

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**  
*Ústav klinické rehabilitace*

Josef Šimek

**Terapeutické možnosti k ovlivnění autonomního nervového  
systému**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Anita Můčková, Ph.D.

Olomouc 2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 11. května 2023

Josef Šimek

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval své vedoucí bakalářské práce Mgr. Anitě Můčkové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení této bakalářské práce.

## **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Název práce:** Terapeutické možnosti k ovlivnění autonomního nervového systému

**Název práce v AJ:** Therapeutic Possibilities for Affecting the Autonomic Nervous System

**Datum zadání:** 2021-11-30

**Datum odevzdání:** 2023-05-11

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

**Autor práce:** Josef Šimek

**Vedoucí práce:** Mgr. Anita Můčková, Ph.D.

**Oponent práce:** Mgr. Miroslav Haltmar

**Abstrakt v ČJ:** Cílem této bakalářské práce je představit terapeutické možnosti ovlivnění autonomního nervového systému (ANS). Bylo prokázáno, že terapeutické přístupy, jako je pranayama, brániční dýchání, meditace, muzikoterapie, aromaterapie, pohybové terapie, jóga a tai chi, pozitivně ovlivňují činnost ANS. Tato práce obsahuje přehled anatomie a funkcí ANS, koncept autonomní rovnováhy, negativní vliv sympatické hyperaktivity a stresu na zdraví a metody hodnocení aktivity ANS. Poté je uveden přehled současné literatury o využití těchto terapeutických intervencí k modulaci funkce ANS. Syntézou stávajícího výzkumu je zdůrazněn potenciál těchto přístupů pro zlepšení celkového zdraví a pohody. Výhodou je, že všechny tyto terapeutické metody lze zahrnout do fyzioterapeutické praxe.

**Abstrakt v AJ:** The aim of this bachelor thesis is to present therapeutic possibilities for affecting the autonomic nervous system (ANS). Therapeutic approaches such as pranayama, diaphragmatic breathing, meditation, music therapy, aromatherapy, movement therapy, yoga and tai chi have been shown to positively influence ANS function. This thesis reviews the anatomy and functions of the ANS, the concept of autonomic balance, the negative impact of sympathetic overactivity and stress on health, and methods of assessing ANS activity.

A review of the current literature on the use of these therapeutic interventions to modulate ANS function is then presented. A synthesis of existing research highlights the potential of these approaches to improve overall health and well-being. The advantage is that all of these therapeutic approaches can be incorporated into physiotherapy practice.

**Klíčová slova v ČJ:** Autonomní nervový systém, parasympatikus, sympatikus, sympatovagální nerovnováha, hyperaktivita sympatiku, ovlivnění autonomního nervového systému, sympatikus a stres, terapie.

**Klíčová slova v AJ:** Autonomic nervous system, parasympathetic, sympathetic, sympathovagal imbalance, sympathetic overactivity, autonomic nervous system influences, sympatheticus and stress, therapy.

**Rozsah:** 60 stran

# Obsah

Úvod .....	8
1 Anatomie autonomního nervového systému .....	10
1.1    Centrální část ANS .....	10
1.1.1    Supratentoriální oblasti mozku.....	11
1.1.2    Oblasti mozkového kmene .....	12
1.2    Periferní část ANS .....	13
1.2.1 <i>Sympatikus</i> .....	14
1.2.2 <i>Parasympatikus</i> .....	15
2 Funkce autonomního nervového systému .....	17
2.1    Sympatikus a jeho funkce.....	18
2.2    Parasympatikus a jeho funkce .....	18
2.3    Srdce, regulace krevního tlaku .....	19
2.4    Gastrointestinální trakt (GIT) .....	20
2.5    Urogenitální trakt.....	21
2.6    Respirační systém .....	22
2.7    Autonomní koordinace srdeční činnosti a dýchání.....	22
2.8    Imunitní systém a ANS .....	22
3 Autonomní rovnováha .....	25
3.1    Hyperaktivita sympatiku .....	25
3.2    Stres a sympatikus .....	26
3.3    Hodnocení ANS.....	27
3.3.1    Variabilita srdeční frekvence.....	27
3.3.2    Respirační sinusová arytmie.....	27
4 Terapeutické možnosti .....	29
4.1    Pranayama .....	29
4.1.1    Pranayama a ANS.....	29

