

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Vliv synchronizovaného plavání na respirační funkce

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:

PaedDr. Irena Čechovská, CSc.

Vypracovala:

Marie Vlasáková

Praha, duben 2019

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci 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:

Marie Vlasáková.....

Evidenční list

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

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce PaedDr. Ireně Čechovské, CSc. za mnoho cenných rad, připomínek a trpělivosti během konzultací k mé práci. Dále bych chtěla poděkovat vedení klubu synchronizovaného plavání SK Neptun Praha paní Kateřině Vostárkové a paní Květě Ptákové za možnost realizace výzkumu, který byl pro tuto práci stěžejní, v prostorách jeho sportoviště a především děkuji za spolupráci všem děvčatům ze sportovního klubu Neptun Praha, která se výzkumu účastnila.

Abstrakt

- Název:** Vliv synchronizovaného plavání na respirační funkce
- Cíle:** Cílem této bakalářské práce je prokázat vliv synchronizovaného plavání na respirační funkce. Konkrétně zjistit a analyzovat hodnoty vybraných dynamických parametrů dýchání účastnic výzkumu v závislosti na jejich věku a délce specializovaného tréninku.
- Metody:** Data byla analyzována prostřednictvím základních statistických operací a specifických výpočtů pro plicní objemy.
- Výsledky:** Částečné potvrzení pravdivosti obou hypotéz stanovených pro účely této práce. Hypotéza č. 1 byla potvrzena pro jednosekundovou vitální kapacitu (FEV1), Tiffeneauv index (FEV1/VC) a usilovnou vitální kapacitu (FVC). Hypotéza č. 2 byla potvrzena pro jednosekundovou vitální kapacitu (FEV1) a usilovnou vitální kapacitu (FVC).
- Klíčová slova:** Synchronizované plavání, respirační funkce, dýchání, spirometrie

Abstract

- Title:** The influence of synchronized swimming on respiratory functions
- Objectives:** The aim of this bachelor thesis is to demonstrate the effect of synchronized swimming on respiration functions. Specifically, verify and document the values of selected dynamic breathing parameters of the research female participants, depending on their age and length of specialized training.
- Methods:** Data were analyzed through basic statistical operations and specific calculations for lung volumes.
- Results:** Partial confirmation of the truthfulness of both hypothesis put forward for the purposes of this thesis. Hypothesis No. 1 was confirmed for forced expiratory volume in one second (FEV1), Tiffeneau-Pinelli index (FEV1/VC ratio) and forced vital capacity (FVC). Hypothesis No. 2 was confirmed for forced expiratory volume in one second (FEV1) and forced vital capacity (FVC).
- Keywords:** Synchronized swimming respiratory functions, breathing, spirometrie

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	9
1. ÚVOD.....	10
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	11
2.1 Synchronizované plavání.....	11
2.1.1 Výkon v synchronizovaném plavání.....	12
2.1.2 Trénink v synchronizovaném plavání.....	14
2.1.3 Fyziologická odezva na trénink a soutěžení v synchronizovaném plavání	15
2.2 Dýchání.....	16
2.2.1 Dýchání ve vodě.....	18
2.2.2 Dýchání v průběhu plavecké lokomoce.....	19
2.2.3 Dýchání v synchronizovaném plavání.....	20
2.3 Spirometrie.....	22
3. CÍLE, ÚKOLY, VÝZKUMNÉ OTÁZKY, HYPOTÉZY	28
4. METODICKÁ ČÁST	29
4.1 Výzkumný soubor.....	29
4.2 Organizace sběru dat.....	30
4.3 Analýza dat	32
5. VÝSLEDKY	35
5.1 Výsledky spirometrie kategorie mladší žákyně	35
5.1.1 Hodnoty naměřené před začátkem tréninku	35
5.1.2 Hodnoty naměřené po ukončení tréninku	41
5.2 Výsledky spirometrie kategorie starší žákyně	46
5.2.1 Hodnoty naměřené před začátkem tréninku	46
5.2.2 Hodnoty naměřené po ukončení tréninku	52
5.3 Výsledky spirometrie kategorie juniorky	57

5.3.1	Hodnoty naměřené před začátkem tréninku	57
5.3.2	Hodnoty naměřené po ukončení tréninku	62
5.4	Výsledky spirometrie kategorie seniorky	66
5.4.1	Hodnoty naměřené před začátkem tréninku	66
5.4.2	Hodnoty naměřené po ukončení tréninku	71
6.	DISKUZE	76
7.	ZÁVĚRY	80
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	82
	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	85
	SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	87
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	90
	PŘÍLOHY	91

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ATP – adenosintrifosfát

ERV – expirační rezervní objem

FEV1 – jednosekundová vitální kapacita

FEV1/VC – Tiffeneauův index

FINA – mezinárodní plavecká federace (Fédération Internationale de Natation)

FVC – usilovná vitální kapacita

FRC – funkční reziduální kapacita

IRV – inspirační rezervní objem

IC – inspirační kapacita

MEF – maximální výdechový průtok

MIF50 – maximální nádechový průtok

MMEF, FEF – průměrný nucený výdechový průtok

MV – mechanická ventilace

MVV – maximální minutová ventilace

PEF – vrcholový výdechový průtok

PIF – vrcholový nádechový průtok

RV – reziduální objem

TLC – celková plicní kapacita

TV – dechový objem

VC – vitální kapacita

1. ÚVOD

Tato práce se bude zabývat tématem „Vliv synchronizovaného plavání na respirační funkce.“ Dýchání samo o sobě je velice důležitým aspektem synchronizovaného plavání, protože více než 50 % tréninku a závodních sestav se odehrává pod hladinou vody se zadržáním dechu.

V práci bude zjišťována, pomocí spirometrického vyšetření na vzorku 50 děvčat pražského klubu synchronizovaného plavání SK Neptun Praha, závislost vybraných dynamických plicních parametrů na specializovaném tréninku synchronizovaného plavání. Tento druh výzkumu nebyl, dle mého vědomí, doposud realizován. Přestože synchronizované plavání je velmi komplexní sport kombinující plavání, balet, gymnastiku, tancování, akrobacii a atletiku, je při tréninku největší důraz kladen na složku odehrávající se ve vodě. Z tohoto důvodu by dopady dlouhodobého tréninku synchronizovaného plavání měly být nejvíce viditelné právě na dýchacím ústrojí.

V této práci jsou formulovány dvě základní otázky týkající se vlivu synchronizovaného plavání a jeho specializovaného tréninku na hodnoty dynamických parametrů dýchání, a to jak v dlouhodobé tak i krátkodobé perspektivě.

Na základě naměřených hodnot by tato práce mohla sloužit jako podnět pro trenéry synchronizovaného plavání, kteří by se mohli snažit o větší zapojení speciálních dechových cvičení v rámci tréninku, a tak vědomě ovlivnit a rozvíjet dýchací soustavu svých svěřenkyň. Tento případný rozvoj plavkyň by mohl mít pozitivní vliv na jejich výkon v rámci tréninku i soutěžení, a mohl by být využit k zařazení náročnějších prvků v rámci sestav.

Téma k vypracování bakalářské práce jsem si zvolila z toho důvodu, že sama se synchronizovanému plavání aktivně věnuji již od útlého věku a vždy hrálo velmi důležitou roli v mém životě. Zároveň mi tato práce dala příležitost dozvědět se více o tom, jak tento sport působí na člověka z fyziologického hlediska

2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Synchronizované plavání

Synchronizované plavání vzniklo na počátku 20. století ve Spojených Státech Amerických. V počátcích se tento sport zaměřoval spíše na pobavení publika a sestavy se sestávaly z mnoha obrazců na hladině a vizuálních efektů. Závodím sportem se synchronizované plavání stalo v roce 1952, kdy se zařadilo pod mezinárodní plaveckou federaci FINA¹ a vytvořila se tak první pravidla pro tento sport. Olympijským sportem se synchronizované plavání stalo v roce 1984 a bylo tak zastoupeno na olympijských hrách v Los Angeles.

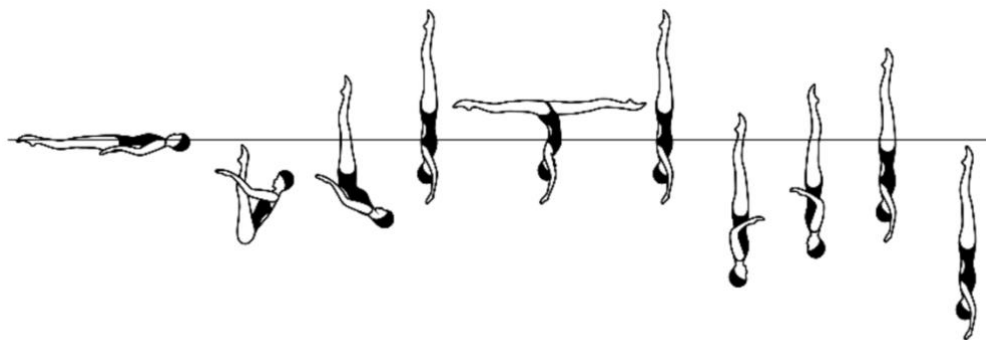
Tomuto sportu ze začátku dominovaly Spojené Státy Americké a Kanada a teprve v 90. letech minulého století se synchronizované plavání začalo rozrůstat a vyvíjet v mnoha dalších, především evropských, státech. Od roku 1998 tomuto sportu vévodí Ruská federace (Mountjoy, 1999).

Synchronizované plavání se tak z nenáročného plaveckého sportovního odvětví vyvinulo v komplexní vysoce rozvinutý a fyzicky náročný sport, který zahrnuje mnoho pohybových dovedností a vyžaduje specifickou úroveň pohybových schopností jako například sílu, flexibilitu, vytrvalost, umělecké vyjádření a bezchybný projev. Jednou z velmi důležitých charakteristik toho sportu je fakt, že více než 50 % tréninkového času stráví závodnice pod vodou. Neustále se střídající úseky s přísunem a bez přísunu kyslíku ovlivňují výkon plavkyň. (Bante, Bogdanis, Chairopoulou, Maridaki, 2007).

V současné době se závody sestávají z povinných figur a volných sestav v mladších věkových kategoriích (mladší žákyně 12 let a mladší a starší žákyně 13-15 let) a z volných a technických sestav ve starších kategoriích (juniorky 16-18 let a seniorky 18 a starší). Povinné figury jsou součástí technické přípravy plavkyň, proto jsou zařazené pouze v mladších věkových kategoriích. Jejich provedení je poměrně složité, protože klade i mimo jiné vysoké nároky na koncentraci. Vyžadují také precizní provedení všech pohybů a přechodů, plynulost a technickou přesnost. Toto vše by mělo být provedené v maximální výšce těla vzhledem k vodní hladině.

¹ FINA – mezinárodní plavecká federace (Fédération Internationale de Natation).

Obrázek č. 1 – Povinná figura kategorie juniorek „Barracuda Airborne Split, Spin Up 360° (FINA, 2017).



Dle obrázku je patrné, že povinné figury jsou prováděny z části nad hladinou a z části pod ní. Obvyklá hloubka, které závodnice dosahují z pravidla odpovídá výšce těla závodnice. V závislosti prováděné figury se hloubka zanoření může samozřejmě lišit. Délka jednotlivých figur se pohybuje mezi 30 až 90 vteřinami v závislosti na konkrétní povinné figurě a na individuálních schopnostech závodnice.

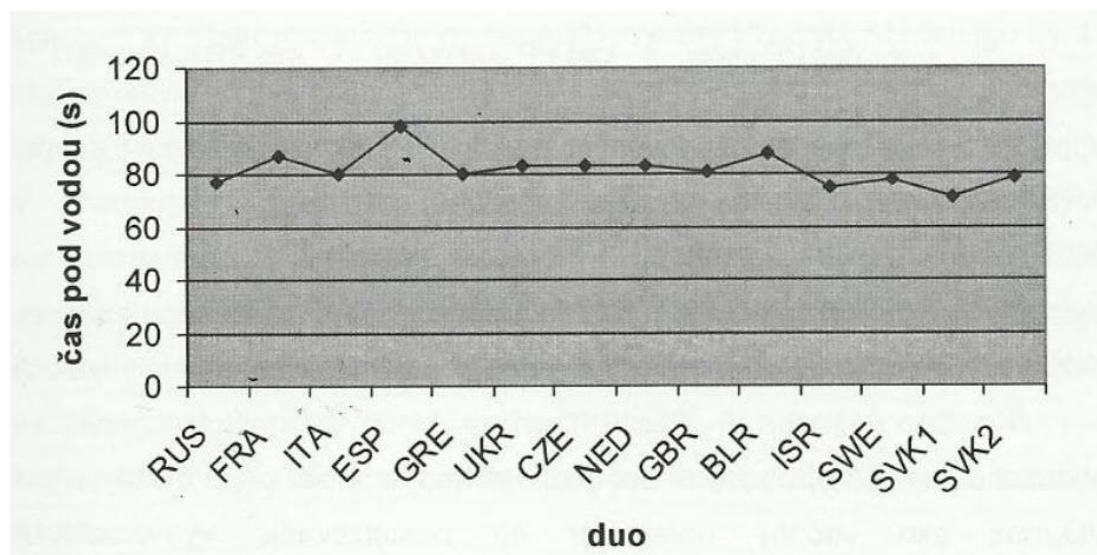
Délky jednotlivých sestav jsou odstupňovány vzestupně v závislosti na věkových kategoriích. Mezi sestavy patří sólová, párová, týmová a kombinovaná sestava. Volné i technické sestavy jsou charakteristické střídáním figur, při kterých závodnice neprovádí nádech, pasáží rukou a akrobatických prvků. Rozdíl mezi technickými a volnými sestavami je ten, že technické sestavy obsahují pravidly předem stanovené prvky, které musí závodnice předvést dle těchto pravidel a v předepsaném pořadí. Volné sestavy naopak tyto prvky neobsahují. Pro sestavy obecně je vyžadována minimální hloubka 2,20 metru, aby byla minimalizována možnost kontaktu závodnic se dnem bazénu. (Labudová, 2014).

2.1.1 Výkon v synchronizovaném plavání

Synchronizované plavání je jak individuálním, tak i týmovým sportem, který se řadí mezi koordinačně-estetické sporty. Sestavy v synchronizovaném plavání jsou velice náročné jak na kondici závodnic, tak na jejich koordinaci a sladěnost jednotlivých pohybů mezi děvčaty navzájem a s hudebním doprovodem. Jednotlivé sestavy, a tedy i výkon v synchronizovaném plavání, zahrnují figury, různé přesuny a obraty, výhozy a další technické či estetické prvky. Důraz je kladen především na rychlost, přesnost a synchronizaci jednotlivých pohybů a přesunů, rychlost, výšku technických prvků a celkovou obtížnost sestavy (Labudová, 2011).

Výkon v synchronizovaném plavání je složité vymezit, protože se skládá z více faktorů. „Z hlediska akvabely² je sportovní výkon výsledkem určitého adaptačního procesu organismu jako celku na záměrné zatěžování, sledující akceleraci růstu požadovaných aspektů.“ (Labudová, 2011). Obvykle se sportovní výkon v tomto sportu skládá z pohybových, časově omezených, úseků, které se vícenásobně opakují v rámci celé sestavy. Jak již bylo řečeno, tyto úseky jsou prováděny jak nad hladinou, tak pod ní. Zatížení srdečního oběhu a dýchacího systému sportovkyň je převážně střední a převládá aerobní systém s částečným zastoupením systému anaerobního. Výkon také podléhá konkrétní disciplíně, individuální výkonnosti jedinců a věkové kategorii. Toto se také odráží na čase, který závodnice stráví během sestavy pod hladinou (FINA, 2017). Odlišnost sportovního výkonu v závislosti na čase stráveném pod hladinou během technické párové sestavy v kategorii seniorek znázorňuje následující obrázek:

Obrázek č. 2 – Čas dynamické apnoe během technické párové sestavy (Labudová, 2011).



Motorické determinanty výkonu v synchronizovaném plavání dle Labudové (2011)

Závodnice synchronizovaného plavání potřebují k podání co nejlepšího výkonu následující schopnosti:

- Vytrvalostní schopnosti: všeobecné a speciální,
- Koordinační schopnosti: reakční, rovnováhové, kinesteticko-diferenciační, rytmické a orientační,

² Akvabela – český výraz pro plavkyni synchronizovaného plavání.

- Silové schopnosti: dynamické, vytrvalostní, výbušná síla dolních končetin a břišního svalstva,
- Flexibilita: především kloubů hlezenních, kyčelních, ramenních a páteře,
- Plavecká výkonnost,
- Úroveň zvládnuté techniky jednotlivých prvků.

2.1.2 Trénink v synchronizovaném plavání

Trénink synchronizovaného plavání je velice náročný nejen pro závodnice ale i pro trenéry, protože má několik složek, které jsou v přípravě plavkyň stěžejní. Mimo prvky synchronizovaného plavání se jedná především o složku plaveckou, atletickou, gymnastickou, akrobatickou, taneční a baletní. Trénink všech těchto složek výkonu je náročný nejen z hlediska biologických faktorů, ale i psychických a je také velmi náročný časově.

Intenzita, rozložení jednotlivých složek a délka tréninku se odvíjí od věkových kategorií. Náplň tréninkových jednotek je přímo úměrná věku závodnic, to znamená, že čím jsou děvčata starší, tím jsou tréninky intenzivnější, delší a více časté. Některé vrcholové závodnice trénují i vícekrát denně po celý týden.

Typické rozložení tréninkové jednotky v synchronizovaném plavání

Většina tréninkových jednotek synchronizovaného plavání obsahuje suchou přípravu a trénink ve vodě. Tyto části mohou být stejně dlouhé, ale většinou je suchá příprava kratší. Suchá příprava je zaměřena nejen na získání všeobecného pohybového základu, ale i na speciální průpravu důležitou pro synchronizované plavání. Jedná se především o základy gymnastiky, akrobacie a baletu. Suchá příprava je mnohdy také věnována nácviku choreografií sestav. Jde především o navození správné představy o pohybech, o nácvik správné rytmičtosti a o sladění těchto pohybů s hudebním doprovodem a mezi závodnicemi navzájem. Trénink ve vodě může být zaměřen na několik faktorů. Mimo nácvik klasických plaveckých dovedností a plavecké lokomoce se jedná především o nácvik volných či technických sestav, povinných figur, technických prvků. Tréninková jednotka může být zaměřena na souvislý nebo intervalový trénink, který slouží především k rozvoji speciálních kondičních schopností.

Obsah tréninkových jednotek se také odvíjí od toho, v jaké části sezóny se zrovna závodnice nachází. Začátek sezóny (zpravidla konec srpna až polovina září) je zaměřen

především na získání potřebné kondice. To znamená, že do tréninkových jednotek je zařazováno především běhání, posilování a kondiční plavání. Teprve po tomto období se v tréninkových jednotkách začínají postupně více a více objevovat prvky synchronizovaného plavání. Začíná se s nácvikem povinných figur či prvků a sestav. V předzávodním období jsou naopak tréninkové jednotky převážně zaměřeny na komplexní nácvik sestav a povinných figur (Labudová, 2014).

2.1.3 Fyziologická odezva na trénink a soutěžení v synchronizovaném plavání

Synchronizované plavání patří jakožto jeden plaveckých sportů k nejzdravějším pohybovým aktivitám, protože rozvíjejí organismus jako celek. Dochází při něm k rovnoměrnému nárůstu svalstva horních i dolních končetin a trupu, což má velmi pozitivní vliv na samotný růst kostí a na individuálně optimální správné držení těla. Zároveň příznivě ovlivňuje oběhový a dýchací systém, při překonávání tlaku a odporu vody se při dýchání ve vodě zvyšuje maximální síla expirace a může se tak také zlepšit vitální kapacita plic. Při pravidelném tréninku dochází k zesílení srdeční svaloviny, což vede k celkově lepší práci srdce a následně ke snížení srdeční frekvence a k lehkému poklesu krevního tlaku. Střídání plavání pod hladinou a nad ní zapříčiňuje zlepšení termoregulačních schopností organismu, což napomáhá příznivému otužování organismu. Odpor vody zpomaluje pohyb končetin a šetří tak klouby, vazy a samotné svaly. Omezením vlivu gravitace dochází ke snížení hmotnosti jednotlivých segmentů těla, což odlehčuje páteř a celý pohybový aparát. Zároveň dochází k velkému rozvoji flexibility, zejména v oblasti kyčelních, loketních a ramenních kloubů. Důsledkem tréninku dochází až k hypermobilitě trupu a kloubů, což je považováno za jeden z mála negativních dopadů synchronizovaného plavání na lidský organismus. Dalšími negativními aspekty mohou být posturální vady a svalová nerovnováha způsobená nerovnoměrným zatěžováním hybného systému.

Synchronizované plavání nemá vliv pouze na fyziologickou stránku lidského organismu, ale také rozvíjí psychiku závodnic. Jedná se především o pozitivní rozvoj tvůrčí iniciativy, estetického cítění a dává možnost základní hudební nauce.

Plavání obecně je považováno za sport s nejnižším rizikem úrazu, nicméně synchronizované plavání obsahuje také akrobatické rizikové prvky, při kterých se pravděpodobnost úrazu zvyšuje (Klečková, 1992).

2.2 Dýchání

Dýchání je trvalý děj, kterým je do organismu přiváděn kyslík a zároveň je z těla vylučován oxid uhličitý. Tato výměna plynů mezi vnitřním a zevním prostředím je prováděna zcela automaticky. Přísun kyslíku do těla nelze přerušit na více než několik minut bez vážných následků. Organismus disponuje kyslíkovými rezervami, které ale ovšem nejsou tak velké, aby bez jeho kontinuálního přísunu mohl plně fungovat. Zásoby kyslíku činí cca 1,1 l při výdechu a 1,8 l při nádechu, což při klidové spotřebě 250 ml kyslíku za minutu představuje funkční rezervu na dobu 4-7 minut. Do kyslíkových zásob těla je počítán kyslík v plicních sklípcích, kyslík obsažený v krvi, rozpuštěný v tkáních a kyslík navázaný na myoglobin. Většina vdechnutého kyslíku je upotřebena v rámci zisku energie či pro účely syntézy některých látek v těle (Slavíková, 1997).

Anatomie dýchacích cest

Dýchací soustava se skládá z dýchacích cest a z plic. Dýchací cesty se dále dělí na horní a dolní cesty dýchací. K horním dýchacím cestám řadíme dutinu nosní, vedlejší nosní dutiny, nosohltan, ústní část hltanu a hrtanová část hltanu. Jejich úlohou je ohřátí, zvlhčení a vyčištění vdechovaného vzduchu od všech různých nečistot. Dolní dýchací cesty se skládají z hrtanu, průdušnic, průdušek, průdušinek a plicních sklípků. Hlavním úkolem těchto cest je vedení vzduchu do plic a z plic ven (Čihák, 2013).

Základní pojmy v procesu dýchání

- Plicní ventilace – výměna dýchacích plynů mezi atmosférickým vzduchem a vzduchem v plicních sklípcích. Plicní ventilace má dvě fáze – aktivní a pasivní. Aktivní fázi je nádech (inspirum), který je zcela závislý na činnosti inspiračních svalů, které svou kontrakcí zvětšují objem hrudníku. K těmto svalům se řadí zevní mezižeberní svaly, prsní svaly a bránice. Bránice se nachází mezi hrudní a břišní dutinou a chová se jako píst, který zajišťuje cca 80 % plicní ventilace. Výdech (expirium) je fáze pasivní, při které se uplatňuje zejména pružnost plic a hrudní stěny. Výdechu napomáhají zejména vnitřní mezižeberní svaly a svaly břišní (Dylevský, 2011).
- Respirace – výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi plicními sklípků a krvi. Výměna těchto dvou plynů probíhá skrz alveolokapilární membránu, kyslík přechází z plicních sklípků do plicních kapilár a oxid uhličitý přechází z plicních kapilár do plicních sklípků. Tento proces se nazývá difúze (Čihák, 2013).

- Vnitřní dýchání neboli tkáňová respirace – výměna kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a tkáněmi. Jedná se především o řadu reakcí buněčného dýchání, jehož úkolem je především tvorba ATP³ (Čihák, 2013).
- Regulace dýchání – chemická a nervová regulace. Dýchání je řízeno dvěma nervovými mechanismy, z nichž jeden odpovídá za volní dýchání a druhý za jeho samovolnost. Chemická regulace dýchání je závislá především na koncentraci kyslíku, oxidu uhličitého a vodíku v těle. Tohoto typu regulace se účastní centrální a periferní chemoreceptory. Centrální chemoreceptory reagují na koncentraci oxidu uhličitého a vodíku a periferní chemoreceptory reagují na koncentraci kyslíku (Slavíková, 1997).

