

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**MOŽNOSTI PLICNÍ REHABILITACE U PACIENTŮ S NÁMAHOU  
VYVOLANOU BRONCHOKONSTRIKČÍ**

Bakalářská práce

Autor: Martin Bína

Studijní program: Fyzioterapie

Vedoucí práce: Mgr. Martin Dvořáček

Olomouc 2023



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Martin Bína

**Název práce:** Možnosti plicní rehabilitace u pacientů s námahou vyvolanou bronchokonstrikcí

**Vedoucí práce:** Mgr. Martin Dvořáček

**Pracoviště:** Katedra fyzioterapie

**Rok obhajoby:** 2023

### **Abstrakt:**

Námahou vyvolaná bronchokonstrikce je přechodné zúžení dýchacích cest v souvislosti s fyzickou aktivitou. Často se objevuje u pacientů s průduškovým astmatem, ale může se projevit i u jedinců bez astmatu. Přesný mechanismus vzniku není zcela objasněn. Hlavní příčinou se zdá být dehydratace stěny dýchacích cest při zvýšené ventilaci, zároveň s reaktivní hyperémií způsobenou ochlazením stěny bronchů. Novější teorie zohledňují také neurální aktivaci nervového systému a poškození epitelu. Diagnostika je založena na důkladné anamnéze a objektivních vyšetřeních. Nejvhodnější jsou nepřímé bronchoprovokační testy (zátěžový test a test eukapnické volní hyperventilace) s porovnáním potestové spirometrie. V léčbě EIB se uplatňuje hlavně inhalační farmakoterapie. Důležitou součástí léčby ale mohou být také nefarmakologické intervence, jako např. metody respirační fyzioterapie, dostatečné rozcvičení před fyzickou aktivitou, ochrana dýchacích cest nebo změna jídelníčku.

### **Klíčová slova:**

námahou vyvolaná bronchokonstrikce, bronchiální astma, trénink respiračních svalů, dechové trenažery, vrcholový sport

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification**

**Author:** Martin Bína  
**Title:** Pulmonary rehabilitation possibilities in patients with exercise-induced bronchoconstriction

**Supervisor:** Mgr. Martin Dvořáček  
**Department:** Department of Physiotherapy  
**Year:** 2023

**Abstract:**

Exercise-induced bronchoconstriction is a transient narrowing of airways, tied to physical activity. It is often manifested in patients with asthma bronchiale, but it can also be found in individuals excluding asthma. The exact mechanism is not fully understood yet. The main reasons seem to be airway wall dehydration, as well as reactive hyperemia caused by bronchial cooling. Present theories suggest sensory nerve activation and epithelial damage also. Diagnostics criteria are based on thorough medical history and objective examinations. Indirect bronchoprovocative tests, such as exercise challenge test and eucapnic voluntary hyperpnea test, with post-testing spirometry comparison, proves to be most conclusive screening methods. In the treatment of EIB inhalation pharmacotherapy plays a pivotal role. In conjunction with the above non-pharmacological interventions, for example methods of respiratory physiotherapy, good warm-up before physical activity, airway protection or dietary changes might be important part of treatment too.

**Keywords:**

Exercise-induced bronchoconstriction, asthma bronchiale, respiratory muscle training, respiratory muscle training devices, elite sport

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Martina Dvořáčka, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 24. dubna 2023

.....

Tímto bych chtěl poděkovat Mgr. Martinu Dvořáčkovi za odborné vedení, nadšení a věcné připomínky při tvorbě bakalářské práce.

## SEZNAM ZKRATEK

ATS – Americká hrudní společnost

ČIPA – Česká iniciativa pro astma

EIA – exercise-induced asthma, námahou vyvolené astma

EIB – exercise-induces bronchoconstriction, námahou vyvolané bronchoconstrukce

EIB<sub>A</sub> – EIB with asthma, EIB s astmatem

EIB<sub>WA</sub> – EIB without asthma, EIB bez astmatu

EILO – námahou vyvolaná hrtanová obstrukce

EVH – test eukapnické volní hyperventilace

FEV<sub>1</sub> – usilovná vitální kapacita během první sekundy

GINA – Světová iniciativa pro astma

HME – heat and moisture exchangers, výměnník tepla a vlhkosti

IGC – inhalační glukokortikoidy

IMT – trénink nádechových svalů

IS – inhalační systém

LABA – dlouze působící beta-2 agonisté

MDI – aerosolový dávkovač

OH – olympijské hry

PO.1 – okluzní tlak měřený 100 ms po začátku klidného nádechu

PDI – inhalační systém pro práškovou formu léku

PE<sub>MAX</sub> – maximální okluzní ústní při výdechu

TF<sub>MAX</sub> – maximální tepová frekvence

PI<sub>MAX</sub> – maximální okluzní ústní tlak při nádechu

TT<sub>MUS</sub> – index dechové práce

RMT – trénink dýchacích svalů

SABA – krátce působící beta-2 agonisté

## OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Cíl Práce .....	11
3	Přehled poznatků.....	12
	3.1 Terminologie .....	12
	3.2 Klinické příznaky doprovázející EIB .....	12
	3.2.1 Fáze klinické manifestace .....	13
	3.3 Prevalence.....	13
	3.4 Populace ohrožené EIB .....	14
	3.5 Etiologie a rizikové faktory.....	15
	3.6 Diagnostika.....	18
	3.6.1 Anamnéza .....	18
	3.6.2 Vyšetření plicních funkcí.....	18
	3.6.3 Provokační diagnostické testy .....	20
	3.7 Diferenciální diagnostika.....	21
	3.8 Farmakologická léčba.....	22
	3.8.1 Léky a doping .....	23
	3.8.2 Inhalační technika.....	24
	3.9 Nefarmakologická léčba.....	28
	3.9.1 Dietní opatření.....	28
	3.9.2 Režimová opatření.....	29
	3.9.3 Trénink respiračních svalů .....	33
	3.9.4 Posturální trénink a práce se svalovou rovnováhou .....	40
4	Speciální část kazuistika.....	42
	4.1 Anamnéza .....	42
	4.2 Cílené vyšetření.....	43
	4.3 Krátkodobý rehabilitační plán.....	48
	4.4 Dlouhodobý rehabilitační plán.....	52
5	Diskuse.....	53
6	Závěr .....	57
7	Souhrn .....	58



8	Summary .....	59
9	Referenční seznam .....	60
10	Přílohy.....	71
	10.1 Potvrzení o překladu.....	71
	10.2 Vzor informovaného souhlasu pacienta.....	72

# 1 ÚVOD

Pojem námahou vyvolaná bronchokonstrikce (ang. exercise-induced bronchoconstriction, EIB) popisuje přechodné zúžení průdušek, které se objevuje v důsledku cvičení (Weiler et al., 2016). Jedná se o relativně častou patologii u lidí s bronchiálním astmatem, alergiků, a dokonce i u jinak zdravých jedinců bez jiných příznaků průduškového astmatu. Bývá diagnostikována především u sportovců s vyšší výkonností (Kolář, 2020). Typicky se rozvíjí do 15 minut po cvičení a spontánně odezní do 60 minut, u 40–50 % pacientů následuje období, kdy je bronchokonstrikce při opakování cvičení méně zdůrazněna. EIB je může projevit i v průběhu cvičení (Smoliga, Weiss, & Rundell, 2016). Je dobře popsáno, že delší fyzická aktivita může vyvolat zhoršení dechových parametrů, jak to ve své práci popsali Jones a kol. (1962) u dětí s průduškovým astmatem. V návaznosti na jejich práci popisují tuto obstrukci dolních dýchacích cest další autoři jako námahou vyvolané astma (ang. exercise-induced asthma, EIA) nebo námahou vyvolaný bronchospasmus (Seaton, Davies, Gaziano, & Hughes, 1969). Bonini a Palagne (2015) srovnávají tvrzení dalších autorů zabývajících se EIA. Konstatují, že cvičení může provokovat bronchiální obstrukci a klinické symptomy u téměř všech astmatických pacientů, nezávisle na příčinách a mechanismech základního astmatu. Jsou popsány i případy, u kterých se zdá cvičení být jediným spouštěčem astmatu u pacientů. Zároveň nepotvrzují ani nevyvracejí závěr, že cvičení provokuje bronchokonstrikci pouze u astmatických jedinců, a ponechávají na další diskuzi, zdali na pozadí každé EIB není klinicky rozvíjející se astma, nebo jiné respirační onemocnění.

Zdá se, že EIB má celou řadu příčin a léčba se opírá hlavně o farmakoterapii. Tak jako bronchiální astma, také EIB má možnosti nefarmakologické léčby, které vycházejí především z konceptu plicní rehabilitace (Backer & Mastronarde, 2018; Kippelen & Simpson, 2020; Williams, Johnson, Adamic, & Mickleborough, 2020; Zeiger & Weiler, 2020).

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem této bakalářské práce je poskytnout teoretický pohled na problematiku námahou vyvolané bronchokonstrikce a terapeutické možnosti u osob s tímto zdravotním stavem.

Součástí práce bude kazuistika pacienta, zaměřená na nefarmakologickou léčbu s popisem krátkodobého a dlouhodobého terapeutického plánu z pohledu fyzioterapeuta.

## 3 PŘEHLED POZNATKŮ

### 3.1 Terminologie

V české i zahraniční literatuře existuje nejednotnost v terminologii popisující stav námahou vyvolané bronchokonstrikce. V českém překladu *exercise-induced* někteří autoři vykládají jako *ponámahový* nebo *pozátěžový* (Holomichl, 2018; Kolář, 2020), kdežto jiní to překládají přesněji *námahou* nebo *cvičením vyvolaný* (Kašák, 2018). Pojem *ponámahový* není přesný, jelikož z definice se jev neprojevuje pouze po námaze, ale může je objevit při nebo po námaze. Druhá část pojmenování tohoto jevu prokazuje větší diskrepanci. V minulosti se objevovali pojmy *exercise-induced asthma* (EIA, námahou vyvolané astma), *exercise-induced bronchospasm* (námahou vyvolaný bronchospasmus) a *exercise-induced bronchoconstriction* (EIB, námahou vyvolaná bronchokonstrikce). Všechny tyto pojmy byly a jsou volně zaměňovány. Pojem EIA bývá vystaven kritice, protože samotná námaha nevyvolává bronchiální astma jako komplexní chronické onemocnění. Nejedná se ani o zvláštní formu astmatu. Značí ovšem, že u daného jedince byla stanovena diagnóza průduškového astmatu, jeho stav není pod plnou kontrolou a astmatický zánět nebyl zcela potlačen (Kašák, 2018). Od pojmu námahou vyvolaný bronchospasmus se upouští z důvodu, že spasmus popisuje mimovolní kontrakci svalů – v tomto případě hladkou svalovinu bronchů (Národní zdravotnický informační portál [online], 2023) (NZIS, n.d.). Tato mimovolní kontrakce se uplatňuje při průduškové obstrukci, ale není jediným faktorem, jak bude popsáno níže. American Thoracic Society (ATS, 2013) doporučuje používat pojem EIB namísto EIA, protože tento výraz nepojednává o samotném základním onemocnění bronchiálním astmatem, nebo že by cvičení způsobovalo astma. V případě potřeby rozlišit skupiny pacientů s astmatem, resp. bez astmatu je vhodné označení EIB<sub>A</sub> (EIB with asthma) resp. EIB<sub>W<sub>A</sub></sub> (EIB without asthma) (Bonini & Palange, 2015). Bronchokonstrikce popisuje zúžení bronchů, a respektuje komplexní průvodní mechanismus vzniku, navíc pojem není zatížen podmínkou souběžného onemocnění průduškovým astmatem (Bonini & Palange, 2015). V tomto dokumentu bude užít jednotný termín *námahou vyvolaná bronchokonstrikce*.

### 3.2 Klinické příznaky doprovázející EIB

Při bronchokonstrikci se mohou projevit příznaky jako kašel, kýčání, sípání, dušnost, pocit tíže, tlaku nebo bolest na hrudi, zvýšená únava, pokles fyzické výkonnosti, zvýšená sekrece. Popsané příznaky nemusí značit pouze manifestaci EIB, ale i jinou příčinu a pro správnou léčbu je potřeba získat přesnou diagnózu (Holomichl, 2018; Kolář, 2020).

Mezi dalšími příznaky se může projevit únava po zátěži, horší než očekávaný sportovní výkon, a obzvláště děti se mohou vyhýbat pohybovým aktivitám. Při stavech dušnosti a sípání, které se rychle zhoršují a znesnadňují dýchání, nebo při stavech, které neustupují ani po užití předepsaného inhalačního přípravku je vhodné vyhledat odbornou pomoc. Pokud zůstává stav neléčen může negativně ovlivnit kvalitu života, kvůli neschopnosti vykonávat fyzickou aktivitu. V horších případech může dojít k ohrožení na životě, zvláště u lidí se špatnou kontrolou nad průduškovým astmatem (MayoClinic, 2022). Nicméně většina lidí s EIB je schopna pokračovat v cvičení a zůstat aktivní, pokud léčí své příznaky. Léčba obsahuje farmakoterapii a jiné kroky k předcházení symptomů před samotnou fyzickou aktivitou (MayoClinic, 2022).

Zeiger a Weiler (2020), konstatují že v důsledku EIB i dalších respiračních obtíží se může u atletů rozvinout dysfunkční dechový vzor.

### **3.2.1 Fáze klinické manifestace**

- V první fázi na začátku fyzické aktivity dochází k přechodně bronchodilataci, většinou mezi 3. až 6. minutou zátěže.
- Druhá fáze se přichází po 6 až 8 minutách pohybové aktivity a projevuje se bronchokonstrikcí. Zúžení dýchacích cest nabývá vrcholu po 5 až 15 minutách po přerušení cvičení a spontánně odezní do jedné hodiny.
- Třetí fází je refrakterní perioda, tedy období trvající až několik hodin, při němž se bronchokonstrikce projeví minimálně nebo vůbec i při intenzivní zátěži. Podmínkou je přirozené odeznění bez podání léků. Projevuje se protektivní funkce vyplaveného prostaglandinu E2 (Holomichl, 2018; Kolář, 2020).

### **3.3 Prevalence**

Prevalence EIB u běžné populace je přibližně 5–20 % (Aggarwal, Mulgirigama, & Berend, 2018). Pouze málo epidemiologických studií rozlišuje jedince s průduškovým astmatem od běžné populace, a proto je prevalenci v neastmatické společnosti těžké zhodnotit (Weiler et al., 2010). Až 90 % astmatiků má EIB (Weiler et al., 2010). Zvýšená prevalence EIB je opakovaně hlášena u řady sportujících populací, včetně elitních, vysokoškolských, středoškolských a rekreačních sportovců, především při dlouhodobější expozici studeného a suchého vzduchu (Kippelen & Simpson, 2020). Aggarwal et al. (2018) srovnávají tvrzení řady autorů a odhadují prevalenci kolem 30–70 % mezi vrcholovými sportovci a olympioniky. Výsledky se liší v závislosti na prostředí, ve kterém je sport vykonáván, a typu sportu a maximální dosažené intenzitě.

Průduškové astma anebo EIB je považováno za nejméně častý chronický zdravotní stav ve vrcholovém sportu (Kippelen & Simpson, 2020).

Dle Larssona et al. (1993) se vyskytuje EIB u třetiny švédských běžců na lyžích. Pro průkaz byl využit metacholinový test a přítomnost dvou klinických příznaků. Pouze u 10 % pozitivně testovaných bylo předem vysloveno podezření na astmatické onemocnění.

Kolář (2020) ve své publikaci shrnuje prevalenci EIB u olympioniků. V roce 1984 bylo hlášeno EIB u 8,4 % australských účastníků olympijských her (OH). V roce 1996 byl tento jev hlášen u 15,3 % účastníků letních OH, na zimních hrách v roce 1998 to bylo již 21,9 %. Novější studie z let 2005 a 2007 ukazují další vzestup četnosti u potenciálních účastníků OH v Itálii a Finsku, a to až 34,7 % v Itálii resp. 26,5 % ve Finsku. EIB není přítomno pouze u atletů zimních sportů, ale stále častěji je hlášeno i mezi sportovci věnujícími se letním sportům. Navyšující se počet lidí s EIB a astmatem můžeme přikládat jednak zevním faktorům, jako zvýšený výskyt alergenů, ale i lepší diagnostice a povědomí ošetřujících lékařů. Podle 8 průřezových studií za posledních 5 let se výskyt EIB zvýšil o 25 až 35 % (Kolář, 2020).

Prevalence u dětí je také hlášena vyšší než u běžné populace a dosahuje hodnot 3-35 %, jak uvádí Aggarwal et al. (2018). Děti žijící v městském prostředí mají větší pravděpodobnost, že se u nich projeví EIB, oproti dětem z venkovského prostředí (Sudhir & Prasad, 2003).

### **3.4 Populace ohrožené EIB**

Epidemiologické studie hlásí poměrně vysoké procento EIB u jinak zdravé populace. V obzvláště velkém riziku jsou astmatici a pacienti s alergiemi, alergickou rinitidou, atopiemi. Dále jsou ve zvýšeném riziku rozvoje EIB sportovci. Potenciální riziko se zvyšuje u sportů vyžadující kontinuální zátěž více než 5 až 8 minut, provozovaných na suchém a studeném vzduchu (Holomichl, 2018). Výskyt se zvyšuje i u letních sportů v prostředí vyššího znečištění vzduchu. Takovým prostředím mohou být například sportoviště v blízkosti dopravních komunikací, kde je kvůli automobilovému průmyslu vyšší koncentrace ozonu. Bylo prokázáno, že děti, které sportují na takových hřištích mají až 3,3krát vyšší riziko rozvoje bronchiálního astmatu a EIB oproti dětem, které sportují v čistějším prostředí, nebo nesportují vůbec (Kolář, 2020). Vnitřní prostředí plaveckých bazénů, kde je teplý a vlhký vzduch se zdá být v rozporu s rizikem rozvoje EIB. Přesto je výskyt bronchiálního astmatu a průduškové hyperreaktivitu u plavců zvýšený. Důvodem se zdá být velké množství chemických látek, především sloučenin chloru, kumulujících se těsně nad hladinou. Z důvodu dlouhodobého vdechování znečištěného vzduchu se poškozuje epitel dýchacích cest a plavci během kariéry v rostoucím riziku EIB (Koehle, 2020). V tabulce 1 je přehled rizikovosti některých sportů vzhledem k EIB.

**Tabulka 1**

Přehled rizikivosti některých sportů vzhledem k EIB (upraveno) (Holomichl, 2018).