4.1.2 Pomalá Pranyama, mechanismus .....	30
4.1.3 Selektivní dýchání nosními dírkami .....	31
4.1.4 Efekty Pranayamy .....	31
4.2 Brániční dýchání .....	33
4.3 Meditace .....	33
4.3.1 Meditace a ANS .....	34
4.4 Aromaterapie .....	35
4.4.1 Účinky .....	36
4.5 Muzikoterapie .....	37
4.5.1 Účinky .....	38
4.6 Pohybová aktivita .....	39
4.6.1 Tai chi, jóga, chi kung .....	40
Závěr .....	42
Referenční seznam .....	44
Seznam zkratk .....	59
Seznam tabulek .....	60

# Úvod

V moderní společnosti jsme denně vystaveni mnoha stresovým faktorům, od pracovních nároků a finančních tlaků až po společenská očekávání a osobní problémy. Tyto stresory mohou mít zásadní vliv na naše fyzické a duševní zdraví, zejména na fungování autonomního nervového systému (ANS). ANS hraje klíčovou roli při udržování rovnováhy mezi různými tělesnými funkcemi, včetně srdeční frekvence, krevního tlaku, dýchání a trávení. Sympatická a parasympatická větev ANS pracují ve spolupráci, aby zajistily správnou regulaci mnoha fyziologických funkcí. V dnešní době je velice častým viníkem právě stres, který tuto dynamickou rovnováhu dokáže narušit, což vede k hyperaktivitě sympatiku a hypoaktivitě parasympatiku.

Sympatická hyperaktivita je spojena s řadou nepříznivých zdravotních následků, včetně hypertenze, kardiovaskulárních onemocnění a metabolického syndromu. Parasympatická hypoaktivita může zhoršovat imunitní funkce, trávení a kognitivní výkonnost. Tyto účinky mohou být obzvláště problematické, pokud se stres stane chronickým nebo dlouhodobým.

V posledních letech roste zájem o zkoumání neinvazivních terapeutických přístupů, které mohou modulovat aktivitu ANS ve prospěch parasympatické dominance a zlepšit tak zdravotní stav. Cílem této práce je zopakovat anatomii a funkce autonomního nervového systému, konkrétně sympatiku a parasympatiku. Tato práce dále obsahuje problematiku autonomní rovnováhy a nerovnováhy, hyperaktivitu sympatiku a vliv stresu na ANS. V neposlední řadě jsou v této práci předloženy možnosti, jakými dokážeme vstoupit do autonomní nerovnováhy a modulovat ji. Jedná se o neinvazivní možnosti, které se dají snadno implementovat do fyzioterapeutické praxe. Udržování autonomní rovnováhy je pro správné fungování organismu zásadní.

Mezi zvolené přístupy v této práci, které prokazatelně ovlivňují aktivitu ANS, patří pranayama, brániční dýchání, meditace, muzikoterapie, aromaterapie, cvičení, jóga, tai chi a chi kung. Cílem těchto přístupů je podpořit relaxaci, snížit stres a zlepšit celkovou pohodu zvýšením aktivity parasympatiku a snížením hyperaktivity sympatiku.

K vyhledávání odborných článků a publikací ke splnění cílů bakalářské práce byly využity on-line databáze EBSCO, Ovid a PubMed. Pro vyhledávání v těchto databázích byla použita klíčová slova: autonomní nervový systém, parasympatikus, sympatikus, sympatovagální, fyzioterapie, dech, variabilita srdeční frekvence, hyperaktivita sympatiku, stres, muzikoterapie, aromaterapie, jóga, tai chi resp. jejich anglické ekvivalenty: autonomic



nervous system, parasympathetic, sympathetic, sympathovagal, physiotherapy, breathing, heart rate variability, sympathetic hyperactivity, stress, music therapy, aromatherapy, yoga, tai chi.