Mechanika dýchání

Dechový cyklus má dvě fáze – nádech (inspirium) a výdech (expirium), které se střídají. Jedná se tedy o cyklický děj, při němž dochází ke změně tlaků. Nádech je zahájen kontrakcí zevních mezižeberních svalů, prsních svalů a bránice. Tato kontrakce má za následek zvětšení objemu hrudní dutiny a plic. Vdechovaný vzduch proudí přes dutinu nosní a dutinu ústní do nosohltanu, dále přes hrtan se vzduch dostává do průdušnice, průdušek, průdušinek až do plicních sklípků. V těchto sklípcích dochází k navázání kyslíku z vdechnutého vzduchu na hemoglobin. Při výdechu je uvolněný oxid uhličitý vypuzován dýchacími cestami ven z těla. Je zahájen uvolněním inspiračních svalů. Při výdechu se zejména uplatňuje elasticita plic a jejich schopnost smršťovat se (Slavíková, Švíglerová, 2012).

Plicní tlaky a jejich změny v dýchacím cyklu

- Intrapulmonární neboli intraalveolární tlak (p_{alv}) – tlak uvnitř plic. Díky dýchacímu cyklu dochází ke změně tlaku v alveolech oproti atmosférickému tlaku a to následovně:
 - Při nádechu je tlak v alveolech oproti atmosférickému tlaku negativní (vzduch proudí do plic),
 - Při výdechu je tlak v alveolech oproti atmosférickému tlaku pozitivní (vzduch proudí z plic ven do okolního prostředí) (Slavíková, Švíglerová, 2012).

³ Adenosintrifosfát neboli ATP je nukleotid, který má zásadní roli v energetickém metabolismu jakožto substrát primární energie v živých organismech. Je také používán jako indikátor životaschopnosti a poškození buněk. Dále zajišťuje skladování a přenos chemické volné energie v buňce (Li, 2018).

- Intrapleurální neboli nitrohruční tlak (p_{ip}) – tlak mezi listy pleury⁴, který je za fyziologických podmínek vždy negativní (Slavíková, Švíglerová, 2012).
- Transpulmonární tlak (p_{tp}) – rozdíl mezi intraalveolárním a intrapleurálním tlakem ($p_{tp} = p_{alv} - p_{ip}$). Transpulmonární tlak je za fyziologických podmínek vždy pozitivní, jelikož hodnoty intrapleurálního tlaku jsou vždy negativní. Pokud se transpulmonární tlak zvýší, zvětšuje se i objem plic a naopak, pokud se transpulmonární tlak sníží, objem plic se zmenšuje (Slavíková, Švíglerová, 2012).

2.2.1 Dýchání ve vodě

Dýchání ve vodě klade na člověka a jeho organismus velmi specifické nároky, se kterými se při klasickém dýchání nesetkáváme. K těm nejzákladnějším faktorům patří například to, že při dýchání ve vodě musíme dbát zvýšené opatrnosti, aby nedošlo k vdechnutí vody, a také to, že ve vodě člověk dýchá převážně ústy a ne nosem, jak je tomu při dýchání na suchu.

Fyziologickou odpovědí na ponoření těla, hlavně obličeje, do vody je tzv. divig reflex. Divig reflex se skládá z reflexů více reflexů, které se aktivují po kontaktu obličeje s vodou nebo při zadržení dechu. Tento reflex umožňuje nejen lidskému tělu tolerovat nižší úroveň kyslíku a také s tímto deficitem pracovat (Severinsen, 2019).

Dýchání ve vodě se liší od normálního dýchání především tím, že ve vodním prostředí dochází k působení hydrostatického tlaku na člověka. V důsledku jeho působení dochází v lidském organismu ke změnám mechaniky dýchání, dechových objemů i dechové frekvence. Vdech při ponoření po ramena je díky tomu náročnější a výdech nad hladinou je naopak lehčí. Při výdechu pod hladinu se musí zapojit výdechové svalstvo tak, aby byl překonán odpor vody i hydrostatický tlak. Dále dochází například ke snížení vitální kapacity plic až o 10 %, což zapříčiňuje zadržení krve v hrudníku a zvýšený odpor dýchacích svalů (Havlíčková, 1993).

Speciální příklad potápění

Při potápění dochází se vzrůstající hloubkou ke zvýšení okolního tlaku. Tento nárůst je přímo úměrný rostoucí hloubce, ve které se potápeč nachází. „*Na každých 10 m hloubky stoupne tlak přibližně o 100 kPa.*“ (Slavíková, Švíglerová, 2012). Se vzrůstající hloubkou

⁴ Pleura – vazivová blána, která v listech pokrývá stěnu dutiny hrudní a zevní povrch plic (Dylevský, 2011).

rostou jednotlivé tlaky plynů vzduchu, které se tak v těle lépe rozpouštějí a přibývá jejich množství. Kromě toho se lidský organismus musí také vyrovnat s omezeným normálním přístupem vzduchu do plic. Jak už bylo řečeno, při nádechu ve vodním prostředí překonávají dýchací svaly tlak vody na dutinu hrudní a současně musí vytvořit dostatečný podtlak v této dutině, aby byl vdech vůbec možný. „*Maximální podtlak, kterého je možno dosáhnout usilovnou kontrakcí inspiračních svalů, je 111 kPa, což odpovídá hloubce asi 110 cm.*“ (Slavíková, Švíglerová, 2012). Proto se ve větších hloubkách používá dýchací přístroj, který dokáže nastavit tlak vdechovaného vzduchu na úroveň tlaku okolní vody. Díky tomuto může potápeč dýchat normálně, bez vyvinutí většího úsilí (Slavíková, Švíglerová, 2012).

Závodnice v synchronizovaném plavání jsou, oproti běžným plavcům, vystavovány specifickému působení tlaku vody, protože jednotlivé prvky sestav jsou prováděny i ve větších hloubkách.

2.2.2 Dýchání v průběhu plavecké lokomoce

Samozřejmě součástí tréninku plavkyň synchronizovaného plavání je nácvik správného provedení všech plaveckých způsobů se zaměřením na estetiku pohybu, za tímto účelem jsou standartní plavecké způsoby různě modifikovány.

Správné dýchání je velmi důležitým aspektem každého plaveckého způsobu. Ve všech čtyřech plaveckých způsobech je dýchání pravidelné, což je velmi důležité z hlediska správného zvládnutí techniky. Zároveň je vždy prováděno tak, aby co nejméně narušovalo optimální polohu těla plavce.

Vrcholoví závodníci, především plavci kratších tratí, které jsou překonávány způsoby kraul, znak a motýlek, využívají možnost plavat se zatajeným dechem a uchylují se tak k nepravidelnému dýchacímu cyklu. Důvodem je především to, že plavání s omezením dýcháním umožňuje plavci dosáhnout vyšší rychlosti plavecké lokomoce (Hofer, 2012).

Dýchání v plaveckém způsobu kraul

Dýchání je v tomto plaveckém způsobu synchronní s pohybovými cykly horních končetin. Dýchací cyklus se skládá z krátkého a velmi intenzivního vdechu v mezizáběrové přestávce, který je proveden těsně u hladiny vytočením hlavy směrem k rameni souhlasné paže ve chvíli, kdy tato dokončila záběrovou fázi a protilehlá paže

stále nezačala zabírat, a z postupného výdechu nosem a ústy během záběrové fáze a části fáze přenosu (Hofer, 2012).

Dýchání v plaveckém způsobu znak

Při plaveckém způsobu znak je hlava plavce stále nad vodní hladinou, tudíž nádech a výdech lze provádět v jakékoliv fázi plaveckého způsobu. I přesto je dýchací cyklus spjat s pohyby horních končetin. Nádech je prováděn v rámci mezizáběrové přestávky a výdech je prováděn v průběhu záběrové fáze jedné z horních končetin (Čechovská, Miler, 2008).

Dýchání v plaveckém způsobu prsa

Dýchání v plaveckém způsobu prsa se odvíjí především od činnosti horních končetin. Nádech je započat ve chvíli, kdy plavec zahájí přitahování paží směrem pod hrudí koš. Tělo plavce se v důsledku začíná prohýbat a hlava se tak dostává nad vodní hladinu. Nádech je tedy prováděn na konci záběrové a na začátku přenosové fáze. Poté plavec prudce vytrčí paže vpřed a zanoří hlavu pod hladinu a následuje výdech (Čechovská, Miler, 2008).

Dýchání v plaveckém způsobu motýlek

Celková souhra dýchání a propulzích pohybů je pro tento plavecký způsob velmi důležitým faktorem, při špatném načasování může docházet k ovlivnění proudnicové polohy těla i účinnosti záběru, což může vést k vysoké ztrátě rychlosti plavce. Správně by měl být nádech prováděn blízko u hladiny na počátku přenosové fáze horních končetin tak, aby na konci této fáze měl plavec již čelo ponořené do vodní hladiny (Hofer, 2012).

2.2.3 Dýchání v synchronizovaném plavání

Synchronizované plavání není obecně považováno za rizikový sport, nicméně dochází při tomto sportu k poměrně dlouhým časovým úsekům, které závodnice tráví pod vodou a při nichž samozřejmě dochází k zadržování dechu a současně při nich musí předvádět různé prvky či figury. Tyto vysoké nároky na spotřebu kyslíku mohou v některých případech vést až k hypoxii⁵.

⁵ Hypoxie – nedostatek kyslíku v organismu či v jeho jednotlivých tkáních. Výrazná hypoxie může vést ve velmi krátkém čase až k bezvědomí. Mírnější formy mohou zapříčinit zhoršení mentálních funkcí, ospalost či zvracení (Slavíková, Švíglerová, 2012).

Většina povinných figur v synchronizovaném plavání má být dle pravidel FINA prováděna „pomalu“, čímž tedy podporují delší, mnohdy až zdlouhavé, výdrže pod vodou. Ovšem tyto výdrže pro svoji obtížnost bývají z pravidla dobře hodnocené ze strany rozhodčích, proto se k nim velká část závodnic a trenérů uchyluje. Mimoto volné sestavy většinou začínají pod hladinou řadou figur, která může u vrcholových závodnic přesahovat až 45 vteřin. Při takovýchto výkonech může docházet až k závratím, dezorientaci či ke ztrátě vědomí. Některé závodnice dokonce přiznaly, že se v důsledku dlouhých částí bez přísunu kyslíku v sestavách setkaly s nežádoucími dopady hypoxie. S těmito příznaky se závodnice setkávají spíše v sestavách než v samostatných povinných figurách, protože sestavy jsou mnohem delší. Avšak existuje velká řada povinných figur, které jsou velmi dlouhé a kladou tak také velmi vysoké nároky na spotřebu kyslíku (Davies, Donaldson, Joels, 1995).

Velmi rychlý vývoj synchronizovaného plavání klade stále větší nároky jak na trenéry, tak především na samotné závodnice. Vrcholové plavkyně si záměrně v rámci tréninku snaží hypoxii navodit, aby se na ní jejich organismus dokázal adaptovat a aby své výkony posouvaly stále dopředu. Tímto se snaží dosáhnout stále vyššího a vyššího hodnocení rozhodčích. K takovému tréninku se využívají cvičení založená na omezeném přístupu kyslíku do organismu. Příklad takového cvičení: 4 x 100 m sestávajících se ze dvou částí, jedna část se odehrává s možností přísunu kyslíku a druhá bez ní. Jedná se o progresivní cvičení, kdy se část plavaná pod hladinou s každým opakováním prodlužuje a náročnost cvičení tak vzrůstá (Quan, Culver, Fielding, 2010).

2.3 Spirometrie

Termínem spirometrie je označováno základní vyšetření funkce plic. Toto neinvazivní vyšetření může, při správné a kvalifikované interpretaci výsledků, odhalit širokou škálu dýchacích potíží a onemocnění dýchací soustavy (Miller, 2005). Vyšetření je často indikováno při stanovení diagnózy, monitorování pokroků v léčbě, stanovení průběhu a prognózy onemocnění, v rámci předoperačních vyšetření a pro preventivní, posudkové a výzkumné účely. Spirometrické vyšetření přesahuje oblast respirační medicíny a je aktivně využíváno i v jiných medicínských odvětvích (García-Río et al., 2013).

Díky tomuto funkčnímu vyšetření plic můžeme provádět kvalitativní i kvantitativní hodnocení jednotlivých plicních funkcí. Dále nám podává informace o tom, jak a zda plíce plní své základní funkce, případně zda mají ještě nějaké funkční rezervy. Spirometrie popisuje plicní ventilaci, přesněji výměnu vzduchu mezi plicemi a atmosférou (Rosina, Vránová, Kolářová, Stanek, 2013). Při tomto funkčním vyšetření plic získáváme především informace o následujících úsecích zevního dýchání (Salajka, 1996):

- Ventilace – pohyb vzduchu ze zevního prostředí do plic (nádech a naopak výdech),
- Distribuce – rozdělení vdechnutého vzduchu v plicích a jeho smíšení se vzduchem, který v plicích zůstal po předchozím výdechu,
- Difúze – výměna plynů mezi alveoly a plicními kapilárami,
- Perfúze – průtok krve řečištěm plicních kapilár.

Metody funkčního vyšetření plic rozdělujeme do tří skupin. První skupinu tvoří vyšetření základní – vyhledávací, jako jsou například měření vrcholové výdechové rychlosti a screeningovou spirometrií⁶. Do druhé skupiny se řadí vyšetření základní – rozšířené, mezi

⁶ Screeningová spirometrie – jako orientační screening umožňující včasné rozpoznání plicních chorob slouží parametr „plicního věku“, tedy jednovteřinová vitální kapacita (FEV1). Plíce dosahují maximální úrovně funkčnosti v rané dospělosti a poté postupně ztrácí svoji elasticitu a parametry plicních funkcí se zhorší i u zdravých jedinců. V případě plicních onemocnění nebo působení škodlivých látek (například kouření) dochází k deterioraci plicních funkcí rychleji (*Měření plicního věku pomocí spirometrie – orientační screening plicních funkcí* [online]. 2018).

tato patří klasická spirometrie včetně křivky průtok-objem⁷ a bronchomotorické testy⁸. Do třetí skupiny lze zařadit specializovaná vyšetření v celotělovém bodypletysmografu⁹ či vyšetření ve spánkové laboratoři (Rosina, Vránová, Kolářová, Stanek, 2013).

Základní měřené parametry

Dechové objemy naměřené spirometrickým vyšetřením lze dělit na statické a dynamické. V případě statických plicních objemů není sledován jejich vztah k času, na rozdíl od dynamických objemů, u kterých je měření prováděno během usilovného nebo rychlého dýchání. Takto získané parametry, závislé na čase, jsou zaneseny do tzv. spirometrické křivky spirogramu, která vyjadřuje závislost změny objemu v čase (Quanjer, Tammeling, Cotes, Pedersen, Peslin, Yernault, 1993).

Statické ventilační parametry

Statické ventilační parametry nejsou závislé na čase a udávají objem vzduchu v plicích při různých dechových polohách. Součtem těchto objemů je vyjádřena kapacita plic. Rozhodujícími faktory ovlivňující velikost plic a jejich objemů jsou věk, pohlaví, tělesná hmotnost, držení těla, etnický původ, reflexní faktory a každodenní aktivita.

Mezi základní statické parametry se řadí (Quanjer, Tammeling, Cotes, Pedersen, Peslin, Yernault, 1993; Fišerová, Chlumský, Kociánová, 2004):

- Vitální kapacita – VC (vital capacity) – objem plic mezi maximálním nádechem a výdechem,
- Expirační rezervní objem – ERV (expiratory reserve volume) – objem vzduchu, který může být vydechnut ještě po normálním výdechu (cca 1,7 l),
- Inspirační rezervní objem – IRV (inspiratory reserve volume) – objem vzduchu, který můžeme vdechnout po normálním nádechu (cca 3 l),
- Inspirační kapacita – IC (inspiratory capacity) – maximální objem vzduchu, který může být vdechnut po předchozím klidném výdechu (cca 3,5 l),

⁷ Křivka průtok-objem – křivka zachycující rychlosti (průtoky) proudícího vzduchu při nádechu či výdechu v závislosti na objemu plic (*Velký lékařský slovník* [online] 1998-2018).

⁸ Bronchomotorické testy – testy mají za cíl dosáhnout měřitelné významné změny dokumentující přítomnost zvýšené průduškové reaktivity. Test bronchodilatační zkoumá, zda může dojít k „rozšíření“ průdušek. Test bronchokonstrikční zjišťuje, zda může dojít k jejich „zúžení“ (Sýkora 2006-2018).

⁹ Bodypletysmograf – vyšetření, kterým se dá zjistit reziduální objem vzduchu v plicích po maximálním výdechu po maximálním výdechu (Body pletysmograf odhalí plicní onemocnění [online] 2014).

- Dechový objem – TV (tidal volume) – objem normálního nádechu nebo výdechu během jednoho dýchacího cyklu (cca 0,5 l), i přesto, že je řazen k statickým parametrům, jedná se o dynamický plicní objem, který je závislý na fyzické aktivitě,
- Reziduální objem – RV (residual volume) – množství vzduchu zůstávající v plicích po maximálním výdechu. U zdravého jedince je to kolem 24 % celkové plicní kapacity (cca 1,3 l) (Zatloukal, Bezdíček, Fiala, Votruba a spol., 2001). Běžná spirometrie měření tohoto objemu neumožňuje. Lze jej zjistit například celotělovou bodypletysmografií,
- Funkční reziduální kapacita – FRC (functional residual capacity) – jedná se o objem vzduchu, který v plicích zůstává po klidovém výdechu a je definována jako součet expiračního rezervního objemu a reziduálního objemu. Běžnou spirometrií nelze stanovit (cca 3 l),
- Celková plicní kapacita – TLC (total lung capacity) – objem vzduchu v plicích při maximálním nádechu. Běžnou spirometrií nelze stanovit, jelikož se jedná o součet dílčích hodnot.

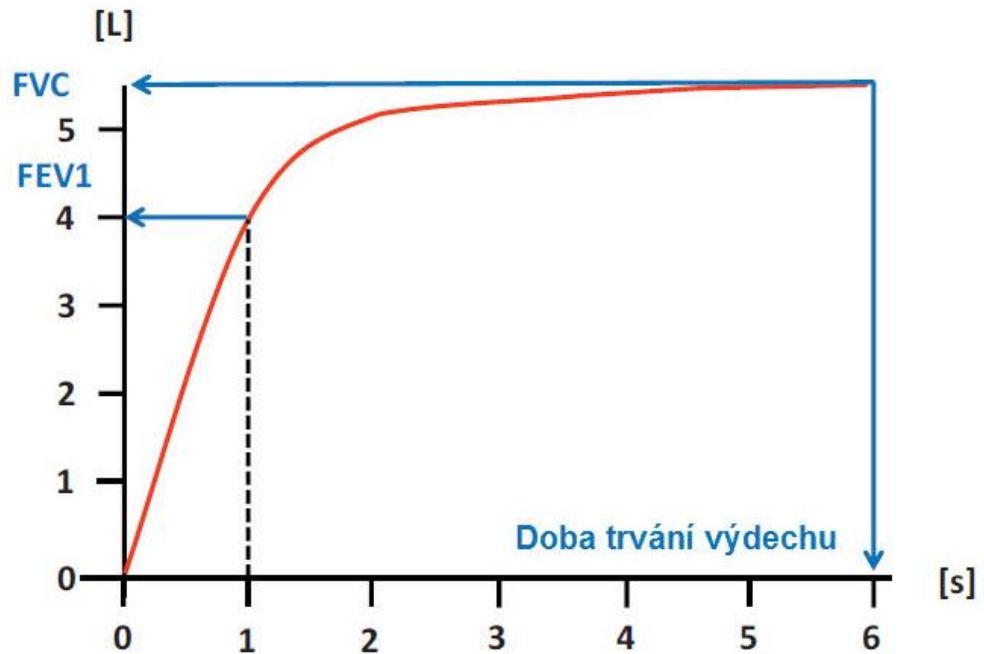
Dynamické ventilační parametry

Dynamické plicní objemy jsou vyhodnocovány při nuceném nádechu a výdechu nebo při nuceném dýchání za maximální zátěže. V tomto ohledu se liší od statických parametrů, kde je maximální síla vyžadována pouze na začátku a na konci vyšetření. Výsledky dynamické spirometrie jsou obvykle vyjádřeny vztahem nadechnutého či vydechnutého objemu k času, což je popsáno v křivce objem-čas (viz. graf č. 1). Dají se též vyjádřit jako závislost maximálního průtoku na objemu plic, který je popsán křivkou průtok-objem (viz. graf č. 2 a 3). K základním dynamickým parametrům řadíme (Quanjer, Tammeling, Cotes, Pedersen, Peslin, Yernault, 1993; Fišerová, Chlumský, Kociánová, 2004):

- Usilovná vitální kapacita – FVC (forced vital capacity) – maximální objem vzduchu, který lze po maximálním nádechu prudce vydechnout při maximálním usilovném výdechu,

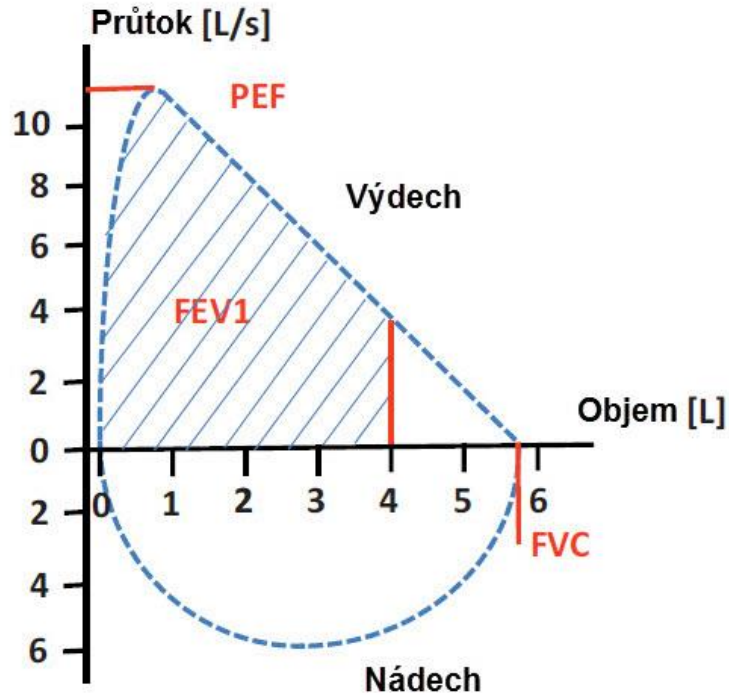
- Jednosekundová vitální kapacita – FEV1 (forced expiratory volume in one second) – objem vzduchu vydechnutý s maximálním úsilím co největší rychlostí za první sekundu po maximálním nádechu,
- Tiffeneauův index – FEV1/VC (%) – procento vitální kapacity vydechnuté za jednu sekundu během usilovného výdechu,
- Vrcholový výdechový průtok – PEF (peak expiratory flow) – je nejvyšší rychlost průtoku dosažená během usilovného výdechu. Je vysoce závislý na úsilí,
- Maximální výdechové průtoky (rychlosti) – MEF (maximal mid-expiratory flow) – vynucený výdechový průtok během střední poloviny usilovné vitální kapacity,
- Usilovné expirační průtoky:
 - MMEF, FEF_{25–75} % (maximal mid-expiratory flow) – průměrný nucený výdechový průtok během střední poloviny usilovné vitální kapacity,
 - FEF_{75–85} % (forced late expiratory flow) – průměrný nucený výdechový průtok během 75 % až 85 % usilovné vitální kapacity,
- Vrcholový nádechový průtok – PIF (peak inspiratory flow) – maximální průtok dosažený během usilovného nádechu,
- Maximální nádechový průtok – MIF50 (maximal inspiratory flow) – střední nádechový průtok na úrovni 50 % nadechnuté FVC,
- Mechanická ventilace – MV (mechanical ventilation) – součet klidových dechových objemů za minutu,
- Maximální minutová ventilace – MVV (maximal voluntary ventilation) – maximální možná dechová ventilace plic. Vyšetření se provádí po dobu 15 s, a poté se provede přepočítání na l/min.

Graf č. 1 - křivka objem – čas (Gnädinge, Curschellas, Natterer, Thurnherr, 2014).



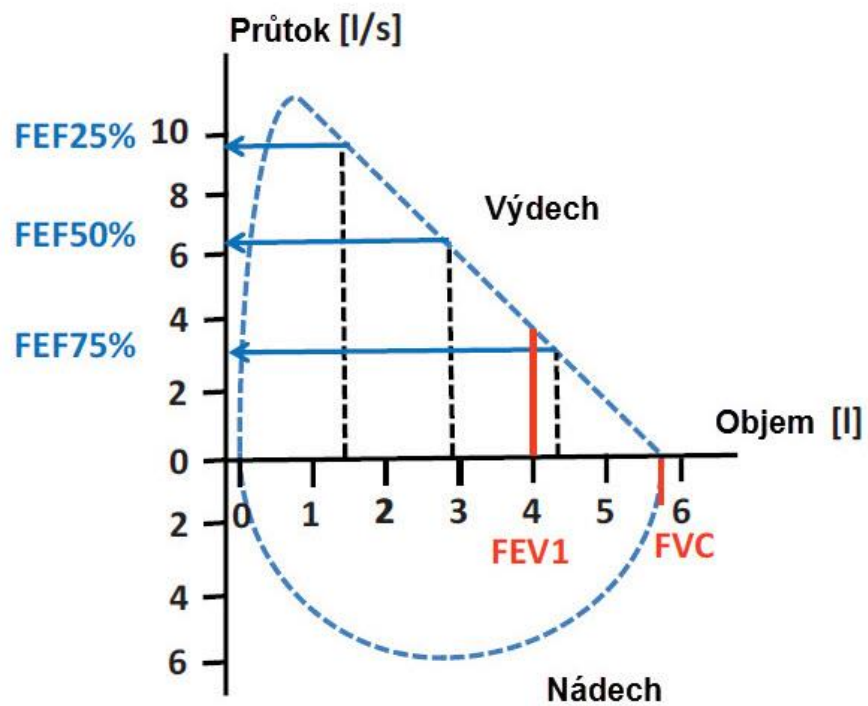
Obdélník znázorňuje jednosekundovou vitální kapacitu (FEV1).

