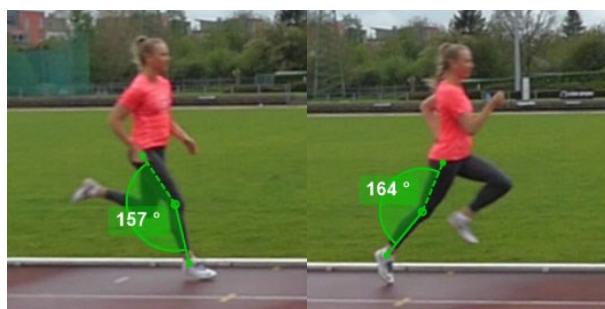
Kinogram 27 zachycuje na snímcích 1-12 běžkyni zepředu v průběhu běžeczkého cyklu. Hlava i trup jsou drženy rovně s minimálními výkyvy do stran. Vertikální poloha ramen se v průběhu pohybu mění, pravé rameno nad oporovou nohou je při došlapu níže (obr. 9), než levé rameno nad nohou aktivní. Při dokroku levé nohy není rozdíl tak patrný (obr. 3). Co se týče momentu vertikály i zde pozorujeme rozdíl. Na snímku 4 a 10 je patrné mírné hroucení pánve na straně aktivní nohy. Kolena ve směru pohybu. Špičky pouze mírně vytočeny ven. Dokrok přes přední část (obr. 2, obr. 8) na celé chodidlo (obr. 3, obr. 9). Levá ruka se rozsahově dostává výše a dříve před tělo (obr. 5-6), než ruka pravá (obr. 10-11). V průběhu oporové fáze se pravá ruka dostane níže (obr. 2-4), než ruka levá (obr. 8-10), tzn. úhel v lokti více otevřen při průchodem vertikálou u pravé ruky. Prsty rukou napjaté.

*Kinogram 28 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 6*



Atletka na kinogramu 28 dokračuje na zem při úhlu  $70^\circ$  mezi zemí a osou kyčel-kotník. Úhel mezi kloubem ramenním a zápěstím činí  $103^\circ$  a je otevřenější o  $28^\circ$  oproti úhlu  $75^\circ$  ve fázi odrazu (obr. 2). Osa kyčel-kotník a zem svírají v této fázi úhel  $58^\circ$ .

*Kinogram 29 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, probandka 6*



Na kinogramu 29 je zobrazen úhel  $157^\circ$  v kolenním kloubu při dokroku a úhel  $164^\circ$  při fázi odrazu.

*Kinogram 30 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, probandka 6*



Kinogram 30 zobrazuje probandku 6 a její náklon trupu v průběhu jednoho běžecského kroku. Při dokroku je hodnota náklonu trupu  $8^\circ$ , v momentě vertikály  $5^\circ$ , při odrazu  $3^\circ$  a ve fázi letu  $4^\circ$ .



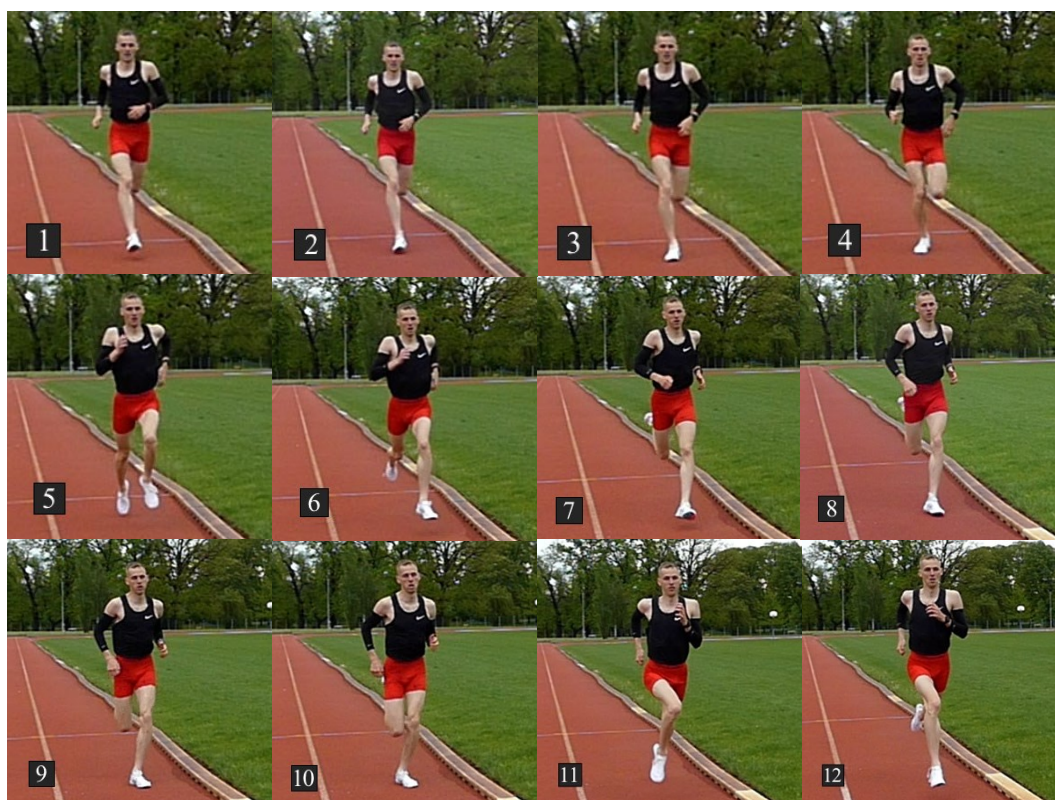
## 4.7 Kinogram běžecké techniky, proband 7

*Kinogram 31 Běžecký dvojkrok z boku, proband 7*



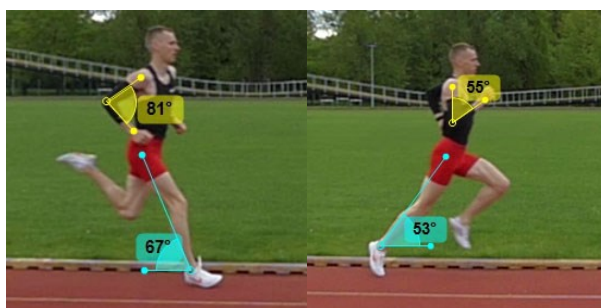
Záznam techniky běhu z boku na kinogramu 31 zobrazuje běžecký krok ve velkém rozsahu. Bězeč aktivně vykývnutý ve fázi přípravy na dokrok (obr. 1, obr. 7). Samotný dokrok realizován před tělem přes přední vnější část chodidla (obr. 2, obr. 8) převalením na patu (obr. 3, obr. 9). Aktivní noha se v cyklu skládání končetiny téměř dotýká patou hýždí (obr. 4, obr. 10), pokračuje do fáze přenosu, která končí maximální kyčelní flexí (obr. 5, obr. 11). Oporová noha mezitím prochází momentem vertikály s mírnou flexí v koleni (obr. 4, obr. 10) a dostává se do propulzní fáze zakončené maximálním náponem odrazové nohy (obr. 5, obr. 11). Trup je během celého pohybu narovnaný s mírnou dopřednou tendencí, hlava v prodloužení osy těla. Ramena uvolněná, osa ramenní kolmá do směru pohybu. Pohyb paží dle anatomické osy ramen. Úhel v loketním kloubu před tělem uzavřený (obr. 6, obr. 12), v momentě vertikály dochází k otevření (obr. 4, obr. 10) a za tělem se opět mírně uzavírá (obr. 5-6, obr. 11-12).