# 1 Anatomie autonomního nervového systému

Autonomní nervový systém (dále ANS) je tvořen neurony centrálního a periferního nervstva. Tyto neurony jsou určeny pro inervaci hladké svaloviny vnitřních orgánů, cév a kůže. Dále inervují také srdce a žlázy. ANS je na centrální nervové soustavě (dále CNS) a vůči svými funkcemi relativně nezávislý. Kromě neuronů CNS jsou do ANS zapojeny také neurony v gangliích mimo CNS a neurony ve stěnách orgánů, které dokážou fungovat samostatně bez vlivu nervových vláken z vyšších etáží nervové soustavy. Zejména ve starší literatuře je ANS označován pod pojmem vegetativní systém, protože jeho činnost ovlivňuje základní biologické funkce spojené s příjmem potravy, cirkulací, látkovou výměnou a dalšími funkcemi udržující život organismu. Podle funkčních účinků na orgánové soustavy se ANS dělí na pars sympathica (sympatikus) a pars parasympathica (parasympatikus). Třetí složkou ANS je pak enterický systém, který je tvořen intramurálními pleteněmi trávicí trubice. Tyto pleteně obsahují vlastní malé ganglie s jednotlivými gangliovými buňkami (Čihák, 2016, s. 610). Vnímání sympatického a parasympatického systému jako dvou antagonistických efektorů je dnes překonaná myšlenka. Je pravdou, že jejich aktivita je v mnoha ohledech protichůdná, v globálním měřítku však působí ve vzájemné koordinaci (Kolář, 2009, s. 187).

ANS je hierarchicky organizován. Vyšší úrovně ANS jsou tvořeny centry uloženými v míše, mozkovém kmeni a v supratentoriální oblasti (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 311). Anatomicky tyto vyšší centra představují shluky buněk, tzv. centra. Tato centra svou aktivitou ovlivňují kontrakce hladké svaloviny. Aktivita center je rozváděna drahami k buňkám hlavových nervů a míšním buňkám, jejichž výběžky tvoří periferní autonomní vlákna. Nejnižší úroveň je tvořena právě pregangliovými a postgangliovými neurony, které se starají o autonomní inervaci cílových struktur (Dylevský, 2009, s. 19; Kolář, 2009, s. 186).

Nejméně zmapovanou oblastí v souvislosti s ANS je mozková kůra. Její účast na řízení autonomní aktivity není zcela známá. Předpokládá se, že zabezpečuje integraci vegetativní a somatické aktivity při volní motorické činnosti a připravuje vnitřní prostředí organismu pro metabolické nároky kosterního svalstva (Kolář, 2009, s. 186).

## 1.1 Centrální část ANS

Centrální část autonomního systému se skládá z několika oblastí nacházejících se v *supratentoriální* oblasti mozku a z neuronů ležících v mozkovém kmeni. Tyto oblasti

se podílejí na integraci reakcí spojených s emocemi a homeostázou. Přijímají informace z receptorů pro bolest, teplo a viscerální aktivity. Stejně tak přijímají signály z krve a mozkomíšního moku. Iniciují vzorce autonomních reakcí na specifické podněty jak z vnějšího, tak i z vnitřního prostředí. Vyvolávají lokální reflexy, které řídí specifické orgány. Všechny tyto oblasti jsou vzájemně vysoce propojené a v konečném důsledku řídí aktivitu pregangliových sympatických a parasympatických neuronů (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 315).

### 1.1.1 Supratentoriální oblasti mozku

Supratentoriální regiony mozku kontrolující funkce ANS, které se skládají z insulárního kortexu, kortexu v oblasti anteriorního cingula, amygdaly a hypothalamu.

**Insulární kortex** – je primární interoceptivní kůra. Integruje viscerální, bolestivé, teplotní a chuťové vjemy (Craig 2003 in Cersosimo a Benarroch, 2013, s. 45). Vstupy těchto informací pocházejí z dorsálního rohu míchy a z jader mozkového kmene. Tento tělesný vjem, označovaný jako interocepce je pak zpracován v přední insulární kůře a vytváří vědomé uvědomění si tělesného vjemu (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 316).

**Anteriorní cingulární kortex** – (dále jen ACK) je přední částí gyrus cinguli, který je umístěný mediálně v mozkové hemisféře a obklopuje corpus callosum ventrálně, rostrálně a dorzálně. Kromě kortikální šedé hmoty obsahuje tento gyrus také svazek bílé hmoty (Medford a Critchley, 2010, s. 535). Anteriorní cingulární kortex reaguje na subjektivní emoční události. Dorzální část ACK, také označovaná jako střední cingulární kůra, poskytuje rozhraní mezi emocemi, kognitivní a autonomní kontrolou. Aktivuje se v reakci na bolest a jiné averzivní podněty a podporuje autonomní aktivaci v reakci na tyto negativní podněty (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 317).