Graf č. 2 – křivka průtok – objem (Gnädinge, Curschellas, Natterer, Thurnherr, 2014).



PEF = vrcholový výdechový průtok; FVC = usilovná vitální kapacita; jednosekundovou vitální kapacitu (FEV1) označuje šrafované pole.

Graf č. 3 - křivka průtok – objem se znázorněním usilovných expiračních průtoků (Gnäding, Curschellas, Natterer, Thurnherr, 2014).



Křivka znázorňuje usilovné expirační průtoky (FEF) při 25, 50 a 75 % usilovné vitální kapacity.

3. CÍLE, ÚKOLY, VÝZKUMNÉ OTÁZKY, HYPOTÉZY

Cíle práce

Tato bakalářská práce si klade za cíl zjistit, zda a případně jak velký vliv má synchronizované plavání na respirační funkce dívek, které se tomuto sportu věnují. Konkrétně ověří, zdokumentuje a zanalyzuje hodnoty dynamických parametrů dýchání účastnic výzkumu v závislosti na jejich věku a délce specializovaného tréninku.

Úkoly práce

Realizace této bakalářské práce a potřebného odpovídajícího výzkumu zahrnuje tyto dílčí úkoly:

- Provedení spirometrického vyšetření 50 účastnic výzkumu
- Analýza a interpretace naměřených spirometrických hodnot
- Pomocí základních statistických metod a specifických výpočtů pro plicní parametry analyzovat naměřená data
- Celkové shrnutí zkoumaných skutečností

Výzkumné otázky a hypotézy

Na základě analýzy a zhodnocení všech naměřených dynamických ventilačních hodnot tato práce předpokládá, že získá odpověď na otázku, zda má či nemá synchronizované plavání vliv na respirační funkce.

Na základě této výzkumné otázky bude mít práce dále za cíl potvrdit či vyvrátit následující hypotézy:

Hypotéza č. 1: Naměřené hodnoty dynamických parametrů dýchání budou i před tréninkem vyšší než hodnoty běžné populace odpovídající věku a výšce dívek.

Hypotéza č. 2: Hodnoty druhého spirometrického měření se na základě absolvovaného tréninku zvýší.

4. METODICKÁ ČÁST

4.1 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor pro tuto práci tvoří 50 děvčat ze sportovního klubu Neptun Praha a to 15 v kategorii mladších zákyň ve věku 10–12 let, 15 v kategorii starších zákyň ve věku 13–14 let, 10 v kategorii juniorek ve věku 15–17 let a 10 dívek v kategorii seniorek ve věku 18–21 let. Všechna děvčata se synchronizovanému plavání věnují již od velmi útlého věku, cca od 6 let, a pravidelně docházejí na tréninky do plaveckého areálu v Hloubětíně.

Do jednotlivých kategorií jsou děvčata zařazována nejen dle jejich kalendářního věku, ale také na základě jejich výkonnosti. Od tohoto rozdělení se dále odvíjí počet tréninkových jednotek jednotlivých družstev. Tréninková jednotka synchronizovaného plavání se zpravidla skládá ze dvou částí, a to ze suché přípravy a z plaveckého tréninku. V suché přípravě se objevují základy dalších sportů – gymnastiky, baletu, atletiky. Část suché přípravy může také obsahovat posilování, hodiny v posilovně, které jsou ale do tréninku zařazovány až ve vyšším věku děvčat, nebo může sloužit k regeneraci, která se odehrává zpravidla formou jógy. Část tréninku, která se odehrává ve vodě vždy začíná rozplaváním děvčat a následně může mít tyto následující náplně: intervalový trénink, nácvik povinných figur a prvků a nácvik volných či technických sestav. Na konci tréninkové jednotky je vždy zařazeno vyplavání. Délka, uspořádání a obsah obou částí tréninkových jednotek závisí na věku děvčat a dané kategorii.

Mladší zákyňe mají celkem 5 tréninkových jednotek týdně s celkovým počtem 14 hodin. Z těchto 14 tréninkových hodin jsou 4 hodiny věnovány suché přípravě, zbytek tvoří plavecký trénink. Družstvo starších zákyň má 6 tréninkových jednotek týdně, z toho jeden den (sobota) je dvoufázový. Celkový počet tréninkových hodin je 17, z nichž je 5 hodin dedikováno přípravě na suchu. Tréninkové jednotky kategorie juniorek a seniorek se liší pouze jejich časovým uspořádáním. Obě tato družstva mají trénink šestkrát týdně s jedním dvoufázovým tréninkem a celkovým počtem 17,5 hodin. Z tohoto celkového počtu je 5,5 hodiny realizováno na suchu.

Před samotným měřením musela všechna děvčata nebo jejich zákonný zástupce podepsat informovaný souhlas, ve kterém souhlasí se zveřejněním naměřených dat v bakalářské práci a jejich následným zpracováním pro tyto účely. Ukázka informovaného souhlasu je v příloze č. 2. Žádost o vyjádření Etické komise Univerzity Karlovy Fakulty tělesné

výchovy a sportu ke zpracování projektu této bakalářské práce, schválenou pod jednacím číslem 129/2018, je přiložena v příloze č. 1.

4.2 Organizace sběru dat

Sběr dat byl proveden pomocí přenosného spirometru Micro I. s použitím jednorázových náustků. K získání potřebných dat byl použit program „exam with predicted“ (zkouška s náležitými hodnotami) spirometru Micro I. Tento spirometr byl za účelem sběru dat pro tuto bakalářskou práci zapůjčen Fakultou tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy.

Všechna měření proběhla v rámci jednoho prodlouženého víkendu, a to v období od 20. do 22. října 2018. Kvůli časové náročnosti měření tak velkého počtu dívek a různorodých náplní tréninkových jednotek rozdílných družstev nebylo možné vymezit pouze jeden den (jednu společnou tréninkovou jednotku) na sběr dat, tzn. že se neliší pouze den měření, ale také čas jeho začátku. Dále nebylo možné pouze pomocí jednoho přenosného spirometru zajistit stejný okamžik začátku měření všech dívek daného družstva. Odchylka mezi měřeními jednotlivých děvčat jednoho družstva činila maximálně 1 minutu.

Měření přenosným spirometrem Micro I. probíhalo na plaveckém bazénu Hloubětín, vždy před a po tréninku dané skupiny dívek v prostorách oddělených od vlastních bazénů, tak aby nedocházelo k porušení soukromí, hygienických a bezpečnostních podmínek. U všech měření byl přítomen jeden zapisovatel, který naměřené hodnoty zanášel do předpřipravených tabulek, které byly vytvořeny pomocí programu Microsoft Excel tak, aby byla zajištěna možnost s nimi nadále pracovat. Dále byly všechny účastnice výzkumu před každým měřením ústně seznámeny s typem spirometru, způsobem měření a poučeny o dodržování nezbytných hygienických pravidel při jeho použití.

Děvčata v kategorii mladší žákyně byla měřena v pondělí 22. října 2018. První měření bylo provedeno v 16:00 hodin a trvalo přibližně 15 minut. Poté měla děvčata dvouhodinový trénink na suchu a dvouhodinový trénink ve vodě. Část suché přípravy obsahovala asi patnáctiminutové rozběhání, dále atletickou abecedu, sprinterské rovinky a posilování především svalů břišních, zádových a svalů dolních končetin. Následovalo statické protažení celého těla. Po protažení se děvčata věnovala základům gymnastiky, zdokonalení různých druhů kotoulů vpřed i vzad, hvězd a nácvičku stoje na rukou. Poté se děvčata ještě jednou protáhla, tentokrát krátce a odebrala se do šaten, aby se mohla připravit na následující plavecký trénink. Plavecký trénink začal třicetiminutovým

rozplaváním, které obsahovalo 700 metrů souvislého plavání a dalších 350 metrů s různými modifikacemi plaveckých způsobů pro účely synchronizovaného plavání, ploutvovými pohyby, plaváním pod hladinou, které slouží k rozdýchání děvčat a 50 metrů na vyplavání a protažení. Trénink pokračoval nácvikem volné týmové sestavy na hudební doprovod. Tento program trval asi 45 minut. Dalších 40 minut tréninku bylo věnováno nácviku tří povinných figur. Posledních 5 minut měla děvčata čas na vyplavání. Druhé měření proběhlo ve 20:00 hodin a jeho délka byla shodná s prvním měřením.

Družstvo starších žákyň bylo měřeno v sobotu 20. října 2018 v dopolední tréninkové jednotce. Měření proběhlo v 7:00 a trvalo také cca 15 minut. Po tomto měření následoval tříhodinový plavecký trénink. Na jeho začátku proběhlo třicetiminutové rozplavání dívek, které obsahovalo 800 metrů plavání, dále 400 metrů ve kterých byly obsaženy prvky synchronizovaného plavání a 50 metrů vyplavání a protažení. Následoval intervalový trénink, ve kterém se děvčata soustředila především na správné provedení různých poloh, které jsou důležité pro nácvik povinných figur a na zlepšení celkové kondice dívek. Intervalový trénink trval zhruba 30 minut. Poté děvčata nacvičovala tři povinné figury a každé z nich věnovala přibližně 20 minut. Dále se děvčata věnovala dvěma volným sestavám – volnému týmu a volné párové sestavě. Jelikož je týmová volná sestava náročnější na natrénování, věnovala jí také děvčata více času a to 40 minut. Volnou párovou sestavu děvčata pouze takzvaně „projela“, což znamená, že jednotlivým částem sestavy nebyla věnována taková pozornost. Toto „projetí“ slouží především k tomu, aby děvčata neztratila kontakt se sestavou. Vzhledem k tomu, že párovou sestavu trénují pouze dvě děvčata, ostatní se i nadále věnovala nácviku volné týmové sestavy. Chybějící dvě děvčata nahradily jejich náhradnice, takže týmová sestava byla stále kompletní. Posledních 5 minut plaveckého tréninku bylo věnováno vyplavání. Po plaveckém tréninku následovala hodinová suchá příprava. V 10:30 se děvčata shromáždila v tělocvičně plaveckého bazénu Hloubětín. Suchá příprava začala desetiminutovým rozběháním děvčat po obvodu tělocvičny. Následovalo důkladné protažení a poté se děvčata věnovala rozvoji flexibility. Konec suché přípravy byl věnován základům baletu. Druhé měření tedy proběhlo po tříhodinovém plaveckém tréninku a hodinové přípravě na suchu v 11:40 s délkou 15 minut poté, co se děvčata přesunula na místo, kde měření probíhalo.

Skupina juniorek byla měřena v pondělí 22. října 2018. První měření bylo provedeno v 17:00 hodin a jeho délka byla zhruba 10 minut. Po tomto měření následoval

čtyřhodinový trénink, z toho dvě v tělocvičně a dvě hodiny ve vodě. V suché přípravě se děvčata po krátkém rozběhání věnovala především zpevňovacím cvičením za pomoci různých gymnastických cvičení (například stoje na rukou či stoje na hlavě), posilováním břišních svalů a svalů dolních končetin. V posledních třiceti minutách suché přípravy nacvičovala trenérka spolu s dívkami správnou rytmizaci kombinované týmové volné sestavy. Ve vodě se děvčata krátce rozplavala, cca 500 metrů a poté se věnovala nácviku kombinované a týmové volné sestavě ve vodě. Nejprve trenérka s děvčaty projela všechny části sestav bez hudebního doprovodu a až po zvládnutí synchronizace sestav začal trénink s hudbou. Každé sestavě bylo věnováno cca 45 minut z tréninkové jednotky. Posledních 5 minut měla děvčata čas na vyplavání a protažení namáhaných svalů. Po této závěrečné části tréninku následovalo druhé měření, které proběhlo ve 21:00 hodin. Toto měření trvalo také přibližně 10 minut.

Dívky v seniorské kategorii byly měřeny v sobotu 20. října 2018. První měření této kategorie proběhlo v odpolední tréninkové jednotce v 17:30 hodin a bylo dlouhé cca 10 minut. Následoval tří a půlhodinový trénink, který zahrnoval opět přípravu na suchu i ve vodě. Suchá příprava byla dlouhá hodinu a půl a v ní se děvčata zaměřila pouze na posilování, které se zabývalo velkými i malými svalovými skupinami, konkrétně: svaly horních i dolních končetin, břišními a zádočnými svaly. Poté následovalo důkladné protažení všech namáhaných svalů. Posledních 10 minut suché přípravy bylo věnováno přesunu z tělocvičny na bazén, aby mohla být zahájena tréninková část ve vodě. Ve vodě se po krátkém rozplavání děvčata zaměřila na intervalový trénink, zdokonalení techniky a důležitých poloh v synchronizovaném plavání. Na konci měly dívky 10 minut na vyplavání a protažení namáhaných svalů. Na závěr této tréninkové jednotky proběhlo druhé měření, které se uskutečnilo ve 21:00 hodin měření bylo Druhé měření proběhlo po tří a půlhodinovém tréninku ve 21:00 hodin a jeho odhadovaná délka činila 10 minut.

4.3 Analýza dat

Získaná data ze všech měření byla zaznamenána do tabulek pomocí počítačového programu Microsoft Excel 2016. Tato data byla dále použita pro statistické porovnání. Data byla analyzována prostřednictvím základních statistických operací a specifických výpočtů pro plicní objemy.

Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Data získaná z měření byla analyzována následujícím způsobem: pro každou věkovou skupinu v rámci dané kategorie byla vypočítána průměrná hodnota FEV1, která byla následně porovnána s normální fyziologickou hodnotou. Hodnota FEV1 by se měla správně pohybovat okolo 75 % (Sobotka, 2012).

Dále byly naměřené zprůměrované hodnoty FEV1 před tréninkem porovnávány s hodnotami naměřenými po tréninku. Potréninkové hodnoty byly taktéž zprůměrované.

Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Z naměřených dat byla nejdříve vypočítána průměrná obecná hodnota FVC, pro kterou bylo potřeba určit průměrnou výšku probandek dle věku. Byla tak vytvořena obecná hodnota pro daný věk s danou výškou dle vzorce (Sobotka, 2012):

$$[(21,78 - (0,101 \times \text{věk})] \times \text{průměrná výška}$$

Hodnoty vzešlé z tohoto vzorce byly následně porovnány s průměrnými naměřenými předtréninkovými hodnotami probandek.

Další porovnání bylo provedeno mezi průměrnými předtréninkovými a potréninkovými hodnotami FVC.

Hodnoty Tiffeneaova indexu (FEV1/VC)

Hodnoty naměřené před tréninkem byly analyzovány takto: pro každou věkovou skupinu v rámci dané kategorie byla vypočítána průměrná hodnota FEV1/VC, která byla následně porovnána s normální fyziologickou hodnotou. Hodnota FEV1/VC by se měla správně pohybovat okolo 80 % (Sobotka, 2012).

Dále byly naměřené zprůměrované hodnoty FEV1/VC před tréninkem porovnávány s hodnotami naměřenými po tréninku. Potréninkové hodnoty byly taktéž zprůměrované.

Hodnoty Vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Data naměřená spirometrem byla zaznamenána v jednotkách litr za minutu (l/m). Pro další výpočet bylo třeba hodnoty převést na jednotku litr za vteřinu (l/s), kdy 1 l/m = 0,02 l/s. Dále byl pomocí následujícího vzorce vypočítán index normální hodnoty PEF (Sobotka, 2012):

$$\text{index} = \frac{PEF \times 100}{FVC}$$

Hodnoty tohoto indexu byly následně zprůměrovány v závislosti na věku a porovnány v rámci dané výkonnostní kategorie. Stejný postup byl aplikován také na potréninkové hodnoty, které byly následně porovnány s hodnotami naměřenými před tréninkem.

Všechny statistické operace a výpočty byly prováděny v počítačovém programu Microsoft Excel 2016.

5. VÝSLEDKY

Naměřená data jsou rozdělena do čtyř kategorií v závislosti na věku probandů. Tyto kategorie zároveň odpovídají kategoriím v synchronizovaném plavání. V rámci každé kategorie jsou nejdříve analyzována data nasbíraná v měření před absolvováním tréninku a následně jsou tyto údaje porovnávány s daty naměřenými po ukončení specializovaného tréninku.

Děvčata trpící astmatem jsou ve výsledkových tabulkách označena hvězdičkou.

5.1 Výsledky spirometrie kategorie mladší žákyně

V kategorii mladších zákyň jsou zařazeny dívky ve věku od 8 do 11 let. I přes nízký věk se již jedná o oficiální závodní kategorii. Pro zvládnutí technicky náročného sportu se specifickými požadavky na orientaci ve vodním prostředí, jako je synchronizovaného plavání, je nezbytné zahájit trénink již ve velmi útlém věku (zpravidla 6 let).

5.1.1 Hodnoty naměřené před začátkem tréninku

Toto měření bylo provedeno v pondělí 22. října 2018 před zahájením obvyklého odpoledního tréninku v 16:00 hodin.

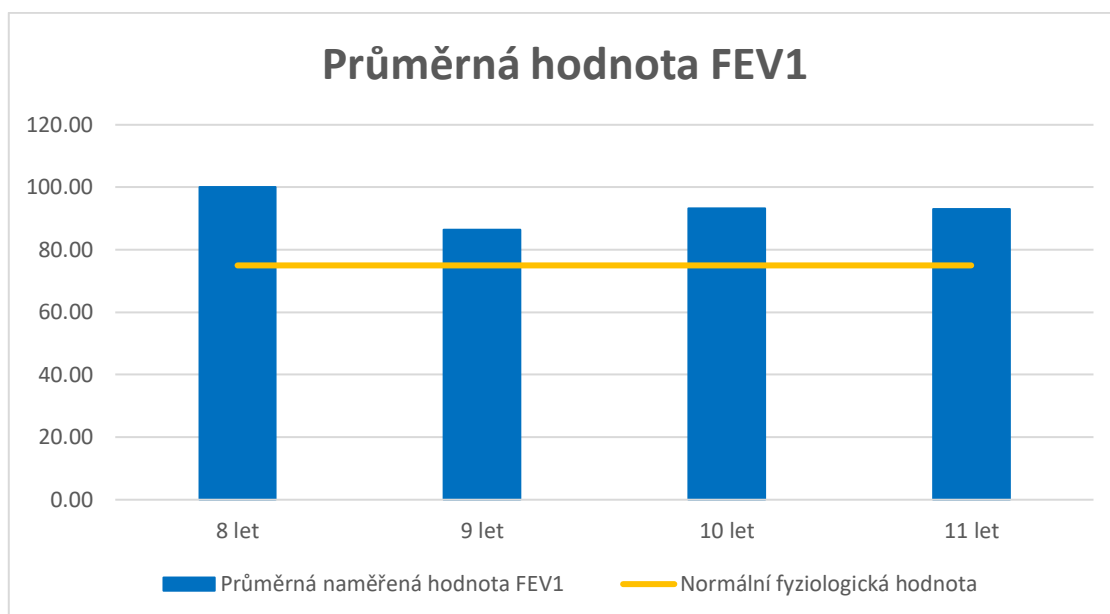
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Naměřené hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1) byly uspořádány dle věku dívek účastnících se výzkumu. V tabulce je vždy uveden věk a výška dívek, protože uvedené údaje jsou pro určení FEV1 nezbytné. Dále je zaznamenán výsledek měření jednosekundové vitální kapacity v litrech a přepočet na predikovanou hodnotu, která je vždy uváděna v procentech.

Tabulka č. 1 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii mladších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	8	138	1.82	100
2	9	142	1.75	89
3	9	147	1.81	84
4	10	136	1.51	86
5	10	141	1.55	80
6	10	147	2.04	94
7	10	147	2.08	96
8	10	150	2.53	110
9	11	148	2.44	111
10	11	150	1.84	80
11	11	151	2.02	88
12	11	152	2.28	96
13	11	152	2.25	95
14	11	153	2.13	88
15	11	172	3.14	94

Graf č. 4 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů



Z grafu č. 4 vyplývá, že již v první věkové kategorii je průměrná hodnota FEV1 oproti normální fyziologické hodnotě vyšší o cca 16 %. Fyziologická hodnota odpovídá 75 %. Vzhledem k nerovnoměrnému věkovému rozložení účastnic výzkumu se samozřejmě jedná jen o orientační údaj.

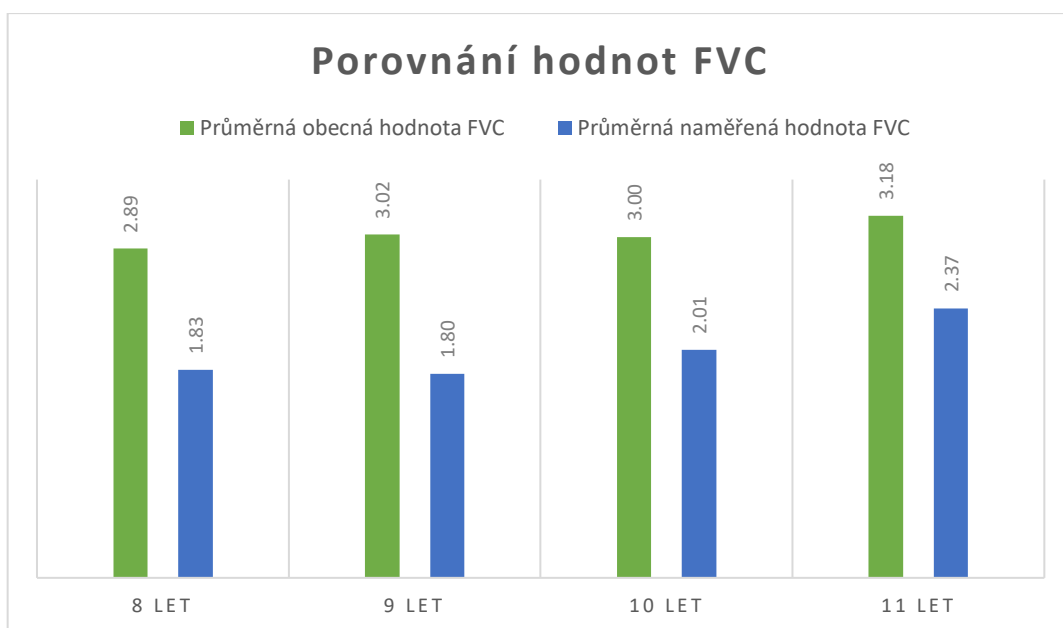
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Hodnoty usilovné vitální kapacity jsou v tabulce uspořádány pro větší přehlednost stejným způsobem jako předchozí hodnota. Pro určení predikované hodnoty je opět nezbytné znát věk a výšku dívek. Pro úplnost je uvedena nejen predikovaná hodnota v procentech, ale i hodnota FVC v litrech.

Tabulka č. 2 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii mladších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	8	138	1.83	86
2	9	142	1.76	77
3	9	147	1.83	72
4	10	136	1.58	78
5	10	141	1.56	69
6	10	147	2.06	81
7	10	147	2.11	83
8	10	150	2.72	101
9	11	148	2.46	95
10	11	150	1.85	69
11	11	151	2.03	76
12	11	152	2.29	82
13	11	152	2.31	83
14	11	153	2.15	76
15	11	172	3.50	89

Graf č. 5 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů



Dle grafu č. 5 je patrné, že průměrná naměřená hodnota FVC dívek je významně nižší než průměrná obecná hodnota FVC, která by měla být odpovídající jejich věku a výšce. Toto zjištění bylo poměrně neočekávané vzhledem k tomu, že ve všech dalších zkoumaných parametrech dosahovala děvčata vyšších nebo přinejmenším stejných výsledků jako ukazatel průměrné obecné hodnoty.