Rizikovitost		
Nízká	Střední	Vysoká
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sporty s kontinuální zátěží pod 5–8 minut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Většina týmových sportů</li> <li>• Usilovná zátěž trvající souvisle zřídka déle než 5–8 minut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sporty s kontinuální zátěží více než 5–8 minut</li> <li>• Sporty provozované na suchém, studeném vzduchu</li> </ul>
atletika sprinty střední tratě do 1500 m skoky vrhy desetiboj	fotbal	atletika delší tratě nad 1500 m závodní chůze
tenis	basketbal	cyklistika
gymnastika	rugby	běh na lyžích
golf	házená	biatlon
posilování	sjezdové lyžování	moderní pětiboj
box		hokej
volejbal		plavání

### 3.5 Etiologie a rizikové faktory

Rozvoj námahou vyvolané bronchokonstrikce se zdá mít souvislost s hyperventilací, vdechováním studeného a/nebo suchého vzduchu a poškození epitelu plic způsobené chlórém a jemnými částicemi ve vdechovaném vzduchu (Koya, Ueno, Hasegawa, Arakawa, & Kikuchi, 2020).

Zvýšená prevalence EIB u vrcholových sportovců je připisována vysoké ventilaci při minutovém objemu až 200 litrů za minutu, kterou sportovec udržuje delší časový úsek. Vysoká ventilace vyžaduje během cvičení vyšší dechovou frekvenci a dechový objem, a zároveň změnu z dýchání nosem na dýchání ústy (Kippelen & Simpson, 2020). Patogenezi rozvoje EIB shrnuje obrázek 1.

#### *Teplotní teorie*

Dýchání ústy mění kvalitu vdechovaného vzduchu a kvůli snížené teplotě a nižší vlhkosti dochází k ochlazení a dehydrataci dolních dýchacích cest. A oba tyto jevy vedou k vyššímu riziku zúžení dýchacích cest (Kippelen & Simpson, 2020). Dle teplotní teorie vzniku EIB nastává

po ochlazení dýchacích cest opětovně prohřátí a pokles ventilace v důsledku snížení pohybové aktivity a nároku tkání na kyslík. Tato změna teplotního gradientu vyvolává přechodnou vazokonstrikci následnou reakční hyperémií a edém stěny dýchacích cest. Edém v konečném důsledku způsobí zbytnění mukózy a zúžení dolních dýchacích cest. Vytrvalostní sportovci jsou ve vyšším riziku rozvoje EIB, protože jsou schopni udržet vysokou ventilaci po delší dobu než netrénovaní jedinci. Ochlazení dýchacích cest je o to více zvýrazněné při vdechování studeného vzduchu v chladném zimním počasí. I přesto jsou hlášeny případy EIB při vdechování teplého vzduchu a samotná změna teplotního gradientu nevysvětluje celou příčinu EIB (McFadden, Lenner, & Strohl, 1986).

#### *Osmotická teorie*

Andersonová (1984) udává, že nejvýraznějším stimulem pro EIB není změna teploty, ale ztráta vody a dále rozvádí tzv. osmotickou teorii vzniku EIB. Tvrzení opírá o fakt, že bronchiální obstrukce je vyvolatelná i při vdechování izotermního vzduchu s nízkou vlhkostí. Navíc astmatici jsou mimořádně citliví na inhalaci hypertonických aerosolů. Reprodukovatelné zúžení dýchacích cest se vyskytuje při různých teplotách vdechovaného vzduchu. Množství vydechaných vodních par je relativně konstantní a bronchiální obstrukce přímo souvisí ztrátami vody a změnou osmolarity v epitelu stěny dýchacích cest.

Ztráta vody vypařováním způsobuje přechodně zvýšenou koncentraci iontů sodíku, chlóru a vápníku v kapalině na povrchu dýchacích cest. Tato změna osmolarity vede k uvolňování mediátorů z okolních buněk, jako jsou epiteliální buňky, žírné buňky, eozinofily a buňky senzoryckých nervů. Buňky epitelu produkují tkáňový hormon prostaglandin E2, který patří do skupiny prozánětlivých mediátorů, ovšem způsobuje i relaxaci hladké svaloviny, a má tedy bronchodilatační účinek. Dalšími uvolněnými mediátory jsou prostaglandin D2, neurokinin A, leukotrieny, které naopak zúžují dýchací cesty působením přímo na hladkou svalovinu průdušek, nebo nepřímo na senzitivní nervy (Kippelen, Anderson, & Hallstrand, 2018; Torres, Picado, & de Mora, 2015).

Změny podmínek prostředí, jako je teplota a vlhkost, ovlivňují stupeň bronchokonstrikce při cvičení. Teplý a vlhký vzduch vede ke snížení bronchokonstrikce, naopak studený a suchý ve k jejímu zvýšení (Kippelen et al., 2018).

#### *Neurální aktivace*

Dalším mechanismem provokující EIB se zdá být neurální aktivace (Atchley & Smith, 2020). Nervy, které zprostředkovávají bronchokonstrikci jsou přímo aktivovány osmotickým stresem a vyplaveným mediátorem prostaglandinem D2, který je produkován žírnými buňkami. Aktivace



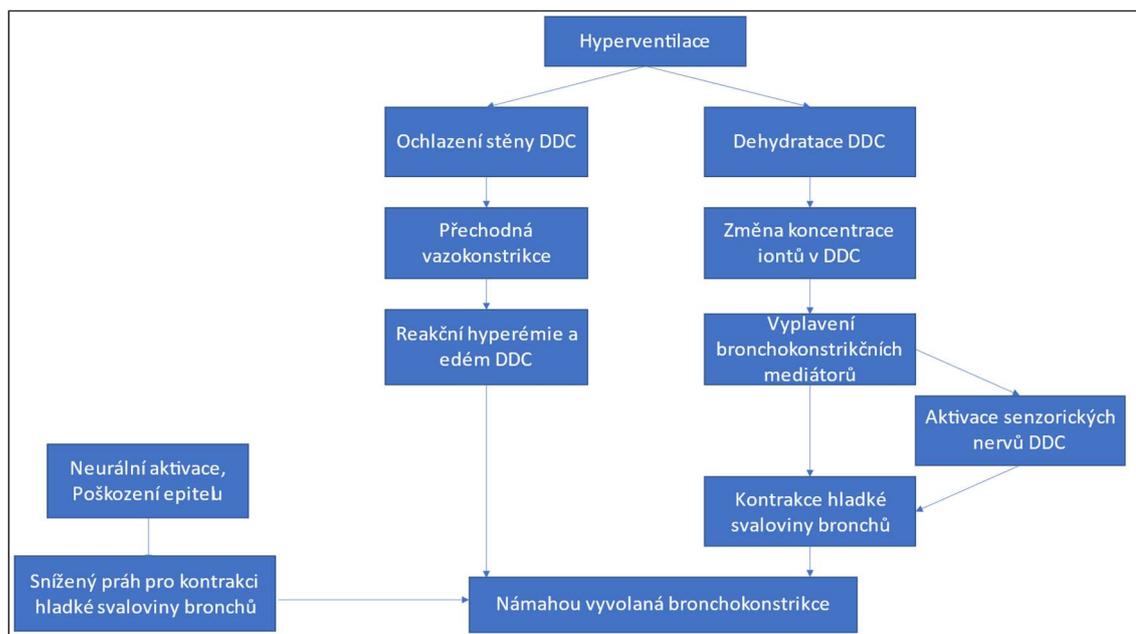
senzorických nervů alespoň částečně způsobuje stah hladké svaloviny bronchů (Maher et al., 2015). Hallstrand et al. (2007) vysledovali korelaci mezi zvýšením produkce neurokinetinu A a leukotrienů a zvýšenou produkcí hlenu podílejícího se na obstrukci dýchacích cest u astmatických jedinců. Na regulaci průduškové obstrukce se podílí i autonomní nervový systém (Atchley & Smith, 2020). U výkonnostních sportovců je prokázána vyšší aktivita parasympatiku a snížená aktivita sympatického nervového systému, což se zdá být v důsledku zvýšené vagové aktivity. Zvýšený vagový tonus podporuje stimulaci parasympatiku a tím snižuje práh pro kontrakci hladké svaloviny průdušek (Couto et al., 2015).

### Poškození epitelu

Epitel dýchacích cest tvoří přirozenou bariéru mezi vnějším prostředím a sliznicí dýchacích cest. Buňky epitelu na sebe naléhají velmi těsně a omezují tak pronikání alergenů, patogenů, polutantů a dalších toxických látek (Kippelen et al., 2018). Nadměrná ventilace při cvičení může způsobit akutní narušení epitelu dýchacích cest (Chimenti et al., 2010). Narušení epitelu usnadňuje pronikání cizorodých látek a potencuje zánětlivou reakci s následnou bronchokonstrikcí. Během pylové sezóny se závažnost obstrukce zvyšuje při cvičení ve venkovním prostředí u jedinců s průduškovým astmatem a alergiemi (Choi, Ki, Kim, Han, & Seo, 2012).

### Obrázek 1.

Diagram patogeneze EIB



Poznámka. DDC – dolní dýchací cesty

## 3.6 Diagnostika

Diagnózu EIB je možno stanovit pomocí pečlivé osobní a rodinné anamnézy, vyšetření plicních funkcí a dále několika objektivními testy, které sledují potestové změny v jednosekundové vitální kapacitě (FEV<sub>1</sub>, forced expiratory volume in first second) (Holomichl, 2018; Parsons et al., 2013).

### 3.6.1 Anamnéza

V rámci komplexní anamnézy pátráme po známkách astmatických a alergologických projevů v dětství a u rodinných příslušníků. A jejich podmínění na fyzické aktivitě. Vhodnými cílenými dotazy mohou být dle Holomichla (2018), volně upraveno:

- Máte dechové obtíže při zátěži?
- Kdy se příznaky projevují a jak dlouho trvají?
- Ve které fázi zátěže se obtíže objevují (na začátku, v průběhu, po skončení)?
- Vyskytují se při každém cvičení nebo pouze v určitém prostředí?
- Mátě nějaké alergické projevy?
- Máte jiné zdravotní problémy?
- Užíváte dlouhodobě nějakou medikaci?
- Vyskytují se ve vaší rodině alergie?

### 3.6.2 Vyšetření plicních funkcí

Diagnózu není možné stanovit pouze na základě anamnézy a klinického vyšetření (Rundell et al., 2001). Objektivní testy a diferenciální diagnostika je základem pro stanovení EIB (He & Song, 2022).

Spirometrie je vyšetření, kterým přímo měříme objemy a kapacity plicní ventilace. Vyšetření probíhá většinou tak, že po krátkém klidovém dýchání pacient provede několik manévřů maximálního nádechu a maximálního výdechu, součástí bývá vyšetření usilovné vitální kapacity podobným manévrem navíc s využitím maximálního úsilí (Kandus & Satinská, 2001).

#### *Křivka průtok-objem*

Jedná se o základní vyšetřovací metodu pro zjištění dynamických ventilačních parametrů a také hodnoty výdechových rychlostí neboli průtoků. Jedná se grafické znázornění v souřadnicovém systému a vyjadřuje vztah mezi průtokem vzduchu dýchacími cestami a

objemem usilovně vydechnutého a nadechnutého vzduchu. Zkráceně můžeme najít označení křivka F-V (Kandus & Satinská, 2001).

#### *Parametry plicních funkcí*

Objemy a kapacity naměřené spirometrií můžeme dělit na statické a dynamické a přiřazujeme k nim procentuální hodnoty srovnávané s náležitými hodnotami, které jsou určeny pohlavím, věkem, výškou a váhou pacienta (Neumannová, Kolek, Zatloukal, & Klimešová, 2018).

Mezi statické plicní objemy a kapacity řadíme následující (Kandus & Satinská, 2001):

- Dechový objem – objem nadechnutého a vydechnutého vzduchu při klidovém dýchání. Fyziologická hodnota dechového objemu je 0,5 litru.
- Vitální kapacita (VC) – objem vzduchu, který je možné maximálně vydechnout po maximálním nádechu.
- Usilovná vitální kapacity (FVC) – vitální kapacita při usilovném výdechu.
- Celková plicní kapacita – celkový objem vzduchu na konci maximálního nádechu.
- Reziduální objem – objem vzduchu, který zbývá v plicích po maximálním výdechu.
- Funkční reziduální kapacita – objem vzduchu, který zbývá v plicích po klidovém výdechu.

Mezi dynamické plicní objemy řadíme následující (Kandus & Satinská, 2001):

- Minutová ventilace – množství vydechnutého vzduchu za 1 minutu.
- Maximální minutová ventilace – maximální objem vzduchu, který je možno proventilovat za 1 minutu.
- Usilovně vydechnutý objem za 1 s ( $FEV_1$ ) – objem vzduchu, který je vydechnut během první sekundy usilovného výdechu.
- Tiffenauův index ( $FEV_1/FVC$ ) poměr usilovně vdechnutého vzduchu za 1 s a usilovné vitální kapacity v procentech.

#### *Měření síly respiračních svalů*

Maximální okluzní ústní tlak při nádechu ( $PI_{max}$ ), maximální okluzní ústní tlak při výdechu ( $PE_{max}$ ) a okluzní ústní tlak měřený v prvních 100 ms po začátku nádechu při klidném dýchání ( $P_{0,1}$ ) jsou objektivní a validní parametry pro určení globální síly nádechových a výdechových svalů.  $PI_{max}$  se měří během Müllerova manévru, tedy během maximálního statického nádechového úsilí v ústech, se zacpaným nosem.  $PE_{max}$  se měří Valsalvovým manévrem, tedy

maximálním výdechovým úsilím. Normální hodnoty mají širokou variabilitu a jsou závislé na pohlaví, věku, hmotnosti a výšce. Měření parametru  $P_{0,1}$  probíhá za klidového dýchání a je zjišťován okluzní ústní tlak v prvních 100 ms nádechu. Standardně se měří v napřímeném sedu pomocí náustku, kdy pacient má nasazen nosní klip (Žurková & Shudeiwa, 2012).

### **3.6.3 Provokační diagnostické testy**

Pro objektivní testování využíváme několik druhů testů, přičemž všechny využívají změnu  $FEV_1$  jako diagnostické kritérium. Zátěžová spirometrie nám umožňuje sledovat změny plicních funkcí a ponámahové obtíže. Přímé bronchokonstrikční testy využívají farmakologické látky, jako histamin, metacholin a manitol (Holomichl, 2018). Kdežto nepřímé provokační testy fyzickou námahu. Nepřímé testy jsou citlivější a specifitější, protože dochází k uvolnění většího spektra bronchokonstrikčních mediátorů (Čižnár, 2011). V dětském věku se nepřímým metodám dává přednost. Zátěž se provádí nejčastěji na rotopedu, běžeckém pásu, chůzí do schodů nebo jinou fyzickou aktivitou, která zvyšuje míru dýchání (Holomichl, 2018). Zátěž musí trvat minimálně 6–8 minut a tepová frekvence musí dosáhnout 80–90 % maximální hodnoty (Čižnár, 2011). Po ukončení testu se provádí měření plicních funkcí 5, 10, 15, a 30 minutách. Za pozitivní výsledek Holomichl (2018) považuje snížení  $FEV_1$  o více než 12 % a společně v kombinaci s měřením biomarkerů zánětu, jako je koncentrace oxidu dusného ve vydechovaném vzduchu (FeNO) je možno s velkou jistotou potvrdit, nebo vyvrátit bronchokonstrikci.

ATS v ve svých guidelines doporučuje porovnání klidové a pozátěžové spirometrie, kdy jako pozitivní průkaz hodnotí pokles parametru  $FEV_1$  o více než 10 %. Závažnost EIB škáluje jako mírnou, střední a těžkou. Za mírnou považuje pokles o více než 10 % ale méně než 25 %, střední jako pokles o 25 % a více, ale méně než 50 % a těžkou závažnost při snížení  $FEV_1$  o více než 50 % (Parsons et al., 2013).

Dalšími objektivními metodami pro průkaz EIB u vrcholových sportovců mohou být bronchodilatační test, metacholinový provokační test, hypertonický provokační test, suchý práškový mannitolový provokační test, histaminový test a test eucapnické volní hyperventilace (EVH, eucapnic voluntary hyperpnea) (He & Song, 2022). EVH byl navrhován jako standard pro diagnostiku EIB. Pro široký rozsah senzitivity a specifity, nízkou reliabilitu a vysoké náklady nemůže být považován za zlatý standard (Hull, Ansley, Price, Dickinson, & Bonini, 2016).

#### *Metacholinový provokační test*

Metacholin je látka, která provokuje bronchokonstrikci. Je biologicky nezávadný a v těle je rychle odbouráván. Při testu je metacholin inhalován klidným dechem ve vodném roztoku

skrže nebulizátor po dobu 1 minuty a více. Oproti dřívějším standardům metacholinevého provokačního testu je doporučeno neposuzovat provokační koncentraci. Výsledek by měl být stavěn na základě provokační dávky, která způsobuje snížení FEV<sub>1</sub> o 20 %. Provokační dávka je stanovena na základě koncentrace, počtu a objemu dechů. Koncentrace se při každé další inhalaci zvyšuje na 2 nebo 4násobek. Maximální dávka je 400 mikrogramů, pokud nejvyšší dávka nezpůsobí pokles FEV<sub>1</sub> o 20 % je provokační dávka určena jako vyšší než cílová dávka. Metacholinový test se používá ke stanovení funkce hladké svaloviny bronchů a k měření bronchiální hyperreaktivity (Coates et al., 2017).

#### *Test eukapické volní hyperventilace*

EVH byl navržen na základě předpokladu, že vysoká ventilace suchého vzduchu je hlavní příčinou EIB. Při tomto testu provádí proband volní hyperventilaci ze zásobníku suchého vzduchu, který obsahuje 5 % oxidu uhličitého, 21 % kyslíku a 74 % dusíku. Test je prováděn po dobu 6 minut. Výhodou tohoto testu je, že maximální ventilace je dosažena velmi rychle a snižuje se tak časová náročnost testu. Pozitivita testu je považována při poklesu FEV<sub>1</sub> o více než 10 % (Oliver, Dickinson, & Brannan, 2020). Jedná se o nepřímý provokační test a je vysoce specifický (Cockcroft & Davis, 2009). EVH je pravděpodobně nejvíce senzitivní bronchoprovokační test pro EIB a je schválený jako diagnostický prostředek pro vrcholové sportovce Mezinárodní olympijským výborem (Randolph, 2011).

#### *Zátěžový test*

Zátěžový test bývá obvykle prováděn na běhacím páse. Dle aktuálních doporučení je test prováděn při tepové frekvenci alespoň 80 % z odhadnuté maximální tepové frekvence (TF<sub>MAX</sub>). Odhad probíhá výpočtem TF<sub>MAX</sub> = 220 - věk. Požadované tepové frekvence by mělo být dosaženo do 2 minut a následně udrženo 6 minut. Kritérium pro pozitivitu testu je pokles alespoň o 10 % v parametru FEV<sub>1</sub> (Randolph, 2011).