*Kinogram 32 Běžeczký dvojkrok zepředu, proband 7*



Na kinogramu 32 vidíme záznam běžeczkého kroku zepředu. Hlava v prodloužení osy těla se téměř nezatelně vykyvuje do stran. Nejvíce patrné to je při pohledu na polohu brady u snímku 7-8. Trup držen vzpřímeně, výkyvy do stran nejsou patrné. Paže pracují symetricky a v odrazové fázi se dostávají před horní část trupu (5, obr. 11), prsty v mírném sevření. Dokrok probíhá přes vnější část chodidla (obr. 2, obr. 8). Špičky nohou vytočeny vně. Ačkoliv pánev je v oporové fázi aktivně držena dochází k poklesu ramene nad aktivní nohou (obr. 2-4, obr. 8-10).

*Kinogram 33 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 7*



Na kinogramu 33 pozorujeme změnu úhlu v loketním kloubu o  $26^\circ$  z hodnoty  $81^\circ$  při fázi dokrokové na hodnotu  $55^\circ$  ve fázi odrazové. Úhel dokroku a odrazu, jež svírá osa kyčel-kotník se zemí má hodnotu  $67^\circ$  a  $53^\circ$ .

*Kinogram 34 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, proband 7*



Na kinogramu 34 je zaznamenám úhel v kolenním kloubu při dokroku 148° a na konci oporové fáze při odrazu 155°.

*Kinogram 35 Náklon trupu v průběhu běžeckého kroku, proband 7*



Kinogram 35 zobrazuje náklon trupu v průběhu běžeckého kroku u probanda 7. Při dokroku je úhel 7°. V momentě vertikály a při odraze si zachovává hodnotu 7°. V letové fázi nabývá 8°.

## 4.8 Kinogram běžecké techniky, proband 8

*Kinogram 36 Běžecký dvojkrok z boku, proband 8*



Na běžeckém kinogramu 36 je zaznamenám elitní český mílař Damián Vích. V průběhu celého pohybu pozorujeme vzpřímené držení těla, dopřednou tendenci náklonu trupu, hlava v prodloužení podélné osy těla, ramena uvolněna a prsty rukou v sevření. Mohli bychom mluvit o viditelné bederní hyperlordóza společně s dominancí vysazené pánve nejvíce viditelné na obrázku 6.

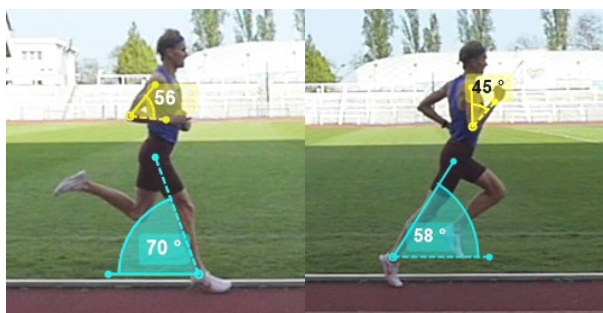
První záznam ukazuje aktivní vykývnutí bérce levé nohy připravující se na dokrok. Ten je proveden na přední část chodidla (obr. 2) s následným převalením na patu (obr. 3). Oproti tomu pravá končetina započiná cyklus skládání, který pokračuje na snímcích 2-4 charakterizován flexí kolenního kloubu a skládáním paty k hýždím. Následuje fáze přenosu pravé končetiny (obr. 5-6) v kontrastu oporové fáze končetiny levé (obr. 2-5). Propulzní fázi (obr. 5, obr. 11) dominuje maximální nápon odrazové končetiny a velké uzavření úhlu loketního kloubu, které je znatelnější na snímku 12, než na snímku 6. Rotace trupu v průběhu pohybu mají zanedbatelný charakter.

*Kinogram 37 Běžecový dvojkrok zepředu, proband 8*



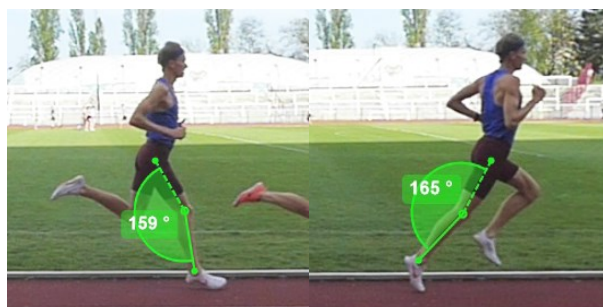
Na kinogramu 37 je zachycena technika běhu zepředu. Hlava v přirozené poloze, ramena uvolněna, trup narovnaný. Prsty rukou v průběhu pohybu mírně sevřené. Paže pracují symetricky v podélné ose těla, před tělem směřují dovnitř (obr. 6, obr. 12). Samotný dokrok je realizován přes přední vnější část chodidla a kotník následně přechází do mírné pronace (obr. 3-4, obr. 9-10). Špičky nohou směřují mírně vně. Pánev je v momentě vertikály držena aktivně s minimálním výkyvem (obr. 4, obr. 10), ale rameno nad oporovou nohou padá dolu a za ním se mírně nahýbá i trup. Nejviditelnější pokles nalezneme na snímku 10.

*Kinogram 38 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 8*



Na kinogramu 38 je zaznamenán úhel, jež svírá osa kyčel-kotník se zemí při dokroku ( $70^\circ$ ) a při odrazu ( $58^\circ$ ). Dále také úhel  $56^\circ$  v kloubu loketním u dokrokové fáze a jeho uzavření hodnotu  $45^\circ$  ve fázi odrazové.

*Kinogram 39 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, proband 8*



Na kinogramu 39 je zaznamenán úhel v koleni při dokroku  $159^\circ$  a úhel v koleni při fázi odrazové  $165^\circ$ .

*Kinogram 40 Náklon trupu v průběhu běžeckého kroku, proband 8*



Na kinogramu 40 je zaznamenám náklon trupu v průběhu běžeckého kroku. Při dokroku úhel nabývá hodnoty  $8^\circ$ . V momentě vertikály se zmenšuje na  $6^\circ$ . O jeden stupeň méně má při odraze a to  $5^\circ$ . Jako poslední a nejmenší úhel můžeme pozorovat úhel  $4^\circ$  v letové fázi.

## 4.9 Vertikální výkyv těžiště výzkumného souboru

U celého výzkumného souboru byl zjišťován vertikální výkyv těžiště během běžeckého kroku (dvojkroku) určením rozdílu mezi těžištěm v nejvyšším bodě letové fáze a nejnižší bodě ve momentě vertikály. Měření bylo provedeno 2x z důvodu minimalizace odchylek měření a byl následně vypočítán průměr.