**Amygdala** – stejně jako většina oblastí mozku není jednodílnou strukturou. Skládá se z odlišných podoblastí a jader. Každé jádro amygdaly má jedinečné vstupy a výstupy, které je spojují s okolními strukturami mozku (Ledoux, 2007, s. 868).

Podílí se na emočním rozpoznávání a chování. Je rozhodující pro počáteční hodnocení motivačně významných podnětů, ať už negativních, nepříjemných (bolest apod.), nebo pozitivních a příjemných. Jednou z jejích hlavních funkcí je získávání a upevňování podmíněných reakcí na strach, které jsou částečně zprostředkovány ANS (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 317).

**Hypothalamus** – koordinuje reakce kritické pro přežití. Je důležitou složkou pro termoregulaci, osmoregulaci, kontrolu příjmu potravy, reprodukci a udržování biologických rytmů (např. cirkadiánní). Integruje reakce na stres a upravuje imunitní reakce (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 318). Právě na podněty, jako je například změna teploty krve, hypoglykémie nebo vnější stresory, spouští hypothalamus specifické vzory autonomních reakcí, jimiž tyto změny reguluje (Cersosimo a Benarroch, 2013, s. 46).

Funkčně je hypothalamus rozdělen do tří podélně uspořádaných zón: periventrikulární, mediální a laterální zóny. Každá z těchto zón obsahuje několik jader s různými vstupy a výstupy, které jsou úzce propojeny a interagují ANS (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 319). Jedním z těchto důležitých jader s rolí v autonomní funkci je například paraventrikulární jádro, které integruje a reaguje na různé aferentní stimuly, včetně změn krevního tlaku a objemu cirkulující krve (Pyner, 2021, s. 355).

### 1.1.2 Oblasti mozkového kmene

Několik skupin neuronů mozkového kmene je nepřímo zapojeno do autonomního řízení. Jsou lokalizovány v *nucleus tractus solitarius*, *parabrachiálním komplexu*, *periaqueduktální šedi*, *retikulární formaci* a v *raphe nuclei* prodloužené míchy (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 311-348).

***Nucleus tractus solitarius*** – (dále jen NTS) je struktura nacházející se v horní části prodloužené míchy. Přijímá senzory vstup přes trigeminální, faciální, vagový a glosyfaryngeální nerv (tzv. „kraniální parasymptický aferentní systém“). Dále do něj vstupují informace přes „sympatický aferentní systém“ (Novak, 2007, s. 972-973). Nucleus tractus solitarius je první přenosovou stanicí pro viscerální aferenci iniciující kardiovaskulární, respirační a gastrointestinální reflexy. NTS přenáší viscerální informace do předního mozku, a to jak přímo, tak prostřednictvím parabrachiálního komplexu (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 322).

***Parabrachiální komplex*** – (dále jen PBK) je hlavní přenosové centrum a koordinační centrum. Přijímá viscerální, nociceptivní a termoreceptivní vstupy z míchy a přenáší tyto informace hypothalamu, amygdaly a thalamu (Saper, 2002 in Cersosimo a Benarroch, 2013, s. 48). Parabrachiální komplex také obsahuje samostatná subjádra, která se podílejí na řízení respiračních, kardiovaskulárních a gastrointestinálních reflexů (Chamberlin, 2004; Smith et al., 2009 in Cersosimo a Benarroch, 2013, s. 48). Další neurony PBK jsou nezbytné pro vytváření normálního respiračního rytmu (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 311-348).

**Periaqueduktální šed'** – (dále jen PGM) je struktura, která koordinuje antinociceptivní, behaviorální a autonomní reakce na stres a zranění. PGM přijímá vstup z kůry, amygdaly a hypothalamu. Stimulace dorsolaterální části PGM vyvolává hypertenzi, tachykardii a agresivní chování v souladu s tzv. poplachovou reakcí „boj nebo útěk“. Zatímco stimulace ventrolaterální PGM vyvolává opačnou odpověď a vyvolává hypotenzi, bradykardii a pasivní chování (Novak, 2007, s. 972).