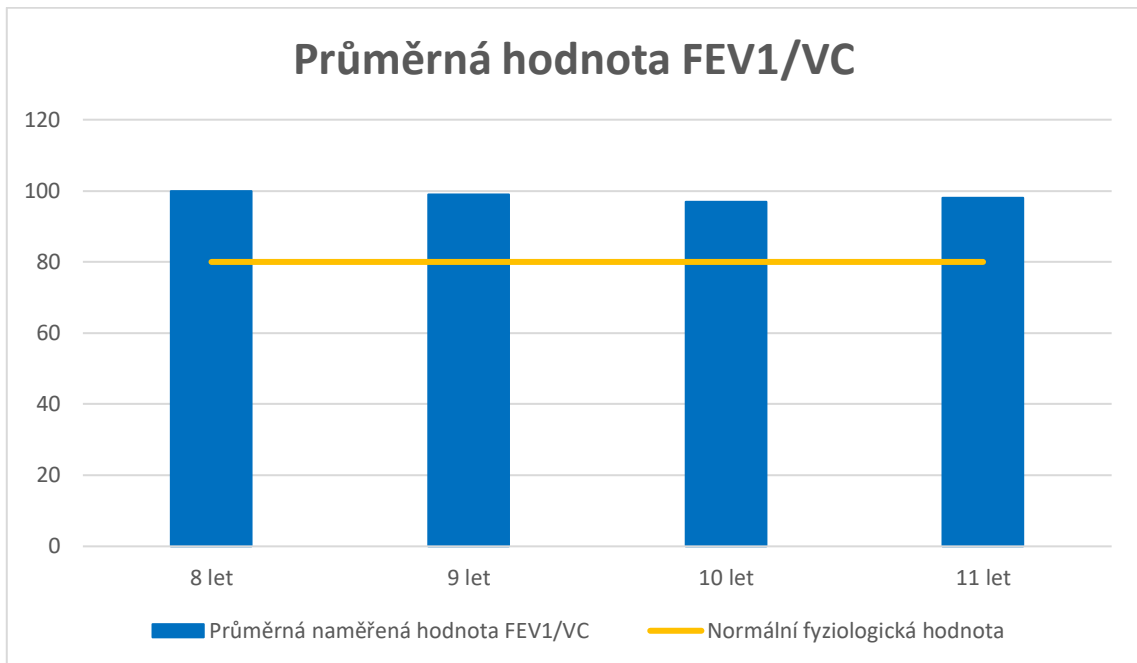
Hodnoty Tiffeneaova indexu (FEV1/VC)

Naměřené hodnoty Tiffeneaova indexu (procento vitální kapacity vydechnuté za jednu sekundu během usilovného výdechu) byly opět uspořádány do přehledné tabulky s uvedením věku a výšky dívek. Z výsledných hodnot je patrné, že FEV1/VC je u celé skupiny (bez ohledu na věk) velmi vyrovnaný, stejně jako jeho predikovaná hodnota, která vždy dosahuje více než 100 %.

Tabulka č. 3 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii mladších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	8	138	100	118
2	9	142	99	117
3	9	147	99	117
4	10	136	96	114
5	10	141	100	118
6	10	147	99	117
7	10	147	99	117
8	10	150	93	110
9	11	148	99	117
10	11	150	99	117
11	11	151	99	117
12	11	152	100	118
13	11	152	97	115
14	11	153	99	117
15	11	172	90	107

Graf č. 6 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů



Z grafu č. 6 je vidno, že hodnoty Tiffeneova indexu jsou výrazně (cca o 19 %) vyšší oproti normální fyziologické hodnotě, která odpovídá 80 %.

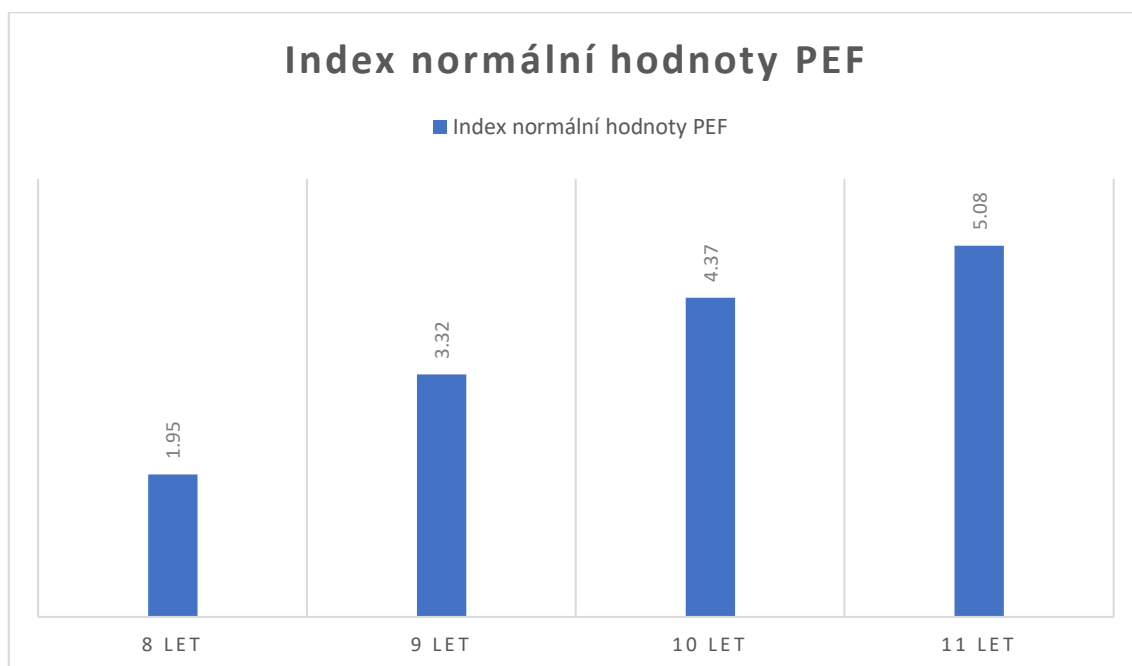
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Naměřené hodnoty vrcholového výdechového průtoku byly opět zaznamenány v tabulce. Hodnota PEF měřená v litrech za minutu byla přepočtena na litry za sekundu a použita pro výpočet indexu normální hodnoty PEF, který je zaznamenán v níže uvedeném grafu č. 7.

Tabulka č. 4 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii mladších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	8	138	117	61
2	9	142	175	57
3	9	147	223	67
4	10	136	181	65
5	10	141	292	97
6	10	147	282	85
7	10	147	235	71
8	10	150	321	92
9	11	148	344	102
10	11	150	216	62
11	11	151	247	71
12	11	152	371	103
13	11	152	284	79
14	11	153	328	90
15	11	172	345	73

Graf č. 7 – index normální hodnoty PEF pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů



Z grafu č. 7 lze vyčíst zvyšující se index normální hodnoty PEF v závislosti na zvyšujícím se věku dívek spadajících do této kategorie.

5.1.2 Hodnoty naměřené po ukončení tréninku

Měření proběhlo po ukončení čtyřhodinového tréninku ve 20:00 hodin.

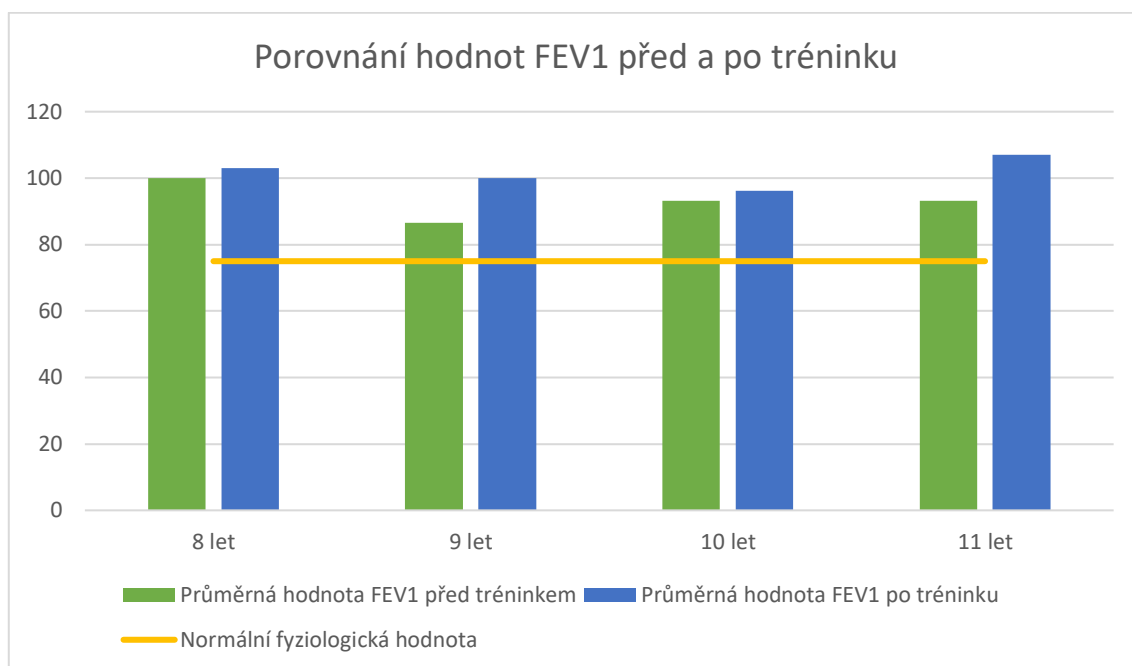
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Hodnoty jednosekundové vitální kapacity v následující tabulce jsou měřeny po absolvování běžné tréninkové jednotky.

Tabulka č. 5 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii mladších zákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	8	138	1.88	103
2	9	142	2.05	104
3	9	147	2.09	96
4	10	136	1.63	93
5	10	141	1.59	82
6	10	147	2.07	96
7	10	147	2.16	100
8	10	150	2.53	110
9	11	148	2.60	118
10	11	150	2.38	104
11	11	151	2.16	93
12	11	152	2.41	101
13	11	152	3.04	128
14	11	153	2.29	95
15	11	172	3.68	110

Graf č. 8 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Graf č. 8 dokumentuje a porovnává hodnoty FEV1 naměřené před a po tréninkové zátěži a současně znovu označuje výši průměrné fyziologické hodnoty. Ve všech věkových skupinách došlo v důsledku absolvovaného tréninku ke zvýšení měřených hodnot. V některých věkových kategoriích bylo zvýšení výraznější (kategorie 9 a 11 let), naopak u kategorie 8 a 10 let bylo navýšení naměřených hodnot minimální.

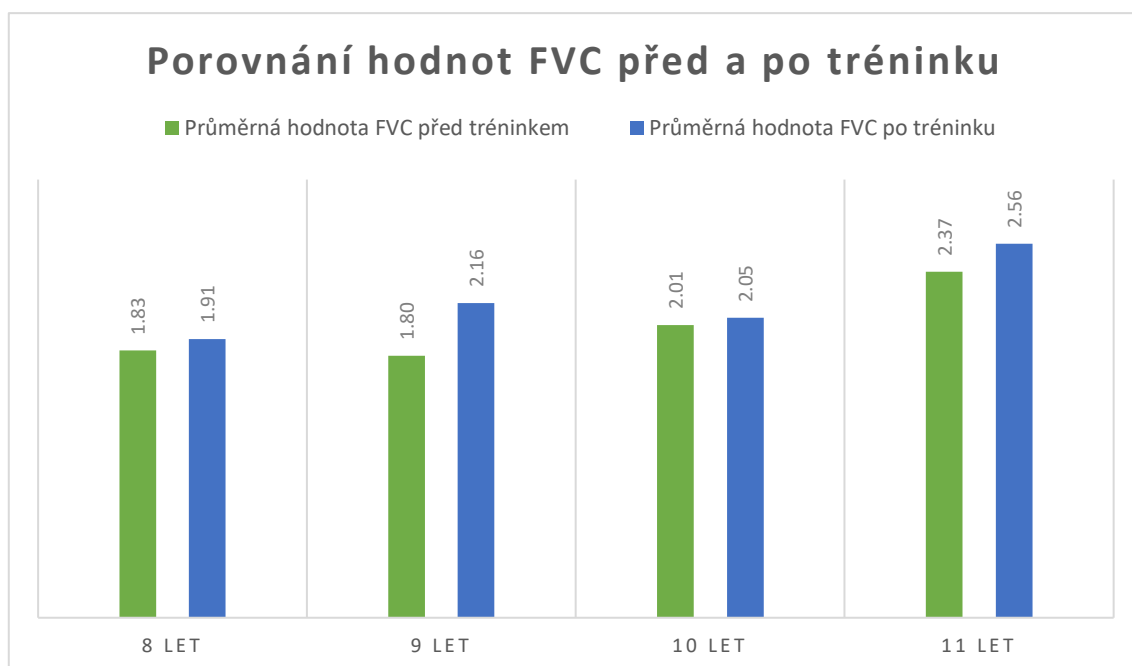
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Hodnoty usilovné vitální kapacity naměřené po výkonu jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka opět obsahuje vyjádření hodnoty FVC v litrech a predikované hodnoty FVC (%). Hodnoty se oproti naměřeným hodnotám před výkonem mírně zvýšily.

Tabulka č. 6 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii mladších zákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	8	138	1.91	90
2	9	142	2.16	94
3	9	147	2.15	85
4	10	136	1.73	85
5	10	141	1.59	71
6	10	147	2.07	82
7	10	147	2.21	87
8	10	150	2.66	99
9	11	148	2.62	101
10	11	150	2.42	90
11	11	151	2.22	81
12	11	152	2.44	88
13	11	152	2.14	113
14	11	153	2.41	85
15	11	172	3.68	93

Graf č. 9 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 9 je patrné, že došlo k mírnému navýšení hodnot FVC po absolvování tréninkové jednotky, ale ani v důsledku specifického zatížení nedošlo k navýšení hodnot FVC na úroveň průměrné obecné hodnoty, která je znázorněna v grafu č. 5.

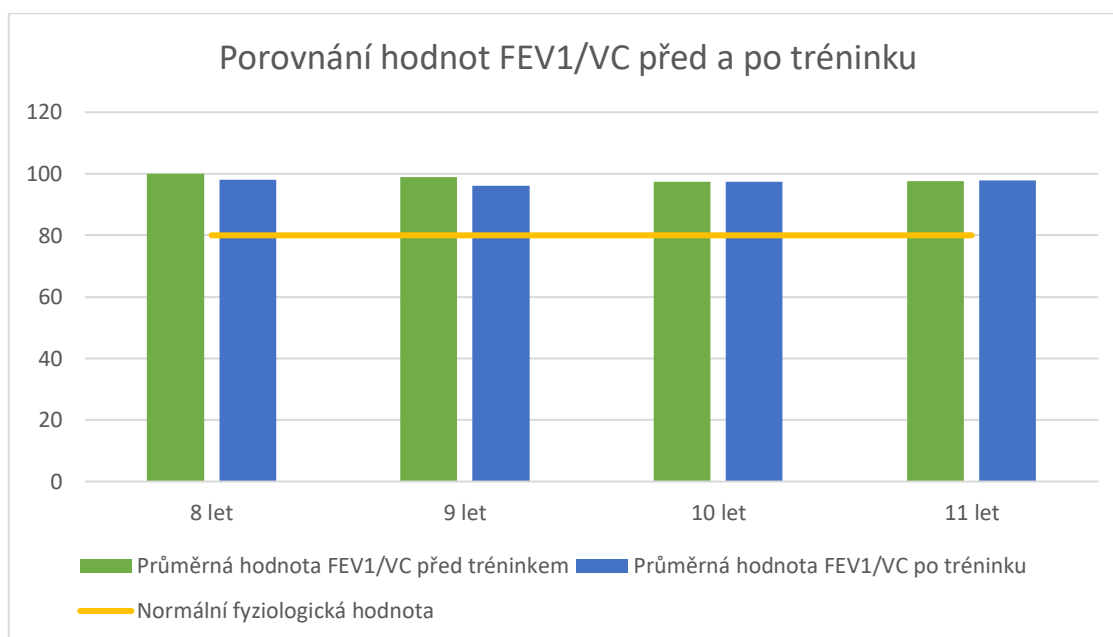
Hodnoty Tiffeneova indexu (FEV1/VC)

Hodnoty Tiffeneova indexu naměřené po tréninku jsou uspořádány v následující tabulce. Naměřené hodnoty nevykazují zásadní rozdíl mezi údaji před a po zatížení.

Tabulka č. 7 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii mladších zákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	8	138	98	116
2	9	142	95	112
3	9	147	97	115
4	10	136	94	111
5	10	141	100	118
6	10	147	100	118
7	10	147	98	116
8	10	150	95	112
9	11	148	99	117
10	11	150	98	116
11	11	151	97	115
12	11	152	99	117
13	11	152	97	115
14	11	153	95	112
15	11	172	100	118

Graf č. 10 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Z údajů znázorněných v grafu č. 10 vyplývá, že průměrná naměřená hodnota FEV1/VC i po absolvovaném zatížení zůstává na stejné nebo nižší úrovni naměřené před tréninkovou jednotkou.

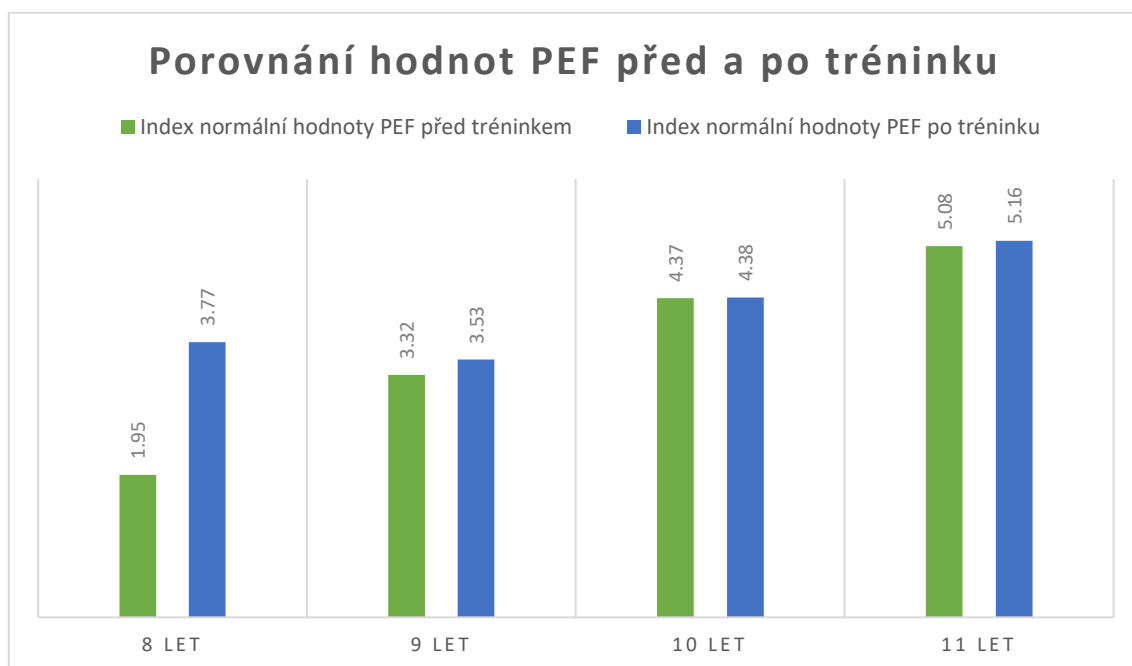
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Hodnoty vrcholového výdechového průtoku po absolvování tréninkové jednotky byly po přepočtu na litry za sekundu opět použity pro určení indexu normální hodnoty PEF a pro porovnání znázorněny v grafu č. 11.

Tabulka č. 8 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii mladších žáků po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	8	138	226	79
2	9	142	173	56
3	9	147	250	75
4	10	136	170	61
5	10	141	265	88
6	10	147	302	91
7	10	147	263	79
8	10	150	313	90
9	11	148	323	96
10	11	150	248	71
11	11	151	251	71
12	11	152	328	91
13	11	152	303	84
14	11	153	328	90
15	11	172	388	82

Graf č. 11 – index normální hodnoty PEF pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Dle grafu č. 11 byla hodnota PEF po tréninkovém zatížení jen nepatrně zvýšena s výjimkou nejmladší kategorie, kde došlo k výraznému navýšení. Tato anomálie v měření mohla být způsobena malým nebo spíše nedostatečným zastoupením dívek v kategorii 8 let (pouze jedna dívka).

5.2 Výsledky spirometrie kategorie starší zákyň

Do kategorie mladších zákyň jsou zařazeny dívky ve věku od 11 do 13 let. Tato kategorie je pro děvčata velmi náročná. Jsou na ně kladeny velmi vysoké požadavky jak z hlediska obtížnosti povinných figur, tak i sestav, které jsou dle daných pravidel o půl minuty delší než v kategorii předchozí.

5.2.1 Hodnoty naměřené před začátkem tréninku

Družstvo starších zákyň bylo měřeno v sobotu 20. října 2018 před ranní tréninkovou jednotkou začínající v 7:00 hodin.

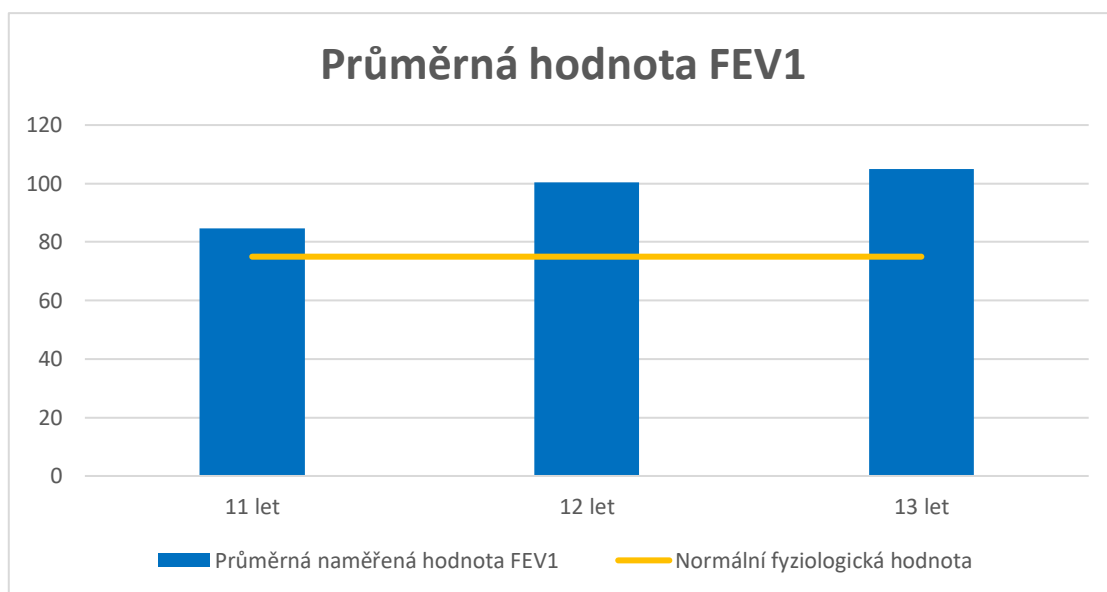
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Hodnoty jednosekundové vitální kapacity kategorie starších zákyň jsou zaznamenány v následující tabulce. Velký počet závodnic je ve věku 12 let, naopak ve věkové skupině 13 let je pouze jedna dívka. Z tabulky můžeme vyčíst, že měřená hodnota FEV1 se u závodnic pohybuje v průměru 2,40 litru a je tedy vyšší než u předchozí kategorie v průměru o 0,32 litru.

Tabulka č. 9 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii starších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	11	148	2.03	92
2	11	160	2.13	78
3	11	165	2.49	84
4	12	142	2.02	103
5	12	143	2.05	102
6	12	155	2.83	113
7	12	156	2.35	92
8	12	156	2.71	106
9	12	162	2.92	103
10	12	163	2.93	102
11	12	163	2.92	102
12	12	165	3.12	105
13	12	165	2.57	86
14	12	172	3.00	90
15	13	160	2.88	105

Graf č. 12 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii starších zákyň dle věku probandů



Z grafu č. 12 vyplývá, že průměrné hodnoty FEV1 u všech věkových kategorií převyšují normální fyziologickou hodnotu, která je rovna 75 %. Naměřené hodnoty jsou vyšší v průměru o cca 22 %. Nejvyšší nárůst je možno pozorovat ve skupině 13 let, ale jedná se o údaj pouze jedné závodnice, nejde tedy o průměrnou hodnotu.