Tabulka 3 Vertikální výkyv těžiště

Proband	Měření [cm]	Měření [cm]	Průměr [cm]	
1	Ficenec, Kimberley	6,58	7,68	7,13
2	Friš, Jan	9,87	5,48	7,68
3	Holuša, Jakub	8,78	9,88	9,33
4	Mäki Kristiina	6,58	5,54	6,06
5	Mezuliániková, Diana	12,07	13,17	12,62
6	Pavličková, Renata	5,48	9,87	7,66
7	Sasínek, Filip	9,02	8,78	8,90
8	Vích, Damián	7,68	8,78	8,23

V přiložené tabulce vidíme vertikální výkyv těžiště během běžeckého dvojkroku u výzkumného souboru. Průměrný vertikální výkyv těžiště celého souboru je  $8,45 \pm 4,17$  cm. Největší vertikální výkyv můžeme pozorovat u probandky 5 s průměrnou hodnotou výkyvu 12,62 cm. Naopak za nejmenší vertikální výkyv těžiště můžeme označit hodnotu 6,06 cm u probandky 4.

## 4.10 Doba trvání oporové a letové fáze výzkumného souboru

Tabulka 4 Doba trvání oporové a letové fáze

Proband	Oporová fáze, PK [ms]	Letová fáze 1 <sup>1</sup> [ms]	Oporová fáze, LK [ms]	Letová fáze 2 <sup>2</sup> [ms]	
1	Ficenec, Kimberley	160	150	160	150
2	Friš, Jan	120	150	120	140
3	Holuša, Jakub	120	140	130	150
4	Mäki Kristiina	160	140	160	140
5	Mezuliániková, Diana	140	130	140	140
6	Pavličková, Renata	130	140	130	130
7	Sasínek, Filip	150	160	150	150
8	Vích, Damián	160	150	150	150

<sup>1</sup> PK odrazová, LK švihová

<sup>2</sup> LK odrazová, PK švihová

Z přiložené tabulky můžeme odečítat hodnoty trvání oporové a letové fáze jednotlivých probandů. Obecně jsou rozdíly v době trvání jednotlivých fází minimální. Nejmenší rozdíly v době trvání jednotlivých fází spatřujeme u probanda 5, 6, 7 a 8, kde se pouze jedna hodnota vychyluje o 10 ms. Největších rozdílů mezi letovou a oporovou fází dosahuje proband 2 s hodnotami 20-30 ms.



## 5 DISKUZE

Při hodnocení techniky běhu se můžeme opřít o např. Novachecka (1997), Tvrzníka, et al. (2004), Noska a Valtera (2014), Bahenského a Bunce (2019) nebo Larsena, et al. (2019).

Ve výsledkové části si můžeme povšimnout, že rozdíly v běžecké technice jednotlivých probandů jsou minimální, avšak přeci jen nějaké jsou. U všech běžců jsou nejvíce patrné změny na pánvi a v oblasti ramen v průběhu oporové fáze.

První probandka, elitní osmistovkařka Kimberly Ficenec disponuje velmi dobrým rozsahem pohybu jak u dolních, tak u horních končetin. Hlava je držena v prodloužení podélné osy páteře. Trup je vzpřímený s mírnou dopřednou tendencí, kterou Tvrzník, et al. (2004) považují za běžecky korektní. Téměř narovnaná pozice trupu, do které se atletka dostává po konci propulzní fáze je naopak označena Larsenem, et al. (2019) za možnou příčinu problémů stresu malých kloubů bederní páteře. V kontrastu toho považuje Smíšek (2017) vzpřímené držení trupu za správné a tvrdí, že narovnaný běžec má přirozeně delší krok. Pokud bychom běhali s hrudním náklonem, budeme mít oslabené mezilopatkové svaly a zkrácené prsní svaly, které nás nepustí do pohybu. Stejný princip dle něj platí u pletence pánevního. V tomto případě bychom si ale měli povšimnout i vysazené pánve, která společně s rovnými zády vytváří hlubokou bederní hyperlordózu. Stejný problém můžeme pozorovat u probanda 8, Damiána Vícha. V mírnější verzi dosahuje prohloubené bederní lordózy i probandka 6, Renata Pavlíčková.

Podle Levitové a Hoškové (2015) je oblast bederní páteře nejzatěžovanější část páteře, neboť nese celou váhu horní poloviny těla, kterou přenáší na obě dolní končetiny. Pokud budeme přecházet opakující se přetěžování, může dojít k postupným degenerativním změnám na páteři. Měli bychom mít na paměti, že s oblastí bederní páteře úzce souvisí právě postavení pánve, které společně s páteří tvoří funkční jednotku.

Zcela rovná záda najdeme u probanda 3, Jakuba Holuši ve fázi odrazu. V letové fázi se dostává dokonce do záklonu pod úhlem  $-2^\circ$ . Také probandka 5, Diana Mezuliáníková se v letové fázi dostává dokonce do dvakrát tak velkého záklonu pod úhlem  $-4^\circ$ . Jak již bylo napsáno Smíšek (2017) považuje narovnaná záda za determinant dobré a zdraví prospěšné techniky, ale záklon nikoliv. Larsen, et al. (2019) považuje za záklon již zcela narovnaná záda společně se skutečným záklonem. Korektních hodnot dle

doporučené modelové techniky dosahuje např. Kristiina Mäki s náklonem trupu 3° ve fázi odrazu, nebo Filip Sasínek s téměř neměnným náklonem.

Příprava na dokrok a samotná dokroková fáze u běžce by podle Bahenského a Bunce (2018) měla být charakterizována aktivním vykývnutím bérce došlapové nohy, po kterém následuje měkký dokrok na přední vnější část chodidla s následným převalením na patu, tzv. dvojité práce kotníků. Santos-Concejero, et al. (2014) tvrdí, že dokrok na přední část chodidla úzce souvisí s vyšší ekonomikou pohybu. Jsou zde kladeny vyšší nároky na kondiční připravenost klenby nohy, lýtkového svalstvo a Achillovu šlachu, které musejí vzniklý náraz dostatečně utlumit i proto touto technikou běhají podle Tvrzníka, et al. (2004) především profesionální běžci. Vzhledem k aktivnímu dokroku přes přední část chodidla u všech zkoumaných probandů by toho zjištění mohlo pozitivně a částečně odpovídat na výzkumnou otázku č. 1 a to, zda jsou čeští běžci technicky zdatní. Neboť došlap realizovaný přes patu má podle Smiška (2017) brzdivý charakter a rovněž by podle Larsena, et al. (2019) měl za následek axiální nárazovou zátěž v celém řetězci kloubů – chodidlo, koleno, kyčel, záda.

Důležitým parametrem hodnocení technické zdatnosti je také úhel dokroku, který by se podle Noska a Valtera (2014) měl pohybovat v rozpětí 70-80°. Rovněž Jurečka & kol. (1981) se přiklánějí k přísnějšímu rozmezí 75-80°.