### **3.7 Diferenciální diagnostika**

Symptomy jako tíže na hrudi, sípání, kašel, nedostatečnost dechu, které se objevují v souvislosti s cvičením mohou indikovat celou řadu patologií v respiračním systému (Olin & Hull, 2018). EIB nelze diagnostikovat pouze na základě anamnézy a klinického vyšetření. Potřebné jsou objektivní testy prokazující snížení plicních funkcí v souvislosti se zátěží (Parsons et al., 2013).

V diferenciální diagnostice hrají roli patologie v oblasti nosu, nosních dutin a horních dýchacích cest. V diagnostice by mělo být zvaženy nemoci jako alergická rýma, chronická rýma, rhinosinusitida, infekce horních cest dýchacích a anatomické abnormality. Nos se podílí na filtraci a zvlhčování vdechovaného vzduchu, a proto mohou být patologie v oblasti nosu být komorbidní s EIB (Olin & Hull, 2018).

Dalším zdrojem obstrukce v souvislosti s cvičením je námahou vyvolaná hrtanová obstrukce (EILO, exercise-induced laryngeal obstruction). EILO je paradoxní stažení hrtanu při fyzické aktivitě, způsobující dechové obtíže u rekreačních i vrcholových sportovců (Tilles, 2018). EILO může existovat samostatně, nebo i zároveň s EIB (He & Song, 2022). V norské studii bylo sledováno 101 sportovců, kteří nereagovali na léčbu EIB. U 72 % z nich bylo následně zjištěno EILO pomocí kontinuální laryngoskopie během cvičení (Jansrud Hammer et al., 2022). Příznaky EILO jsou velmi podobné EIB a jejich podobnost často vede ke špatné diagnostice. Přesná příčina není známa. Rizikovými faktory pro rozvoj EILO mohou být astma, gastro-ezofageální reflux, nosní onemocnění, anatomické odchylky související s horními dýchacími cestami. Spouštěčem může být podobně jako u EIB chladný a suchý vzduch. Pro léčbu EILO je nedostatek dobře designovaných studií. Z farmakologické léčby jsou v literatuře navrhovány nosní steroidy, léky proti gastro-ezofageálnímu refluxu, inhalační anticholinergní léky a orální tricyklická antidepresiva. Z nefarmakologické léčby bývá doporučována logopedie, trénink nádechových svalů (IMT), terapie na oblast hrtanu zaměřující se na relaxaci a optimalizaci zapojení hrtanových svalů během fyzické aktivity. U těžkých případů je možno zvážit chirurgickou léčbu (Clemm et al., 2022).

Jiná plicní onemocnění a onemocnění srdce by měli být posouzeny, stejně jako celkově špatná fyzická kondice (Holomichl, 2018).

### **3.8 Farmakologická léčba**

Léčba EIB byla studována hlavně u pacientů se souběžným průduškovým astmatem. Terapeutické možnosti u pacientů bez souběžného astmatu jsou prozkoumány méně. Pokud se EIB objevuje často u pacientů se špatně kontrolovaným astmatem, je nejdůležitější strategií zlepšit celkovou kontrolu nad onemocněním. V tomto ohledu jsou nejvíce využívány inhalační glukokortikoidy (IGC), dále potom antileukotrieny (Backer & Mastronarde, 2018).

Doporučenou profylaktickou léčbou před fyzickou námahou jsou inhalační krátce působící beta-2 agonisté (SABA). A to jak u pacientů se souběžným bronchiálním astmatem, tak u pacientů bez něj (Backer & Mastronarde, 2018).

### *Beta-2 sympatomimetika*

Jedná se o úlevové léky a podle délky trvání rozlišujeme krátkodobě působící (SABA) a dlouhodobě působící (LABA). Krátkodobě působící jsou například salbutamol, prodejným názvem ventolin, a fenoterol, jenž je součástí hromadně vyráběného léčivého přípravku Berodual. Dlouhodobě působící jsou přípravky obsahující formoterol (např. Formovent nebo Foradil) (Opavský, 2021)

SABA jsou považovány za neefektivnější preventivní lék, který zamezuje výskytu poklesu FEV<sub>1</sub> během cvičení. U přibližně 70 % pacientů je pokles nižší než 10 %. Efekt obvykle trvá 2 až 4 hodiny (Bonini & Hull, 2020). Přestože tyto léky působí primárně na beta-2 receptory, mají mírný účinek na beta-1 receptory, jejichž aktivace má chronotropní účinek a zvyšují tak riziko rozvoje palpitací a srdečních arytmií (Opavský, 2021).

Ukazuje se, že časté užívání SABA a/nebo LABA vede postupem času ke zmenšení protektivního účinku a ke zkrácení jeho trvání. Denní užívání může vyústit ke zhoršení původní EIB (Bonini & Hull, 2020).

### *Inhalační glukokortikoidy*

IGC jsou léky, které se společně s xantiny, antileukotrieny a monoklonálními protilátkami řadí mezi léčiva pro kontrolu nad astmatem (Opavský, 2021). IGC mají protizánětlivý účinek, snižují syntézu a vyplavování prostaglandinů a zvyšují citlivost beta-2 receptorů (Sekiyama et al., 2012). Pravidelné užívání IGC je klíčové pro kontrolu nad zánětlivým procesem u astmatických jedinců (Bonini & Hull, 2020). Po 4 týdnech pravidelného užívání IGC se prokazatelně snižuje pokles FEV<sub>1</sub> u pacientů s EIB (Koh, Tee, Lasserson, & Irving, 2007). Inhalační forma navíc výrazně snižuje nežádoucí systémové účinky glukokortikoidů oproti perorální nebo injekční aplikaci (Opavský, 2021).

#### **3.8.1 Léky a doping**

Obecně se jeví farmakologická léčba pomocí IGC jako málo využívaná mezi sportovci. Částečně pro primárně negativní pohled na steroidy jako takové. Mnoho sportovců se obává užívání IGC, kvůli neopodstatněnému strachu z posouzení jako podvod dopováním (Bonini & Hull, 2020).

Aplikace glukokortikoidů je regulována Antidopingovým výborem České republiky na základě Světového antidopingového kodexu. Regulace se rozlišuje při lokální a celkové aplikaci. Za lokální aplikaci se považuje použití mastí, krémů, očních a nosních kapek, nitrokloubní aplikace, a mj. i inhalační použití při respiračních obtížích. Takové použití není třeba nikde

oznamovat. Naopak při celkovém použití ve formě tablet, intravenózní a intramuskulární injekce, případně rektální aplikaci je potřeba udělení terapeutické výjimky (Chlumský & Paul, 2018).

Všechny přípravky využívající inhalační beta-2 agonisty jsou zakázány. Je možno zažádat o terapeutickou výjimku při léčbě průduškového astmatu a EIB. Od terapeutické výjimky je zcela osvobozeno následující inhalační podávání salbutamolu, salmeterolu, a formoterolu (Chlumský & Paul, 2018).

#### *Salbutamol*

Dávka při léčbě salbutamolem by neměla být vyšší než 1600 mcg za 24 hodin, přičemž maximální dávka v intervalu 12 hodin je 800 mcg. Za pozitivní nález se považuje přítomnost salbutamolu v moči při koncentraci vyšší než 1000 ng/ml. Salbutamol se prodává jako hromadně vyráběný léčivý přípravek (HVLP) pod názvem Ventolin Inhaler N, Ecosal Inhaler, Buventol. Jednorázová inhalační dávka HVLP Ventlin Inhaler N je 100–200 mg (Chlumský & Paul, 2018; Příbalový-leták.cz, 2013).

#### *Salmeterol*

Salmeterol se užívá samostatně nebo v kombinaci s glukokortikoidem. Nejvyšší povolená dávka je činí 200 mcg za 24 hodin. Salmeterol se prodává jako HVLP pod názvem Serevent, a v kombinaci s glukokortikoidem pod názvy Seretide nebo Duaspir (Chlumský & Paul, 2018).

#### *Formoterol*

Formoterol se také podává samostatně nebo v kombinaci s glukokortikoidem. Dávka formoterolu by neměla přesáhnout 54 mcg za 24 hodin. Za pozitivní nález se považuje přítomnost formoterolu v moči při koncentraci vyšší než 40 ng/ml. Formoterol se prodává jako HVLP pod názvem Symbicort v kombinaci s glukokortikoidem, a samostatně pod názvy Formano nebo Foradil.

Použití jakýchkoli jiných beta-2 agonistů je vázáno na terapeutickou výjimku (Chlumský & Paul, 2018).

### **3.8.2 Inhalační technika**

Inhalační podání léků je metoda první volby v léčbě řady respiračních onemocnění. Inhalační léky jsou k dispozici v různých inhalačních systémech (IS), které mají specifické charakteristiky a rozdílné inhalační techniky (Kašák & Kašáková, 2017). Nesprávná inhalační



technika může vést ke snížení efektivity léčby nebo k jejímu selhání (Bonini & Hull, 2020). Proto je důležitá důkladná edukace a pravidelná kontrola inhalační techniky. U všech pacientů je při výběru IS potřeba zvážit kognitivní stav, stav zraku, zručnost a manuální sílu jako předpoklad správného zvládnutí inhalačního manévru (Kašák & Kašáková, 2017).

Na českém trhu je k dispozici 16 různých IS a 2 jsou registrovány. IS dělíme do tří základních skupin. Jimi jsou aerosolové dávkovače (MDI, metered-dose inhalers), IS pro práškovou formu léku (DPI, dry powder inhalers) a nebulizátory (Kašák & Kašáková, 2017).

#### *Aerosolové dávkovače*

Pro MDI (obrázek 2) se inhalační manévr provádí klidným hlubokým výdechem a klidným hlubokým nádechem a následným zadržením dechu alespoň na 5 sekund (Kašák & Kašáková, 2017).

#### **Obrázek 2.**

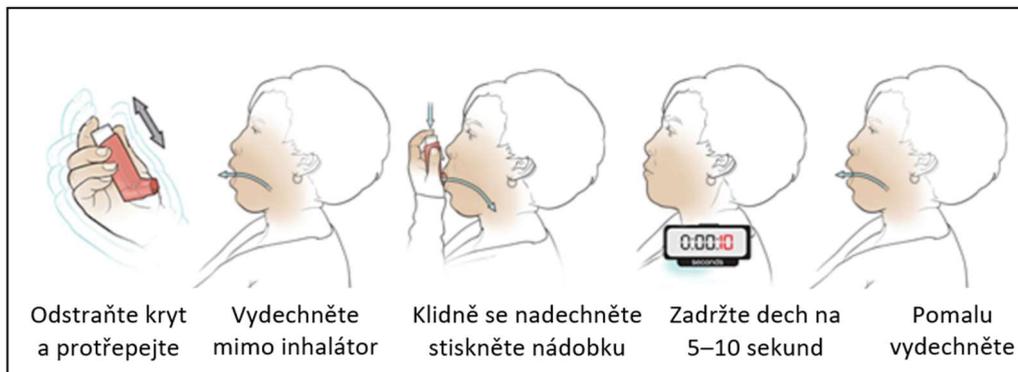
*Aerosolový dávkovač MDI ('Aerosolový dávkovač MDI', 2023)*



Před prvním použitím inhalátor protřepejte, sundejte kryt z náustku a dvakrát po sobě stiskněte kovovou tlakovou nádobku směrem od sebe. Při každém použití sundejte kryt z náustku a inhalátor protřepejte. Držte inhalátor mezi palcem a ukazovákem tak, že palec je na spodní straně inhalátoru pod náustkem a tlaková nádobka je svisle dnem vzhůru. Při inhalačním manévru napřed vydechněte mimo inhalátor, poté obemkněte náustek svými rty. Na začátku nádechu stiskněte kovovou nádobku a pomalu a zhluboka se nadechněte. Zadržte dech na minimálně 5 sekund, ideálně na 10 sekund. Vyjměte inhalátor z úst a vydechněte mimo inhalátor. Nasadte kryt zpátky na náustek. Specifickými chybami mohou být nesejmutí náustku, špatná koordinace zmáčknutí a nádechu, stisknutí dvakrát nebo vícekrát během jednoho nádechu (Kašák & Kašáková, 2017). Aerosolových dávkovače jsou celosvětově nejprodávánějším IS pro úlevovou léčbu. Jsou vhodné pro aplikaci HVLP Ventolin N Inhaler, Ecosal Inhaler, Berodual N, Flutiform a dalších (Kašák & Kašáková, 2017) Schéma pro inhalační manévr zobrazuje obrázek 3.

### Obrázek 3.

*Inhalační manévr pro inhalátor MDI (StayWell, 2022)*



### *Inhalační systémy pro práškovou formu léku*

Pro DPI (obrázek 4) se inhalační manévr provádí rychlým a hlubokým nádechem. Inspirační průtok může kontinuální nebo zvyšující se. Proto se u některých DPI doporučení prudký a hluboký nádech (Kašák & Kašáková, 2017).

Správná manipulace s IS a inhalační manévr je vždy součástí příbalového letáku. Přesto by měl zdravotnický personál nejen poskytnout informace, ale i praktické dovednosti při obsluze IS. Nejdůležitější je přímý nácvik inhalační techniky na placebech nebo trenážerech (Kašák & Kašáková, 2017).

### Obrázek 4.

*Diskus – inhalační systém DPI ('Diskus', 2023)*



### *Nebulizátory*

K inhalaci roztoků se používají nebulizátory (obrázek 5). Aerosol je z roztoku tvořen přes trysku nebo ultrazvukem. Využívají se především k inhalaci SABA a mukolytik, výjimečně pro inhalaci antibiotik a IGC (Vondra, 2009).

**Obrázek 5.**

*Ultrazvukový nebulizátor ('BIOTTER', 2023)*



Na stránkách [www.mujiinhalator.cz](http://www.mujiinhalator.cz) jsou k dispozici instruktážní videa k nejčastěji využívaným inhalačním systémům na českém trhu.

## 3.9 Nefarmakologická léčba

### 3.9.1 Dietní opatření

#### *Konzumace sodíku*

Vysoký příjem sodíku je spojován s vyšší prevalencí a závažností astmatu a tato zjištění platí i u jedinců s EIB. Přesný mechanismus není znám. Předpokládá se, že sůl může zvyšovat tonus a kontraktilitu hladké svaloviny v průduškách skrze narušení iontové rovnováhy v membráně svalových buněk (Williams et al., 2020). Studie naznačují, že jídelníček s nízkým obsahem sodíku (méně než 1500 mg a den) dodržovaný jeden až dva týdny, má pozitivní vliv na EIB u astmatických jedinců. Zatímco dieta s vysokým obsahem sodíku (vyšší než 5000 mg za den) má naopak zhoršující efekt (Mickleborough, 2010). V jiné studii byl porovnáván efekt jídelníčku s normálním a nízkým obsahem sodíku. V tomto případě nebyl pozorován terapeutický benefit na kontrolu astmatu (Pogson et al., 2008). Jídelníček se sníženým obsahem soli tak může být vhodný především u astmatických jedinců, kteří mají vyšší výchozí příjem sodíku (Pogson et al., 2008). Pro vrcholové sportovce nemusí být vhodné dlouhodobé dodržování jídelníčku s nízkým obsahem sodíku, nicméně mohou těžit k této diety při obdobích, kdy trénují v suchém a studeném prostředí. Toho může být využito i s dalšími farmakologickými i nefarmakologickými doporučeními. Je vhodné doplnit, že snížený příjem soli je efektivní pro zvládnání EIB, zatímco nemění klidové plicní parametry. To platí pouze u astmatických sportovců. Vliv sníženého příjmu sodíku na respirační funkce nebyl sledován u neastmatických sportovců (Williams et al., 2020).

#### *Konzumace kofeinu*

Kivity et al. (1990) prokázali, že kofein snižuje pokles parametru  $FEV_1$  po cvičení dvě hodiny po užití vysoké dávky 7 mg/kg. Z dat usuzují, že vysoká dávka kofeinu má výrazný vliv na prevenci EIB. VanHaitisma et al. (2010) porovnávali vliv kofeinu a albuterolu, který se řadí mezi SABA, na EIB. Ukázalo se, že kofein při dávce 6-9 mg/kg má výrazný bronchodilatační efekt. Navíc vysoká dávka 9 mg/kg má stejně vysoký protektivní efekt na bronchokonstrikci jako albuterol. Takto vysokou dávku je obtížné získat běžným stravováním. Avšak může jí být dosaženo pomocí tablet, nebo práškovou formou. Je třeba brát v úvahu souběžnou konzumaci kofeinových nápojů, v nichž se obsah kofeinu může výrazně lišit. Výhody vysoké konzumace kofeinu, jako preventivního opatření proti EIB, musí být zváženy oproti potenciálním vedlejším efektům (Williams et al., 2020).

### *Konzumace omega-3 mastných kyselin*

Omega-3 polynenasycené mastné kyseliny snižují zánět dýchacích cest. Suplementace rybího tuku, konkrétně kombinace kyselin eikosapentanové (3,2 g/den) a docosahexanové (2,2 g/den) po dobu deseti týdnů prokazatelně snížila produkci luekotrienů a neutrofilů u astmatických jedinců. Ovšem neměla významný efekt pro parametr FEV<sub>1</sub> po cvičení (Arm et al., 1988). K podobným výsledkům došli i Mickleborough a kolektiv (2003) ovšem vyzorovali významné snížení užívání bronchodilatačních látek po dvou týdnech u skupiny na dietě obohacené o omega-3 mastné kyseliny oproti placebo skupině.

### **3.9.2 Režimová opatření**

#### *Masky pro výměnu tepla a vlhkosti*

Cvičení v chladném a suchém prostředí může vyvolávat EIB obzvláště při vyšší minutové ventilaci. Pro zmírnění obtíží, způsobených chladným vzduchem je možné využívat obličejové masky, výměníky tepla a vlhkosti (HME, heat and moisture exchangers). Tyto masky (obrázek 6) předešívají vdechovaný vzduch a zároveň odvádějí vlhkost z vydechovaného vzduchu při minimálním přídatném odporu (Williams et al., 2020). Několik autorů uvádí protektivní vliv HME vůči poklesu FEV<sub>1</sub> jak u zdravých, tak astmatických jedinců při fyzické aktivitě v chladných podmínkách (Hanstock, Ainegren, & Stenfors, 2020). Lucato et al. (2015) konstatují, že užívání HME nemění plicní objemy ani sílu respiračních svalů. Navíc dodávají, že masky mohou mít ochranný význam při výskytu respiračních infekcí. Využití HME je třeba zvážit individuálně s ohledem na nepohodlí, rozptýlení a zvýšenou rezistenci při dýchání (Hanstock et al., 2020).

## Obrázek 6.

Maska pro výměnu tepla a vlhkosti (Jackson et al., 2020)



Poznámka. a, Proband se SHAM maskou během cvičení. b, Maska pro výměnu tepla a vlhkosti. c, SHAM maska

### Rozcvičení

Rozcvičení je úvodní částí cvičební jednotky. Znamená přípravu na cvičení. Prostředky rozcvičení by měli být zvoleny tak, aby je cvičenec dobře ovládal, nebo by měli být jednoduché. Při rozcvičení můžeme zvyšovat tempo, a dochází při něm k přehřátí organismu i tonizaci vegetativního nervového systému. Součástí mohou být pohybové hry nebo jednoduchý poklus (Dvořák, 2003).