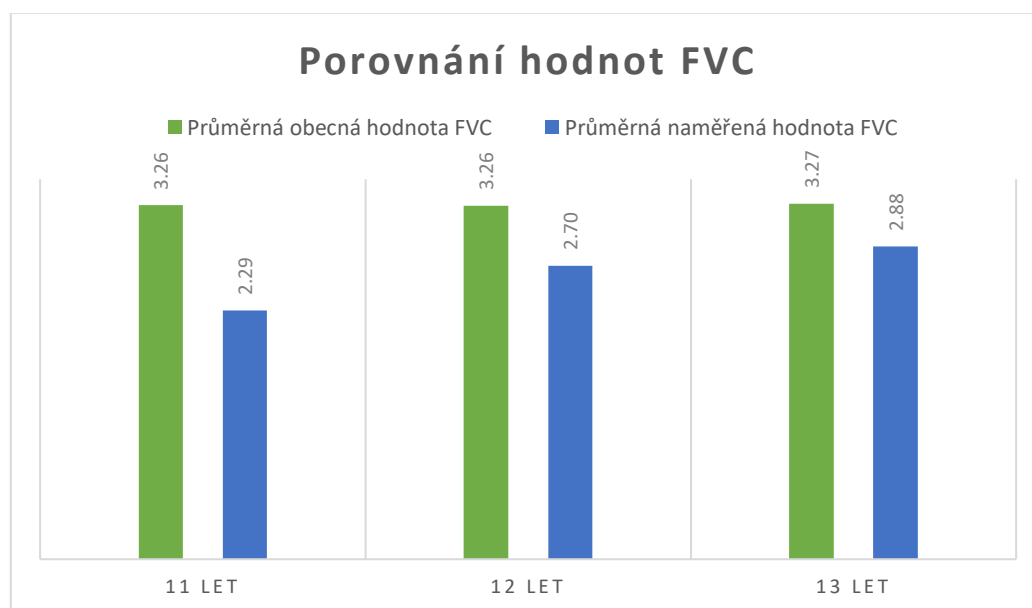
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Naměřené hodnoty usilovné vitální kapacity kategorie starších zákyň jsou zaznamenány v tabulce č. 10. Tento ukazatel se u děvčat pohybuje v průměrné výši 2,63 litru.

Tabulka č. 10 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii starších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	11	148	2.05	79
2	11	160	2.28	71
3	11	165	2.55	73
4	12	142	2.04	89
5	12	143	2.08	89
6	12	155	2.84	97
7	12	156	2.38	79
8	12	156	2.87	96
9	12	162	2.94	88
10	12	163	2.93	86
11	12	163	2.93	86
12	12	165	3.13	89
13	12	165	2.6	74
14	12	172	3.01	76
15	13	160	2.88	90

Graf č. 13 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů



Z grafu č. 13 lze vyčíst, že ani u této kategorie průměrné naměřené hodnoty FVC nedosahují průměrných obecných hodnot, ale rozdíl mezi těmito hodnotami je menší než u předchozí kategorie.

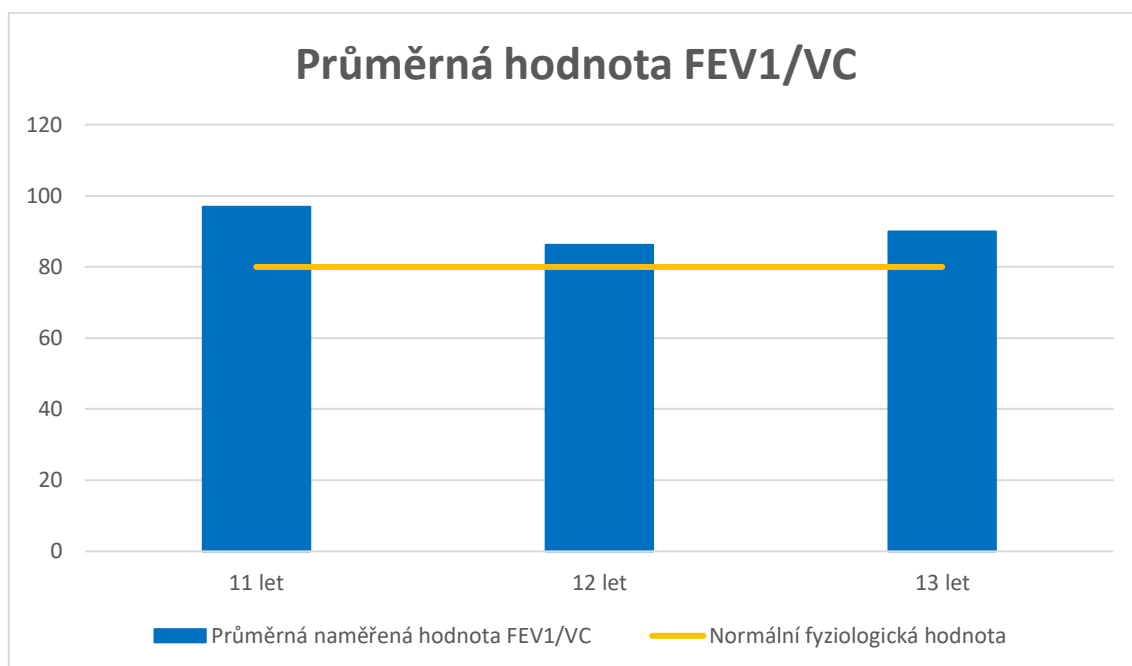
Hodnoty Tiffeneaova indexu (FEV1/VC)

Hodnoty Tiffeneaova indexu zaznamenané v tabulce č. 11 jsou velmi vyrovnané, stejně jako tomu bylo u kategorie mladších zákyň. Predikované hodnoty jsou rovněž vyvážené a u všech probandek přesahují 100 %.

Tabulka č. 11 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii starších zákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	11	148	99	117
2	11	160	94	111
3	11	165	98	116
4	12	142	99	117
5	12	143	99	117
6	12	155	100	118
7	12	156	99	117
8	12	156	94	111
9	12	162	99	117
10	12	163	100	118
11	12	163	100	118
12	12	165	100	118
13	12	165	99	117
14	12	172	100	118
15	13	160	100	118

Graf č. 14 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů



Na grafu č. 14 je možné pozorovat, že průměrné naměřené hodnoty FEV1/VC jsou u všech věkových kategorií vyšší (nejvýrazněji v nejmladší věkové kategorii) v průměru cca o 10 %, než normální fyziologická hodnota.

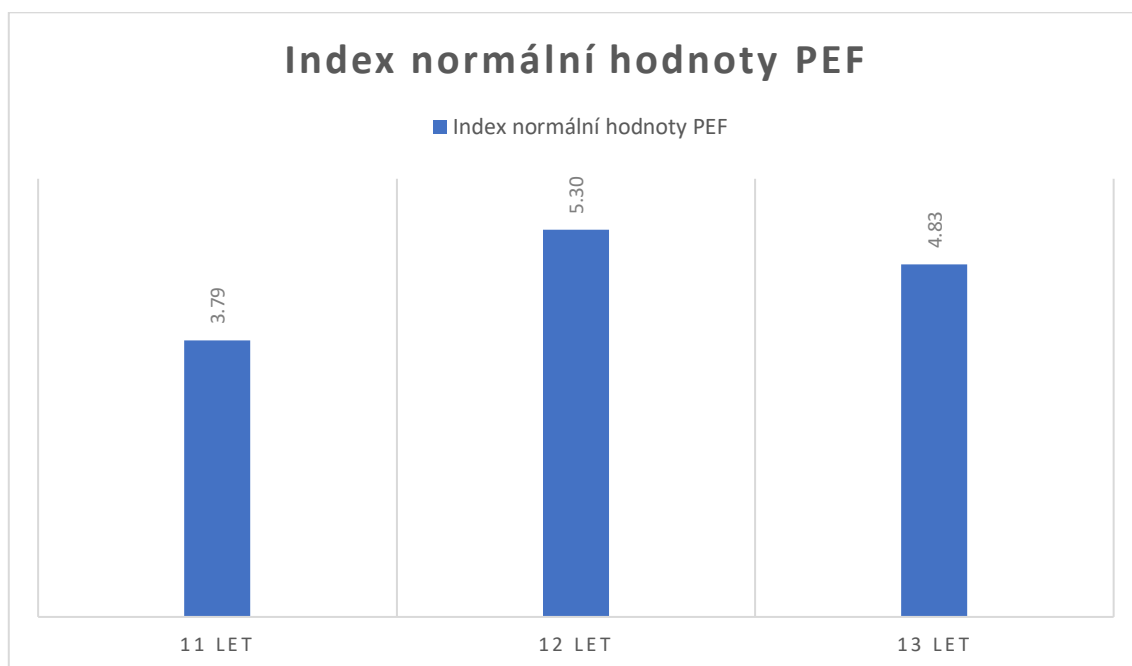
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Hodnoty vrcholového výdechového průtoku zanesené do tabulky č. 12 jsou v kategorii starších zákyň velmi rozdílné. Tyto hodnoty byly dále přepočteny na litry za sekundu a opět použity pro určení indexu normální hodnoty PEF, jehož průměrné hodnoty jsou zaznamenány v grafu č. 15.

Tabulka č. 12 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii starších žákyň před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	11	148	280	83
2	11	160	188	47
3	11	165	215	50
4	12	142	197	64
5	12	143	287	92
6	12	155	370	99
7	12	156	247	65
8	12	156	332	87
9	12	162	364	88
10	12	163	359	85
11	12	163	310	74
12	12	165	390	90
13	12	165	330	76
14	12	172	309	65
15	13	160	290	72

Graf č. 15 – index normální hodnoty PEF pro kategorii starších žákyň dle věku probandů



Z grafu č. 15 je možné vyčíst průměrnou hodnotu indexu normální hodnoty PEF. Jedná se pouze o orientační zobrazení vzhledem k nerovnoměrnému rozložení probandek v jednotlivých věkových kategoriích.

5.2.2 Hodnoty naměřené po ukončení tréninku

Druhé měření kategorie starších zákyň proběhlo po tříhodinovém plaveckém tréninku a hodinové přípravě na suchu v 11:40 hodin.

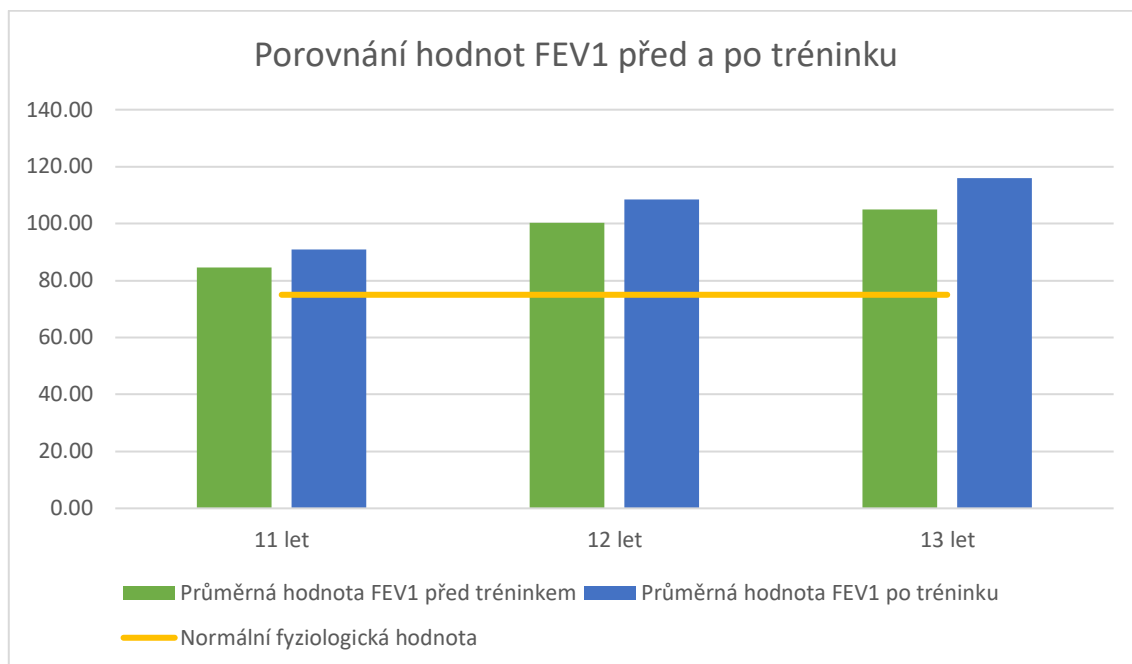
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Potréninkové hodnoty jednosekundové vitální kapacity kategorie starších zákyň jsou zaneseny do tabulky č. 13. Je patrné zlepšení oproti hodnotám naměřených před tréninkem v průměru o 0,42 litru.

Tabulka č. 13 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii starších zákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	11	148	2.06	93
2	11	160	2.37	87
3	11	165	2.77	93
4	12	142	2.08	106
5	12	143	2.29	114
6	12	155	2.85	114
7	12	156	2.69	105
8	12	156	2.85	112
9	12	162	2.98	105
10	12	163	3.46	120
11	12	163	3.08	107
12	12	165	3.45	116
13	12	165	2.80	94
14	12	172	3.38	101
15	13	160	3.17	116

Graf č. 16 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 16 je možné vyčíst zlepšení oproti hodnotám naměřených před tréninkem i oproti normální fyziologické hodnotě. K největšímu zlepšení došlo ve věkové kategorii 13 let, ale i zde to může být dáno tím, že se nejedná o průměrnou hodnotu, protože v této kategorii byla zastoupena pouze jedna dívka.

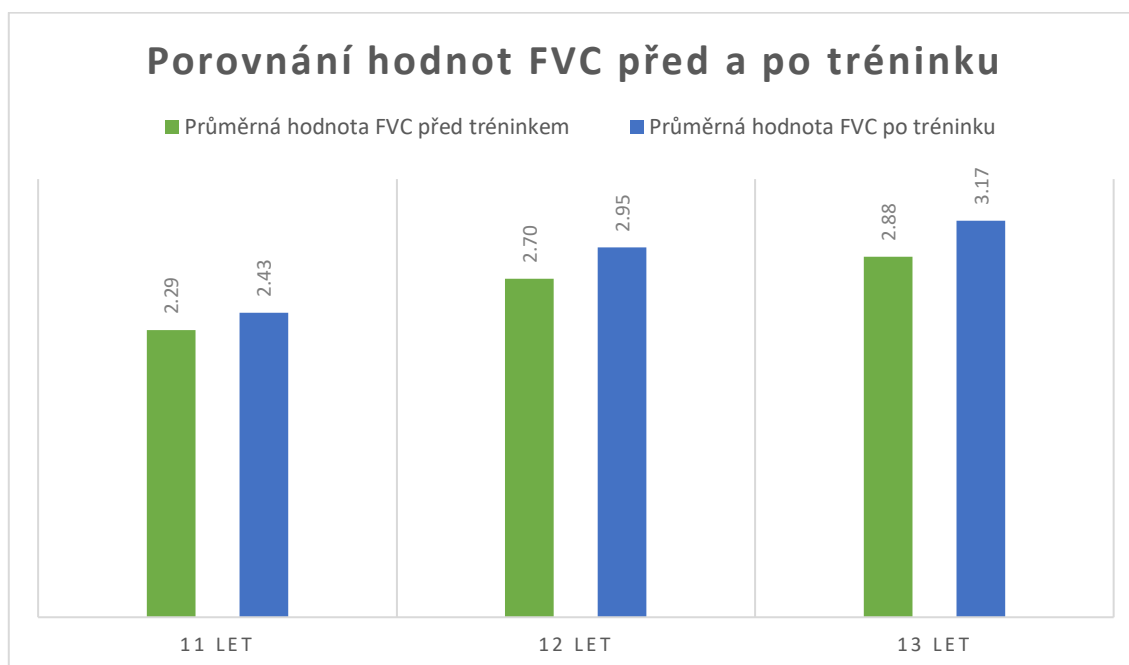
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Potréninkové hodnoty usilovné vitální kapacity jsou zaneseny do tabulky č. 14. U většiny probandek došlo k mírnému zvýšení naměřené hodnoty FVC.

Tabulka č. 14 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii starších zákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	11	148	2.09	81
2	11	160	2.43	76
3	11	165	2.78	79
4	12	142	2.10	91
5	12	143	2.30	98
6	12	155	2.85	97
7	12	156	2.77	92
8	12	156	2.90	97
9	12	162	3.07	92
10	12	163	3.54	104
11	12	163	3.08	91
12	12	165	3.49	99
13	12	165	2.92	83
14	12	172	3.45	87
15	13	160	3.17	99

Graf č. 17 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Na grafu č. 17 je patrné, že došlo k malému zlepšení oproti hodnotám naměřených před tréninkem. Jedná se o zlepšení v průměru o 0,22 litru.

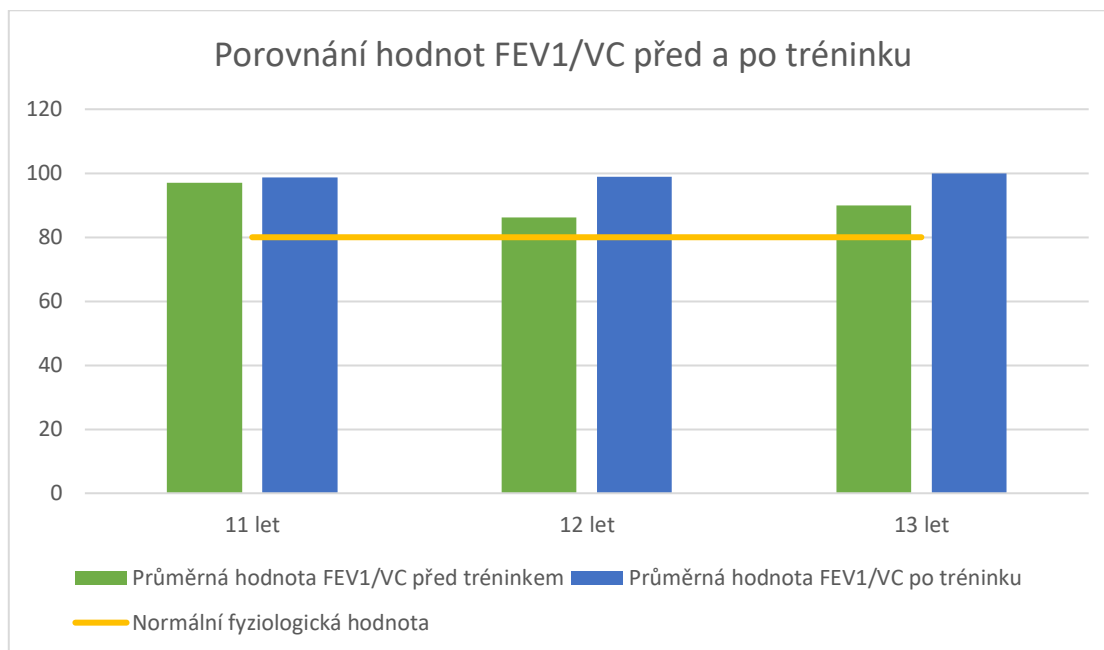
Hodnoty Tiffeneova indexu (FEV1/VC)

Hodnoty Tiffeneova indexu naměřené po tréninku se opět pohybují okolo 100 % a predikovaná hodnota tohoto parametru je také u všech probandek vyšší než 100 %.

Tabulka č. 15 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii starších zákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	11	148	99	117
2	11	160	98	116
3	11	165	99	117
4	12	142	99	117
5	12	143	100	118
6	12	155	100	118
7	12	156	97	115
8	12	156	98	116
9	12	162	97	115
10	12	163	100	118
11	12	163	100	118
12	12	165	99	117
13	12	165	99	117
14	12	172	98	116
15	13	160	100	118

Graf č. 18 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 18 vyplývá, že se hodnoty FEV1/VC po absolvovaném tréninku zvýšily. Zvýšení je nejvíce patrné u věkové kategorie 12 let, nejméně naopak u kategorie 11 let, kde potréningová hodnota zůstala skoro na stejné úrovni jako hodnota měřená před tréninkem.

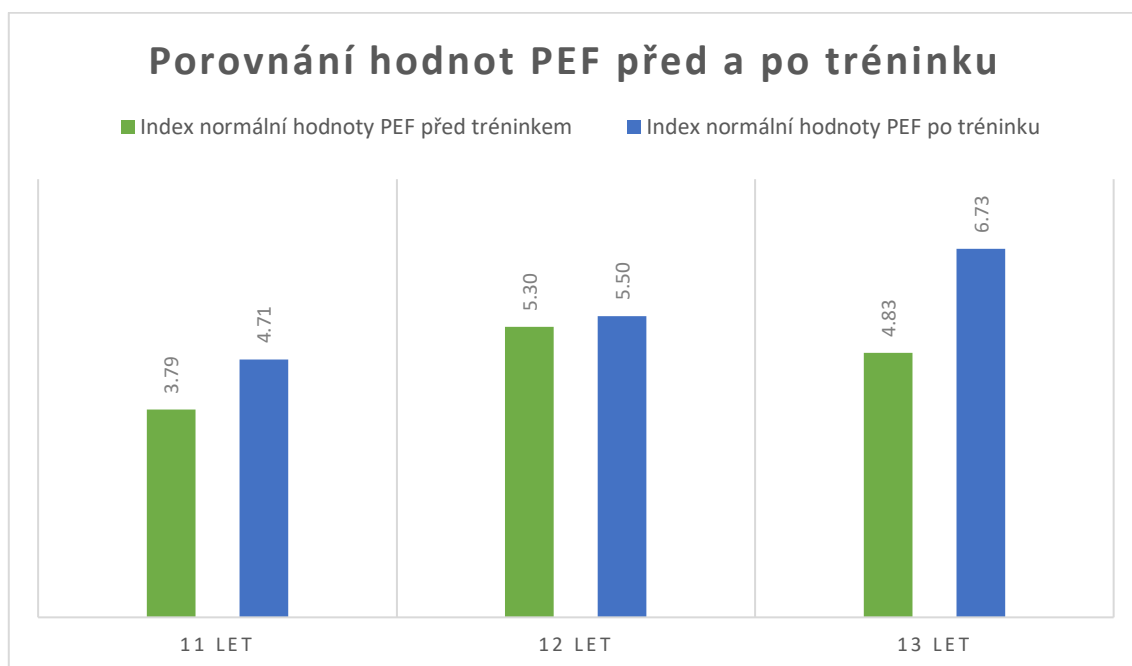
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Hodnoty vrcholového výdechového průtoku po absolvování tréninkové jednotky byly po přepočtu na litry za sekundu opět použity pro určení indexu normální hodnoty PEF pro věkovou kategorii starších žákyň.

Tabulka č. 16 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii starších žákyň po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	11	148	277	82
2	11	160	271	67
3	11	165	299	69
4	12	142	211	69
5	12	143	281	90
6	12	155	367	98
7	12	156	307	81
8	12	156	347	91
9	12	162	367	88
10	12	163	343	81
11	12	163	349	83
12	12	165	373	86
13	12	165	354	82
14	12	172	332	70
15	13	160	404	100

Graf č. 19 – index normální hodnoty PEF pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku



Na grafu č. 19 můžeme vidět porovnání indexu normální hodnoty PEF před a po tréninku. Ke zlepšení po absolvování tréninkové jednotky došlo nejvíce u věkové kategorie 13 let, avšak opět je nutno zdůraznit, že v této kategorii se nejedná o průměrné hodnoty. K nejmenšímu zlepšení došlo ve věkové kategorii 12 let, kdy rozdíl mezi hodnotami před a po tréninku činí pouze 0,2 litru za sekundu.

5.3 Výsledky spirometrie kategorie juniorky

Do kategorie juniorek jsou zařazeny dívky ve věku od 14 do 17 let. V této kategorii je zahrnuto pouze 10 probandek, a to z důvodu ukončení závodní kariéry mnoha závodnic této kategorie na konci letní sezóny 2018 (červen 2018). Kategorie juniorek je první kategorií, ve které se pořádají oficiální vrcholové soutěže jako například mistrovství Evropy či mistrovství světa, z tohoto důvodu je tréninkové zatížení juniorské kategorie během celé sezóny velmi intenzivní a více než časově náročné.

5.3.1 Hodnoty naměřené před začátkem tréninku

Skupina juniorek byla měřena v pondělí 22. října 2018 v odpolední tréninkové jednotce v 17:00 hodin.

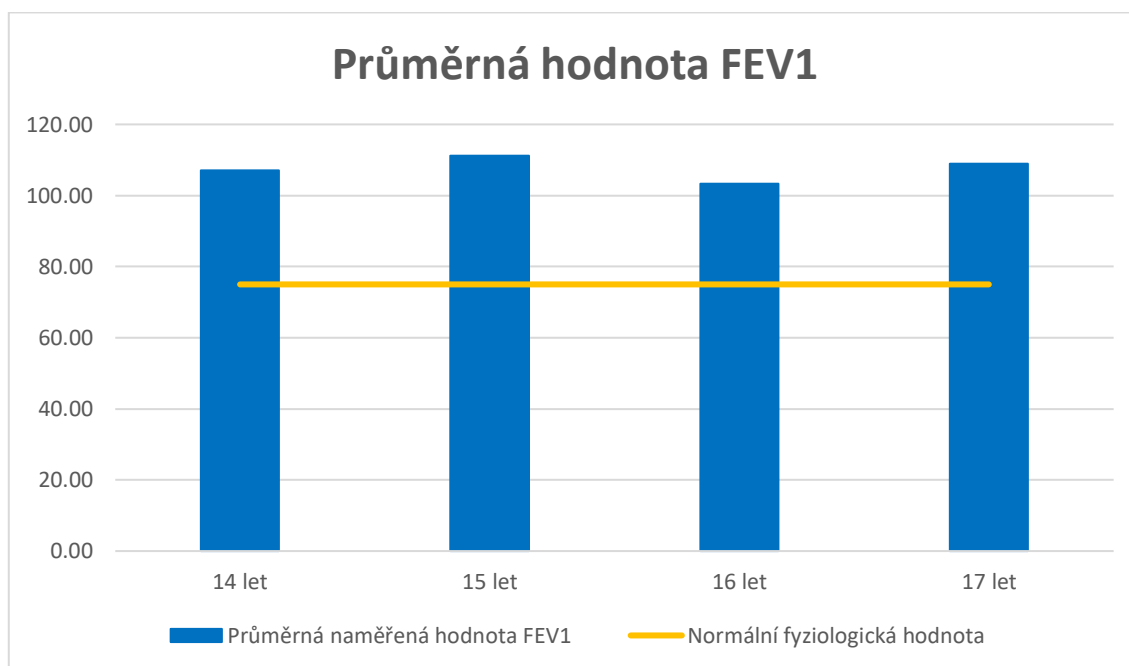
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Naměřené hodnoty jednosekundové vitální kapacity se u kategorie juniorek pohybují v průměru v 3,45 litru. Predikovaná hodnota FEV1 dívek téměř vždy dosahuje či přesahuje hodnotu 100 %. Účastníci výzkumu označené hvězdičkou bylo diagnostikováno astma.