Průměrný úhel dokroku zkoumaného souboru činí  $68,6 \pm 1,6^\circ$ , což je hodnota, pohybující se pod doporučeným rozmezím. Mohli bychom podle Juračky & kol (1981) usuzovat, že zkrácení běžeckého kroku a následného zvětšení úhlu při dokroku by znamenalo snížení brzdivých momentů. Zároveň při propulzní fázi by mohla být vynakládána menší síla v okamžiku odrazu. Ale jak již bylo napsáno, technika běhu závisí na mnoha faktorech, a proto jsou tyto závěry pouze teoretické.

Vztáhneme-li průměr pouze na jedno pohlaví a to ženské, dostaneme hodnotu  $69,3 \pm 1,3^\circ$ . U mužů se potom můžeme bavit o průměru  $68 \pm 1^\circ$ . Pouze na tomto základě bychom mohli konstatovat, že ženy v tomto souboru jsou na tom o něco technicky lépe než muži, protože se více blíží teoretickému modelu správné běžecké techniky. Avšak necelý stupeň je nepatrný rozdíl. Zastavme se u jednotlivých došlapů každého probanda, za nejefektivnější dokrok podle Juračky & kol. (1981) nebo Noska a Valtera (2014) můžeme označit došlap u Diany Mezuliáníkové, nebo Renaty Pavlíčkové, který činí přesně 70°. Jako jediné se dostaly na spodní hranici doporučeného rozmezí. Na stejných hodnotách došlapu 69° se poté pohybují Mäki a Friš. Pouze o stupeň více mají Ficenc,

Holuša i Vích, tedy 68°. Obecně jsou rozdíly v úhlu mezi osou kyčel-hlezenní kloub a zem (u našeho výzkumného souboru) při došlapu minimální. Za nejméně efektivní bychom naopak mohli považovat došlap u Filipa Sasínka s úhlem došlapu 67°. Otázkou však zůstává, zdali obecná doporučení můžeme aplikovat na každého jednotlivce zvlášť, nebo právě zde závisí úhel došlapu na výborné kondiční úrovni?

Jedním z dalších ukazatelů dobré běžecké techniky je vertikální výkyv těžiště. Jurečka & kol. (1981) považují hodnoty 9-12 cm za limitní. Tvrzník et al. (2004) mají rozmezí mnohem přísnější, a to 5-10 cm. U našeho výzkumného souboru byly naměřeny průměrné hodnoty vertikálního výkyvu těžiště  $8,45 \pm 4,17$  cm viz tabulka 3. Což je hodnota, díky které můžeme (dle doporučené modelové techniky) považovat technickou zdatnost našeho souboru za dobrou. U ženské poloviny vyšly výsledky nepatrně lépe, a to na hodnotách vertikálního výkyvu těžiště  $8,37 \pm 4,24$ . U muže pak nepatrně hůř při průměrné hodnotě  $8,53 \pm 0,85$ . Z pohledu jednotlivce můžeme za nejvíc technicky zdatného jedince pokládat Kristiinu Mäki (probandka 4), jejíž průměrný vertikální výkyv těžiště je pouhých 5,54 cm. Za nejméně technicky zdatnou v této oblasti bychom mohli označit Diana Mezuliáníkovou (probandka 5) s průměrným vertikálním výkyvem těžiště 13,17 cm. Nadměrné výkyvy těžiště způsobují ekonomické ztráty, proto bychom na základě naměřených hodnot mohli hovořit o technické rezervě, jež probandka 5 do budoucna má.

Zůstaneme-li ještě u horní poloviny těla musíme zhodnotit práci paží. Drobné asymetrie jako např. u Kristiiny Mäki, kde se úhel pravého lokte rozevívá v oporové fázi více, než úhel levého lokte bychom mohli odůvodnit jednoduchým vysvětlením. Elitní běžci jsou zvyklí dennodenně kontrolovat průběh tréninkového zatížení na hodinkách na vlastním zápěstí. Neustálá kontrola si může v průběhu času vyžádat právě tyto malé chyby v technice rukou.

Kerssenbrock, et al. (1976) považuje za přibližný úhel v lokti 90°. Pokud se podíváme na úhly jednotlivých probandů v našem souboru, shledáme, že variabilita je obrovská. Největší úhel 103° najdeme ve fázi došlapu u Renaty Pavlíčkové. Naopak největšího uzavření (49°) se účastní loketní kloub Damiána Vícha ve fázi odrazu. Průměrný úhel v lokti během došlapu u celého souboru je  $75,25 \pm 27,75$ . U odrazu potom  $60,13 \pm 14,98$ . Dalo by se říct, že ideální práci paží můžeme nalézt pouze u Diany Mezuliáníkové ve fázi došlapu, která svírá úhel v lokti 89°. Při takovýchto rozptylech, bychom mohli usuzovat, že co se práci paží týče, mají všichni probandi technické rezervy.

Pojďme se podívat na spodní polovinu těla. Jak tvrdí např. Christensen (2017) stěžejním determinantem dobré technické úrovně je odraz, neboť využívá téměř 70 % celkové energie. Červinka (2015) ve svém elektronickém učebním materiálu pro fakultu tělesné výchovy uvádí, že teoretický předpoklad pro dosažení maximální délky kroku je odraz pod úhlem 45°. Zároveň také pokazuje na odlišnost reality, kdy se jedinec při dobré technice odráží přibližně okolo úhlu 53°. Jiné prameny např. Jurečka & kol. (1981) nebo Valter a Nosek (2014) udávají úhel odrazu 50-55°, tedy s podobnou průměrnou hodnotou.

Podíváme-li se blíže na hodnoty jednotlivých úhlů odrazu, zjistíme, že hodnoty mají mnohem větší rozpětí, než tomu bylo u dokroku. Průměrný úhel odrazu u všech zkoumaných probandů činí  $56,4 \pm 5,6^\circ$ . Tato hodnota se vychyluje pouze o nepatrný kousek od doporučených hodnot. Rozdělíme-li skupinu dle pohlaví úhel u žen je  $55,3 \pm 2,8^\circ$  a u mužů  $57,5 \pm 4,5^\circ$ . Z čehož na první pohled vyplývá, že ženy v této práci jsou (co se odrazu týče) o něco technicky zdatnější. Pokud budeme rozebírat jednotlivě každého probanda tak za nejlepší propulzní fázi musíme označit odraz pod úhlem 53° u Kristiiny Mäki a Filipa Sasínka. Hned za nimi Ficenc a Mezuliáníková s rozdílem pouhých dvou stupňů. Všichni tito běžci se vešli do hodnot efektivního odrazu.

Za doporučeným rozmezím těsně zaostal Friš o 2°, Pavlíčková a Vích o 3° což můžeme konstatovat, že ještě není tak markantní rozdíl. Nejméně efektivní odraz, který činí 62° najdeme u Jakuba Holuši. Vzhledem k tomu, že dosáhnul ze všech probandů na nejlepší čas jak v běhu na 800 m, tak v běhu na 1 500 m můžeme si položit otázku, zda doporučené hodnoty odpovídají reálnému nejlepšímu provedení anebo, zda nemá Jakub Holuša ještě rezervu, co se zlepšení techniky běhu a tím i výkonnosti týče.