Po iniciální odpovědi dýchacích cest na zátěž, která se projeví snížením  $FEV_{1,}$  nastává refrakterní období. Toto období může trvat 1–4 hodiny po spontánním odeznění (Williams et al., 2020). Během tohoto období se nový záchvat neprojeví ani po výrazné námaze (Kolář, 2020). U části populace se projeví nižší intenzitou (Elkins & Brannan, 2013). V refrakterním období jsou vyplaveny prostaglandiny, které mají bronchoprotektivní účinek, a hladká svalovina dýchacích cest je méně citlivá na bronchokonstrikční mediátory (Boulet & O'Byrne, 2015). Elkins a Brannan (2013) uvádějí, že rozcvičení před zátěží může být efektivní nefarmakologický prostředek pro snížení EIB.

Tato refrakterní perioda může být využita ke snížení závažnosti EIB, pokud intenzita rozcvičení je pod 60 % maximální tepové frekvence ( $TF_{MAX}$ ). Kontinuální rozcvičení by mělo trvat do 15 minut (Gotshall, 2002). Elkins a Brannan (2013) porovnávali různé režimy rozcvičení

v celkem 7 studiích. Intervalový režim rozcvičení, který obsahoval sérii 30sekundových sprintů, významně redukoval pokles FEV<sub>1</sub> v následném zátěžovém testu. Režim kontinuální nízké intenzity, který obsahoval běh na běžeckém pásu o intenzitě 60 % TF<sub>MAX</sub>, také významně redukoval pokles FEV<sub>1</sub>. Režim kontinuální vysoké intenzity, při kterém probandi cvičili s 80–90 % TF<sub>MAX</sub>, nevykazoval statisticky významnou redukci poklesu FEV<sub>1</sub>. Posledním režimem bylo rozcvičení s variabilní intenzitou, i tady byla pozorována statisticky významná redukce poklesu FEV<sub>1</sub>.

Z dostupných důkazů vyplývá, že efektivita v ochranně proti EIB je srovnatelná, když bylo využito rozcvičení vysoce intenzivní intermitentní formy a cvičení s proměnlivou intenzitou. Intervalové cvičení může být vhodnější, protože je jednodušší pro standardizaci a pro tuto strategii existuje větší evidence. Ze zjištění vyplývá, že strategie zahrnující cvičení, které se intenzitou přibližuje k maximální spotřebě kyslíku nebo maximální tepové frekvenci může být krátkodobou nefarmakologickou alternativou ke snížení EIB (Stickland, Rowe, Spooner, Vandermeer, & Dryden, 2012).

Williams a kolektiv (2020) navrhuji jednu z následujících variant cvičení, jako vhodný způsob pro redukci EIB.

- Dvě série 26sekundových sprintů s pauzou 90 sekund a 5 minutami odpočinku mezi sériemi
- Osm 30sekundových sprintů o maximálním úsilí s pauzou 45–90 sekund mezi jednotlivými sprinty

Jedinci s EIB by se měli vyvarovat namáhavé fyzické aktivitě v chladném a suchém prostředí, protože EIB bývá vyvoláno chladným, suchým vzduchem. Stejně tak by se tito jedinci měli vyhnout cvičení ve znečištěném prostředí, které může obsahovat různé polutanty, toxické látky, pyly a jiné alergeny, které všechny dráždí dýchací cesty (Gordon, 1993).

#### *Dýchání nosem*

Dýchání nosem vytváří výrazně vyšší odpor proudu vzduchu, což vede k vyššímu využití kyslíku, Zároveň při dýchání nosem jsou filtrovány nečistoty a vzduch je ohříván a zvlhčován (McKeown, 2021). Recinto et al. (2017) nezaznamenali rozdíl ve výstupním výkonu Wingate testu mezi nosním a ústním dýcháním. Dýchání nosem přinášelo nižší ventilační ekvivalent pro kyslík, relativní spotřeba kyslíku byla stejná. Další výzkum naznačuje, že striktní dýchání nosem je proveditelný způsob, jak zlepšit respirační zdraví zejména u astmatiků a jedinců s EIB. Dostupné důkazy ukazují že většina zdravých jedinců by měla být schopna vést aerobní aktivity

střední intenzity a krátkodobě i anaerobní cvičení výhradně dýcháním skrze nos. Vyšší intenzity vyžadují dlouhodobou adaptaci (Dallam & Kies, 2020).

### *Fyzický trénink*

Přestože aerobní trénink může provokovat EIB, je pravidelná fyzická aktivita považována za důležitou součást celkového managementu astmatu (Bruurs, Van Der Giessen, & Moed, 2013). Strach z nedostatečnosti dechu odrazuje spoustu astmatiků od fyzické aktivity, čímž se stává jejich fyzická kondice menší. Tréninkové programy určené pro astmatiky mají za cíl zlepšit fyzickou zdatnost, nervosvalovou koordinaci a sebevědomí (Carson et al., 2013). Systematický přehled autorů Eichenberger et al. (2013) ukazuje, že pravidelná fyzická aktivita u astmatiků zlepšuje bronchiální hyperreaktivitu a FEV<sub>1</sub>. Měla by být doporučována jako doplňková terapie.

Intenzita vytrvalostního tréninku se řídí subjektivním hodnocením pacienta. Při hodnocení dušnosti dle Borga na škále 0 až 10 se optimální zatížení pohybuje v rozmezí hodnot 4–6. Při hodnocení vnímaného úsilí dle Borga na škále 6 až 20 se optimální zatížení pohybuje v rozmezí hodnot 13–15. Frekvence vytrvalostního tréninku je doporučována alespoň 3 až 5krát týdně (Neumannová, Zatloukal, & Koblížek, 2019).

### *Techniky pro kontrolu dechu*

Výrazným symptomem EIB je dušnost při a po cvičení. Existuje několik variant dechového cvičení, které mohou mít benefit pro jedince s astmatem nebo s EIB. Jimi může být například jógové dýchání, nebo dechový trénink pod kontrolou fyzioterapeuta. Přestože tato cvičení přímo neovlivňují tíhu onemocnění, významným způsobem ovlivňují subjektivní vnímání respiračních symptomů a zvyšují vnímání kontroly nad astmatem. U astmatických jedinců snižují dechová cvičení míru úzkostí a deprese, snižují spotřebu úlevových antiastmatik, hyperreaktivitu dýchacích cest, a v neposlední řadě zvyšují kvalitu života (Dickinson, Amirav, & Hostrup, 2018).

Buteyko metoda je dechová terapie, která má za cíl snížit chronickou hyperventilaci. Metoda se sestává z řízeného kontrolovaného dýchání. Dech má být pomalý a snížený kombinovaný se zádržemi dechu. Dechové cvičení bývá kombinováno s fyzickou aktivitou pro navýšení hladin oxidu uhličitého (Bruton & Lewith, 2005). Studie Cowie et al. kazuje, že intervence Buteyko metodou je efektivní ve snížení užívání farmakologické léčby, konkrétně IGC a úlevových antiastmatik. Naopak nevysledovala žádnou změnu ve spirometrii po 6měsíční intervenci. Další studie naznačuje efektivitu u nově diagnostikovaných pacientů s astmatem. Skupina, která prováděla Buteyko cvičení zvýšila kontrolu nad astmatem. Kontrolní skupina taktéž zvýšila kontrolu nad astmatem, ovšem byla vystavena potenciálním nežádoucím účinkům IGC. Signifikantní rozdíl byl ve zlepšení vrcholového výdechového průtoku oproti kontrolní



skupině. V parametru FEV<sub>1</sub> bylo sledováno zlepšení u obou skupin (Prasanna, Sowmiya, & Dhileeban, 2015)

Instrukce pro provádění Buteyko metody dle Prasanna et al. (2015).

- Pokud nutno před cvičením si vyčistěte nos. Během cvičení držte ústa zavřená, dýchejte pouze nosem.
- Dýchejte do bránice (do břicha), nikoli do hrudníku. Dýchejte kontrolovaně. Technika může být podobná meditačním dechovým technikám.
- Dech by měl být mělký.
- Posadte se do vzpřímené polohy a nadechněte se plně a vyvarujte se částečným nádechům. Po 2-3 minutách vydechněte, zacpěte si nos, a vydržte, dokud nebudete cítit nutnost se opět nadechnout. Ze začátku může výdrž trvat jen pár sekund, postupně se délka může prodloužit až na minutu.
- Po uvolnění nosu odolejte nutkání udělat velký nádech, ale pokračujte v mělkém dýchání.

Řada randomizovaných kontrolovaných studií prokázala významný pokles užívání B2-agonistů, některé prokázali zlepšení kvality života nebo snížení dávek IGC (Burgess et al., 2011). Bowler et al. (1998) nevysledovali změnu ve spirometrii v parametrech PEF a FEV<sub>1</sub> po tří měsíční intervenci.

### **3.9.3 Trénink respiračních svalů**

Trénink respiračních svalů (RMT, respiratory muscle training) je efektivní v potlačení zánětu v plicích, vede k lepší kontrole nad astmatem a snižuje závažnost EIB (David, Gomes, Mello, & Costa, 2018). RMT je možnost ke zlepšení síly jak nádechových, tak i výdechových svalů. Navíc je RMT spojován se zlepšením sportovního výkonu v několika sportovních odvětvích, a to i u zdravých jedinců. Výzkum naznačuje, že RMT zlepšuje management u chronické obstrukční plicní nemoci, inspiračního stridoru a EILO. Benefit má i pro jedince s astmatem a snižuje spotřebu úlevových antiastmatik a potenciálně může mít benefit u jedinců s EIB (Dickinson et al., 2018). RMT volí sportovci jako metodu, pomocí které by mohli zlepšit svůj výkon. Zvláště poté co dosáhnou určitého plató po tréninku periferních svalů a kardiovaskulárního tréninku. Mechanismus zlepšení výkonu je přisuzován sníženým hodnocením vnímané dušnosti a námahy, a útlumu metaboreflexu (Hajghanbari et al., 2013). Přímou indikací k RMT je, pokud síla dýchacích svalů je nižší než 80 % náležité hodnoty (Neumannová et al., 2019). Přetrvává ovšem dojem, že pouze pacienti se sníženou silou dýchacích svalů a ventilačními obtížemi během

fyzické aktivity prosperují z RMT. Vrcholoví sportovci bez dechových limitací mohou těžit z RMT, protože jejich nároky jsou vyšší než standardní normální hodnoty. Pragmaticky lze konstatovat, že slabší jedinci se mohou více zlepšit v absolutních kritériích (McConnell, 2013).

#### *Trénink nádechových svalů*

Nádechové svaly mohou být trénovány jak silově, tak vytrvalostně s dechovým trenažerem. EIB je spojeno se zvýšenou prací nádechových svalů, a proto je vhodné zařadit cvičení zvyšující sílu nádechových svalů. To může vést ke snížení intenzity dušnosti a zlepšit toleranci k zátěži (Bruurs et al., 2013). IMT může být účinnou metodou pro vyrovnání plicní hyperinflace, a zvýšené dušnosti, které jsou běžné u jedinců s EIB. Obzvláště přínosné tak IMT může být ve spojení s klasickou farmakologickou léčbou. Je důležité poznamenat, že IMT neovlivňuje zánětlivé a hyperventilační procesy dýchacích cest. IMT je zaměřen na zlepšení síly a vytrvalosti nádechových svalů a celkové zlepšení dýchací funkce (Shei, Paris, Wilhite, Chapman, & Mickleborough, 2016). Avšak nedostatek studií zkoumalo vliv IMT na cvičební kapacitu u jedinců s EIB bez jiných příznaků astmatu. To představuje potenciálně úrodnou oblast pro budoucí výzkum. Budoucí práce by měli mít za cíl standardizovat tréninkové režimy založené na porovnání různých protokolů a zjistit, zda populace astmatiků a jedinců s EIB reagují na IMT odlišně (Shei et al., 2016).

#### *Specifická tréninku respiračních svalů*

Nejvíce využívaný protokol v řadě studií IMT se skládá z předpisu 30 nádechů, dvakrát denně, pět dní v týdnu po dobu 6 týdnů, při odporu 50 % maximálního nádechového tlaku ( $PI_{MAX}$ ) (Shei, Paris, Sogard, & Mickleborough, 2022). Ve studii na zdravých jedincích byl porovnávám efekt IMT, přičemž byl iniciován z různých dechových objemů, a zdrojem odporu byl buď pasivně průtokový trenažer, nebo trenažer s prahovým ventilem. Zlepšení fence dechových svalů bylo sledováno u skupin začínající z pozice funkčního reziduálního objemu i reziduálního objemu plic. Ovšem konzistentní zlepšení i ve vyšších plicních objemech bylo sledováno pouze pokud IMT byl iniciován z funkčního reziduálního objemu. Zlepšení funkcí nádechových svalů při protokolu iniciovaného z reziduálního objemu byl limitován pouze na nižší plicní objemy (Van Hollebeke, Gosselink, & Langer, 2020). Existuje řada variant protokolů, které se liší počtem opakování, frekvencí a intenzitou tréninku. Ty mohou být nevyužitelné pro praktické využití k vytváření tréninkových podmínek, které by vedly k adaptaci a tím ke zlepšení výkonnosti. Standardizované protokoly jsou vhodné pro jednotnost v rámci experimentálního výzkumu a jeho vyhodnocení. Nicméně pro využití v reálném světě je potřeba věnovat individuálnímu aspektu při předpisu IMT (Shei et al., 2022).

### *Trénink s dechovými trenažery*

Aktuálně trh nabízí velké množství dechových trenažerů, které můžeme rozdělit do dvou kategorií na základě toho jaký stimulus nabízejí. Můžeme tak popsat trenažery zaměřené na sílu a trenažery zaměřené na vytrvalost dýchací svalů (Menzes, Nascimento, Avelino, Polese, & Salmela, 2018). Odporové trenažery produkují vnější zátěž, a IMT se podobá zvedání závaží, jako při posilování jiných svalů. Zátěž je generována dvěma způsoby. První způsob je pasivně průtokový, kdy samotné proudění vytváří odpor. Druhý způsob využívá prahový ventil, který vyžaduje překonání iniciálního odporu. Třetím typem jsou vytrvalostní trenažery, které vyžadují práci o nižší intenzitě po delší dobu (Menzes et al., 2018).

V následujícím textu se bude nacházet přehled dechových trenažerů s jednoduchým popisem. Pro názornost a bližší informace jsou na konci práce uvedeny obrázky jednotlivých trenažerů (Obrázky 7–13).

- Threshold® IMT

Trenažer pro IMT s ventilem dovolujícím citlivě nastavit optimální odpor od hodnot 9 cm H<sub>2</sub>O do 41 cm H<sub>2</sub>O v pravidelných intervalech po 2 cmH<sub>2</sub>O. Zařízení nemusí být vhodné pro silový trénink u zdatnějších jedinců pro nízkou hodnotu maximálního odporu (Menzes et al., 2018). Navíc je možné využít zařízení v obrácením režimu, a využít jej pro trénink výdechových svalů (Matsuo, Yanagisawa, & Lawrence, 2014). Zařízení je vhodné pro intervenci u řady populací včetně astmatiků (Lista-Paz et al., 2023).

#### **Obrázek 7.**

*Dechový trenažer Threshold IMT ('Threshold IMT', 2023)*



- Threshold PEP

Zařízení velmi podobné Threshold IMT, uzpůsobené pro trénink výdechových svalů, s odporem 5 až 20 cm H<sub>2</sub>O s intervaly po 1 cm H<sub>2</sub>O (Menzes et al., 2018). Maximální odpor 20 cm H<sub>2</sub>O nemusí být adekvátní pro spoustu skupin a pro vyšší odpor u tréninku výdechových svalů je vhodné využívat zařízení Threshold IMT v obrácením režimu (Matsuo et al., 2014).

**Obrázek 8.**

*Dechový trenažer Threshold PEP ('Threshold PEP', 2023)*



- POWERbreathe®

Trenažer vhodný pro trénink nádechových svalů, na trhu dostupný v několika variantách lišících se v rozsahu možného odporu. Zařízení POWERbreathe nabízí odpor 17 až 98 cmH<sub>2</sub>O, model POWERbreathe classic 23 až 186 cmH<sub>2</sub>O, a nakonec model POWERbreathe plus nabízející odpor 29 až 274 cmH<sub>2</sub>O. Všechny mají flexibilní náustek pro pohodlné používání (Menzes et al., 2018). Účinnost byla klinicky ověřena u pacientů po srdečním selhání (Azumbuja, Zanatta de Oliviera, & Sbruzzi, 2020), u jedinců s astmatem (Lage et al., 2021), ale i u zdravých jedinců (Edwards & Cooke, 2004) a sportovců (Nepomuceno Júnior, Gómez, & Gomes Neto, 2016).

**Obrázek 9.**

*Dechový trenažer POWERbreathe ('POWERbreathe Medic Plus IMT', 2023)*



- POWERbreathe® K-Series

Jedná se o nádechový trenažer s elektronicky řízeným ventilem vytvářející odpor. Vytvářený odpor je v rozsahu 10 až 240 cmH<sub>2</sub>O. Toto zařízení nabízí biofeedback v reálném čase. Je využíváno hlavně u pacientů s CHOPN, ale je vhodné i pro jiné pacienty s oslabenými nádechovými svaly. Nevýhodou zařízení je vysoká pořizovací cena, kvůli které je vhodný především pro specializovaná pracoviště (Langer et al., 2015; Menzes et al., 2018).

**Obrázek 10.**

*Dechový trenažer POWERbreathe K-Series ('POWERbreathe K-Series IMT', 2023)*



- EMST 150

Zařízení EMST 150 je výdechový trenažer. Jedná se o mechanické zařízení, které poskytuje odpor v pravidelných intervalech po 30 cm H<sub>2</sub>O až do maximálního zatížení 150 cmH<sub>2</sub>O. Trenažer je využíván jinak zdravými jedinci pro posílení výdechových svalů. Využití může být vhodné i u některých neurologických potížích. Hlavními výhodami je jednoduchá obsluha a nízká pořizovací cena (Menzes et al., 2018).