Tabulka č. 17 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii juniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	14	164	2.99	102
2	14	168	3.50	112
3	15	157	3.41	131
4	15	161	3.16	114
5	15	172	3.37	101
6*	15	180	3.73	99
7	16	163	3.45	107
8	16	172	3.54	99
9	16	176	3.87	104
10	17	163	3.50	109

Graf č. 20 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii juniorek dle věku probandů



Na grafu č. 20 je znázorněna průměrná hodnota FEV1 a normální fyziologická hodnota. Je patrné, že výsledky dívek výrazně přesahují tuto hodnotu, přesněji ji přesahují v průměru o cca 32 %.

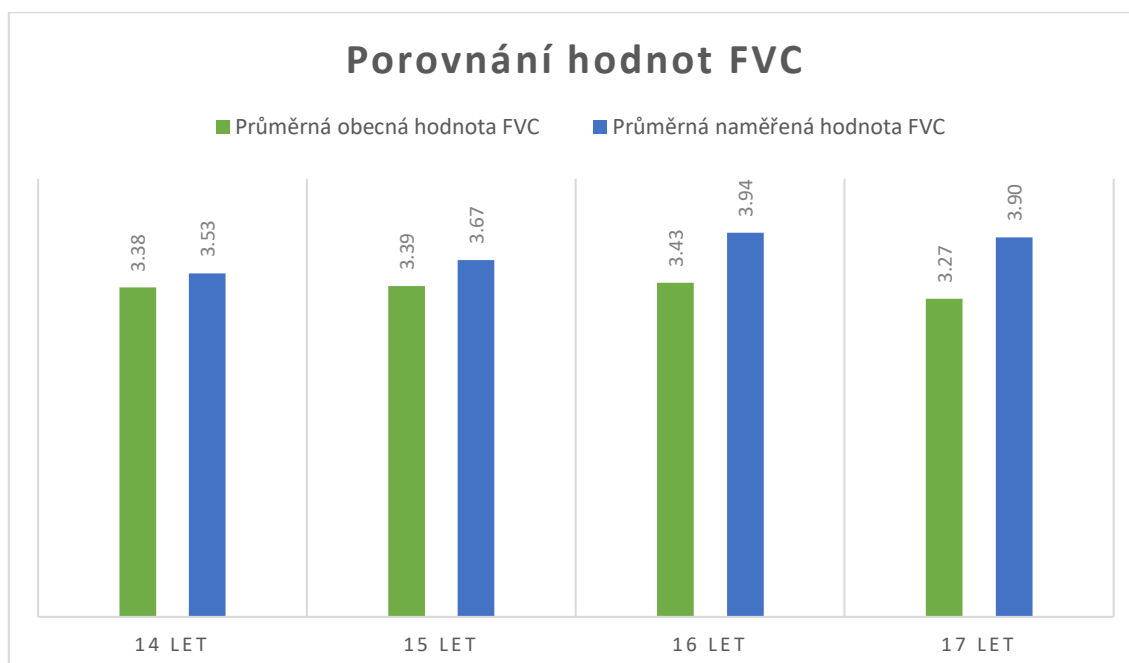
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

V tabulce č. 18 jsou zaneseny naměřené hodnoty usilovné vitální kapacity kategorie juniorek. Jedná se o velmi vyrovnané výkony, které u všech účastnic významně přesahují hodnotu tří litrů.

Tabulka č. 18 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii juniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	14	164	3.36	98
2	14	168	3.70	100
3	15	157	3.55	116
4	15	161	3.30	101
5	15	172	3.95	100
6*	15	180	3.87	86
7	16	163	3.94	107
8	16	172	3.99	98
9	16	176	3.90	92
10	17	163	3.90	106

Graf č. 21 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii juniorek dle věku probandů



Na grafu č. 21 poprvé můžeme vidět převýšení průměrných naměřených hodnot nad průměrnými obecnými hodnotami FVC. U prvních dvou věkových skupin (14 a 15 let) se jedná pouze o mírně vyšší hodnoty, ale u dívek ve věkové kategorii 16 a 17 let je převýšení již dobře patrné.

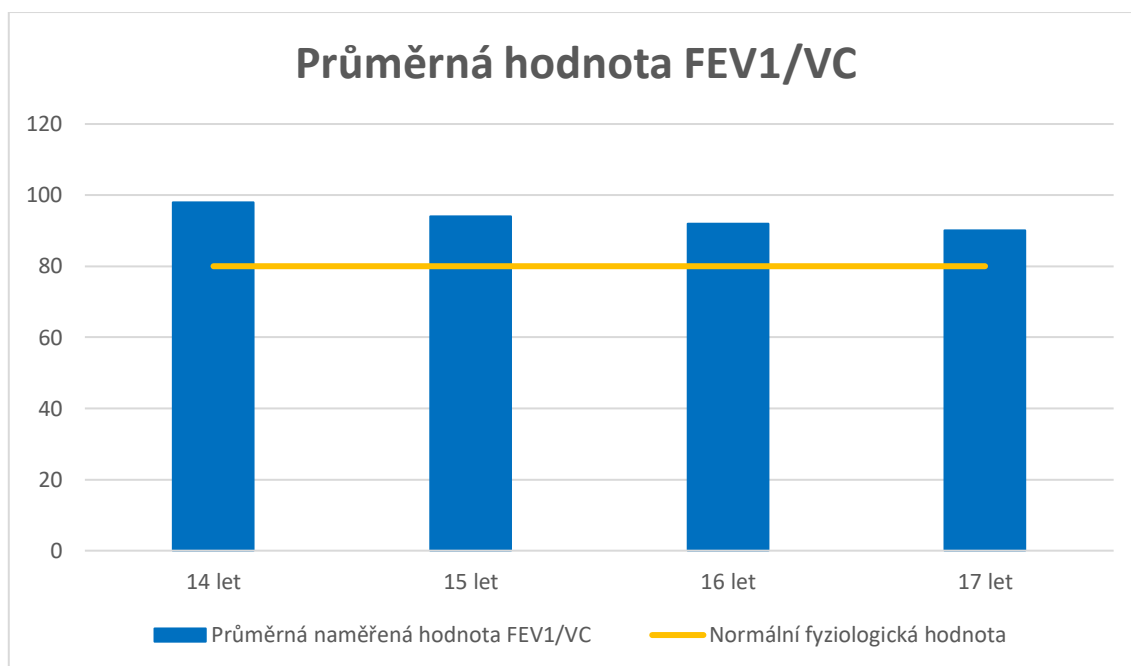
Hodnoty Tiffeneaova indexu (FEV1/VC)

Hodnoty Tiffeneaova indexu zanesené do tabulky č. 19 nejsou tentokrát příliš vyrovnané. I přesto jsou ale predikované hodnoty všech závodnic vyšší než 100 %.

Tabulka č. 19 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii juniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	14	164	100	118
2	14	168	95	112
3	15	157	96	114
4	15	161	99	117
5	15	172	85	101
6*	15	180	96	114
7	16	163	88	104
8	16	172	89	106
9	16	176	99	117
10	17	163	90	107

Graf č. 22 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii juniorek dle věku probandů



Z grafu č. 22 vyplývá, že průměrné naměřené hodnoty u všech věkových kategorií převyšují normální fyziologickou hodnotu, která odpovídá 80 %. Tato hodnota je v průměru o 15 % vyšší, i když zde vykazuje s vyšším věkem mírně klesající tendenci, ale to nelze zcela potvrdit, protože ve věku 17 let se výzkumu zúčastnila pouze jedna dívka.

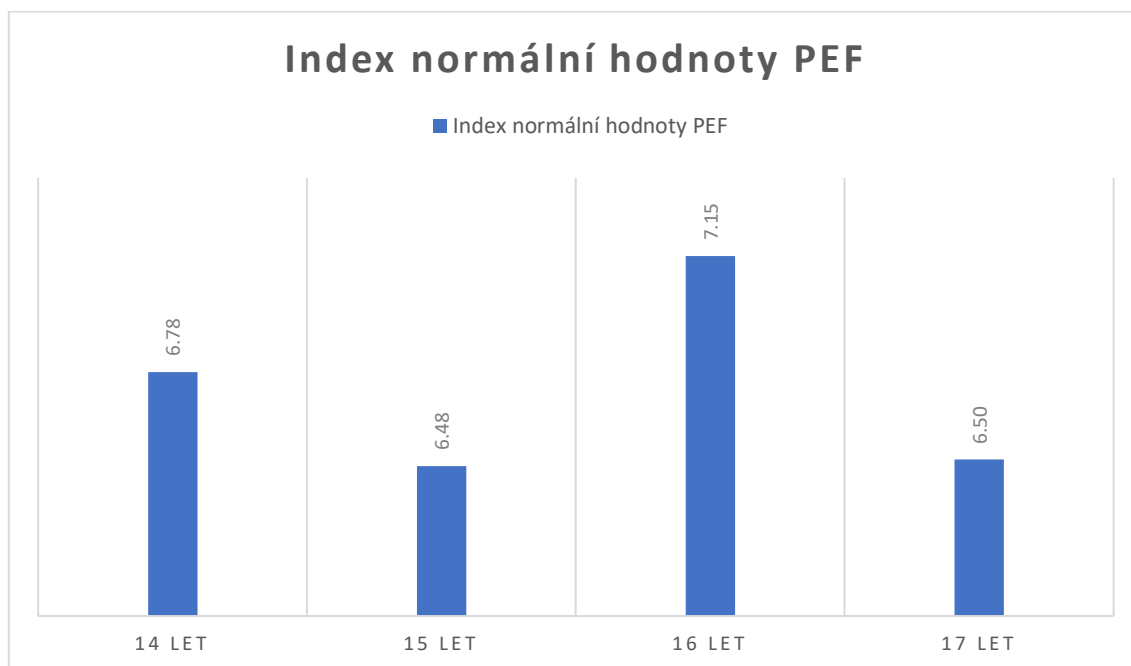
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Hodnoty vrcholového výdechového průtoku jsou uvedeny v tabulce č. 20. Pro další práci s naměřenými daty byly tyto hodnoty převedeny z litrů za minutu na litry za sekundu a dle specifického vzorce byl vypočítán index normální hodnoty PEF.

Tabulka č. 20 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii juniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	14	164	403	95
2	14	168	410	91
3	15	157	454	118
4	15	161	392	88
5	15	172	277	58
6*	15	180	432	82
7	16	163	410	96
8	16	172	422	92
9	16	176	455	97
10	17	163	390	91

Graf č. 23 – index normální hodnoty PEF pro kategorii juniorek dle věku probandů



Z grafu č. 23 je patrné, že věkové kategorie 14, 15 a 17 let dosahují přibližně stejných hodnot indexu normální hodnoty PEF. U věkové kategorie 16 let můžeme vidět výrazně vyšší hodnotu tohoto indexu.

5.3.2 Hodnoty naměřené po ukončení tréninku

Potréninkové měření kategorie juniorek proběhlo po čtyřhodinové tréninkové jednotce ve 21:00 hodin.

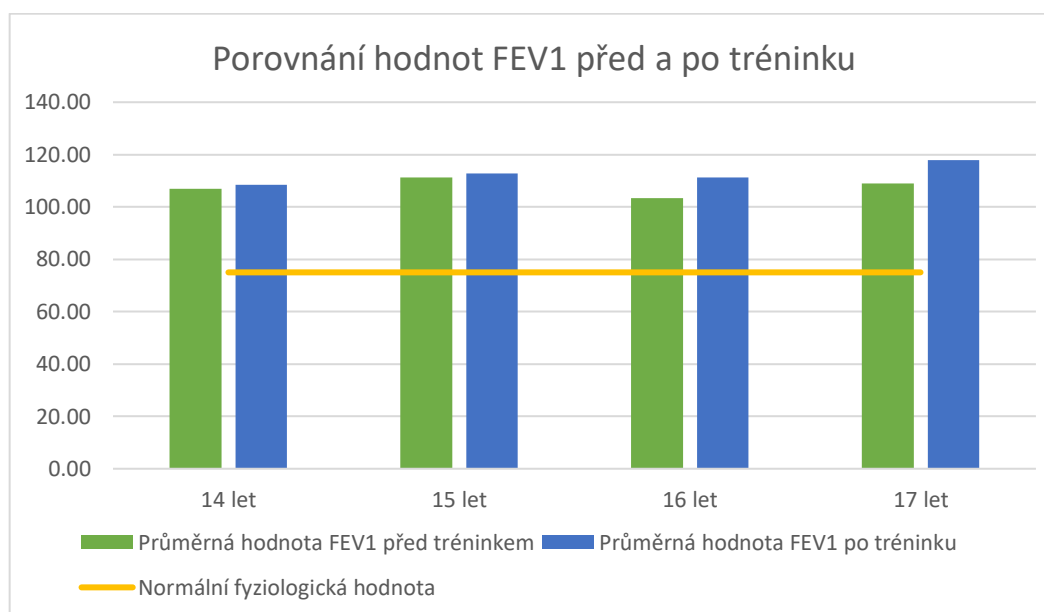
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Z hodnoty FEV1 naměřené po zátěži a zaznamenané v níže uvedené tabulce můžeme zjistit, že navýšení oproti hodnotě jednosekundové vitální kapacity měřené před výkonem je pouze 0,14 litru. Predikovaná hodnota FEV1 vyjádřená v procentech se u většiny dívek zvýšila, ale nebylo to pravidlem.

Tabulka č. 21 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii juniorek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	14	164	3.10	106
2	14	168	3.54	111
3	15	157	3.66	141
4	15	161	3.05	110
5	15	172	3.20	96
6*	15	180	3.91	104
7	16	163	3.81	119
8	16	172	3.62	101
9	16	176	4.24	114
10	17	163	3.78	118

Graf č. 24 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku



V grafu č. 24 je možné vidět porovnání hodnot FEV1 naměřených před a po tréninku. Potréninkové hodnoty se u všech věkových kategorií zvýšily, avšak u kategorie 14 a 15 let pouze minimálně. U věkových kategorií 16 a 17 let je zvýšení již rozpoznatelné.

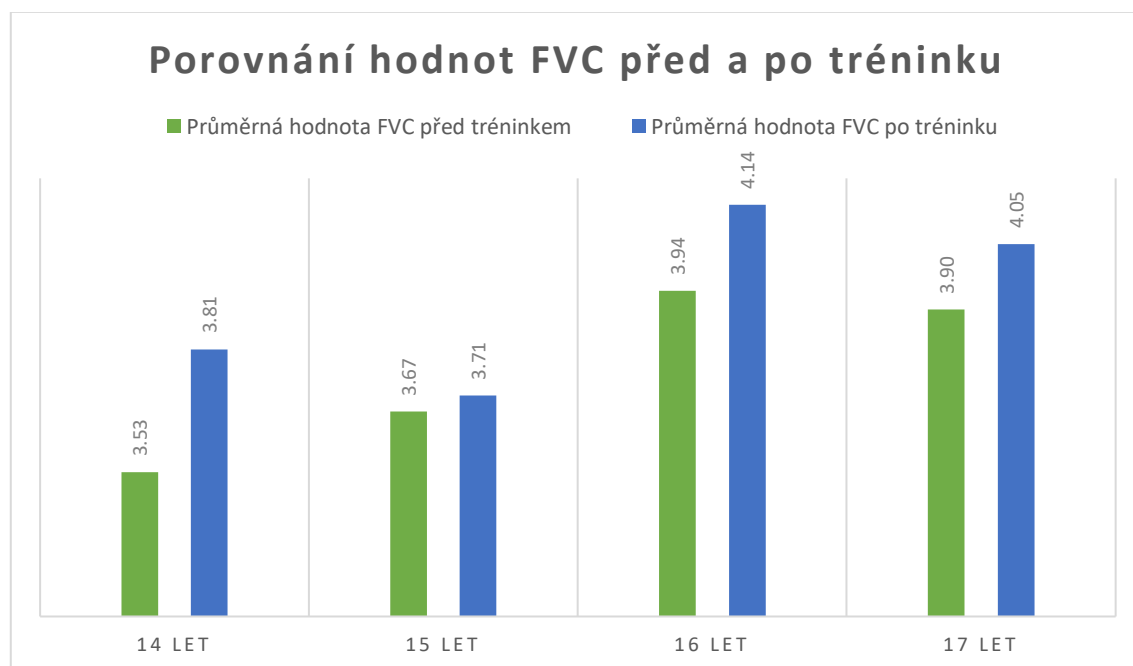
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Hodnoty usilovné vitální kapacity naměřené po absolvování tréninkové jednotky jsou zaznamenány v následující tabulce. Průměrná hodnota se v porovnání s hodnotami naměřenými před zátěží zvýšila v průměru o 0,14 litru.

Tabulka č. 22 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii juniorek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	14	164	3.61	104
2	14	168	4.01	107
3	15	157	3.78	124
4	15	161	3.43	103
5	15	172	3.44	87
6*	15	180	4.17	93
7	16	163	4.09	111
8	16	172	3.97	97
9	16	176	4.36	102
10	17	163	4.05	107

Graf č. 25 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 25 je patrné, že naměřené hodnoty FVC po tréninku jsou vyšší než hodnoty naměřené před tréninkem. Největší zlepšení je vidět u věkové kategorie 14 let, kde rozdíl činí 0,28 litru. Naopak nejmenší zlepšení nastalo u věkové kategorie 15 let, kdy se probandky v průměru zlepšily pouze o 0,04 litru.

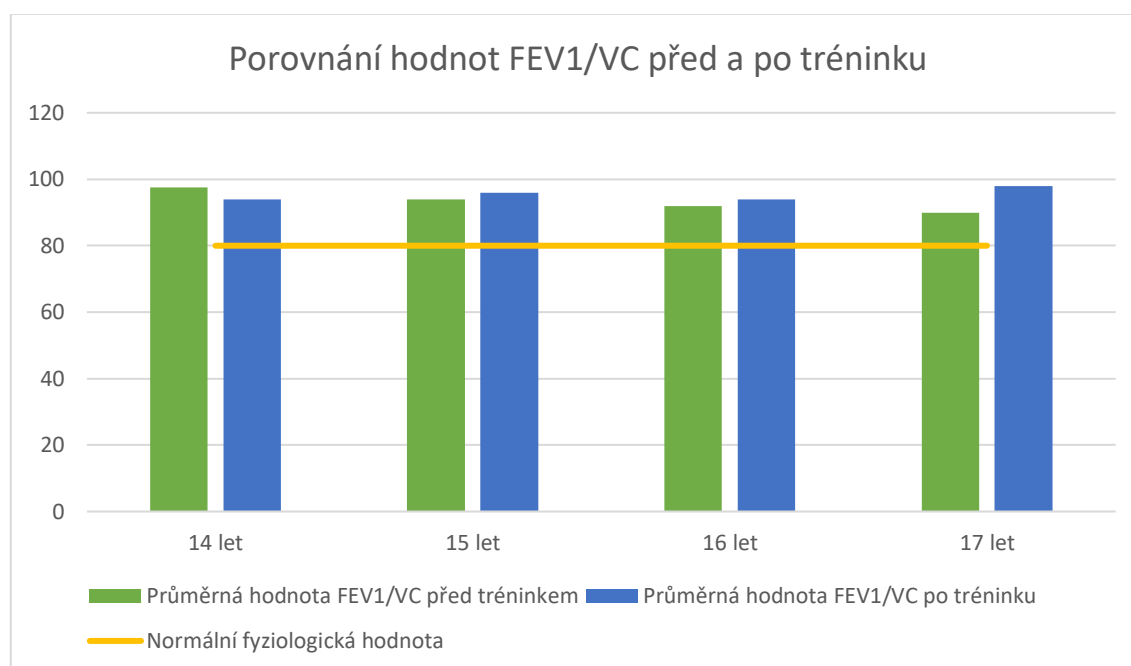
Hodnoty Tiffeneova indexu (FEV1/VC)

Hodnoty Tiffeneova indexu po zátěži jsou uvedeny v tabulce č. 23. Ve srovnání s naměřenými hodnotami před tréninkem vykazují v průměru mírné zlepšení.

Tabulka č. 23 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii juniorek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	14	164	100	118
2	14	168	88	104
3	15	157	97	115
4	15	161	100	118
5	15	172	93	110
6*	15	180	94	111
7	16	163	93	110
8	16	172	92	109
9	16	176	97	115
10	17	163	98	116

Graf č. 26 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku



Graf č. 26 znázorňuje hodnoty FEV1/VC naměřené před a po tréninku. U věkových kategorií 15 a 16 let došlo pouze k nepatrnému zlepšení tohoto parametru. U kategorie 17 let došlo již k výraznějšímu zlepšení, a to o cca 7 %. V první věkové kategorii (14 let) došlo překvapivě naopak k mírnému zhoršení.

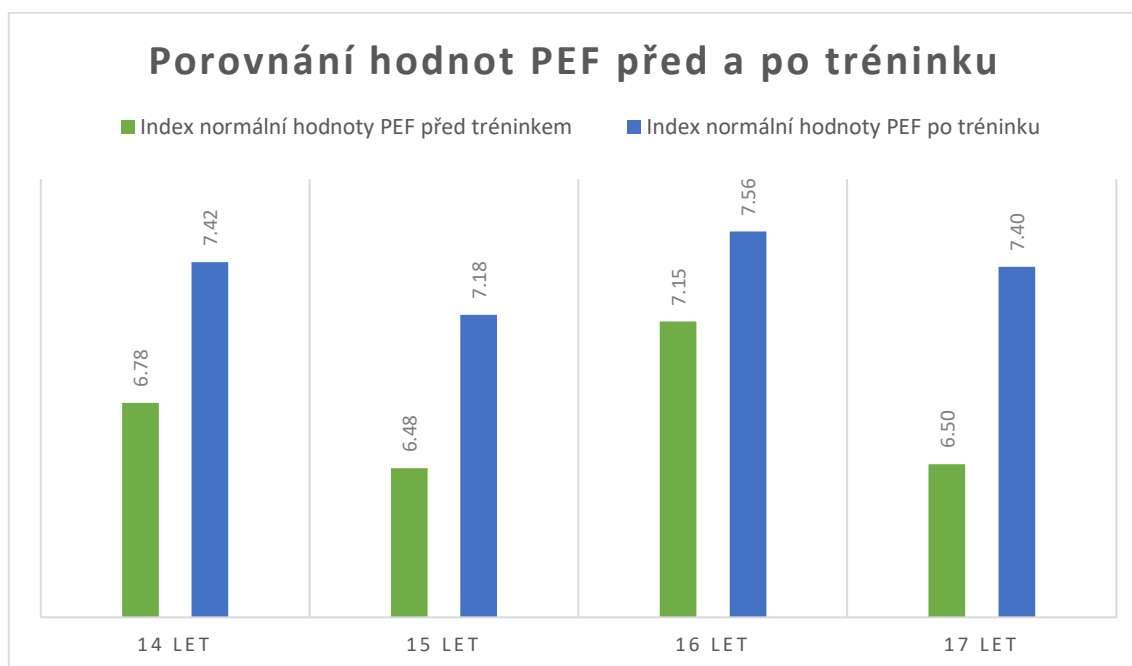
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

V tabulce č. 24 jsou uvedeny hodnoty vrcholového výdechového průtoku po absolvování tréninkové jednotky, pro další účely této práce byly výsledky PEF naměřené v litrech za minutu přepočteny na litry za sekundu a zaneseny do grafu č. 27.

Tabulka č. 24 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii juniorek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	14	164	415	97
2	14	168	475	97
3	15	157	484	125
4	15	161	365	89
5	15	172	392	92
6*	15	180	482	91
7	16	163	415	97
8	16	172	437	96
9	16	176	509	109
10	17	163	444	104

Graf č. 27 – index normální hodnoty PEF pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku



Na grafu č. 27 je vidět velký nárůst potréninkových hodnot u všech věkových kategorií. K nejvyššímu nárůstu došlo u poslední věkové kategorie (17 let), kdy rozdíl mezi hodnotami naměřenými před a po tréninku činí 0,9 litru za sekundu. Nejmenší rozdíl v těchto hodnotách, 0,41 za sekundu, je u věkové kategorie 16 let.