Co se odrazu týče můžeme se ještě zaobírat úhlem v kolenním kloubu Smíšek (2017) tvrdí, že při flektovaném koleni v dokrokové fázi je přetěžován meniskus a vazy kolene čímž dojde postupem času k jejich devastaci. Zároveň musíme podotknout, že pokud by koleno nabývalo plné extenze mělo by to rovněž devastující účinky na osový systém a z podstaty logiky věci to ani není možné. Průměrný úhel v kolenním kloubu u našeho výzkumného souboru při došlapu je  $156 \pm 8,38^\circ$  a u odrazu se pohybujeme na hodnotách  $165,13^\circ \pm 10,13$ .

Posledním hodnoceným determinantem dobré běžecké techniky je doba trvání oporové a letové fáze. Kontakt se zemí by se podle Christensena (2017) měl pohybovat okolo 156-165 ms. Pokud vezme průměrné hodnoty, poté nám vyjdou oporové fáze jak pro levou, tak pro pravou končetinu v hodnotách 142,5 ms, tedy ještě rychlejší, než je

doporučené rozmezí. Za ideální oporovou fázi podle Christensena (2017) můžeme považovat obě fáze u probandky 1, Kimberley Ficenec a probandky 4, Kristiiny Mäki. Proband 8, Damián Vích se do doporučeného rozmezí vešel s oporovou fází pravé končetiny. Každopádně Jurečka & kol. (1981) uvádí, že při maximální rychlosti by měla být letová fáze delšího trvání než oporová a při střední rychlosti by měly být obě fáze vyrovnané. U našeho výzkumného souboru máme právě tyto dvě možnosti. Delší letovou fází nalezneme např. u Jakuba Holuši, nebo Jana Friše. Téměř vyrovnané fáze potom u Diany Mezuliánkové, Renaty Pavlíčkové, Filipa Sasínka, nebo Damiána Vícha.

Závěrem bychom se měli pokusit odpovědět na výzkumné otázky. První otázka se zabývá odchylkami od doporučené modelové techniky. Z této otázky by nám měla jasně vyplynout odpověď, zda jsou čeští běžci a běžkyně technicky zdatní. Zaměříme-li se na konkrétní uzlové body techniky jako je aktivní vykývnutí bérce, dokrok přes přední část chodidla, úhel odrazu v propulzní fázi, můžeme s uspokojením konstatovat, že čeští atleti naplňují očekávání modelové techniky. Pokud půjdeme více do hloubky, co se týče např. zvětšeného bederního prohnutí, rozsahu práce paží, předsunu hlavy, zjišťujeme, že mají ještě prostor pro individuální zlepšení.

Zde můžeme navázat intraindividuální variabilitou běžeckého stylu u jednotlivých probandů. Na tuto otázku odpovídáme vlastně v průběhu celé diskuse. Ačkoliv vybraní jedinci jsou vrcholem české atletiky stále jsou mezi nimi patrné rozdíly v běžecké technice.

## 6 ZÁVĚR

Při kvalitativním a kvantitativním šetření zpracovaných materiálů jsme dospěli k závěru, že čeští běžci splňují stěžejní body modelové techniky běhu. Vycházíme z poznatků aktivně vykývnutého bérce před samotným dokrokem přes přední část chodidla, mírně flektované nohy při průchodu vertikálou, minimálními pohyby segmenty těla do stran, dobrém rozsahu práce paží v anatomické ose ramen, náponem odrazové končetiny s výslednicí odrazové síly směřující do těžiště (tzv. běžecký luk), minimálními, dobrou poměrnou dobou letové a oporové fáze. Tato fakta jsou zároveň odpovědí na výzkumnou otázku č. 1. Jednotlivý probandí mají individuální odchylky vůči modelové technice, ale její podstatnou část naplňují. V zásadě bychom mohli tvrdit, že je to dobře, neboť každý zvlášť má předpoklad pro budoucí posun minimálně co se zlepšení technické úrovně běhu týče.

Výzkumná otázka č. 2 se zabývala intraindividuální variabilitou běžeckého stylu jednotlivých probandů. Nejmarkantnější rozdíly pozorujeme v oblasti práce paží o čemž svědčí velké odchylky jak od modelové techniky, tak do průměru celého výzkumného souboru. Dále také v oblasti náklonu, popř. záklonu trupu v některých případech spojeného se zvětšenou bederní lordózou. V neposlední řadě bychom se mohli pozastavit u větších rozdílů v došlapové fázi než při fázi odrazové. Tudiž jedinci disponují určitými společnými znaky, ale individuální pojetí běžecké techniky je u každého jiné.

Jak již bylo zmíněno optimální provedení závisí na daném jedinci, neboť efektivní a zároveň ekonomická technika běhu je kompromisem mezi biomechanickými zákonitostmi a individuálními zvláštnostmi jedince. Modelová technika je pouze můstkem, z kterého se můžeme odrazit.

## SEZNAM KINOGRAMŮ

<i>Kinogram 1 Běžecský dvojkrok z boku, probandka 1</i> .....	31
<i>Kinogram 2 Běžecský dvojkrok zepředu, probandka 1</i> .....	32
<i>Kinogram 3 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 1</i> .....	32
<i>Kinogram 4 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, probandka 1</i> .....	33
<i>Kinogram 5 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, probandka 1</i> .....	33
<i>Kinogram 6 Běžecský dvojkrok z boku, proband 2</i> .....	34
<i>Kinogram 7 Běžecský dvojkrok zepředu, proband 2</i> .....	35
<i>Kinogram 8 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 2</i> .....	35
<i>Kinogram 9 Úhel v kolenním kloubu při došlapu a odrazu, proband 2</i> .....	36
<i>Kinogram 10 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, proband 2</i> .....	36
<i>Kinogram 11 Běžecský dvojkrok z boku, proband 3</i> .....	37
<i>Kinogram 12 Běžecský dvojkrok zepředu, proband 3</i> .....	38
<i>Kinogram 13 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 3</i> .....	38
<i>Kinogram 14 Úhel v kolenním kloubu při došlapu a odrazu, proband 3</i> .....	39
<i>Kinogram 15 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, proband 3</i> .....	39
<i>Kinogram 16 Běžecský dvojkrok z boku, probandka 4</i> .....	40
<i>Kinogram 17 Běžecský dvojkrok zepředu, probandka 4</i> .....	41
<i>Kinogram 18 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 4</i> .....	41
<i>Kinogram 19 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, probandka 4</i> .....	42
<i>Kinogram 20 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, probandka 4</i> .....	42
<i>Kinogram 21 Běžecský dvojkrok z boku, probandka 5</i> .....	43
<i>Kinogram 22 Běžecský dvojkrok zepředu, probandka 5</i> .....	44
<i>Kinogram 23 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 5</i> .....	44
<i>Kinogram 24 Úhel v kolenním kloubu při došlapu a odrazu, probandka 5</i> .....	45
<i>Kinogram 25 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, probandka 5</i> .....	45
<i>Kinogram 26 Běžecský dvojkrok z boku, probandka 6</i> .....	46
<i>Kinogram 27 Běžecský dvojkrok zepředu, probandka 6</i> .....	47
<i>Kinogram 28 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, probandka 6</i> .....	48
<i>Kinogram 29 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, probandka 6</i> .....	48
<i>Kinogram 30 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, probandka 6</i> .....	48
<i>Kinogram 31 Běžecský dvojkrok z boku, proband 7</i> .....	49
<i>Kinogram 32 Běžecský dvojkrok zepředu, proband 7</i> .....	50
<i>Kinogram 33 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 7</i> .....	50
<i>Kinogram 34 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, proband 7</i> .....	51
<i>Kinogram 35 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, proband 7</i> .....	51
<i>Kinogram 36 Běžecský dvojkrok z boku, proband 8</i> .....	52