**Obrázek 11.**

*Dechový trenažer EMST 150 ('ASPIRE', 2021)*



- SpiroTiger®

SpiroTiger je jediné komerční zařízení nabízející vizuální a sluchový biofeedback pro vytrvalostní tréninku respiračních svalů. Włodarczyková a Barinow-Wojewódski (2015) porovnávají řadu studií, přičemž některé ukazují pozitivní vliv tréninku s pomůckou Spirotiger na dechový parametr FEV<sub>1</sub>. Zároveň konstatují, že trénink s pomůckou Spirotiger je přínosný pro pacienty s respiračním onemocněním s ohledem ke kvalitě života. Na trhu je aktuálně nová verze pod názvem Idiag P100, který nabízí vytrvalostní i silový RMT. Frekvence tréninku bývá 4krát týdně. Tréninková jednotka se skládá většinou z 6 intervalů usilovného dýchání po dobu 1–2 minut a mezi intervaly bývá pauza 1 minuta, kdy proband dýchá volně. Intenzita odporu se stanovuje na 40 % maximálního nádechového a výdechového tlaku, tak aby dechová frekvence byla 25–30 dechů za minutu (Salvadeo, Tringali, De Micheli, & Sartorio, 2023; Schaer, Wüthrich, Beltrami, & Spengler, 2019).

## Obrázek 12.

*Dechový trenažer Spirotiger ('Idiag', 2022)*



- AirOfit PRO™

Jedná se o malý, přenosný a lehký trenažer s manometrem a Bluetooth vysílačem. To umožňuje vizualizaci tréninku na telefonu skrze mobilní aplikaci AirOfit PRO™ Sport. Dechový trenažer umožňuje nastavit požadovaný odpor proudění vzduchu. Aplikace dokáže hodnotit a přizpůsobit vhodnou úroveň odporu v závislosti na zvoleném tréninkovém programu, délce a intenzitě (Stavrou, Tourlakopoulos, Daniil, & Gourgoulialis, 2021). Výhody tohoto zařízení mohou být přínosem pro osoby s dechovými obtížemi, ale i pro sportovce a běžnou populaci. Dává skrze aplikaci možnost sledovat a shromažďovat naměřená data. S tomu poskytuje přehled a posouzení výsledků v čase. Zařízení není vhodné pro intervenci a měření u více pacientů za sebou, protože neumožňuje výměnu náustku a vyžaduje dezinfekci a vyčištění (Stavrou et al., 2021). AirOfit PRO™ nabízí bezpečné tréninkové řešení pro telerehabilitaci, ovšem budoucí výzkum je potřeba pro zhodnocení vlivu trenažeru na parametry spirometrie a síly dechových svalů (Stavrou et al., 2021).

### Obrázek 13.

Dechový trenážer s mobilní aplikací AirOfit ('AIROFIT', 2023)



#### 3.9.4 Posturální trénink a práce se svalovou rovnováhou

U sportovců s EIB se může rozvinout dysfunkční dechový vzor, a právě proto mohou těžit z posturálního tréninku a práce na svalové rovnováze (Zeiger & Weiler, 2020).

Dickinson a Bonifaceová popisují takovou poruchu jako poruchu dechového vzoru (BPD, breathing pattern disorder). BPD se u řady onemocnění projevuje zejména v zátěži. Na prvním místě je management primárního onemocnění, například asthma bronchiale. Pokud jsou vyloučeny, anebo adekvátně léčeny respirační onemocnění a jiné organické příčiny, je vhodné zaměřit se při BPD na retrénink dechového vzoru (Dickinson & Boniface, 2020).

Normální dech v klidu je tichý a klidný. Dýchání probíhá skrze nos a ústa jsou zavřená. Výdech probíhá pasivně a uvolněně, poměr délky nádechu a výdechu je přibližně 1:2. Dýchání je pravidelné s frekvencí 8-18 dechů za minutu. Nejsou zapojovány pomocné nádechové svaly, nezvedají se ramena a v rámci hrudníku pohybuje spodní část zapojováním bránice a mezižeberních svalů (Dickinson & Boniface, 2020).

V průběhu cvičení se dýchání mění podle nároků tak, aby byl pokryt zvýšené metabolické nároky. Prohlubuje se dýchání a postupně se mění z dýchání nosem na dýchání ústy. Zvětšuje se rozvíjení hrudníku, zejména jeho horní části, a při nádechu se ve větší míře zapojují pomocné nádechové svaly. Výdech se stává aktivním dějem (Dickinson & Boniface, 2020).

Příčin BPD je několik a řadí se k nim příčiny biomechanické, psychologické, fyziologické, biochemické, kulturní a environmentální. Nesprávné zapojování bránice, nadměrné využívání pomocných nádechových svalů a hyperinflační postavení horního hrudníku mohou vést



k posturálním dysbalancím, oslabení hlubokého stabilizačního systému a zvýšení tuhosti páteře (Dickinson & Boniface, 2020).

Bránice při své aktivitě zastává posturální i respirační funkci. Pokud dojde k poškození jedné funkce, zákonitě bude porušena i druhá funkce (Richardson, Hodges, & Hides, 2004). Při bráničním dýchání dochází k oplošťování bránice. Fyziologicky se rozšiřuje břišní dutina i dolní hrudní apertura (Kolář, 2020). Při poruše posturálního držení hrudníku můžeme sledovat tzv. syndrom přesýpacích hodin a syndrom rozevřených nůžek (Kolář, 2020). Bránice je součástí hlubokého stabilizačního systému páteře. Ten svojí svalovou souhrou zabezpečuje stabilizaci páteře při všech pohybech, navíc je aktivní i při statickém zatížení, jako je stoj a sed. Mezi testy zaměřené na hlubokou stabilizaci páteře můžeme zařadit brániční test, test břišního lisu, extenční test nebo test flexe trupu (Kolář & Lewit, 2005).

Jedním z konceptů, který pracuje s funkcí dýchacích svalů u sportovců je Funkční respirační trénink (FRT) magistry Benediktové a doktora Dostála. Cílem metodiky je eliminovat možné dechové limitace a zlepšit jeho sportovní výkon. Základem je korekce dechového vzoru, posilování dýchacích svalů s využitím dechových trenažerů a implementace této terapie do vytrvalostního a silového tréninku sportovce s ohledem na specifika jeho výkonu. Tento koncept lze aplikovat také u pacientů s EIB (osobní sdělení, Mgr. Dvořáček, 8. března 2023)

#### *Kineziologické vyšetření při poruchách dýchacího systému*

Při kineziologickém vyšetření je vhodné zhodnotit celkové držení těla. Měla by být sledována symetrie, postavení a tvar jednotlivých částí těla pohledem zezadu, zboku a zepředu. Měla by být zhodnocena pohyblivost hrudníku při klidovém dýchání i při maximálních exkurzích do nádechu a výdechu. Rozvíjení hrudníku měříme páskovou mírou v úrovních axil, mezosternale, xiphosternale a v polovině vzdálenosti processus xiphoideus-umbilicus. Za snížené rozvíjení hrudníku považujeme rozdíl při maximálním nádechu a výdechu menší než 2,5 cm (Neumannová et al., 2018).

## 4 SPECIÁLNÍ ČÁST KAZUISTIKA

Vyšetření proběhlo dne 15. 3. 2023. Pacientka podepsala informovaný souhlas o uveřejnění zjištěných informací, který je součástí přílohy.

Pohlaví: žena

Věk: 20 let

Výška: 185 cm

Váha: 71 kg

### 4.1 Anamnéza

#### *Osobní anamnéza*

Mimo nynější onemocnění se s ničím neléčí, dlouhodobě hlásí bolesti pravého kyčelního kloubu, kde v roce 2021 podstoupila operaci labra. Dříve rehabilitace z důvodu distorze hlezna, plicní rehabilitaci nikdy neabsolvovala. Jiné operace neguje.

#### *Rodinná anamnéza*

Matka i sestra také mají průduškové astma.

#### *Alergologická anamnéza*

Má atopický ekzém a alergie na luční trávy.

#### *Farmakologická anamnéza*

Zodac, Ketotifen, Ventolin, Seredine

#### *Sociální anamnéza*

Studuje vysokou školu, obor ekonomie, zároveň hraje profesionálně basketbal.

#### *Sportovní anamnéza*

Každý den má trénink, 2 až 3krát týdně trénuje dvoufázově, z toho 5x týdně v posilovně. Příprava a sezóna od srpna do května.

#### *Nynější onemocnění*

Pacientka přichází na plicní rehabilitaci z důvodu průduškového astmatu. Léčí se od dětství, ale v posledním roce a půl hlásí výrazné zhoršení. V současné době se obtíže akcentují

se sportovním výkonem, profesionálně hraje basketbal. Subjektivně vnímá obtíže s dýcháním. Má pocit nedostatečného nadechnutí, výrazné dušnosti, pískoty a sípání, občas rezultující v astmatický záchvat, přibližně 1krát týdně. Problémy se občas objevují i při psychicky vypjatých situacích, nejčastěji ale při sportu. Potíže vnímá většinou po 15 minutách, po přibližně 20 minutách inhaluje Ventolin, ten poskytuje střídavý efekt. S příchodem symptomů cítí výraznou redukci sportovního výkonu. Pro úlevu se snaží vydýchat v pozici s horními končetinami nad hlavou, zpomalit a prohloubit dech a uklidnit se. Tato opatření jsou většinou s pozitivním efektem. Po výkonu vnímá až hodinu obtíže, a poté problémy ustupují. V případě potřeby znovu inhaluje Ventolin. Je si vědoma problematiky dopingu a má vyřízenou terapeutickou výjimku.

Na doporučení alergoložky si pořídila dechové trenažery Threshold IMT a Threshold PEP, nebyly ji doporučeny hodnoty zátěže ani způsob tréninku dýchacích svalů. Subjektivně vnímá odpor jako náročný. Dále přibližně 5krát týdně inhaluje vincentku, bez zvláštního efektu.

Spí dobře, někdy jí budí ze spánku bolavá kyčel. Některé příznaky EIB/bronchiálního astma se kryjí s extraezofageálním refluxem, na který bylo dříve také vysloveno podezření. Pacientce bylo doporučeno dovyšetření na ORL/pneumologii.

## 4.2 Cílené vyšetření

### *Kineziologický rozbor*

Aspekce stoje:

#### Zezadu

- Hlava v symetrickém postavení, bez úklonu ke straně
- Souměrné postavení lopatek, které mírně odstávají od hrudníku
- Aspekčně bez náznaku skoliotického postavení páteře
- Páneve ve frontální rovině v symetrickém postavení
- Mírná valgozita pat bilaterálně

#### Zepředu

- Souměrné postavení klíčních kostí
- Aspekčně patrná dysbalance břišních svalů, zkrácení proximální části. m. rectus abdominis

#### Zboku

- Mírně předsunutá držení hlavy

- Mírná protrakce ramen
- Mírně redukovaná hrudní kyfóza
- Redukovaná bederní lordóza
- Pasivní stoj s hyperextenzí v kolenních kloubech

Palpace:

- Reflexní změny v pomocných nádechových svalech bilaterálně (m. pectoralis major, m. pectoralis minor, m. trapezius pars descendens, m. serratus anterior, m. levator scapulae, mm. scaleni, mm. intercostales)
- Hypertonie clavipectoralní, pektorální a laterální hrudní fascie
- Omezené pružení žeber v oblasti celé hrudní páteře
- Blokáda C-Th přechodu
- Blokáda obratlů v oblasti LS a dolního úseku bederní páteře
- Hypertonie a reflexní změny proximální části m. rectus abdominis

Vyšetření zkrácených svalů dle Jandy:

- Malé zkrácení m. trapezius pars descendens bilat.
- Malé zkrácení m. levator scapulae bilat.
- Velké zkrácení m. pectoralis major bilat.
- Velké zkrácení m. iliopsoas bilat.
- Malé zkrácení m. rectus femoris bilat.

Orientační dynamické vyšetření páteře a stoje:

- Thomayerova zkouška – pacientka se dotkne podlahy, porucha rozvíjení bederní páteře, která se pohybuje v blokovém postavení
- Stiborova zkouška – prodloužení 5 cm
- Schoberova zkouška – prodloužení 2 cm
- Adamsův test – negativní
- Trendelenburgova zkouška – pozitivní, při stoji na jedné dolní končetině dochází k poklesu pánve kontralaterálně. Zkouška je pozitivní pro obě dolní končetiny.

Vyšetření hlubokého stabilizačního systému:

- Brániční test – neschopnost udržet výdechové postavení, nízká aktivita svalů

- Test břišního lisu – nedostatečná souhra při aktivaci břišních svalů, s převahou horní části m. rectus abdominis

Orientační vyšetření chůze:

- Chůze je pravidelná, rytmická, bez patologického nálezu

Cílené goniometrické vyšetření kyčelních kloubů:

## Tabulka 2

*Goniometrické vyšetření kyčelních kloubů*

Kyčelní kloub	Levý	Pravý
Extenze, flexe	S(a): 20-0-120 S(p): 20-0-130	S(a): 10-0-120 S(p): 10-0-130
Abdukce, addukce	F(a): 40-0-20 F(p): 40-0-20	F(a): 40-0-20 F(p): 40-0-20
Zevní rotace, vnitřní rotace	RS90(a): 45-0-40 RS90(p): 50-0-40	RS90(a): 30-0-30 RS90(p): 40-0-35

**Shrnutí:** Z kineziologického rozboru je patrné nedostatečné rozvíjení páteře s četnými blokádami a reflexními změnami v mimo jiné pomocných nádechových svalech. Nedostatečná stabilizace pánve ve frontální rovině. Oboustranné zkrácení flexorů kyčle a dalších svalových skupin. Snížení rozsahu aktivního i pasivního rozsahu pravého kyčelního kloubu do extenze a v rotacích.

### *Hodnocení respiračních funkcí*

Dechový vzor

U pacientky je patrná porucha dechové vzoru, která se ale výrazněji manifestuje až při zvýšeném dechovém úsilí (např. při náročnější posturálních situacích – vyšetřováno v pozici 3 měsíce v supinační poloze a v pozici „medvěda“ dle metodiky dynamické neuromuskulární stabilizace). Porucha dechového vzoru se projevuje zvýšeným souhybem ramenních pletenců do elevace, fixovaným nádechovým postavením hrudníku, zkrácením výdechové části dechového cyklu a relativně nadměrným zvýšením dechové frekvence. Dále pacientka absolvovala 10minutové orientační zátěžové vyšetření na cyklistickém ergometru (na úrovni subjektivního hodnocení zátěže dle Borgovy škály vnímaného úsilí 15/20), které bylo zaměřené na zhodnocení

dechového vzoru také při aerobní aktivitě. Také toto vyšetření prokázalo výraznou poruchu dechového vzoru a zároveň u pacientky vyvolalo počínající projevy obtíží, které pacientka prozatím subjektivně hodnotila jako dechový diskomfort.

### Tabulka 3

#### Rozvíjení hrudníku

Rozvíjení hrudníku	Rozdíl [cm]
Axilare	3
Mezosternale	7
Xiphosternale	8
½ vzdálenosti xiphoideus-umbilicus	4

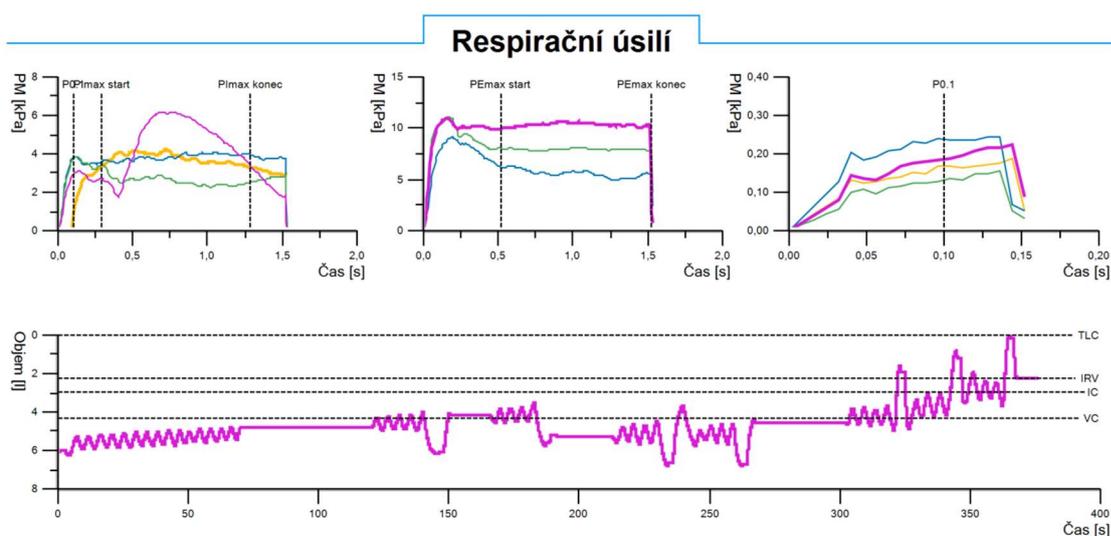
**Shrnutí:** Rozvíjení hrudníku vážne v úrovni axilare a polovině vzdálenosti xiph-umbilikální. Porucha dechového vzoru se zvyrazňuje v zátěži.

#### Spirometrie

V rámci klidové spirometrie byly změřeny okluzní ústní tlaky a plicní objemy (Obrázek 12), klidová vitální kapacita a křivka průtok/objem (Obrázek 13), absolutní a relativní hodnoty jsou shrnuty v tabulce 4.

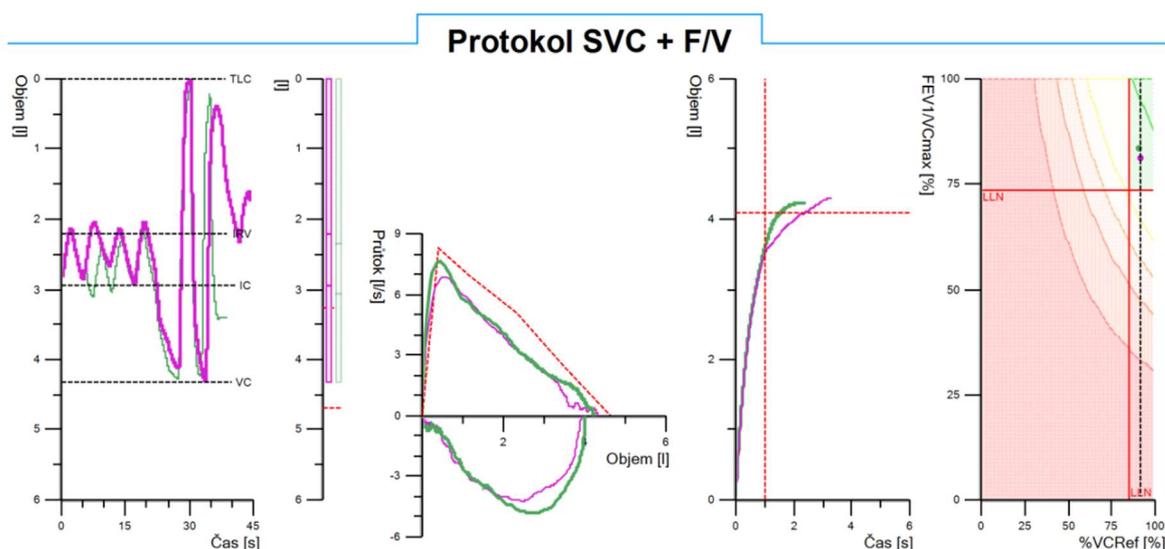
### Obrázek 12.