5.4 Výsledky spirometrie kategorie seniorky

Do kategorie seniorek jsou zařazeny dívky ve věku 18 let a starší, horní hranice této kategorie není dána. V této kategorii se účastnilo spirometrického vyšetření rovněž pouze 10 probandek, protože pražský klub synchronizovaného plavání v době provádění tohoto vyšetření nedisponoval vyšším počtem seniorských závodnic. Většina tréninků těchto děvčat je individuálních a mají různou strukturu. Děvčata věnující se tomuto sportu již jen rekreačně mají tréninky méně časté, naopak závodnice na vrcholové úrovni trénují celý týden a mnohdy i vícekrát denně.

5.4.1 Hodnoty naměřené před začátkem tréninku

Dívky v seniorské kategorii byly měřeny v sobotu 20. října 2018 v odpolední tréninkové jednotce v 17:30 hodin.

Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

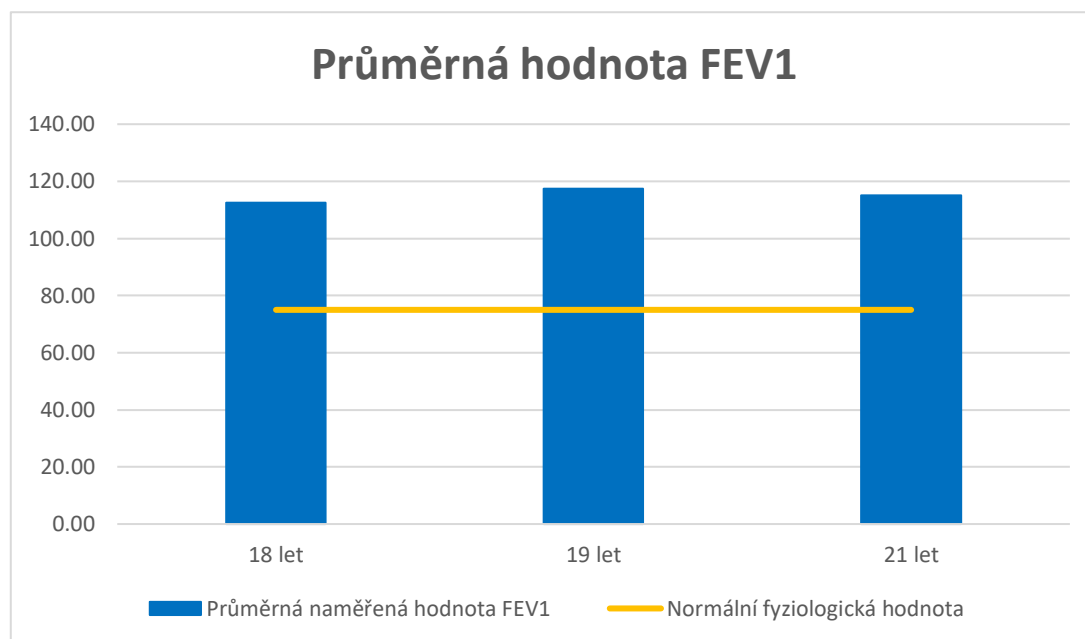
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity jsou zaznamenány v následující tabulce. Je vidět, že největší zastoupení probandek je ve věkové kategorii 18 let. Zbylé dvě věkové

kategorie se skládají vždy pouze ze dvou probandek. Hodnoty FEV1 jsou uvedeny v litrech a dále v procentech v rámci predikovaných hodnot, které se u všech dívek pohybují nad hodnotou 100 %.

Tabulka č. 25 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii seniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	18	159	3.66	127
2*	18	160	3.29	106
3	18	165	3.77	115
4	18	167	3.40	101
5	18	170	4.12	118
6	18	172	3.85	108
7	19	170	4.08	117
8	19	172	4.21	118
9	21	167	4.08	121
10*	21	172	3.89	109

Graf č. 28 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii seniorek dle věku probandů



Z grafu č. 28 je možné vyčíst, že průměrné naměřené hodnoty všech věkových kategorií jsou vyšší než normální fyziologická hodnota, která u tohoto parametru odpovídá 75 %. Normální fyziologická hodnota je u kategorie seniorek převýšena o cca 39 %.

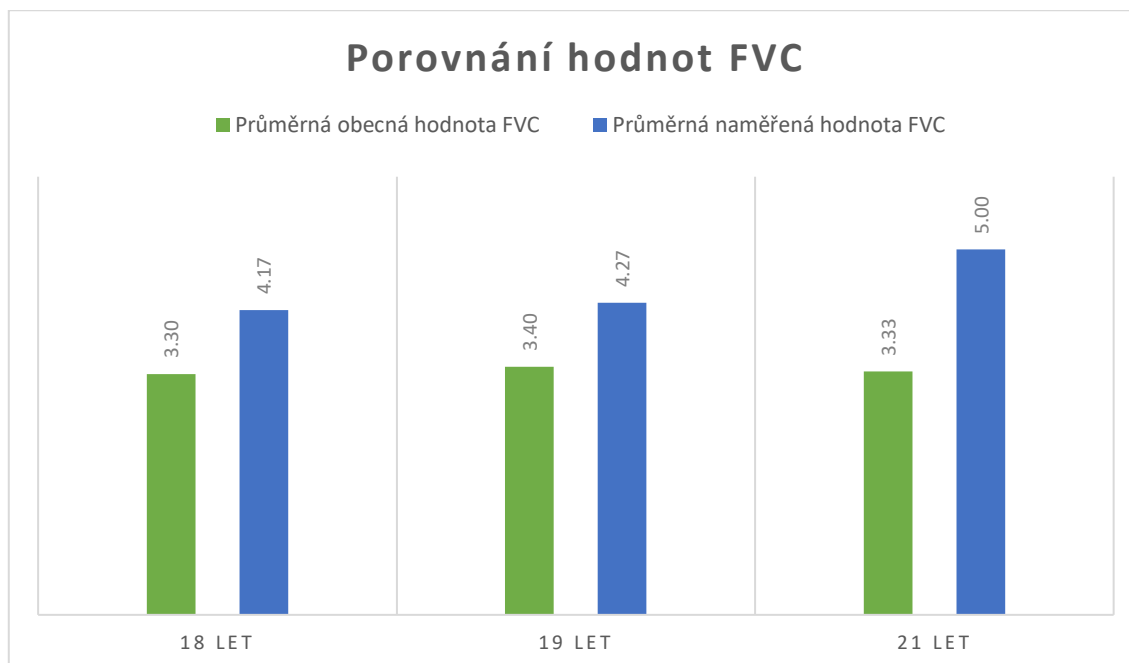
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

V následující tabulce jsou zaznamenány hodnoty usilovné vitální kapacity kategorie seniorek. Výkony jednotlivých děvčat jsou velmi nevyrovnané. Zde je zajímavé i to, že probandka č. 10 trpící astmatem dosáhla jednoho z nejlepších výsledků.

Tabulka č. 26 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii seniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	18	159	3.78	108
2*	18	160	3.42	96
3	18	165	3.95	105
4	18	167	3.40	88
5	18	170	4.97	125
6	18	172	5.50	135
7	19	170	4.30	108
8	19	172	4.23	104
9	21	167	4.78	124
10*	21	172	5.21	128

Graf č. 29 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii seniorek dle věku probandů



Z grafu č. 29 je patrné, že i v seniorské kategorii přesahuje průměrná naměřená hodnota FVC průměrnou obecnou hodnotu. Největší rozdíl je vidět u věkové skupiny 21 let, kde rozdíl mezi těmito hodnotami činí 1,67 litru.

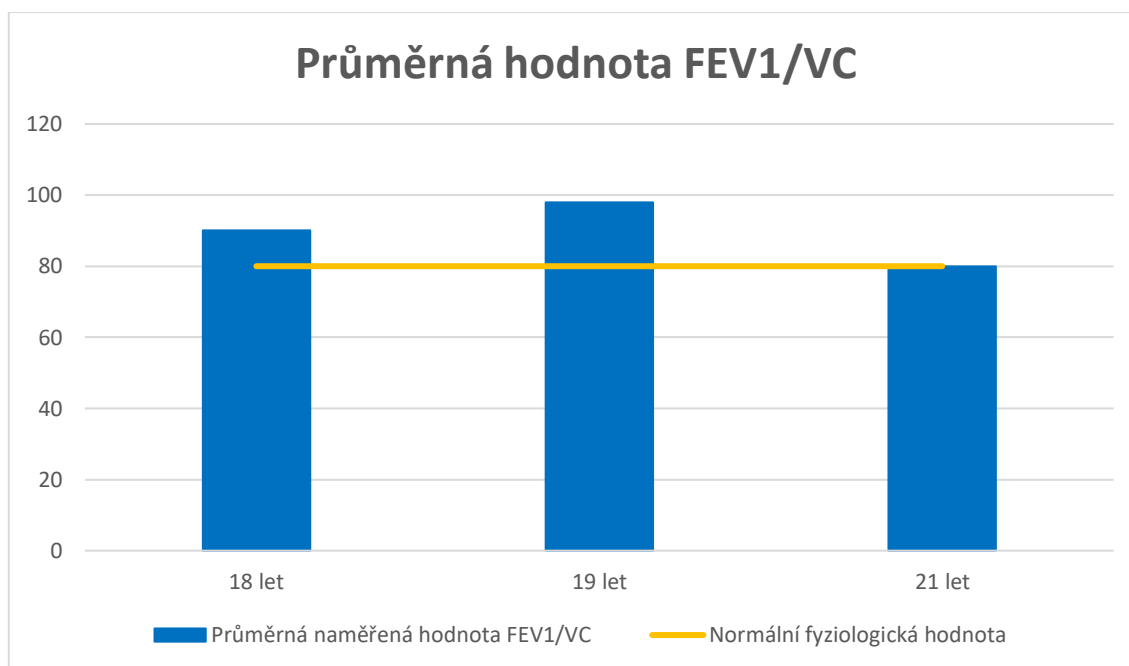
Hodnoty Tiffeneova indexu (FEV1/VC)

V tabulce č. 27 jsou zaznamenány hodnoty Tiffeneova indexu kategorie seniorek. Výkony probandek jsou opět nevyrovnané.

Tabulka č. 27 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii seniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	18	159	97	115
2*	18	160	96	114
3	18	165	96	114
4	18	167	100	119
5	18	170	83	98
6	18	172	70	76
7	19	170	95	113
8	19	172	100	119
9	21	167	85	101
10*	21	172	75	89

Graf č. 30 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii seniorek dle věku probandů



V grafu č. 30 je vidět, že věkové kategorie 18 a 19 let přesahují normální fyziologickou hodnotu v průměru o 14,5 %. Naopak průměrná hodnota FEV1/VC věkové kategorie 21 let je přímo rovna normální fyziologické hodnotě. Tato hodnota byla pravděpodobně značně ovlivněna výkonem probandky č. 10, která trpí astmatem.

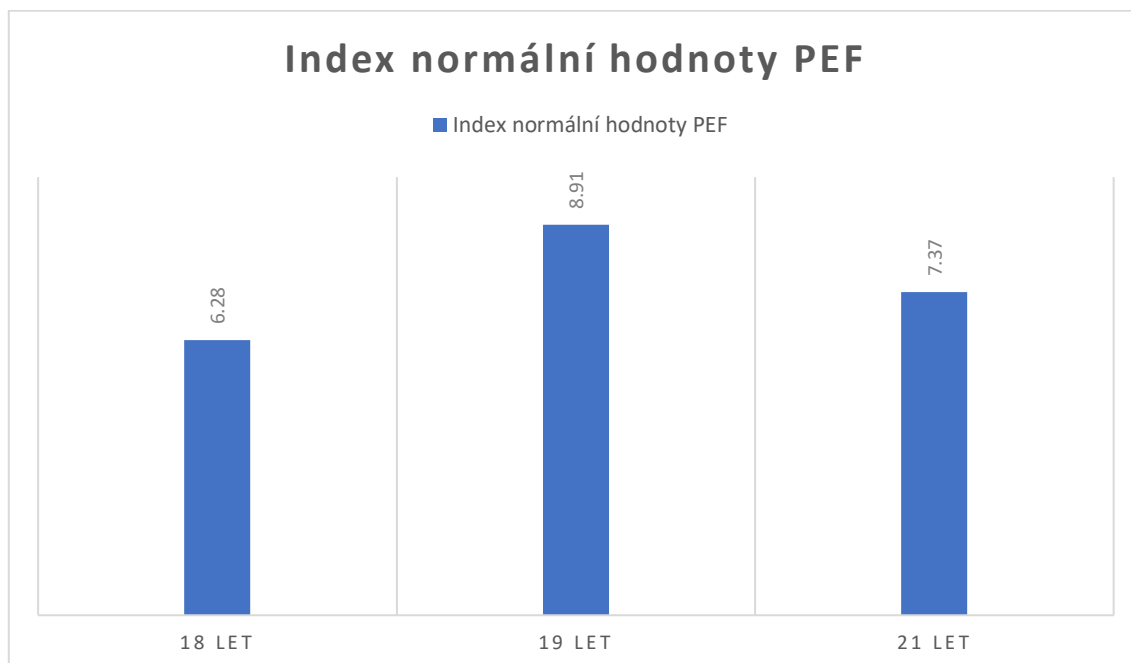
Hodnoty Vrcholového výdechového průtoku (PEF)

V tabulce č. 28 je možné pozorovat naměřené hodnoty vrcholového výdechového průtoku seniorské kategorie. Hodnoty byly naměřené v litrech za minutu a pro účely další práce byly opět převedeny na litry za sekundu. Výkony jednotlivých závodnic jsou opět nevyrovnané.

Tabulka č. 28 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii seniorek před výkonem

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	18	159	386	93
2*	18	160	490	118
3	18	165	331	76
4	18	167	376	86
5	18	170	321	71
6	18	172	355	78
7	19	170	469	104
8	19	172	600	132
9	21	167	508	116
10*	21	172	376	82

Graf č. 31 – index normální hodnoty PEF pro kategorii seniorek dle věku probandů



Graf č. 31 zobrazuje index normální hodnoty PEF pro jednotlivé věkové kategorie. Nejnižší hodnota je u osmnáctiletých probandek, nejvyšší pak u probandek devatenáctiletých.

5.4.2 Hodnoty naměřené po ukončení tréninku

Měření kategorie senierek proběhlo po tři a půlhodinovém tréninku ve 21:00 hodin.

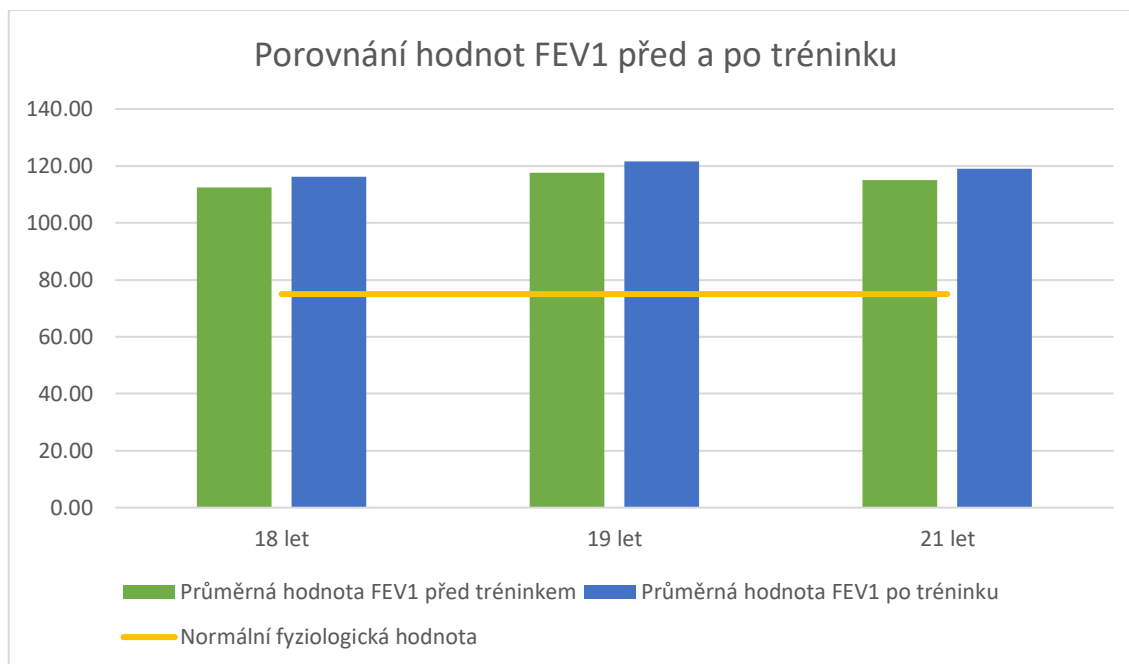
Hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1)

Hodnoty jednosekundové vitální kapacity po absolvovaném tréninku jsou zaznamenány v tabulce č. 29. Predikovaná hodnota FEV1 u všech probandek přesahuje hodnotu 100 %.

Tabulka č. 29 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii senierek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1 (L)	Predikovaná hodnota FEV1 (%)
1	18	159	3.94	129
2*	18	160	3.45	109
3	18	165	3.86	117
4	18	167	3.77	112
5	18	170	4.13	118
6	18	172	4.01	112
7	19	170	4.21	121
8	19	172	4.37	122
9	21	167	4.13	122
10*	21	172	4.13	116

Graf č. 32 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii senierek dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 32 je patrné, že průměrná naměřená hodnota FEV1 se absolvováním tréninkové jednotky u všech věkových kategorií zvýšila. Jedná se avšak pouze o velmi nepatrný nárůst potréningových hodnot.

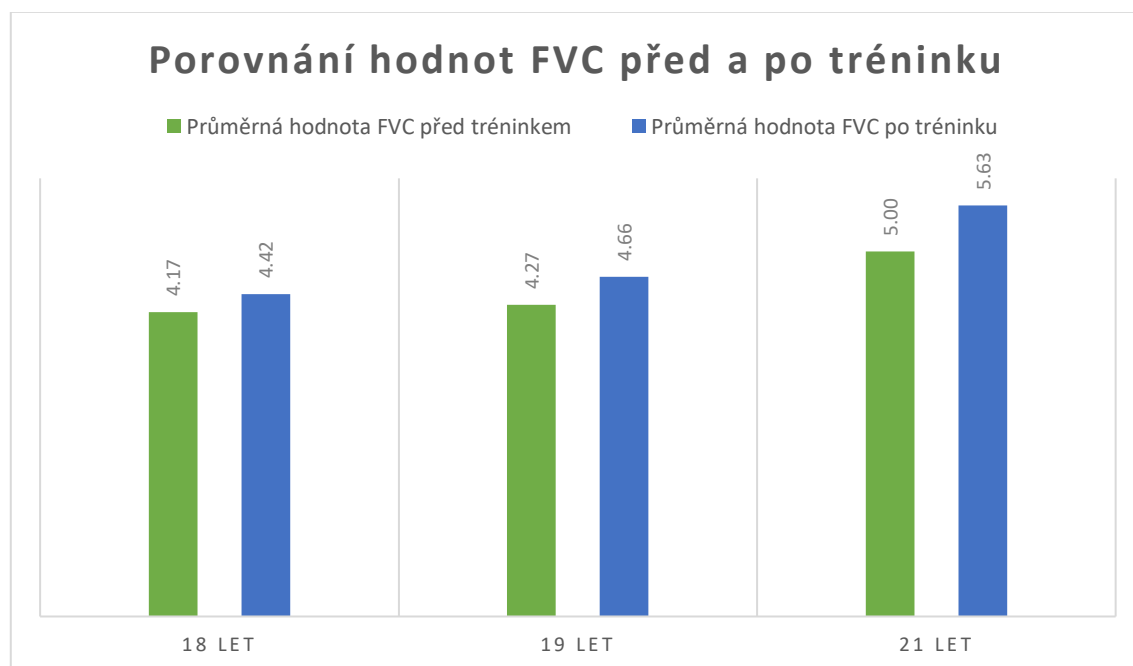
Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC)

Do tabulky č. 30 jsou zanesené potréningové hodnoty usilovné vitální kapacity kategorie senierek. Opět se jedná o velmi nevyrovnané výkony v rámci celé kategorie. Predikované hodnoty u všech probandek přesahují hodnotu 100 %.

Tabulka č. 30 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii senierek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FVC (L)	Predikovaná hodnota FVC (%)
1	18	159	4.04	115
2*	18	160	3.86	103
3	18	165	4.28	114
4	18	167	3.92	102
5	18	170	5.18	130
6	18	172	5.21	128
7	19	170	4.46	112
8	19	172	4.85	119
9	21	167	6.05	157
10*	21	172	5.20	127

Graf č. 33 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii senierek dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 33 je vidno, že hodnoty FVC naměřené po tréninku u všech věkových kategorií převyšují hodnoty naměřené před tréninkem. Největší rozdíl mezi před a potréningovými hodnotami je u věkové kategorie 21 let, kdy průměrná hodnota FVC naměřená po tréninku je o 0,63 litru vyšší.

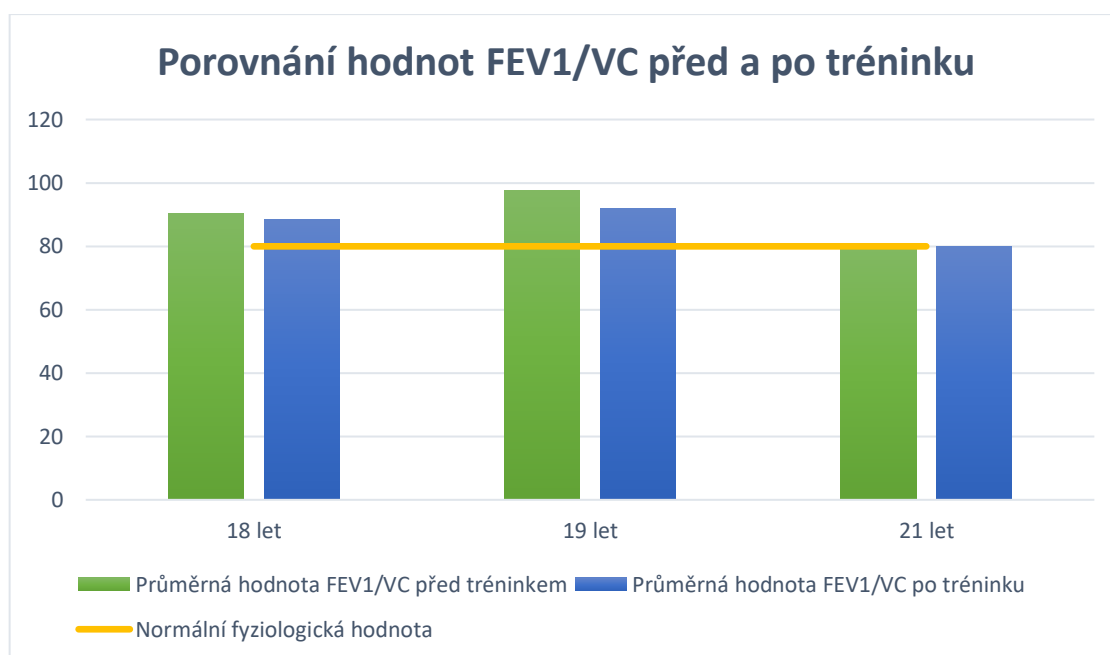
Hodnoty Tiffeneova indexu (FEV1/VC)

Potréningové hodnoty Tiffeneova indexu jsou zaznamenány v následující tabulce. U tohoto parametru došlo naopak k mírnému poklesu naměřených hodnot po absolvování tréninkové jednotky.

Tabulka č. 31 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii senierek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	FEV1/VC (%)	Predikovaná hodnota FEV1/VC (%)
1	18	159	98	116
2*	18	160	89	105
3	18	165	90	107
4	18	167	96	114
5	18	170	80	95
6	18	172	77	91
7	19	170	94	111
8	19	172	90	107
9	21	167	81	96
10*	21	172	79	94

Graf č. 34 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii senierek dle věku probandů před a po tréninku



Z grafu č. 34 je možné vyčíst, že hodnoty FEV1/VC naměřené po tréninku jsou u prvních dvou věkových kategorií (18 a 19 let) nepatrně nižší než hodnoty naměřené před tréninkem. U věkové kategorie 21 let nedošlo absolvováním tréninkové jednotky k žádným změnám, potréningové hodnoty jsou stejné jako hodnoty předtréninkové.