<i>Kinogram 37 Běžecský dvojkrok zepředu, proband 8 .....</i>	<i>53</i>
<i>Kinogram 38 Úhel v lokti a mezi osou kyčel-kotník se zemí při došlapu a odrazu, proband 8 .....</i>	<i>54</i>
<i>Kinogram 39 Úhel v koleni při došlapu a odrazu, proband 8 .....</i>	<i>54</i>
<i>Kinogram 40 Náklon trupu v průběhu běžecského kroku, proband 8.....</i>	<i>54</i>



## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Zastoupení skupin svalových vláken v % (Písařík &amp; Liška, 1989; Moravec, 2003).....</i>	<i>14</i>
<i>Tabulka 2 Osobní rekordy probandů k 1.6.2021 .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 3 Vertikální výkyv těžiště .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 4 Doba trvání oporové a letové fáze .....</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 5 Osobní rekordy probandů k 1.6.2021 .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 6 Sezónní maxima probandů 2019-2020.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 7 Úhly při došlapu u jednotlivých probandů.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 8 Úhly při odrazu u jednotlivých probandů .....</i>	<i>75</i>

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERUTURY

1. Bahenský, P., Bunc, V. (2018). *Trénink mládeže v bězích na střední a dlouhé tratě*. Praha: Univerzita Karlova, Karolinum.
2. Bártlová, P. (2003). Anatomie. In J. Vidnušková, & kol.: *Abeceda atletického trenéra* (stránky 21-32). Praha: Olympia.
3. Bartůňková, S. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Univerzita Karlova, Karolinum.
4. Brewer, C. (2017). *Athletic movement skills*. Champaign, IL: Human Kinetics.
5. Bunc, V. (2012). Kvantitativní a kvalitativní diagnostika ve hrách. *Hry 2012*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
6. Bureš, M. (1986). *Atletika - běh na 800 m a 1500 m (ženy)*. Praha: ÚV ČSTV (vědeckometodické oddělení).
7. Canova, R. *Marathon Training Methods*. MyMarathonPace.com, [cit. 2021-07-30]. Dostupné z:  
[http://mymarathonpace.com/uploads/Renato\\_Canova\\_Marathon\\_Training\\_Methods.pdf](http://mymarathonpace.com/uploads/Renato_Canova_Marathon_Training_Methods.pdf)
8. Cavanagh, Pr., Williams, Kr. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc.* 14 (1) 30-35 doi: 10.1249/00005768-198201000-00006
9. Cunningham, R., Hunter, I., Seeley, M. K., Feland, B. (2013). Variations in running technique between female sprinters, middle, and distance runners. *International Journal of Exercise Science*: Vol. 6: Iss. 1.
10. Čapek, L., Hájek, P., Henyš, P., & kol. (2018). *Biomechanika člověka*. Praha: Grada Publishing.
11. Červinka, P. (2015). *Trénink běhů na střední a dlouhé tratě. Učební text pro studenty specializace atletika – běhy a trenérskou školu UK FTVS – specializace atletika*. 1 vyd. Praha: B. A. T. Program a katedra atletiky UK FTVS.
12. Čihák, R. (2011). *Anatomie I*. (3. vyd.). Praha: Grada Publishing.

13. Di Michele, R. (2008). *Relationships between running economy and mechanics in middle-distance runners*. Disertační práce. Alma Mater Studiorum Universita di Bologna.
14. Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., & ...Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3. vyd.). Praha: Olympia.
15. Franková, A. (2019). *Analýza tréninkového zatížení a výkonnostního vývoje běžkyň v etapě specializované přípravy*. (Bakalářská práce). Univerzita Karlova.
16. Havlíčková, L., & kol. (1999). *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. Praha: Karolinum.
17. Heller, J. (2003). Fyziologie. In J. Vindušková, & kol.: *Abeceda atletického trenéra* (stránky 33-61). Praha: Olympia.
18. Christensen, S. (2017). Proper posture in distance running. Complete track and field. [cit. 2021-07-30] Dostupné z:  
<https://www.completetrackandfield.com/proper-posture-in-distance-running/>
19. Janura, M., Zahálka, F. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka* (1. vyd.). Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
20. Jebavý, R., Hojka, V., Kaplan, A. (2014). *Rozcvičení ve sportu*. Praha: Grada Publishing.
21. Jebavý, R., Hojka, V., Kaplan, A. (2017). *Kondiční trénink ve sportovních hrách*. (1. vyd.). Praha: Grada Publishing.
22. Jebavý, R., Kovářová, L., Horčic, J. (2019). *Kondiční příprava*. Praha: Mladá fronta a.s.
23. Jurečka, J., Bureš, M., Caha, J., Demeč, J., Dostál, E., Fejtek, M., & ...Vágner, V. (1981). *Atletika*. Učební text pro trenéry II. Třídy – 3. díl. Praha: Olympia
24. Keith, W. R. (1985). *Biomechanics of Running*. Exercise and Sports Sciences reviews. 13/1. 389-442. The American College of Sports Medicine. Dostupné z:  
[https://journals.lww.com/acsm-essr/Citation/1985/00130/Biomechanics\\_of\\_Running.13.aspx](https://journals.lww.com/acsm-essr/Citation/1985/00130/Biomechanics_of_Running.13.aspx)
25. Kerssenbrock, K., Beran, P., Hlína, J., Hlous, V., Hrstková, M., Jurečka, J., & ...Vančura, Č. (1976). *Atletika*. Učební text pro trenéry III. třídy. Praha: Olympia