Hodnocení respiračního úsilí, okluzních tlaků  $P_{I\max}$ ,  $P_{E\max}$ ,  $P_{0,1}$ ; a plicních objemů.



**Obrázek 13.**

*Hodnocení klidové vitální kapacity a křivky průtok/objem*



**Tabulka 4.**

*Vyhodnocení dechových parametrů*

	jednotka	nál.	LLN	pre	%nál.
VC <sub>max</sub>	l	4,69	4	4,31	92 %
FVC <sub>Ex</sub>	l	4,66	3,95	4,24	91 %
FEV <sub>1</sub>	l	4,08	3,46	3,60	88 %
FEV <sub>1</sub> /FVC	%	84,4	73,7	84,8	100 %
FEV <sub>1</sub> /VC <sub>max</sub>	%	84	74	83	99 %
PEF	l/s	8,32	6,84	7,61	92 %
MEF <sub>75</sub>	l/s	6,93	4,71	5,69	82 %
MEF <sub>50</sub>	l/s	5,07	3,26	3,82	75 %
MEF <sub>25</sub>	l/s	2,43	1,30	1,96	81 %
MEF <sub>25-50</sub>	l/s	4,38	2,98	3,40	78 %
P0.1	kPa	0,15		0,18	118 %
PI <sub>max</sub>	kPa	8,5		3,9	46 %
PE <sub>max</sub>	kPa	10,3		8,6	83 %
TT <sub>mus</sub>		0,1		0,24	

*Poznámka.* nál. – náležitá hodnota, LLN – spodní hranice normy, pre – naměřené hodnoty, %nál. – procentuální porovnání naměřené hodnoty vůči náležité hodnotě, VC<sub>max</sub> – maximální vitální kapacita, FVC<sub>Ex</sub> – usilovná výdechová kapacita, FEV<sub>1</sub>, - usilovně vydechnutý objem za 1. sekundu, PEF – vrcholový výdechový průtok, MEF<sub>75, 50, 25</sub> – maximální průtok vydechnutého vzduchu v různých úrovních usilovné vitální kapacity, P0.1 – okluzní tlak 100 ms po začátku klidného nádechu, PI<sub>max</sub> – maximální okluzní ústní tlak při nádechu, PE<sub>max</sub> – maximální okluzní ústní tlak při výdechu, TT<sub>mus</sub> – index dechové práce.

**Shrnutí:** Z naměřených hodnot vyplývá významné oslabení dýchacích svalů, síla výdechových svalů byla snižena na 83 % normy, síla nádechových svalů na 46 %. Oba parametry by byly očekávány kolem hodnot 100 % a více, jelikož se jedná o profesionální sportovkyni. Parametry  $VC_{max}$  a  $FEV_1$  byly mírně sniženy. Procentuální poměry  $FEV_1/FVC$  a  $FEV_1/VC_{max}$  o hodnotách 99 a 100 %. Výrazné zvýšení parametru  $TT_{mus}$  naznačuje zvýšenou unavitelnost nádechových svalů.

### 4.3 Krátkodobý rehabilitační plán

Edukace ohledně problematiky EIB a správného použití inhalátoru MDI, posturálního nastavení a inhalačního manévru. Použití měkkých mobilizačních technik – vyšetření a ošetření fascií hrudníku (pektorální, klavipektorální, laterální) a reflexních změn ve svalech m. pectoralis major et minor, m. serratus anterior, m. trapezius par descendens, mm. rhomboidei postizometrickou relaxací. Zaučení automobilizace hrudní páteře metodou Ludmily Mojžíšové ve všech rovinách pohybu. Korekce dechového stereotypu – verbální korekce a kontaktní dýchání symetricky do obou stran hrudníku. Návčik aktivace hlubokého stabilizačního systému – zapojení m. transversus abdominis, v poloze 3. měsíce za zádech dle vývojové kineziologie. Strečink zkrácených svalů m. pectoralis major, m. trapezius pars descendens, m. levator scapulae. Posílení jejich antagonistů m. serratus anterior, m. trapezius pars ascendens, mm. rhomboidei.

Návčik bráničního dýchání, cvičení na zvýšení pružnosti hrudníku, technika ústní brzdy a technika prodlouženého výdechu. Možnost využití relaxačních technik např. Schulzův autogenní trénink nebo Jacobsonovy progresivní relaxace.

Trénink dechových svalů s trenažerem Threshold IMT. Odpor zvolíme na úrovni 40 až 50 % síly nádechových svalů, dvakrát denně 30, maximálně 35 opakování. Z počátku volíme posturálně jednodušší polohu v sedě. Po zvládnutí posturálně náročnější polohy – stoj, stoj na jedné dolní končetině, klek na čtyřech, most o oporou zad o nestabilní plošinu (např. bosu, gymnastický míč).

Obrázky 14–20 zobrazují IMT v různých pozicích.



**Obrázek 14.**

*Trénink nádechových svalů s trenážerem POWERbreathe v korigovaném sedu.*



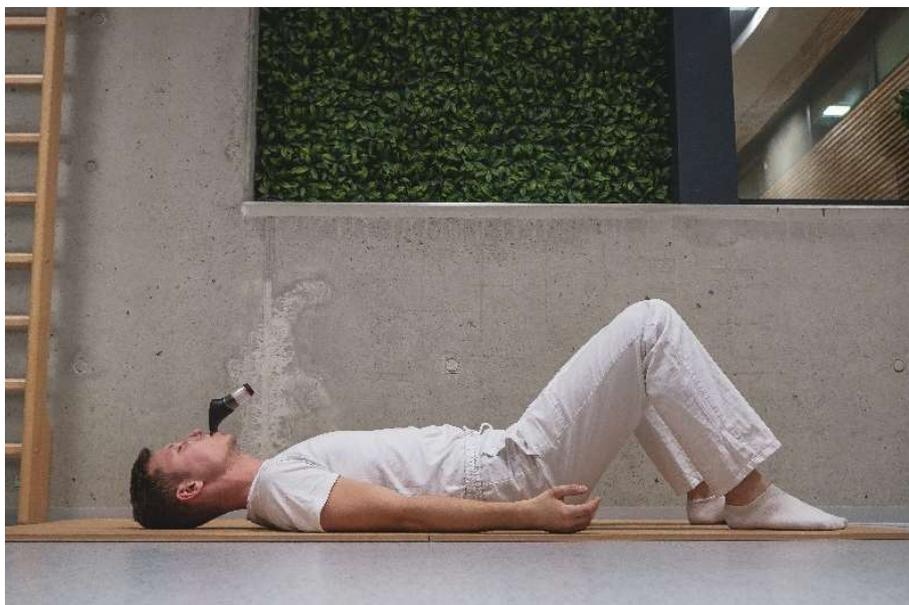
**Obrázek 15.**

*Trénink nádechových svalů s vnějším odporem pomocí therabandu v sedě na gymnastickém míči.*



**Obrázek 16.**

*Trénink nádechových svalů s trenažerem POWERbreathe v pozici vleže na zádech s pokrčenými dolními končetinami.*



**Obrázek 17.**

*Trénink nádechových svalů s trenažerem POWERbreathe v pozici trojflexe v leže na zádech.*



**Obrázek 18.**

*Trénink nádechových svalů s trenažerem POWERbreathe v pozici trojflexe v leže na zádech s dynamickou aktivitou kontralaterálních končetin.*



**Obrázek 19.**

*Trénink nádechových svalů s trenažerem POWERbreathe v pozici na čtyřech.*



## Obrázek 20.

*Trénink nádechových svalů s trenažerem POWERbreathe v pozici kleku na čtyřech s dynamickou aktivitou kontralaterálních končetin.*



## 4.4 Dlouhodobý rehabilitační plán

Pokračovat v pohybové terapii a tréninku dechových svalů, v případě potřeby zvolit trenažer s větším odporem (např. Powerbreathe). Postupně přenést principy dechového tréninku do specifické zátěže basketbalu. Před fyzickou aktivitou v rámci rozcvičky – dvě série 26sekundových sprintů s pauzou 90 sekund a 5 minutami odpočinku mezi sériemi, nebo podobný typ cvičení, kdy se alespoň krátkodobě přiblížíme maximální tepové frekvenci nebo maximální spotřebě kyslíku. Dietní opatření na základě konzultace s nutričním specialistou. Pokusit se omezit fyzickou aktivitu ve znečištěném ovzduší. V suchém a chladném prostředí použít ochranu dýchacích cest (např. šátek nebo HME).

Fyzioterapie nebo jiná léčba pro snížení bolestivosti kyčelního kloubu. Posílení oslabených a protažení zkrácených svalů, senzomotorická stimulace. Fyzikální terapie např. středofrekvenční proudy. Dovyšetření pro suspekci extraezofageálního refluxu.

## 5 DISKUSE

Námahou vyvolaná bronchokonstrikce je přechodné zúžení průdušek jako reakce na nespecifický podnět, tedy fyzickou zátěž. EIB úzce souvisí s průduškovým astmatem (Kašák, 2018), podle odhadů 9 z 10 astmatiků má EIB (Weiler et al., 2010). Určitá míra bronchokonstrikce je považovaná jako ochranný fyziologický reflex (Kolář, 2020). Za patologii je považováno snížení FEV<sub>1</sub> při nebo po zátěži o více než 10 % (Parsons et al., 2013). Dřívější teorie vzniku se opírali hlavně k teplotní a osmotickou teorii (Anderson, 1984; McFadden et al., 1986). Dnešní autoři k těmto příkládají důraz na poškození epitelu, neurální aktivaci autonomního nervového systému (Kippelen & Simpson, 2020). Zajímavou skupinou jsou jedinci s EIB bez astmatu. Často je tento stav diagnostikován u vrcholových sportovců zvláště v zimních a vytrvalostních sportech (Kolář, 2020). Vrcholoví sportovci jsou schopni vyvinou vyšší relativní výkon a udržet vysokou ventilaci po dlouhou dobu. Dehydratace dýchacích cest jednorázovou hyperventilací (Anderson, 1984) a poškození epitelu opakovanou hyperventilací (Chimenti et al., 2010), mohou vést u této skupiny k vysoké prevalenci EIB. Navíc stav může být celkově potencován různou mírou bronchiální hyperreakivity, kterou může podhalit například metacholinový provokační test, přesto že výsledek při maximální provokační dávce nebude splňovat pokles FEV<sub>1</sub> 20 %.

Diagnostika objektivními metodami je založena hlavně na porovnávání klidové a potestové spirometrie, převážně na základě snížení FEV<sub>1</sub>. Přímý provokační test metacholinem nabízí dobrý obraz funkce hladké svaloviny průdušek a bronchiální hyperreakivity. Se stejným záměrem lze použít i další provokační látky (např. manitol). Oba testy jsou vyhodnocovány na základě podané dávky a bronchokonstrikční odpovědi. Test manitolem nabízí větší specifitu, naopak metacholinem senzitivitu (Cockcroft, Davis, & Blais, 2020). Mezi nepřímé bronchoprovokační testy řadíme Zátěžový test a EVH. Při zátěžovém testu ATS (2013) doporučuje výsledek hodnotit na základě poklesu o více než 10, 25 a 50 %, jako lehké, středně těžké a těžké EIB. Kolář (2020) rozlišuje, pokud je test prováděn ve vnitřním prostředí nebo venku. Hraniční hodnotu považuje 10 % venku a 15 % v laboratoři. Holomichl (2018) považuje pozitivní výsledek při poklesu FEV<sub>1</sub> o 12 % a Kang et al. (2022) navrhuje zvýšit kritérium na 13,5 %. EVH je reliabilní test pro diagnostiku EIB. Jeho využití je limitováno vyššími náklady, specializovaným vybavením a časovou náročností pro přípravu test. Nadruhou stranu je to pravděpodobně nejvíc senzitivní test pro EIB a je schválen Mezinárodním olympijským výborem pro diagnostiku u vrcholových sportovců (Randolph, 2011).

Řada onemocnění může mít velmi podobný obraz EIB. Jedná se například o EILO, gastroezofageální reflux. Hlavním rozlišením bývá, když pacient nereaguje na bronchodilatancia (Clemm et al., 2022; Weiler et al., 2016).

Bez intervence EIB většinou odezní do 15 až 60 minut po snížení nebo ukončení fyzické zátěže (Kolář, 2020). Metodou první volby je preventivní podávání inhalačních antiastmatik a IGC. (Bonini & Hull, 2020; Kolář, 2020). Beta2-agonisté prokazují jednoznačnou protekci proti EIB a urychlují návrat normálních plicních funkcí. Dávky SABA a LABA by měly být užívány intermitentně, protože jejich pravidelné užívání vede toleranci a poklesu účinnosti. Paradoxně se tak může zhoršit původní stav. Navíc se zvyšuje riziko vedlejších nežádoucích účinků na kardiovaskulární systém. (Backer & Mastrorarde, 2018; Bonini & Hull, 2020; Opavský, 2021; Weiler et al., 2016). IGC jsou doporučovány pro potlačení zánětu dýchacích cest. Mohou zmírnit závažnost EIB, ale nezbytně ji neodstraní (Weiler et al., 2016). Je otázkou, jaký význam by mělo jejich užívání u jedinců bez průduškového astmatu. IGC mají větší potenciál u jedinců s astmatem, zejména u těch se silným zánětem dýchacích cest a horší kontrolou nad primárním onemocněním.

Další farmaka je vhodné zvážit při nedostatečné reakci na základní léčbu a většinou se váží na potlačení symptomů původního bronchiálního astmatu (Weiler et al., 2016). Jedinci s EIB standardně reagují dobře na léčbu astmatu (Weiler et al., 2016). Zvláštní pozornost by měla být věnována při terapii vrcholových sportovců. Předpis jednotlivých léků může být omezen antidopingovými pravidly. Předepisující lékař by měl vzít v úvahu nefarmakologickou terapii, popřípadě vyřízení terapeutické výjimky. Je důležité si uvědomit, farmakologická léčba nepřináší výhodu nad jinými sportovci, pouze vyrovnává handicap způsobený zhoršenými plicními funkcemi (Bonini & Hull, 2020).

Nepříliš přesvědčivé a konzistentní výsledky přinášejí studie zabývající se nutriční úpravou pro management EIB. Studie nabízí většinou velmi malý vzorek probandů. Mickleborough (2010) porovnával 7 studií designovaných pro průduškové astma a 2 studie pro EIB. 5 menších studií ukazuje potenciální benefit nízkého příjmu sodíku. Větší studie o 199 probandech nenaznačuje, že by tento typ diety měl vliv na závažnost astmatu (Pogson et al., 2008). V literatuře chybí i zmínky o dlouhodobém účinku jednotlivých typů jídelníčků. Zdá se, že vliv snížení množství soli v jídelníčku je pozorovatelný hlavně u jedinců s původně vysokým příjmem sodíku (Pogson et al., 2008). Relativně malé studie jsou prezentovány i dalších nutričních doporučení, a proto je potřeba dalšího výzkumu v této oblasti.

Přesvědčivé výsledky ukazují, že rozcvičení má vliv na iniciaci refrakterní periody, a proto je vhodné jí zařadit jako nefarmakologická možnost léčby EIB. Jediný druh rozcvičení, který není je kontinuální zatížení o vysoké intenzitě, které se snad ani nedá považovat za rozcvičku. Pro

standardizaci je vhodné intermitentní rozcvičení s vyšší intenzitou nebo kontinuální s nižší intenzitou, než variabilní rozcvičení ve smyslu délky a intenzity zátěže. Ovšem všechny tyto režimy prokazují jednoznačně snížení poklesu FEV<sub>1</sub> při následující fyzické aktivitě (Elkins & Brannan, 2013; Kolář, 2020; Stickland et al., 2012; Weiler et al., 2016).

Nefarmakologickým způsobem ovlivnění EIB může být využití ochrany dýchacích cest. Je na zhodnocení každého individuálně, zdali je ochoten podstoupit diskomfort pramenící z nošení masky nebo šátku. Opět chybí studie na větším počtu probandů. Hanstock et al. (2020) porovnávali 8 studií z nichž 5 bylo prováděno při teplotách -10 až -25 °C, 4 z nich prokazují snížení poklesu FEV<sub>1</sub> o 12 až 25 % v porovnání nepoužití masky nebo použití placebo. Další výzkum je potřeba na ověření funkčnosti HME a stanovení parametrů při kterých jejich využití má význam.

Metodou práce se zádržemi dechu je Buteyko metoda. Na popularitě roste i díky rozpracování metody Patrikem McKeownem, kterou nazval Oxygen Advantage. Ta se prezentuje jako soubor dechových cvičení, které mimo jiné simulují vysokohorské prostředí a adaptaci organismu na zvýšení oxidu uhličitého a lepší využití kyslíku (McKeown, 2021). Dle našich informací byla Buteyko jednou zmíněna v časopisu Thorax. Autoři závěrem konstatují, že Buteyko přináší malý benefit ve snížení užívání bronchodilatačních léčiv. Žádná studie nebyla schopna potvrdit efekt na bronchiální hyperreaktivitu ani exacerbace astmatu. Buteyko metoda může stát za vyzkoušením u pacientů, kteří s metodou sympatizují a jsou s to věnovat čas, který vyžaduje (Cooper et al., 2003).

Trénink dechových svalů bývá kombinován s posturálním tréninkem. To McConnelová (2013) nazývá funkčním respiračním tréninkem. V současné době neexistuje standardizovaný protokol RMT pro EIB. Otázkou je jaký by měl význam oproti individualizaci tréninku, jak navrhuje Shei et al. (2022). Hlavním cílem RMT je posílení oslabených respiračních svalů. RMT by měl být kombinován i s korekcí dechového vzoru, který u pacientů s EIB může být dysfunkční. Doporučení se napříč autory příliš neliší. Pro výzkumné účely bývá navrhován protokol 30 opakování 2x denně s odporem 40 až 50 % maximální svalové síly. Intenzitu, počet opakování i frekvenci, je možno měnit podle možností pacienta a podle toho, jestli je naším cílem trénovat více sílu nebo vytrvalost.