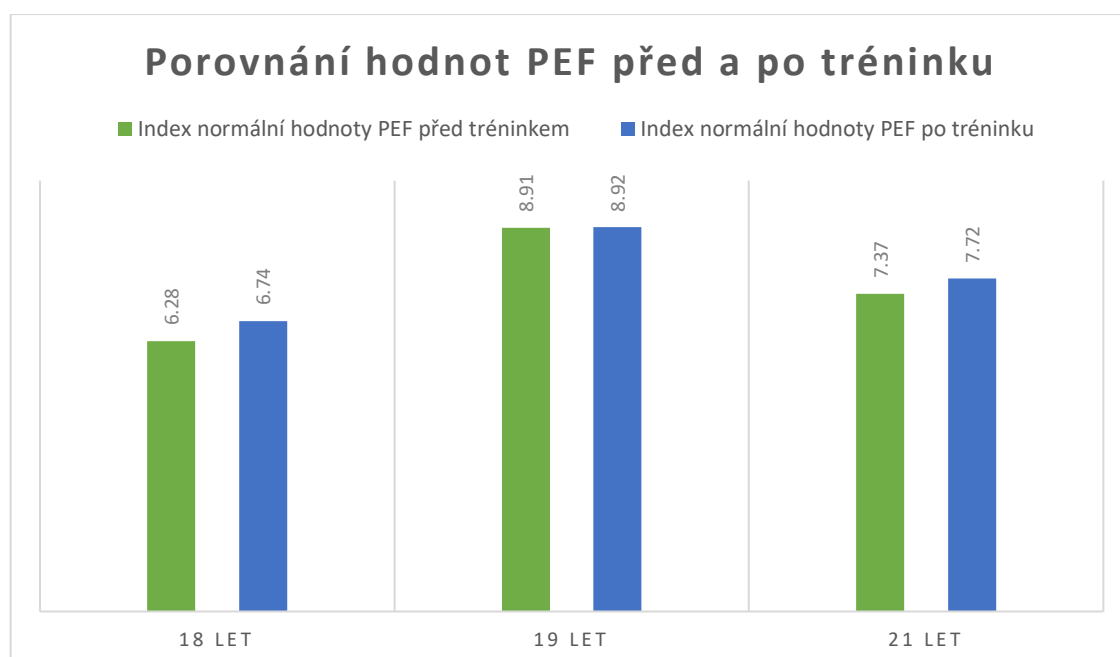
Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF)

Hodnoty vrcholového výdechového průtoku jsou zaneseny do tabulky č. 32. Oproti hodnotám naměřených před tréninkem nedošlo po absolvování tréninkové jednotky k jejich výraznému navýšení.

Tabulka č. 32 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii senierek po výkonu

Proband	Věk	Výška (CM)	PEF (l/m)	Predikovaná hodnota PEF (%)
1	18	159	437	106
2*	18	160	452	99
3	18	165	400	92
4	18	167	406	92
5	18	170	350	78
6	18	172	383	84
7	19	170	470	104
8	19	172	600	132
9	21	167	508	116
10*	21	172	418	92

Graf č. 35 – index normální hodnoty PEF pro kategorii senierek dle věku probandů před a po tréninku



Na grafu č. 35 lze pozorovat porovnání hodnot PEF naměřených před a po tréninku. Je patrné, že v důsledku specializovaného tréninku došlo pouze k nepatrnému navýšení hodnot u všech věkových kategorií.

6. DISKUZE

Cílem práce bylo ověřit, zda má synchronizované plavání vliv na respirační funkce. Předpokladem bylo, že synchronizované plavání klade velmi vysoké nároky na dechový systém plavkyň, a proto by mělo docházet k rozvoji tohoto ústrojí oproti úrovni běžné populace. Dále proběhlo měření dynamických parametrů dýchání bezprostředně po tréninkové jednotce synchronizovaného plavání, jejichž délka a obsah odpovídal běžným tréninkovým jednotkám daných závodních kategorií, jejichž pomocí bylo zdokumentováno, jakým způsobem tento trénink uvedené parametry ovlivňuje.

Pro tento výzkum nebylo možné zajistit zcela objektivní podmínky. Důvodem bylo, že tréninkové jednotky probíhaly v různých časových úsecích, které se lišily nejen svou délkou, ale také náplní. Každé družstvo má v průběhu sezóny jiný tréninkový plán a tak zátěž kladená na plavkyně jednotlivých družstev byla značně rozdílná. Dále byly výsledky některých děvčat ovlivněny astmatem. Jejich hodnoty byly ve většině případech nižší než u ostatních dívek, ale i tak byly buď nadprůměrné nebo odpovídaly průměru. I přes tyto nedostatky byla v rámci výzkumu získána relevantní data, se kterými bylo možné nadále pracovat.

Předtréninkové hodnoty jednosekundové vitální kapacity (FEV1) jsou u všech závodních kategorií vyšší, než jaká je udávaná normální fyziologická hodnota tohoto parametru. Normální fyziologická hodnota FEV1 se pohybuje okolo 75 % a z výsledků je možné vysledovat, že s rostoucím věkem, a tudíž i s délkou specializovaného tréninku hodnoty jednosekundové vitální kapacity plic mají vzrůstající tendenci. V měření se však vyskytla drobná odchylka, a to u děvčat ve věku 10 let. Zde byl zdokumentován mírný pokles hodnot oproti mladším děvčatům, avšak hodnoty jsou i nadále vyšší než normální hodnota FEV1.

Výzkumem bylo také dále prokázáno, že trénink synchronizovaného plavání pozitivně ovlivňuje hodnoty jednosekundové vitální kapacity. Průměrné hodnoty tohoto ukazatele po tréninku prokazatelně vzrostly, jak je možné vidět na grafech č. 8, 16, 24 a 32. Měřením nebyl prokázán žádný lineární trend, o kolik procent se tento ukazatel vlivem tréninku u děvčat zvyšuje.

Hodnoty usilovné vitální kapacity (FVC) prokazatelně rostou s rostoucím věkem. U mladších věkových kategorií (mladší a starší žákyně) byly hodnoty FVC naměřené před tréninkem viditelně nižší než odpovídající průměrná obecná hodnota FVC. Můžeme

se dohadovat, že se zde projevil vliv hydrostatického tlaku na mechaniku dýchání, který usnadňuje výdech a u účastnic výzkumu proto mohla být snižená schopnost usilovného výdechu. Tento jev lze pozorovat na grafech č. 5 a 13. Nicméně ve starších věkových kategoriích (juniorky a seniorky) je vidět progresivní zlepšování ukazatele FVC. Od 14 let věku děvčat dochází k postupnému zvyšování hodnot, které již přesahují průměrné obecné hodnoty. S rostoucím věkem se nárůst hodnoty FVC zvyšuje a ukazuje se tak vliv dlouhodobého specializovaného tréninku.

Porovnáním průměrných hodnot FVC naměřených před a po tréninku se dá prokázat pozitivní vliv synchronizovaného plavání na tento parametr. U všech účastnic výzkumu došlo k výraznému zlepšení potréningových hodnot. I přes to, že bylo zaznamenáno zlepšení, ani u tohoto ukazatele není možné prokázat, že by se jednalo o lineární růst. Nárůst hodnot se u každé závodní i věkové kategorie značně liší, jak je možné vidět na grafech č. 9, 17, 25 a 33.

Tiffeneaův index (FEV1/VC) vyjadřuje procento vitální kapacity vydechnuté za jednu sekundu během usilovného výdechu, tudíž můžeme říci, že se jedná o ukazatel podmíněný individuálními možnostmi probandek. Tuto hodnotu může ovlivnit také to, zda účastnice byly schopné správně vydechnout do přístroje použitého k tomuto výzkumu. Před zahájením měření byly dívky vždy řádně poučeny, ale praktický zácvik byl minimální. Především u mladších děvčat se jednalo o jejich první zkušenost se spirometrem, většina z nich byla z vyšetření nervózní a je možné, že nevyužila plný potenciál svých možností. I přes to hodnoty Tiffeneaova indexu ve většině věkových kategorií přesahují normální fyziologickou hodnotu, která je u tohoto parametru rovna 80 %. Pouze u seniorek ve věkové kategorii 21 let je hodnota tohoto parametru rovna normální fyziologické hodnotě, tudíž je rovna 80 %. Tento trend lze sledovat na grafech č. 6, 14, 22 a 30. Nicméně je nutno konstatovat, že výzkumný vzorek dívek ve věku 21 let byl velmi úzký. Výzkumu se v této věkové kategorii zúčastnily pouze dvě dívky a z toho jedna trpí astmatem. Z tohoto pohledu lze i takový výsledek testu považovat za nadprůměrný.

Potréningové hodnoty Tiffeneaova indexu zůstaly přibližně stejné jako hodnoty naměřené před tréninkem. Z tohoto je patrné, že tento dynamický plicní parametr není přímo ovlivněn krátkodobým specializovaným tréninkem synchronizovaného plavání. Lehké odchylky v jednotlivých měřeních je možno vidět především u kategorie starších zákyň ve věku 12 a 13 let. U některých plavkyň došlo dokonce i k lehkému snížení

hodnoty ukazatele, což bylo způsobeno únavou a vyčerpáním z absolvovaného tréninku. Všechny tyto skutečnosti je možné pozorovat na grafech č. 10, 18, 26 a 34.

Vrcholový výdechový průtok (PEF) naměřený před začátkem tréninku neproказuje postupný nárůst v rámci závodních kategorií, nicméně dle jednotlivých hodnot je vidět, že mezi jednotlivými věkovými kategoriemi dochází ke zvýšení jeho úrovně. Toto lze pozorovat na grafech č. 7, 15, 23 a 31.

U potréninkových hodnot PEF došlo k výraznému nárůstu především u kategorií mladších a starších žákyň a juniorek. V kategorii seniorek dochází pouze k lehkému nárůstu. Tento faktor označuje nejvyšší rychlost průtoku dosaženou během usilovného výdechu a je vysoce závislý na úsilí jednotlivce. Z tohoto důvodu se nejedná o parametr, který by mohl být přímo ovlivněn specializovaným tréninkem synchronizovaného plavání. I při měření tohoto ukazatele je možné, že potréninkové hodnoty u seniorek mohly být z velké části ovlivněné vysokou náročností jejich tréninkové jednotky.

Z uvedených dílčích závěrů je patrné, že hypotéza č. 1: naměřené hodnoty dynamických parametrů dýchání budou i před tréninkem vyšší než hodnoty běžné populace odpovídající věku a výšce dívek, se potvrdila u následujících parametrů:

- Jednosekundová vitální kapacita (FEV1),
- Tiffeneauv index (FEV1/VC),
- Usilovná vitální kapacita (FVC – u tohoto parametru se jedná pouze o částečné potvrzení hypotézy).

U hodnot usilovné vitální kapacity se hypotéza č. 1 plně potvrdila až u starších věkových kategorií, přesněji v kategorii juniorek a seniorek. U mladších kategorií byly naměřené hodnoty před tréninkem výrazně nižší než odpovídající průměrné obecné hodnoty FVC, což značí, že k ovlivnění tohoto parametru dochází až v důsledku dlouhodobějšího specializovaného tréninku.

Hodnoty vrcholového výdechového průtoku (PEF) nelze v rámci hypotézy č. 1 analyzovat, protože chybí obecné údaje o normální fyziologické hodnotě. Je to z toho důvodu, že tento indikátor je velice závislý na momentálním úsilí, které je jednatel schopen v danou chvíli vyvinout.

Hypotéza č. 2: hodnoty druhého spirometrického měření se na základě absolvovaného tréninku zvýší, se potvrdila u následujících parametrů:

- Jednosekundová vitální kapacita (FEV1),
- Usilovná vitální kapacita (FVC).

Hypotéza č. 2 se nepotvrdila pro hodnoty Tiffeneaova indexu (FEV1/VC) a vrcholového výdechového průtoku (PEF). Oba dva tyto parametry jsou totiž závislé na daném okamžiku měření a momentálnímu fyzickému i psychickému stavu jedince a nemohou tedy být zřejmě ovlivněny ani dlouhodobým specializovaným tréninkem.

7. ZÁVĚRY

Tato práce se zabývala vlivem synchronizovaného plavání na respirační funkce, konkrétně byla zaměřena na vliv specializovaného tréninku ~~tohoto sportu~~ na dynamické plicní parametry. Ke zkoumaným dynamickým parametrům patří jednosekundová vitální kapacita (FEV1), usilovná vitální kapacita (FVC), Tiffeneaův index (FEV1/VC) a vrcholový výdechový průtok (PEF).

Cílem práce bylo potvrdit či vyvrátit pravdivost dvou hypotéz spojených s touto problematikou:

Hypotéza č. 1: naměřené hodnoty dynamických parametrů dýchání budou i před tréninkem vyšší než hodnoty běžné populace odpovídající věku a výšce dívek.

Hypotéza č. 2: hodnoty druhého spirometrického měření se na základě absolvovaného tréninku zvýší.

Výsledky prokázaly, že obě hypotézy platí pouze pro některé z měřených faktorů. Pravdivost hypotézy č. 1 byla potvrzena u jednosekundové vitální kapacity (FEV1), Tiffeneaova indexu (FEV1/VC) a u usilovné vitální kapacity (FVC). U posledního jmenovaného parametru se tato hypotéza potvrdila pouze z části. K ovlivnění tohoto parametru je dle zjištěných výsledků třeba patrně dlouhodobějšího vlivu specializovaného tréninku synchronizovaného plavání.

Hypotéza č. 2 byla potvrzena u jednosekundové vitální kapacity (FEV1) a u usilovné vitální kapacity (FVC). Hodnoty obou těchto parametrů v důsledku absolvovaných tréninkových jednotek náležitě vzrostly a tudíž je možné u nich prokázat vliv specializovaného tréninku synchronizovaného plavání. U Tiffeneaova indexu (FEV1/VC) se hypotéza č. 2 neprokázala, protože hodnoty naměřené po tréninku zhruba odpovídaly údajům naměřeným před tréninkem. Tudíž se nejedná o dynamický plicní parametr, který může být přímo ovlivněn jen krátkodobým specializovaným tréninkem synchronizovaného plavání.

Vliv specializovaného tréninku synchronizovaného plavání nebyl prokázán u hodnot vrcholového výdechového průtoku (PEF) ani u jedné ze zkoumaných hypotéz. Je to zřejmě především z toho důvodu, že se jedná o parametr, který je vysoce závislý na úsilí jednotlivce v okamžiku měření.

Závěrem lze konstatovat, že specializovaný trénink synchronizovaného plavání má příznivý vliv na vývoj respiračních funkcí děvčat věnujících se tomuto sportu. U většiny hodnot je pozitivní vliv viditelný především, pokud jsou děvčata specializovanému tréninku vystavena pravidelně a dlouhodobě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Tištěné publikace

BANTE, S., BOGDANIS, Gregory C., CHAIROPOULOU, Chrissoula, MARIDAKI, Maria. Cardiorespiratory and metabolic responses to a simulated synchronized swimming routine in senior (> 8 years) and comen (13-15 years) national level athletes. *The journal of sports medicine and physical fitness*, 2007, vol. 47, number 3, s. 291-299.

ČECHOVSKÁ, Irena, MILER, Tomáš. *Plavání*. 2. vyd. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2154-5.

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. 3. upravené a doplněné vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-802-4747-880.

DAVIES, B. N., DONALDSON, G. C., JOELS, N. Do the competition rules of synchronized swimming encourage undesirable levels of hypoxia? *British journal of sports medicine*, 1995, vol 29, number 1, s. 16-19.

DYLEVSKÝ, Ivan. *Základy funkční anatomie*. 1. vyd. Olomouc: Poznání, 2011. ISBN 978-80-87419-06-9.

FÍŠEROVÁ, Jarmila, CHLUMSKÝ, Jan, KOCIÁNOVÁ, Jana. *Funkční vyšetření plic*. 2. vydání. Praha: GEUM, 2004. Počet stran 128. ISBN 80-86256-38-3.

HAVLÍČKOVÁ, Ladislava a kol. *Fyziologie tělesné zátěže II*. Speciální část – 1. díl. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1993. ISBN 80-246-1205-4.

HOFER, Zdeněk a kol. *Technika plaveckých způsobů*. 3. vyd. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-1908-8.

KLEČKOVÁ, Jindřiška. *Synchronizované plavání*. 1. vyd. Olomouc: Rektorát Univerzity Palackého v Olomouci, 1992. ISBN 80-7067-088-6.

LABUDOVÁ, Jana. *Synchronizované plávanie*. 1. vyd. Bratislava: ABL Print, 2011. ISBN 978-80-89257-40-9.

LABUDOVÁ, Jana., aj. Motor factors of sport performance in synchronized swimming of younger competitors. In KYSELOVIČOVÁ, O. (ed.). *Acta facultatis educationis physicae universitatis comeniana*. Ed. O. Kyselovičová. Bratislava: FTVŠ UK, 2014, s. 21-32. ISBN 978-80-223-3681-9.

LI, Fangfang, HU, Xuan, WANG, Fengyi et al. A fluorescent “on-off-on” probe for sensitive detection of ATP based on ATP displacing DNA from nanoceria. *Talanta*, 2018, vol. 179, s. 285-291.

MOUNTJOY, Margo. The basics of synnchronized swimming and injuries. *Clinics in sports medicine*, 1999, vol 18, number 2, s. 321-336.

QUAN, Linda, CULVER, Bruce H., FIELDING, Roy R. Hypoxia – Induced loss of cociousness in multiple synnchronized swimmers during a workout. *International journal of aquatic research and education*, 2010, vol 4, number 4, s. 379-389.

ROSINA, Jozef, VRÁNOVÁ, Jana, KOLÁŘOVÁ, Hana, STANEK, Jiří. *Biofyzika: Pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Vydání první. Praha: Grada publishing, 2013. Počet stran 224. ISBN 978-80-247-4237-3.

SALAJKA, František. *Základní vyšetřovací metody v pneumologii*. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita, 1996. Počet stran 43. ISBN 80-210-1390-7.

SLAVÍKOVÁ, Jana, ŠVÍGLEROVÁ, Jitka. *Fyziologie dýchání*. Dotisk 1. vyd. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2065-7.

SOBOTKA, Pavel, a kol. *Patologická fyziologie*. 4. vyd. Praha: Karolinum Press, 2012. ISBN 978-80-246-2128-9.

ZATLOUKAL, Petr, BEZDÍČEK, Petr, FIALA, Pavel, VOTRUBA, Jiří a spol. *Vnitřní lékařství – Pneumologie*. Vydání první Praha: Galén, 2001. Počet stran 305. ISBN 80-246-0242-3.

Online zdroje

FINA. *FINA Artistic swimming rules 2017-2021*. [online]. 2017, [citováno 24.3.2019]. Dostupné z: <http://www.fina.org/sites/default/files/2017-2021_as_rules_-_16032018_full.pdf>.

GARCÍA-RÍO, Francisco et al. *Espirometría*. Arch Bronconeumol [online]. 2013, 49(9), 388–401 [citováno 20.11.2018]. Dostupné z:<<https://www.archbronconeumol.org/en-spirometry-articulo-S1579212913001341>>.

GNÄDINGER, Markus, CURSCHELLAS, Monika, NATTERER, Nadja, THURNHEER, Robert. *Praxis-Spirometrie*. Swiss Medical Forum [online]. 2014,

14(37), 683-688 [citováno 21.11.2018]. Dostupné z: <<https://doi.org/10.5167/uzh-105885>>.

Měření plicního věku pomocí spirometrie – orientační screening plicních funkcí [online]. 9.3.2018, [citováno 20.11.2018]. Dostupné z: <<https://www.prolekare.cz/novinky/mereni-plicniho-veku-pomoci-spirometrie-orientacni-screening-plicnich-funkci-8673>>.

MILLER, M. R. *General Considerations for Lung Function Testing*. [online]. 2005, European Respiratory Journal 26, 153 - 161. [citováno 20.11.2018]. Dostupné z: <<http://erj.ersjournals.com/content/26/1/153>>.

QUANJER, H., TAMMELING, G. J., COTES, J. E., PEDERSEN, O. F., PESLIN, R. et YERNAULT, J-C. *Lung Volumes and Forced Ventilatory Flows* [online]. 1993, European Respiratory Journal 6, 5 – 40. [citováno 20.11.2018]. Dostupné z: <http://erj.ersjournals.com/content/6/Suppl_16/5>.

SEVERINSEN, Stig. *The diving reflex*. [online]. c2019, [citováno 12.3.2019]. Dostupné z: <<https://www.breatheology.com/mammalian-dive-response/>>.

SLAVÍKOVÁ, Jana. *Fyziologie dýchání*. [online]. 25.8.2015 [citováno 28.2.2019]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/36849048_Fyziologie_dychani>

SÝKORA, Tomáš. *Bronchomotorické testy* [online]. 2006-2018 [citováno 20.11.2018]. Dostupné z: <<http://www.intalg.cz/vysetrovaci-metody.php?id=6>>.

Velký lékařský slovník [online]. 1998-2018 [citováno 20.11.2018]. Dostupné z: <<http://lekarske.slovniky.cz/lexikon-pojem/smycka-krivka-prutok-objem>>.

Zdraví-INFO. Bodypletysmograf odhalí plicní onemocnění [online]. 5.9.2014 [citováno 20.11.2018]. Dostupné z: <<http://www.zdravi-info.cz/2014/09/bodypletysmograf-odhali-plicni-nemoci/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka č. 1 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii mladších žákyň před výkonem

Tabulka č. 2 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii mladších žákyň před výkonem

Tabulka č. 3 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii mladších žákyň před výkonem

Tabulka č. 4 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii mladších žákyň před výkonem

Tabulka č. 5 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii mladších žákyň po výkonu

Tabulka č. 6 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii mladších žákyň po výkonu

Tabulka č. 7 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii mladších žákyň po výkonu

Tabulka č. 8 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii mladších žákyň po výkonu

Tabulka č. 9 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii starších žákyň před výkonem

Tabulka č. 10 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii starších žákyň před výkonem

Tabulka č. 11 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii starších žákyň před výkonem

Tabulka č. 12 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii starších žákyň před výkonem

Tabulka č. 13 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii starších žákyň po výkonu

Tabulka č. 14 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii starších žákyň po výkonu

Tabulka č. 15 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii starších žákyň po výkonu

Tabulka č. 16 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii starších žákyň po výkonu

Tabulka č. 17 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii juniorek před výkonem

Tabulka č. 18 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii juniorek před výkonem

Tabulka č. 19 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii juniorek před výkonem

Tabulka č. 20 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii juniorek před výkonem

Tabulka č. 21 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii juniorek po výkonu

Tabulka č. 22 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii juniorek po výkonu

Tabulka č. 23 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii juniorek po výkonu

Tabulka č. 24 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii juniorek po výkonu

Tabulka č. 25 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii seniorek před výkonem

Tabulka č. 26 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii seniorek před výkonem

Tabulka č. 27 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii seniorek před výkonem

Tabulka č. 28 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii seniorek před výkonem

Tabulka č. 29 – naměřené hodnoty FEV1 pro kategorii seniorek po výkonu

Tabulka č. 30 – naměřené hodnoty FVC pro kategorii seniorek po výkonu

Tabulka č. 31 – naměřené hodnoty FEV1/VC pro kategorii seniorek po výkonu

Tabulka č. 32 – naměřené hodnoty PEF pro kategorii seniorek po výkonu

SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf č. 4 - Křivka objem – čas

Graf č. 5 – Křivka průtok – objem

Graf č. 6 - Křivka průtok – objem se znázorněním usilovných expiračních průtoků

Graf č. 4 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů

Graf č. 5 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů

Graf č. 6 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů

Graf č. 7 – index normální hodnoty PEF pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů

Graf č. 8 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 9 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 10 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 11 – index normální hodnoty PEF pro kategorii mladších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 12 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii starších zákyň dle věku probandů

Graf č. 13 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů

Graf č. 14 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů

Graf č. 15 – index normální hodnoty PEF pro kategorii starších zákyň dle věku probandů

Graf č. 16 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 17 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 18 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 19 – index normální hodnoty PEF pro kategorii starších zákyň dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 20 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii juniorek dle věku probandů

Graf č. 21 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii juniorek dle věku probandů

Graf č. 22 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii juniorek dle věku probandů

Graf č. 23 – index normální hodnoty PEF pro kategorii juniorek dle věku probandů

Graf č. 24 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 25 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 26 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii juniorek dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 27 – index normální hodnoty PEF pro kategorii juniorek dle věku probandů

Graf č. 28 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii seniorek dle věku probandů

Graf č. 29 – průměrná obecná versus průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii seniorek dle věku probandů

Graf č. 30 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii seniorek dle věku probandů

Graf č. 31 – index normální hodnoty PEF pro kategorii seniorek dle věku probandů

Graf č. 32 – průměrná naměřená hodnota FEV1 pro kategorii seniorek dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 33 – průměrná naměřená hodnota FVC pro kategorii seniorek dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 34 – průměrná naměřená hodnota FEV1/VC pro kategorii seniorek dle věku probandů před a po tréninku

Graf č. 35 – index normální hodnoty PEF pro kategorii seniorek dle věku probandů před a po tréninku

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 – Povinná figura kategorie juniorek „Barracuda Airborne Split, Spin Up 360°

Obrázek č. 2 – Čas dynamické apnoe během technické párové sestavy

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

Příloha č. 2: Vzor informovaného souhlasu pro nezletilé probandy

Příloha č. 3: Vzor informovaného souhlasu pro zletilé probandy