26. Kohlíková, E. (2013). Pohybový systém a jeho řízení. In S. Bartůňková, & kol.: *Fyziologie pohybové zátěže* (stránky 58-75). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
27. Kračmar, B., Chrástková, M., Bačáková, R., Busta, J., Bílý, M., Fanta, O., & ...Zbořilová, M. (2016). *Fylogeneze lidské lokomoce*. Praha: Univerzita Karlova, Karolinum.
28. Kvapilík, J. a kolektiv. (1978). *Žena a sport*. 1. vyd. Praha: Olympia.
29. Larsen, C., Zürcher, S., & Altman, J. (2019). *Medical running* (Sv. 1). Stuttgart: Trias.
30. Levitová, A., Hošková, B. (2015). *Zdravotně-kompenzační cvičení* (Sv. 1). Praha: Grada Publishing.
31. Měkota, K., & Cuberek, R. (2005). *Pohybové dovednosti-činnosti-výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého.
32. Millerová, V. (2003). Trénink krátkých hladkých a překážkových sprintů. In J. Vindušková, & kol.: *Abeceda atletického trenéra* (stránky 117-130). Praha: Olympia.
33. Moravec, P. (2003). Trénink běžeckých disciplín. In J. Vindušková, & kol.: *Abeceda atletického trenéra* (stránky 150-180). Praha: Olympia.
34. Neumann, G., Pfützner A., Hottenrott, K. (2005). *Alles unter Kontrolle*. Přel. A. Tvrzník. *Trénink pod kontrolou*. (1. vyd.). Praha: Grada Publishing.
35. Nosek, M., & Valter, L. (2014). Švihový způsob běhu – technika a biomechanika. Načteno z KTV PF UJEP Ústí nad Labem: <http://pf.ujep.cz/>
36. Novacheck, T. F. (1997). The biomechanics of running. *Gait and Posture* 7 (1), 77-95. doi:10.1016/S0966-6362(97)00038-6
37. Písařík, M., Liška, J. (1985). *Běhy na střední a dlouhé tratě I. část*. Praha: ÚV ČSTV – Základní programový materiál pro vrcholový sport, Vědeckometodické oddělení.
38. Písařík, M., Liška, J. (1989). *Běhy na střední a dlouhé tratě II. část*. Praha: ÚV ČSTV – Základní programový materiál pro vrcholový sport, Vědeckometodické oddělení.
39. Santos-Concejero, J., Tam, N., Granados, C., Irazusta, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Zabala-Lili, J., & ...Gil, S. M. (2014). Interaction Effects of Stride Angle and Strike Pattern on Running Economy. *Int J Sports Med*, 35(13), 1118-1123. doi:10.1055/s-0034-1372640

40. Seliger, V., Novák, A. (1960). *Biomechanika sportovního pohybu*. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství
41. Smíšek, R. (2017, 23. listopadu) *Správná technika běhu (část 1)*. [vid. 2021-07-30] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=l-Y6fCt-XE8>
42. Smitka, K. (2013). Specifika dětského, ženského a stárnoucího organismu. In S. Bartůňková, & kol.: *Fyziologie pohybové zátěže* (stránky 172-179). Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
43. Štoll, I. (2011). *Dějiny fyziky*. (1. vyd.). Praha: Prometheus, spol. s.r.o.
44. Tlapáková, E. (2003). *Biomechanika*. In J. Vindušková, & kol.: *Abeceda atletického trenéra* (stránky 62-69). Praha: Olympia.
45. Tvrzník, A., Soumar, L., Soulek, I. (2004). *Běhání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
46. Valenta, J., & Konvičková, S. (1997). *Biomechanika člověka*. Svalově kosterní systém. 1. díl. Praha: Vydavatelství ČVUT.
47. Vránová, J. (2013). Biochemické základy zátěžové fyziologie. In S. Bartůňková, & kol.: *Fyziologie pohybové zátěže* (stránky 13-27). Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
48. Wilmore, J. H., Costill, D. L., Kenney, W. L. (2015). *Physiology of Sport and Exercise*, 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
49. Wilmore, J., & Costill, D. (1999). *Physiology of sport and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

## 8 PŘÍLOHY

### 8.1 Příloha č. 1 vyjádření Etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín

#### Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

**Název projektu:** Hodnocení techniky běhu u elitních českých běžců a běžkyň

**Forma projektu:** výzkumná práce - diplomová práce

**Období realizace:** červen 2021 – červenec 2021

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

**Předkladatel:** Bc. Aneta Franková, UK FTVS katedra atletiky

**Hlavní řešitel:** Bc. Aneta Franková, UK FTVS katedra atletiky

**Místo výzkumu (pracoviště):** atletický stadion UK FTVS

**Spoluřešitel(é):** /

**Vedoucí práce (v případě studentské práce):** RNDr., PaedDr. Pavel Červinka, Ph.D.

**Finanční podpora:** /

**Popis projektu:** Cílem projektu je kvalitativní kinematická analýza techniky běhu 10 nejlepších českých běžců na střední tratě. Jednotlivý probandů budou kontaktováni prostřednictvím vlastních běžeckých trenérů. Ti budou kontaktováni e-mailem, který je dohledatelný na internetových stránkách jednotlivých sportovních klubů. Při samotném testu bude proband vyzván k absolvování 1 úseku na dráze stadionu ve speciálním tempu za přítomnosti vlastního trenéra. Speciálním tempem rozumíme tempo jeho závodní tratě. Tento úsek bude zaznamenán na vysokofrekvenční kameru Panasonic Lumix DMC-FZ300. Získané záznamy budou převedeny na kinogramy a komparovány s odbornou literaturou ve výzkumné části diplomové práce.

**Charakteristika účastníků výzkumu:** Předpokládán počet účastníků bude 10 (5 žen a 5 mužů) ve věku od 18 do 30 let. Účastníci výzkumu budou vrcholoví sportovci s nejlepšími výsledky na středních tratích (atletika) v ČR. Všichni účastníci mají platnou zdravotní prohlídku bez omezení způsobilosti k vybraným sportovním aktivitám. Hlavní řešitel s vedoucí práce budou vybírat probandy. Do výzkumu nemůže být zařazen proband, který bude mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění nebo proband s jakýmkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu ani s kardiovaskulárním onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

**Zajištění bezpečnosti:** Jedná se o neinvazivní metodu. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní příprava účastníků k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Probandi se nejdříve rozcvičí a zahřejí. Následně absolvují 100 m na dráze stadionu ve speciálním tempu za přítomnosti vlastního trenéra. Speciálním tempem rozumíme tempo jeho závodní tratě. Rizika spojená s testováním nepřesáhnou rizika očekávaná u běžného tréninku a cvičení, které jsou testovaní zvyklí vykonávat pravidelně v rámci tréninku. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

**Etické aspekty výzkumu:** Získané poznatky výzkumu mohou pomoci zlepšit způsob tréninku jednotlivých probandů.

**Potenciální střet zájmů:** Výzkum není prováděn pro žádnou instituci či organizaci. Nejsem v pracovně právním (ani rodinném) vztahu k žádnému účastníkovi výzkumu. Neexistuje žádná skutečnost, která by mohla ovlivnit objektivitu výzkumu. Nemám soukromý zájem na výsledku výzkumu a ani výzkum nevede k osobnímu prospěchu.

**Ochrana osobních dat:** Data budou shromažďována a zpracovávána 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: datum narození, adresa, kontakt, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít pouze hlavní řešitel.

Uvodomuji 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 1 dne po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

**Požizování videí účastníků:** V rámci výzkumu bude pořizován videozáznam. K videozáznamům bude mít přístup pouze hlavní řešitel a vedoucí práce. Neanonymizované videozáznamy budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčené místnosti a budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány. Videozáznam nebude nikdy publikován. Publikovány budou pouze zhotovené kinogramy ve vlastním obsahu diplomové práce. Při pořizování videí budu dbát na to, aby na videa nebyly natáčeny osoby, které nejsou součástí výzkumu.