**Retikulární formace** – (dále jen RF) je fylogeneticky jedna z nejstarších částí mozku. Skládá se z recipročně propojených neuronů tvořící síť (Novak, 2007, s. 974). Tato síť se rozprostírá od centrálního tegmenta ke střednímu mozku až k prodloužené míše (Horn a Adamczyk, 2012 in Elias et al., 2021, s. 716-717). Uvnitř Varolova mostu a prodloužené míchy lze RF rozdělit do tří sloupců: a) *mediální tegmentální pole* se sestupnými aferenty, zapojené do posturální kontroly, b) *raphe nuclei*, které modulují frekvenční „palbu“ v senzoryckých nebo motorických míšních okruzích a c) *laterální tegmentální pole*, obsahující interneurony se vztahem k různým hlavovým nervům a míšním motoneuronům podílejícím se na respiraci, mikci a regulaci krevního tlaku (Holstege, 1991 in Elias et al., 2021, s. 717).

**Raphe nuclei** – tyto neurony přijímají vstup z hypothalamu a periaqueduktální šedi a jsou zapojeny do termoregulace (v reakci na chlad) a do reakce na emoční stres. Některé z těchto neuronů také přispívají k respirační chemosenzitivitě (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 327).

## 1.2 Periferní část ANS

Periferní část ANS je rozdělena na 3 divize: sympatickou, parasympatickou a enterickou. Parasympatický nervový systém (dále jen PASY) začíná v oblastech mozkového kmene a sakrální části míchy, je také nazýván kraniosakrálním systémem. Sympatický nervový systém (dále jen SY) má začátky v míše a nazývá se systémem thorakolumbálním (Jänig, 2013, s. 181).

Enterický nervový systém (dále jen ENS) se nachází ve stěně gastrointestinálního traktu v délce od jícnu až po anus. ENS tvoří dvě vzájemně propojené pleteně. Jde o *plexus submucosus Meissneri* a *plexus myentericus Auerbachii* (Králiček, 2011, s. 139).

Periferní část ANS se skládá jak z aferentních, tak z eferentních vláken. Většina eferentních vláken je doprovázena vlákny aferentními, tzv. viscerosenzitivními (Králiček, 2011, s. 133). Viscerální receptory se nacházejí ve svalové stěně, slizničních a serózních površích vnitřních orgánů, krevních cév a pleurální a peritoneální dutiny. Tyto receptory jsou

inervovány malými myelinizovanými axony (A-delta vlákna) a nemyelinizovanými axony (C – vlákna) (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 330).

Buněčná těla aferentních viscerálních neuronů jsou primárně lokalizována v spinálních gangliích nebo v určitých gangliích hlavových nervů, jako je například ganglion bloudivého nervu (Orimo, Ghebremedhin a Gelpi, 2018, s. 268). Aferentní signály cestují třemi hlavními cestami. Některé zůstávají v periferním orgánu a zprostředkovávají lokální axonové reflexy, některé vstupují do autonomních gangliových buněk a některé vstupují do centrálního nervového systému. Do CNS se viscerální cití dostane dvěma způsoby aference. Spinálními aferenty a aferenty mozkového kmene (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 335).

Eferentí oddíl PASY a SY je hierarchicky organizován do dvou sériově zapojených skupin neuronů. První skupina neuronů, tzv. pregangliových neuronů, je lokalizována v CNS, a to v mozkovém kmeni nebo míše. Druhá skupina neuronů, tzv. postgangliových neuronů, vytváří autonomní ganglia, která jsou součástí periferního ANS. Vlákna těchto neuronů inervují jednotlivé orgány (Orimo, Ghebremedhin a Gelpi, 2018, s. 268). Funkční zapojení sympatického a parasympatického nervového systému bude dále probráno podrobněji.

### ***1.2.1 Sympatikus***

Těla buněk pregangliových neuronů sympatiku leží v *columnae intermediolaterales* míchy od segmentu T1 až po L2/L3. Neurony se shlukují do sloupců a tvoří žebříkovité uspořádání po celé délce thorakolumbální páteře. Tyto neurony se následně synapticky spojí s postgangliovými neurony (Jänig, 2013, s. 182).

Ačkoliv mají pregangliové neurony segmentální organizaci, distribuce pregangliových vláken nenásleduje dermatomální vzorec somatických nervů. Pregangliové neurony v míšních segmentech T1 a T2 tedy poskytují vstup do ganglií inervující cílové tkáně hlavy a krku, T2 – T6 inervují horní končetiny a hrudní orgány, T7 – T11 břišní orgány a T12 – L3 dolní končetiny a pánevní a perineální orgány (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 335).

Postgangliové neurony jsou rozptýlené ve třech uspořádáních: paravertebrální, prevertebrální a terminální ganglia (previscerální).