Pacienti s EIB by měli být léčeni podle stejných principů jako pacienti s průduškovým astmatem (Sorichter, 2012). Pokud pacient má astma, EIB značí jeho nedostatečnou kontrolu, a léčba by měla primárně směřovat pro zlepšení kontroly astmatu (Weiler et al., 2016). Doporučené postupy pro léčbu astmatu pravidelně aktualizují Světová iniciativa pro astma (GINA) a Česká iniciativa pro astma (ČIPA). Doporučenými léčebnými metodami jsou respirační fyzioterapie zahrnující reedukaci dechového vzoru, usnadnění expektorace, aktivace dýchacích

svalů, nácvik inhalace. Dalšími metodami jsou silový a vytrvalostní trénink a ostatní koncepty rehabilitační léčby, jako například měkké a mobilizační techniky, senzomotorická stimulace nebo dynamická neuromuskulární stabilizace (Neumannová et al., 2019). V současné době neexistuje oficiální guideline pro EIB. U vrcholových sportovců dbát na terapeutickou rozvahu o podání farmakologické léčby z důvodu dopingu. Studie ukazují, že rozcvičení je jedno z nejefektivnějších nefarmakologických preventivních opatření (Weiler et al., 2016).

Součástí této bakalářské práce je kazuistika pacientky s EIB. Pacientka se léčí s průduškovým astmatem, aktuálně jí nejvíce omezuje snížení výkonnosti při sportu, kterému se věnuje na profesionální úrovni. Při kineziologickém vyšetření lze sledovat typické nádechové postavení hrudníku a ramena v elevaci a protrakci. Atypicky si při zátěži více stěžuje na pocit nedostatečného nádechu, což je v rozporu s plicní obstrukcí, kdy je náročnější výdech. Z vyšetření okluzních tlaků ukázalo výrazné oslabení nádechových svalů a to na 46 % náležité hodnoty. Je vhodné podotknout, že plicní rehabilitace je indikovaná už při snížení svalové síly na 80 % náležitých hodnot (Neumannová et al., 2019). Při sestavování terapeutického plánu byl největší důraz kladen na aktivaci a posílení dýchacích svalů a korekci dechového vzoru a aplikaci dalších technik respirační fyzioterapie. V rámci dlouhodobého rehabilitačního plánu by bylo vhodné komplexní vyšetření kyčelního kloubu.



## 6 ZÁVĚR

Prevalence EIB je vysoká u astmatiků a vrcholových sportovců. Většinou lze tento stav dobře zvládnout, bez ohrožení na zdraví. Nejčastěji se pro léčbu využívají IGC, kvůli potlačení astmatického zánětu, a SABA jako preventivní prostředek pro dilataci dýchacích cest před fyzickou zátěží. Při správné léčbě nemusí EIB jedince limitovat ani v profesionálním sportu. Znalost a dodržování antidopingových pravidel je stěžejní pro předpis léků pro vrcholové sportovce.

Nefarmakologické prostředky léčby jsou méně prozkoumané. Za nejvíce studii podložené se jeví rozcvičení s indukci refrakterní fáze EIB, během které je bronchokonstrikce méně vyjádřena při další fyzické aktivitě. Aktuální výzkum ukazuje, že IMT je prospěšný pro průduškové astma, kde snižuje užívání léků i námahovou dušnost. Podobný efekt je předpokládán i u EIB, ovšem velmi málo studií se zaměřuje výhradně na pacienty s EIB bez astmatu. Budoucí výzkum vyžaduje ověření efektivity IMT na toleranci zátěže, užívání SABA a snížení dušnosti u těchto pacientů. Pacienti s EIB by měli být léčeni podobným způsobem jako pacienti s astma. Vhodná je respirační fyzioterapie. U sportovců je možná integrace RMT se silovým a vytrvalostním tréninkem specificky ke konkrétnímu sportovnímu výkonu.

## 7 SOUHRN

Námahou vyvolaná bronchokonstrikce u astmatických pacientů značí nedostatečnou kontrolu nad onemocněním, ale objevuje se i u jedinců bez astmatu. Přesný mechanismus vzniku není zcela objasněn. Hlavní příčinou se zdá být dehydratace stěny dýchacích cest při zvýšené ventilaci, zároveň s reaktivní hyperémií způsobenou ochlazením stěny bronchů. Novější teorie zohledňují také neurální aktivaci a poškození epitelu.

Diagnostika je založena na důkladné anamnéze a objektivních vyšetřeních. Lidé s EIB mívají hodnoty plicních funkcí normální nebo blízké normě. Nepřímé bronchokonstrikční testy (zátěžový test, EVH), jsou vhodnější než přímé testy pro zhodnocení přítomnosti EIB. Přímý metacholinový bronchokonstrikční test je vhodný pro zhodnocení reaktivity hladké svaloviny průdušek. Diagnóza by měla být potvrzena průkazem reverzibility EIB podáním úlevových antiastmatik.

V léčbě EIB se uplatňuje hlavně inhalační farmakoterapie. V první řadě pro potlačení astmatického zánětu. Preventivní léčba spočívá v podávání SABA. U profesionálních sportovců je nutné dbát na antidopingová pravidla, která mimo salbutamol, formeterol a salmeterol zakazují SABA bez terapeutické výjimky. Správná manipulace s inhalačním systémem je základem pro efektivní léčbu. Dalšími farmakologickými léky jsou antileukotrieny.

Z nefarmakologické léčby je doporučována rozcvička indukující refrakterní fázi. Dietní úprava nemá silnou evidenci, potenciálně pozitivní vliv má snížení množství sodíku, zvýšení konzumace omega-3 mastných kyselin a bronchodilatační vliv kofeinu.

V chladném a suchém prostředí je možné využít HME, které se zdají, že snižují míru bronchokonstrikce při teplotách pod 0 °C. Jejich využití může být limitováno diskomfortem při nošení a zvětšením mrtvého ventilačního prostoru.

Pacienti s EIB by měli být léčeni podobným způsobem jako pacienti s průduškovým astmatem. Při léčbě astmatu se využívá RMT, pozitivní efekt u EIB je předmětem výzkumu. Integrace RMT do specifického tréninkového režimu může být vhodný prostředek u sportovců.

## 8 SUMMARY

Exercise-induced bronchoconstriction in asthmatic patients may point to inefficient control over disease, but it also occurs in individuals excluding asthma. Exact mechanism of initiation is not fully known. The main reasons seem to be airway wall dehydration, as well as reactive hyperemia caused by bronchial cooling. Present theories suggest neural activation of nerve system and epithelial damage also.

Diagnostics criteria are based on thorough medical history and objective examinations. Population with EIB usually has normal or near normal pulmonary functions. Indirect bronchoconstrict tests (exercise challenge test and eucapnic voluntary hyperpnea test) are more suitable than direct tests for judging presence of EIB. Direct methacholine test is suitable for rating reactivity of bronchial muscles. Given diagnosis should be proven by reversibility of serving relieving antiasthmatics.

Inhalation pharmacotherapy is mainly used in the treatment of EIB. Primarily for the suppression of asthmatic inflammation. Preventive treatment consists of administration of SABA. In the case of professional athletes, it is necessary to pay attention to the anti-doping rules, which prohibit SABA without a therapeutic use exception, apart from salbutamol, formoterol and salmeterol. Correct handling of the inhalation system is the basis for effective treatment. Other pharmacological drugs are leukotrien receptor antagonists.

Of the non-pharmacological treatments, warm-ups inducing a refractory phase is recommended. Diet modification does not have strong evidence. Reduction of sodium rations and increase of omega-3 fatty acids have potentially positive effects, as well as the bronchodilating effect of caffeine.

In cold and dry environments, it is possible to use HME, which appear to reduce the degree of bronchoconstriction at temperatures below 0 °C. Their use can be limited by discomfort when wearing and by increasing dead volume.

Patients with EIB should be treated in a similar manner to patients with bronchial asthma. RMT is used in the treatment of asthma, the positive effect must be confirmed. Integrating RMT into a specific training might be an eligible tool for athletes.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aerosolový dávkovač MDI. (2023). Retrieved 20 April 2023 from <https://www.mujihalator.cz/diskus>
- Aggarwal, B., Mulgirigama, A., & Berend, N. (2018). Exercise-induced bronchoconstriction: prevalence, pathophysiology, patient impact, diagnosis and management. *Primary Care Respiratory Medicine*, (31), 1–7. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41533-018-0098-2>
- AIROFIT. (2023). Retrieved 26 April 2023, from <https://www.airofit.com/science/>
- Anderson, S. (1984). Is there a unifying hypothesis for exercise-induced asthma? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 73(5), 660–665.
- Arm, J. P., Horton, C. E., Mencia-Heurta, J. M., House, F., Eiser, N. M., Clark, T. J. H., ... Lee, T. H. (1988). Effect of dietary supplementation with fish oil lipids on mild asthma. *Thorax*, 43(2), 84–92. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/thx.43.2.84>
- ASPIRE. (2021). Retrieved 26 April 2023, from <https://emst150.com/#>
- Atchley, T. J., & Smith, D. M. (2020). Exercise-induced bronchoconstriction in elite or endurance athletes: Pathogenesis and diagnostic considerations. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 125(1), 47–54. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.anai.2020.01.023>
- Azumbuja, A. de C., Zanatta de Oliveira, L., & Sbruzzi, G. (2020). Inspiratory Muscle Training in Patients With Heart Failure: What Is NEW? Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 100(12), 2099–2109. Retrieved from <https://academic.oup.com/ptj>
- Backer, V., & Mastrorade, J. (2018). Pharmacologic Strategies for Exercise-Induced Bronchospasm with a Focus on Athletes. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 38(2), 231–243. Retrieved 19 October 2022 from <https://doi.org/10.1016/J.IAC.2018.01.011>
- BIOTTER. (2023). Retrieved 20 April 2023, from <https://www.biotterpharma24.cz/ultrazvukovy-inhalator-promesh/>
- Bonini, M., & Hull, J. (2020). Pharmacological treatment of asthma-related issues in athletes. In J. Dickinson & J. Hull (Eds.), *Complete guide to respiratory care in athletes* (pp. 75–85). New York: Routledge.
- Bonini, M., & Palange, P. (2015). Exercise-induced bronchoconstriction: new evidence in pathogenesis, diagnosis and treatment. *Asthma Research and Practice*, 1(1). Retrieved 11 December 2022 from <https://doi.org/10.1186/s40733-015-0004-4>

- Boulet, L.-P., & O'Byrne, P. M. (2015). Asthma and Exercise-Induced Bronchoconstriction in Athletes. *New England Journal of Medicine*, 372(7), 641–648. Retrieved from <https://doi.org/10.1056/nejmra1407552>
- Bowler, S. D., Green, A., & Mitchell, C. A. (1998). Buteyko breathing techniques in asthma: A blinded randomised controlled trial. *Medical Journal of Australia*, 169(11–12), 575–578. Retrieved from <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.1998.tb123422.x>
- Bruton, A., & Lewith, G. T. (2005). The Buteyko breathing technique for asthma: A review. *Complementary Therapies in Medicine*, 13(1), 41–46. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2005.01.003>
- Bruurs, M. L. J., Van Der Giessen, L. J., & Moed, H. (2013). The effectiveness of physiotherapy in patients with asthma: A systematic review of the literature. *Respiratory Medicine*, 107(4), 483–494. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2012.12.017>
- Burgess, J., Ekanayake, B., Lowe, A., Dunt, D., Thien, F., & Dharmage, S. (2011). Systematic review of the effectiveness of breathing retraining in asthma management. *Expert Review of Respiratory Medicine*, 5(6), 789–807. Retrieved from [www.expert-reviews.com](http://www.expert-reviews.com)
- Carson, K. V., Chandratilleke, M. G., Picot, J., Brinn, M. P., Esterman, A. J., & Smith, B. J. (2013, September 30). Physical training for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2013(9), 1–59. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001116.pub4>
- Chimenti, L., Morici, G., Paternò, A., Santagata, R., Bonanno, A., Profita, M., ... Bonsignore, M. R. (2010). Bronchial epithelial damage after a half-marathon in nonasthmatic amateur runners. *American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology*, 298(6), L857–L862. Retrieved from <https://doi.org/10.1152/ajplung.00053.2010>
- Chlumský, J., & Paul, T. (2018). Astma a doping.
- Choi, I. S., Ki, W. J., Kim, T. O., Han, E. R., & Seo, I. K. (2012). Seasonal factors influencing exercise-induced asthma. *Allergy, Asthma and Immunology Research*, 4(4), 192–198. Retrieved from <https://doi.org/10.4168/aair.2012.4.4.192>
- Čížnár, P. (2011). Fyzickou aktivitou indukovaná bronchokonstrikcia u detí a adolescentov. *Pediatrica Pre Prax*, 12(2), 63–65.
- Clemm, H. H., Olin, J. T., McIntosh, C., Schwellnus, M., Sewry, N., Hull, J. H., & Halvorsen, T. (2022). Exercise-induced laryngeal obstruction (EILO) in athletes: a narrative review by a subgroup of the IOC Consensus on 'acute respiratory illness in the athlete'. *British Journal of Sports Medicine*, 56, 622–629. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104704>
- Coates, A. L., Wanger, J., Cockcroft, D. W., Culver, B. H., Carlsen, K. H., Diamant, Z., ... Sterk, P. J. (2017). ERS technical standard on bronchial challenge testing: General considerations and

- performance of methacholine challenge tests. *European Respiratory Journal*, 49(5). Retrieved from <https://doi.org/10.1183/13993003.01526-2016>
- Cockcroft, D., & Davis, B. (2009). Direct and indirect challenges in the clinical assessment of asthma. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology: Official Publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology*, 103(5). Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)60353-5](https://doi.org/10.1016/S1081-1206(10)60353-5)
- Cockcroft, W., Davis, E., & Blais, C. (2020). Comparison of methacholine and mannitol challenges: Importance of method of methacholine inhalation. *Allergy, Asthma and Clinical Immunology*, 16(1). Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s13223-020-0410-x>
- Cooper, S., Osborne, J., Newton, S., Harrison, V., Coon, J. T., Lewis, S., & Tattersfield, A. (2003). Effect of two breathing exercises (Buteyko and pranayama) in asthma: A randomised controlled trial. *Thorax*, 58(8), 674–679. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/thorax.58.8.674>
- Couto, M., Silva, D., Santos, P., Queirósa, S., Delgado, L., & Moreira, A. (2015). Exploratory study comparing dysautonomia between asthmatic and non-asthmatic elite swimmers. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, 21(1), 22–29. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rppnen.2014.05.004>
- Dallam, G., & Kies, B. (2020). The Effect of Nasal Breathing Versus Oral and Oronasal Breathing During Exercise: A Review. *Journal of Sports Research*, 7(1), 1–10. Retrieved from <https://doi.org/10.18488/journal.90.2020.71.1.10>
- David, M. M. C., Gomes, E. L. de F. D., Mello, M. C., & Costa, D. (2018). Noninvasive ventilation and respiratory physical therapy reduce exercise-induced bronchospasm and pulmonary inflammation in children with asthma: randomized clinical trial. *Therapeutic Advances in Respiratory Disease*, 12. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/1753466618777723>
- Dickinson, J., Amirav, I., & Hostrup, M. (2018). Nonpharmacologic Strategies to Manage Exercise-Induced Bronchoconstriction. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 38(2), 245–258. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.iac.2018.01.012>
- Dickinson, J., & Boniface, A. (2020). Breathing pattern disorders in athletes. In J. Dickison & J. Hull (Eds.), *Complete Guide to Respiratory Care in Athletes* (pp. 147–169). New York: Routledge.
- Diskus. (2023). Retrieved 20 April 2023, from <https://www.mujihalator.cz/diskus>
- Dvořák, R. (2003). *Základy kinezioterapie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Edwards, A. M., & Cooke, C. B. (2004). Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is

- extended. *European Journal of Applied Physiology*, 93(1–2), 139–144. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1188-0>
- Eichenberger, P. A., Diener, S. N., Kofmehl, R., & Spengler, C. M. (2013). Effects of exercise training on airway hyperreactivity in asthma: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 43(11), 1157–1170. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0077-2>
- Elkins, M. R., & Brannan, J. D. (2013). Warm-up exercise can reduce exercise-induced bronchoconstriction. *British Journal of Sports Medicine*, 47(10), 657–658. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091725>
- Gordon, N. (1993). *Breathing Disorders, Your Complete Exercise Guide*. Dallas: Human Kinetics Publishers.
- Gotshall, R. W. (2002). Exercise-Induced Bronchoconstriction. *Therapy in Practice*, 62(12), 1725–1739. Retrieved from <https://doi.org/10.2165/00003495-200262120-00003>
- Hajghanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., ... Reid, A. W. D. (2013). EFFECTS OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON PERFORMANCE IN ATHLETES: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSES. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1643–1663. Retrieved from [www.nsc.com](http://www.nsc.com)
- Hallstrand, T. S., Debley, J. S., Farin, F. M., & Henderson, W. R. (2007). Role of MUC5AC in the pathogenesis of exercise-induced bronchoconstriction. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(5), 1092–1098. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.01.005>
- Hanstock, H. G., Ainegren, M., & Stenfors, N. (2020). Exercise in Sub-zero Temperatures and Airway Health: Implications for Athletes With Special Focus on Heat-and-Moisture-Exchanging Breathing Devices. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2(34). Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00034>
- He, T., & Song, T. (2022). Exercise-induced bronchoconstriction in elite athletes: a narrative review. *The Physician and Sportsmedicine*. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00913847.2022.2148137>
- Holomichl, P. (2018). Sport a astma u dětí a adolescentů. *Pediatric pro Praxi*, 12(2), 84–87.
- Hull, J. H., Ansley, L., Price, O. J., Dickinson, J. W., & Bonini, M. (2016). Eucapnic Voluntary Hyperpnea: Gold Standard for Diagnosing Exercise-Induced Bronchoconstriction in Athletes? *Sports Medicine*, 46(8), 1083–1093. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0491-3>
- Idiag . (2022). Retrieved 26 April 2023, from <https://www.idiag.ch/en/home-en/>

- Jackson, A. R., Hull, J. H., Hopker, J. G., Fletcher, H., Gowers, W., Birring, S. S., & Dickinson, J. W. (2020). The impact of a heat and moisture exchange mask on respiratory symptoms and airway response to exercise in asthma. *ERJ Open Research*, 6(2), 1–9. Retrieved from <https://doi.org/10.1183/23120541.00271-2019>
- Jansrud Hammer, I., Halvorsen, T., Vollsæter, M., Hilland, M., Heimdal, J. H., Røksund, O. D., & Clemm, H. H. (2022). Conundrums in the breathless athlete; exercise-induced laryngeal obstruction or asthma? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 32(6), 1041–1049. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/sms.14137>
- Jones, R. S., Buston, M. H., & Wharton, M. J. (1962). The effect of exercise on ventilatory function in the child with asthma. *British Journal of Diseases of the Chest*, 56(2), 78–86. Retrieved 31 January 2023 from [https://doi.org/10.1016/S0007-0971\(62\)80005-9](https://doi.org/10.1016/S0007-0971(62)80005-9)
- Kandus, J., & Satinská, J. (2001). *Stručný průvodce lékaře po plicních funkcích* (2nd ed.). Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně.
- Kang, N., Koh, E., Lee, J.-Y., Song, W.-J., Choi, D.-C., & Lee, B.-J. (2022). Cut-off value for exercise-induced bronchoconstriction based on the features of the airway obstruction. *PLOS ONE*, 17(5), e0268969. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268969>
- Kašák, V. (2018). *ASTHMA BRONCHIALE*. Praha: Maxdorf.
- Kašák, V., & Kašáková, E. (2017). *Inhalační systémy v léčbě nemoci s chronickou bronchiální obstrukcí*. Praha: Maxdorf.
- Kippelen, P., Anderson, S. D., & Hallstrand, T. S. (2018). Mechanisms and Biomarkers of Exercise-Induced Bronchoconstriction. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 38(2), 165–182. Retrieved 19 October 2022 from <https://doi.org/10.1016/J.IAC.2018.01.008>
- Kippelen, P., & Simpson, A. (2020). Epidemiology and pathophysiology of exercise-induced bronchoconstriction in athletes. In J. Dickinson & J. Hull (Eds.), *Complete guide to respiratory care in athletes* (pp. 41–54). New York: Routledge.
- Kivity, S., Aharon, Y., Man, A., & Topilsky, M. (1990). The Effect of Caffeine on Exercise-Induced Bronchoconstriction. *CHEST*, 97(5), 1083–1085. Retrieved 24 February 2023 from [https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)41002-5/fulltext](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)41002-5/fulltext)
- Koehle, M. (2020). The environment and its impact on respiratory health. In J. Dickinson & J. Hull (Eds.), *Complete guide to respiratory care in athletes* (pp. 27–40). New York: Routledge.
- Koh, M. S., Tee, A., Lasserson, T. J., & Irving, L. B. (2007). Inhaled corticosteroids compared to placebo for prevention of exercise induced bronchoconstriction. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3). Retrieved from <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002739.pub3>
- Kolář, P. (2020). *Rehabilitace v klinické praxi* (2nd ed.). Praha: Galén.