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešeslavín

**Pořizování fotografií/audio nahrávek účastníků:** Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani audionahrávky.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

**Text informovaného souhlasu (IS):** přiložen

Povinnosti všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne: 16. 6. 2021

Podpis předkladatele: 

### Vyjádření Etické komise UK FTVS

**Složení komise: Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

**Členové:** prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: ..... *145/2021* .....

dne: ..... *16. 6. 2021* .....

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.**

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

  
podpis předsedkyně EK UK FTVS

## 8.2 Příloha č. 2 Informovaný souhlas

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážená paní, vážený pane,

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 biomedicíně 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 *Hodnocení techniky běhu u elitních českých běžců a běžkyň*, prováděné na *atletickém stadionu UK FTVS*.

**Období realizace:** červen 2021 – červenec 2021

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

Cílem výzkumu je kvalitativní kinematická analýza techniky běhu.

Budete se účastnit natáčení techniky běhu na vysokofrekvenční kameru. Vaším úkolem bude absolvování 1 úseku na dráze stadionu ve speciálním tempu za přítomnosti Vašeho trenéra (speciálním tempem rozumíme tempo Vaší závodní tratě). Před natočením úseku budete vyzváni k rozcvičení a rozehrání, jak jste standardně zvyklí před vlastní tréninkovou jednotkou. Tato část by Vám měla zabrat 20-30 min. Po důkladném rozcvičení bude následovat samotný test. Ten se skládá z daného jednorázového 100 m úseku ve speciálním tempu. Předpokládaná doba samotného testu se pohybuje okolo 5 minut. Po natočení úseku testování končí.

Do výzkumu nemůže být zařazen/a pokud bude mít zranění, akutní zejména infekční onemocnění nebo jakémkoliv onemocněním či omezením pohybového aparátu ani s kardiovaskulárním onemocněním či v úrazu a v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu.

Jedná se o neinvazivní metodu. Budou Vám zajištěny adekvátní podmínky prostředí a adekvátní Vaše příprava ú k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Nejdříve rozcvičíte a zahřejete. Následně absolvujete 100 m na dráze stadionu ve speciálním tempu za přítomnosti vlastního trenéra. Speciálním tempem rozumíme tempo jeho závodní tratě. Rizika spojená s testováním nepřesáhnou rizika očekávaná u běžného tréninku a cvičení, které jsou testování zvyklí vykonávat pravidelně v rámci tréninku. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.

Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude odborné posouzení techniky běhu, jež by mohlo být přínosem pro zlepšení způsobu tréninku.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit v diplomové práci v studentském informačním systému (SIS), v nebo na e-mail adrese: [anet.frankova@seznam.cz](mailto:anet.frankova@seznam.cz)

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána 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 datum narození, adresa, kontakt, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim bude mít hlavní řešitel.

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 1 dne po testování anonymizována.

Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.



UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Pořizování videí účastníků: V rámci výzkumu bude pořizován videozáznam. K videozáznamům budu mít přístup já a vedoucí práce.

Neanonymizované videozáznamy budou po ukončení výzkumu smazány a před smazáním budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčené místnosti a budou bezprostředně po ukončení výzkumu smazány. Videozáznam nebude nikdy publikován. Publikovány budou pouze zhotovené kinogramy ve vlastním obsahu diplomové práce. Při pořizování videí budu dbát na to, aby na videa nebyly natáčeny osoby, které nejsou součástí výzkumu.

Pořizování fotografií/audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani audionahrávky.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele: Bc. Aneta Franková

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení Bc. Aneta Franková Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s prezentováním a uveřejněním výsledků kvalitativní analýzy ve výše uvedené diplomové práci, a že mi osoba, která provedla poučení, osobně vše podrobně vysvětlila, a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace, zeptat se na vše podstatné a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné 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 prezentování a uveřejnění výsledků vyšetření a průběhu terapie v bakalářské práci nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně zasláním Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat řešitele

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka ..... Podpis: .....

### 8.3 Příloha č. 3 Osobní rekordy probandů

Tabulka 5 Osobní rekordy probandů k 1.6.2021

Příjmení, jméno	Rok narození	OR 800 m	OR 1 500 m
Ficenec, Kimberley	1994	2:05.35	4:27.09
Friš, Jan	1995	1:47.05	3:39.05
Holuša, Jakub	1988	1:45.12	3:32.49
Mäki Kristiina	1991	2:02.21	4:06.61
Mezuliániková, Diana	1992	2:01.36	4:06.12
Pavličková, Renata	1996	2:05.16	4:28.52
Sasínek, Filip	1996	1:46.24	3:35.02
Vích, Damián	1998	1:52.51	3:49.31

### 8.4 Příloha č. 2 Sezónní maxima probandů

Tabulka 6 Sezónní maxima probandů 2019-2020

Příjmení, jméno	SB 800 m (2019)	SB 1 500 m (2019)	SB 800 m (2020)	SB 1 500 m (2020)
Ficenec, Kimberley	-	-	2:05.86	4:27.09
Friš, Jan	1:55.00	3:40.85	1:47.05	3:39.05
Holuša, Jakub	-	3:36.65	-	-
Mäki Kristiina	2:04.02	4:06.61	-	-
Mezuliániková, Diana	2:01.91	4:10.08	2:04.68	4:26.81
Pavličková, Renata	2:05.16	4:28.96	-	-
Sasínek, Filip	1:46.98	3:36.83	1:46.24	3:35.02
Vích, Damián	1:52.51	3:49.31	-	3:49.52

### 8.5 Příloha č. 3 Jednotlivé úhly při došlapu a odrazu

Tabulka 7 Úhly při došlapu u jednotlivých probandů

Příjmení, jméno	úhel osa kyčel- kotník se zemí [°]	úhel v kolenním kloubu [°]	úhel v loketním kloubu [°]	Náklon trupu [°]
Ficenec, Kimberley	68	153	56	8
Friš, Jan	69	160	80	5
Holuša, Jakub	68	160	78	3
Mäki Kristiina	69	159	59	6
Mezuliániková, Diana	70	155	89	0
Pavličková, Renata	70	157	103	8
Sasínek, Filip	67	148	81	7
Vích, Damián	70	159	56	8

*Tabulka 8 Úhly při odrazu u jednotlivých probandů*

Příjmení, jméno	úhel osa kyčel- kotník se zemí [°]	úhel v kolenním kloubu [°]	úhel v loketním kloubu [°]	Náklon trupu [°]
Ficenec, Kimberley	55	171	54	5
Friš, Jan	57	169	71	9
Holuša, Jakub	62	164	65	0
Mäki Kristiina	53	170	61	3
Mezuliáníková, Diana	55	163	51	-2
Pavličková, Renata	58	164	75	3
Sasínek, Filip	53	155	55	7
Vích, Damián	58	165	49	5