Paravertebrální ganglia – jsou párové struktury, které jsou umístěny bilaterálně podél páteře. Existují 3 cervikální ganglia, 11 hrudních ganglií, 4 bederní ganglia a 4 až 5 sakrálních ganglií (Hamill a Shapiro, 2004, s. 20). Paravertebrální ganglia fungují primárně jako přenosové stanice pro pregangliový vstup. Poskytují dlouhé postgangliové axony všem sympaticky

inervovaným orgánům (kromě těch v břiše, pánvi a perineu). Například horní cervikální ganglion inervuje efekторы v obličeji a lebce, zatímco hrudní a bederní paravertebrální ganglia inervují krevní cévy kůže a svalů, potní žlázy, srdce, dýchací trakt, jícen a žaludek (Benarroch, Cutsforth–Gregory a Fleming, 2017, s. 340).

Prevertebrální ganglia – některé pregangliové neurony se pomocí splachnických nervů synapticky pojí na prevertebrální ganglia. Patří sem pregangliové neurony v segmentech od střední hrudní páteře po horní bederní páteř (Jänig, 2013, s. 182). Prevertebrální ganglia se nacházejí ve střední čáře před aortou a páteří a jsou reprezentované celiakálními ganglii, aortikorenálními ganglii, horními a dolními mezenterickými ganglii (Hamill a Shapiro, 2004, s. 20). Tyto ganglia zásobují břišní a pánevní orgány, obsahují neurony, které regulují motilitu a sekreci v gastrointestinálním traktu a pánevních orgánech (Jänig, 2013, s. 182).

Terminální ganglia – jsou malé shluky sympatických ganglií umístěných v blízkosti cílových struktur. Jsou též označovány jako krátké noradrenergní neurony, protože jejich axony dosahují krátkých vzdáleností. Mezi cílové orgány patří hladká a srdeční svalovina, žlázové struktury, parenchymální orgány (např. játra, ledviny, močový měchýř, rozmnožovací orgány) nebo kožní struktury (Hamill a Shapiro, 2004, s. 20).

Důležitou vlastností, která sympatický nervový systém odlišuje od parasympatického je, že se postgangliové neurony SY vyskytují v každém z 31 párů míšních nervů. Míšní nerv je tvořen z 8 % sympatickými vlákny. Nejvíce krevních cév v těle, především arteriol a žil, přijímá inervaci pouze prostřednictvím sympatického nervu. Cévní hladká svalovina je proto regulovaná pouze sympatikem (McCory, 2007, s. 4).

### **1.2.2 Parasympatikus**

Viscerální motorické neurony (pregangliové) parasympatiku se nachází v mozgovém kmeni a sakrální části míchy (kraniosakrální systém) (Orimo, Ghebremedhin a Gelpi, 2018, s. 269). Axony mnoha pregangliových neuronů jsou relativně dlouhé, jelikož se synapse na postganglionový neuron nacházejí blízko nebo uvnitř orgánů. Naopak axony postganglionových neuronů vysílají vlákna krátká (Wehrwein, Orer a Barman, 2016, s. 1251). V porovnání se sympatikem inervují tkáň přesněji s menším rozptylem (Orimo, Ghebremedhin a Gelpi, 2018, s. 269).

Kraniální pregangliové neurony parasympatického systému se nachází v: *Edingerovo – Westphalovo jádro, ncl. salivatorius superior, ncl. salivatorius inferior, ncl. dorsalis n. vagi*

a *ncl. ambiguus* (Wehrwein, Orer a Barman, 2016, s. 1251-1252). *Parasympatická* vlákna těchto neuronů opouštějí CNS přes III., VII., IX. a X. hlavový nerv (dále jen CN).

V hlavě se nachází 4 páry parasympatických ganglií. III. CN pomocí *ganglion ciliare* inervuje duhovku a ciliární svaly oka. VII. CN inervuje slzné, nosní, patrové a hltanové žlázy prostřednictvím pterygopalatinového ganglia. Sublingvální a submandibulární žlázy jsou inervované submandibulárním gangliem. IX. CN inervuje příušní žlázy přes ušní ganglion (Siéssere et al. in Waxenbaum, Reddy a Varacallo, 2022, s. neuvedeno).