- Kolář, P., & Lewit, K. (2005). Význam hlubokého stabilizačního systému v rámci vertebrogenních obtíží. *Neurologie pro Praxi*, 5, 270–275. Retrieved 19 April 2023 from <https://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2005/05/10.pdf>
- Koya, T., Ueno, H., Hasegawa, T., Arakawa, M., & Kikuchi, T. (2020). Management of Exercise-Induced Bronchoconstriction in Athletes. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 8(7), 2183–2192. Retrieved 19 October 2022 from <https://doi.org/10.1016/J.JAIP.2020.03.011>
- Lage, S. M., Pereira, D. A. G., Corradi Magalhães Nepomuceno, A. L., Castro, A. C. de, Araújo, A. G., Hoffman, M., ... Parreira, V. F. (2021). Efficacy of inspiratory muscle training on inspiratory muscle function, functional capacity, and quality of life in patients with asthma: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 35(6), 870–881. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/0269215520984047>
- Langer, D., Charususin, N., Jácome, C., Hoffman, M., Mcconnell, A., Decramer, M., & Gosselink, R. (2015). Efficacy of a Novel Method for Inspiratory Muscle Training in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease Background. Most inspiratory muscle training (IMT) interventions in patients. *Physical Therapy*, 95(9), 1264–1273. Retrieved from <https://academic.oup.com/ptj/article/95/9/1264/2686493>
- Larsson, K., Ohlson, P., Larsson, L., Malmberg, P., Rydstrom, P. O., & Ulriksen, H. (1993). High prevalence of asthma in cross country skiers. *British Medical Journal*, 307(6915), 1326–1329. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6915.1326>
- Lista-Paz, A., Bouza Cousillas, L., Jácome, C., Fregonezi, G., Labata-Lezaun, N., Llurda-Almuzara, L., & Pérez-Bellmunt, A. (2023). Effect of respiratory muscle training in asthma: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 66(3). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2022.101691>
- Lucato, J. J. J., Nogueira Da Cunha, T. M., Rocha, S. S. O. C., Palmieri De Carvalho, F. M., Botega, D. C., Torquato, J. A., ... Righetti, R. F. (2015). Influence of heat and moisture exchanger use on measurements performed with manovacuometer and respirometer in healthy adults. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, 11(1). Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40248-015-0037-9>
- Maher, S. A., Birrell, M. A., Adcock, J. J., Wortley, M. A., Dubuis, E. D., Bonvini, S. J., ... Belvisi, M. G. (2015). Prostaglandin D2 and the role of the DP1, DP2 and TP receptors in the control of airway reflex events. *European Respiratory Journal*, 45(4), 1108–1118. Retrieved from <https://doi.org/10.1183/09031936.00061614>

- Matsuo, Y., Yanagisawa, Y., & Lawrence, C. (2014). Brief Research Report: The Feasibility of Expiratory Resistive Loading Using the Threshold Inspiratory Muscle Training Device. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 25(3), 92–95.
- MayoClinic. (2022). Exercise-induced asthma. Retrieved 17 April 2023, from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/exercise-induced-asthma/symptoms-causes/syc-20372300>
- McConnell, A. (2013). *Respiratory muscle training: theory and practice*. Edinburgh: Elsevier Health Sciences.
- McFadden, E. R., Lenner, K. A. M., & Strohl, K. P. (1986). Postexertional airway rewarming and thermally induced asthma. New insights into pathophysiology and possible pathogenesis. *Journal of Clinical Investigation*, 78(1), 18–25. Retrieved from <https://doi.org/10.1172/JCI112549>
- McKeown, P. (2021). *OXYGEN ADVANTAGE* (1st ed.). Praha: MOVE LAB.
- Menzes, K., Nascimento, L., Avelino, P., Polese, J., & Salmela, L. (2018). A Review on Respiratory Muscle Training Devices. *Journal of Pulmonary & Respiratory Medicine*, 08(02). Retrieved from <https://doi.org/10.4172/2161-105x.1000451>
- Mickleborough, T. D. (2010). Salt intake, asthma, and exercise-induced bronchoconstriction: A review. *Physician and Sportsmedicine*, 38(1), 118–131. Retrieved from <https://doi.org/10.3810/psm.2010.04.1769>
- Mickleborough, T. D., Murray, R. L., Ionescu, A. A., & Lindley, M. R. (2003). Fish Oil Supplementation Reduces Severity of Exercise-induced Bronchoconstriction in Elite Athletes. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 168(10), 1181–1189. Retrieved from <https://doi.org/10.1164/rccm.200303-373OC>
- Nepomuceno Júnior, B. R. V., Gómez, T. B., & Gomes Neto, M. (2016). Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioterapia Em Movimento*, 29(4), 821–830. Retrieved from <https://doi.org/10.1590/1980-5918.029.004.a019>
- Neumannová, K., Kolek, V., Zatloukal, J., & Klimešová, I. (2018). *Asthma bronchiale a chronická obstrukční plicní nemoc*. (K. Neumannová & V. Kolek,Eds.) (2nd ed.). Praha: Mladá fronta.
- Neumannová, K., Zatloukal, J., & Koblížek, V. (2019). DOPORUČENÝ POSTUP PLICNÍ REHABILITACE. *Česká Pneumologická a Fyziologická Společnost: České Lékařské Společnosti J.E. Purkyně*. Retrieved 19 April 2023 from <http://www.unify-cr.cz/obrazkysoubory/doporuateny-postup-plicn-rehabilitace-a0eee.pdf?redir>.
- NZIS. (n.d.). Bronchospasmus. Retrieved 19 April 2023, from <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/832>

- Olin, J. T., & Hull, J. H. (2018). Exercise and the Total Airway: A Call to Action. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 38(2), 15–19. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.iac.2018.02.001>
- Oliver, P., Dickinson, J., & Brannan, J. (2020). Diagnosis of exercise-induced bronchoconstriction. In J. Dickinson & J. Hull (Eds.), *Complete guide to respiratory care in athletes* (pp. 55–74). New York: Routledge.
- Opavský, J. (2021). *Farmakologie pro fyzioterapeuty*. Olomouc: Univerzita palackého v Olomouci.
- Parsons, J. P., Hallstrand, T. S., Mastronarde, J. G., Kaminsky, D. A., Rundell, K. W., Hull, J. H., ... Anderson, S. D. (2013). An official American thoracic society clinical practice guideline: Exercise-induced bronchoconstriction. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 187(9), 1016–1027. Retrieved from <https://doi.org/10.1164/rccm.201303-0437ST>
- Pogson, Z. E. K., Antoniak, M. D., Pacey, S. J., Lewis, S. A., Britton, J. R., & Fogarty, A. W. (2008). Does a low sodium diet improve asthma control?: A randomized controlled trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 178(2), 132–138. Retrieved from <https://doi.org/10.1164/rccm.200802-287OC>
- POWERbreathe K-Series IMT. (2023). Retrieved 26 April 2023, from <https://www.powerbreathe.com/product-category/breathing-trainers/k-series-inspiratory-muscle-training-imt/>
- POWERbreathe Medic Plus IMT. (2023). Retrieved 26 April 2023, from <https://www.powerbreathe.com/product/powerbreathe-medic-plus/>
- Prasanna, K., Sowmiya, K., & Dhileeban, C. (2015). Effect of Buteyko breathing exercise in newly diagnosed asthmatic patients. *International Journal of Medicine and Public Health*, 5(1), 77. Retrieved from <https://doi.org/10.4103/2230-8598.151267>
- Příbalový-leták.cz. (2013). VENTOLIN INHALER N - příbalový leták. Retrieved 19 April 2023, from <https://www.pribalovy-letak.cz/126-ventolin-inhaler-n>
- Randolph, C. (2011). Diagnostic exercise challenge testing. *Current Allergy and Asthma Reports*, 11(6), 482–490. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11882-011-0225-4>
- Recinto, C., Efthymeou, T., Boffelli, P. T., & Navalta, J. W. (2017). Effects of Nasal or Oral Breathing on Anaerobic Power Output and Metabolic Responses. *International Journal of Exercise Science*, 10(4), 506–514. Retrieved 19 April 2023 from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5466403/?report=reader>
- Richardson, C., Hodges, P., & Hides, J. (2004). *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain* (2nd ed.). New

- York: Churchill Livingstone. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-443-07293-2.X5001-8>
- Rundell, K. W., Im, J., Mayers, L. B., Wilber, R. L., Szmedra, L., & Schmitz, H. R. (2001). Self-reported symptoms and exercise-induced asthma in the elite athlete. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 208. Retrieved from <https://doi.org/10.1097/00005768-200102000-00006>
- Salvadeo, D., Tringali, G., De Micheli, R., & Sartorio, A. (2023). Respiratory Muscle Interval Training Improves Exercise Capacity in Obese Adolescents during a 3-Week In-Hospital Multidisciplinary Body Weight Reduction Program. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1). Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ijerph20010487>
- Schaer, C. E., Wüthrich, T. U., Beltrami, F. G., & Spengler, C. M. (2019). Effects of Sprint-Interval and Endurance Respiratory Muscle Training Regimens. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(2), 361–371. Retrieved from <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001782>
- Seaton, A., Davies, G., Gaziano, D., & Hughes, R. O. (1969). Exercise-induced Asthma. *British Medical Journal*, 3(5670), 556–558. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/bmj.3.5670.556>
- Sekiyama, A., Gon, Y., Terakado, M., Takeshita, I., Kozu, Y., Maruoka, S., ... Hashimoto, S. (2012). Glucocorticoids enhance airway epithelial barrier integrity. *International Immunopharmacology*, 12(2), 350–357. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2011.12.006>
- Shei, R. J., Paris, H. L. R., Wilhite, D. P., Chapman, R. F., & Mickleborough, T. D. (2016, October 1). The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction. *Physician and Sportsmedicine*. Taylor and Francis Ltd. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00913847.2016.1176546>
- Shei, R. J., Paris, H. L., Sogard, A. S., & Mickleborough, T. D. (2022). Time to Move Beyond a “One-Size Fits All” Approach to Inspiratory Muscle Training. *Frontiers in Physiology*, 12. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.766346>
- Smoliga, J. M., Weiss, P., & Rundell, K. W. (2016). Exercise induced bronchoconstriction in adults: Evidence based diagnosis and management. *British Medicine Journal*, 352. Retrieved from <https://doi.org/10.1136/bmj.h6951>
- Sorichter, S. (2012). Belastungsinduzierte Bronchokonstriktion - Eine kurze Übersicht mit Praxisempfehlungen. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 63(10), 294–297. Retrieved from <https://doi.org/10.5960/dzsm.2012.034>

- Stavrou, V. T., Tourlakopoulos, K. N., Daniil, Z., & Gourgoulialis, K. I. (2021). Respiratory Muscle Strength: New Technology for Easy Assessment. *Cureus*, 13(5), 1–8. Retrieved from <https://doi.org/10.7759/cureus.14803>
- StayWell. (2022). Using an Inhaler. Retrieved 19 April 2023, from <https://demo.staywellhealthlibrary.com/Content/healthsheets-v1/using-an-inhaler-without-a-spacer/>
- Stickland, M. K., Rowe, B. H., Spooner, C. H., Vandermeer, B., & Dryden, D. M. (2012). Effect of warm-up exercise on exercise-induced bronchoconstriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(3), 383–391. Retrieved from <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822fb73a>
- Sudhir, P., & Prasad, C. E. (2003). Prevalence of Exercise-induced Bronchospasm in Schoolchildren: an Urban-Rural Comparison. *Journal of Tropical Pediatrics*, 49, 104–108. Retrieved from <https://doi.org/10.1093/tropej/49.2.104>
- Threshold IMT. (2023). Retrieved 26 April 2023, from <https://www.philips.cz/healthcare/product/HCHS730010/treshold-inspiratory-muscle-trainer>
- Threshold PEP. (2023). Retrieved 26 April 2023, from <https://www.philips.cz/healthcare/product/HCHS735010/treshold-positive-expiratory-pressure-device>
- Tilles, S. A. (2018, May 1). Exercise-Induced Airway Dysfunction in Athletes. *Immunology and Allergy Clinics of North America*. W.B. Saunders. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.iac.2018.02.002>
- Torres, R., Picado, C., & de Mora, F. (2015). The PGE2-EP2-mast cell axis: An antiasthma mechanism. *Molecular Immunology*, 63(1), 61–68. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2014.03.007>
- Van Hollebeke, M., Gosselink, R., & Langer, D. (2020). Training Specificity of Inspiratory Muscle Training Methods: A Randomized Trial. *Frontiers in Physiology*, 11, 1–13. Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.576595>
- VanHaitsma, T. A., Mickleborough, T., Stager, J. M., Koceja, D. M., Lindley, M. R., & Chapman, R. (2010). Comparative effects of caffeine and albuterol on the bronchoconstrictor response to exercise in asthmatic athletes (Int J Sports Med (2010) 31 (231-236)). *International Journal of Sports Medicine*. Retrieved from <https://doi.org/10.1055/s-0030-1254313>
- Vondra, V. (2009). Optimální inhalace léků a chyby při inhalování. *Interní Medicína pro Praxi*, 11(2), 59–62. Retrieved 19 April 2023 from <https://www.internimedica.cz/pdfs/int/2009/02/02.pdf>

- Weiler, J. M., Anderson, S. D., Randolph, C., Bonini, S., Craig, T. J., Pearlman, D. S., ... Rosario, N. (2010). Pathogenesis, prevalence, diagnosis, and management of exercise-induced bronchoconstriction: A practice parameter. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 105, S1–S47. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.anai.2010.09.021>
- Weiler, J. M., Brannan, J. D., Randolph, C. C., Hallstrand, T. S., Parsons, J., Silvers, W., ... Wallace, D. (2016). Exercise-induced bronchoconstriction update—2016. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 138(5), 1292-1295.e36. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.JACI.2016.05.029>
- Williams, N., Johnson, M., Adamic, E., & Mickleborough, T. (2020). Non-pharmacological Management of Asthma-related issues in athletes. In J. Dickinson & J. Hull (Eds.), *Complete Guide to Respiratory Care in Athletes* (pp. 87–98). New York: Routledge.
- Włodarczyk, O. M., & Barinow-Wojewódzki, A. (2015). The impact of resistance respiratory muscle training with a SpiroTiger® device on lung function, exercise performance, and health-related quality of life in respiratory diseases. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska*, 12(4), 386–390. Retrieved from <https://doi.org/10.5114/kitp.2015.56796>
- Zeiger, J. S., & Weiler, J. M. (2020). Special Considerations and Perspectives for Exercise-Induced Bronchoconstriction (EIB) in Olympic and Other Elite Athletes. *Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 8(7), 2194–2201. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2020.01.041>
- Žurková, P., & Shudeiwa, A. (2012). Vyšetření funkce plic a respiračních svalů u pacientů s neuromuskulárním onemocněním. *Neurologie pro Praxi*, 13(6), 336–340. Retrieved from <https://doi.org/10.nnnn/neu.2012.085>.

## 10 PŘÍLOHY

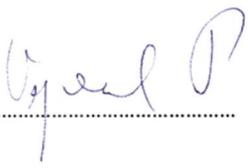
### 10.1 Potvrzení o překladu

#### POTVRZENÍ

Tímto potvrzuji, že jsem provedl překlad Abstraktu a Souhrnu u dokumentu „Možnosti plicní rehabilitace u pacientů s námahou vyvolanou bronchokonstrikcí“ z českého jazyka do anglického jazyka pro Martina Bínu dne 27. 4. 2023. Tento překlad souhlasí s textem originálu.

Patrik Vyoral – překladatel anglického jazyka

V Olomouci dne 22. 4. 2023

Podpis:  .....

## 10.2 Vzor informovaného souhlasu pacienta

### Informovaný souhlas pro pacienta

**Název studie:** „Možnosti plicní rehabilitace u pacientů s námahou vyvolanou bronchokonstrikcí“

**Jméno pacienta:**

**Odpovědný fyzioterapeut:** Martin Bína, Mgr. Martin Dvořáček

1. Já níže **podepsaný(á) souhlasím** s mou účastí ve výzkumu k bakalářské práci. Je mi více než 18 let. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.

2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli výzkumu, o jeho postupech a o tom, co se ode mne očekává.

3. Informoval(a) jsem fyzioterapeuta pověřeného výzkumem o všech lécích, které jsem užíval(a) v posledních 28 dnech, i o těch, které v současnosti užívám.

4. Budu se svým fyzioterapeutem spolupracovat a v případě výskytu jakéhokoliv neobvyklého nebo nečekaného příznaku jej budu neprodleně informovat.

5. Porozuměl(a) jsem tomu, že moje účast na výzkumu je dobrovolná. Víím, že ji mohu kdykoliv přerušit nebo ukončit, aniž by to jakkoliv ovlivnilo moji další léčbu.

6. Porozuměl(a) jsem, že při zařazení do výzkumu budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrností dle platných zákonů ČR. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních nebo s mým výslovným souhlasem.

7. Porozuměl(a) jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii.

*Podpis pacienta:*

*Datum: 15. 3. 2023*

*Podpis fyzioterapeuta:*