X. CN neboli *nervus vagus* inervuje hrudní a břišní orgány (např. srdce, plíce, žaludek, slinivka břišní, tenké střevo, horní polovina tlustého střeva a játra). 75 % všech parasympatických vláken se nachází v *nervus vagus*. Důležitost *nervu Vagu* z hlediska vlivu parasympatického systému je jasně ukázána na jeho rozšířené distribuci (Mccorry, 2007, s. 4).

Sakrální oddíl parasympatiku, se svými pregangliovými neurony v *ncl. intermediolateralis*, se rozprostírá v míšních segmentech S1-S4. Sakrální oddíl inervuje sestupnou část tračníku, konečníku a urogenitálních orgánů (Kralíček, 2011, s.135).



## 2 Funkce autonomního nervového systému

Autonomní nervový systém ovlivňuje téměř všechny tkáně v těle, protože zajišťuje inervaci hladké svaloviny, srdeční svaloviny a buněk převodního systému srdečního, exokrinním a endokrinním žlázám, bílé a hnědé tukové tkáni a také tkáním lymfatickým (Wehrwein, Oer a Barman, 2016, s. 1246). Cestou sympatiku a parasympatiku ANS inervuje jednotlivé orgány a moduluje jejich funkce. Aferentní a eferentní signály ANS hrají důležitou roli v regulaci metabolismu a tím v udržování homeostázy na úrovni celého těla (Imai a Katagiri, 2022, s. 67).

Dnes už je mylnou představou, že sympatikus a parasympatikus pracují pouze v antagonistickém vztahu. Kromě antagonistického vztahu obou systémů, pracuje PASY a SY také ve vztahu synergickém (Jänig, 2009, s. 28). Ve studii od autorů Werhein et al. se fungování ANS rozděluje například na schopnosti PASY a SY pracovat antagonisticky, synergisticky a nezávisle (Wehrwein, Orera a Barman, 2016, s.1246).

Většina cílových struktur ANS je inervována pouze jedním z autonomních systémů. Méně cílových struktur je inervováno oběma systémy. Díky tomuto duálnímu zásobení v nich dochází k antagonistické (reciproční) inervaci. Do této skupiny struktur patří například buňky převodního systému srdečního, močový měchýř a některé cévy (cévy erektilní tkáně, intrakraniální cévy nebo třeba cévy slinných žláz) (Jänig, 2009, s. 24). Pokud se to vezme méně striktně, na úrovni jednotlivých orgánů reciproční inervace existuje. Je však důležité mít na paměti, že protichůdné funkce mohou být vykonávány na odlišných buňkách. V Tabulce 1 (s. 24) je seznam orgánů s jejich inervací a účinkem SY a PASY (Karemaker 2017, s. 97).

Podle Mc Dougal a Gamlin (2017) se reciproční efekt těchto SY a PASY na cílovou tkáň většinou ukáže buď jako synergická souhra, nebo jako fungování těchto systémů za odlišných funkčních podmínek. Například opačný vliv SY a PASY na velikost zornice je důsledkem působení obou systémů synergicky na odlišné svaly (*m. dilator pupillae* ovlivněn SY a *m. sphincter pupillae* PASY) (McDougal a Gamlin, 2014, s. 445). Fungování systémů za odlišných funkčních podmínek pak můžeme sledovat třeba u srdce, kdy rychlé změny srdeční frekvence, vytvořené při změnách polohy těla nebo při emočním stresu, jsou generovány změnami v aktivitě parasympatických neuronů. Naopak trvalé zvyšování srdeční frekvence během cvičení je způsobeno především aktivací sympatických neuronů zásobujících srdce (Jänig, 2009, s. 28).

V následujících odstavcích bude popsána funkce Sympatiku a Parasympatiku a jejich vliv na několik základních orgánových soustav.

## 2.1 Sympatikus a jeho funkce

Sympatický nervový systém je primárně známý svojí reakcí “útok nebo útek“ (Scott – Solomon, Boehm a Kuruvilla, 2021, s. 685). Karemaker (2017) ve své studii sympatikus označuje termíny “útek, útok a zamrznutí“ (Karemaker, 2017, s. 92). Touto reakcí sympatikus odpovídá na stresory. Primárně dochází k regulaci krevních cév. Zvýšený sympatický signál ve většině cév způsobí vasokonstrikci, výjimkou jsou koronární cévy a cévy zásobující kosterní svalstvo a vnější pohlavní orgány, kde dochází k vasodilataci (Karemaker, 2017 in Waxenbaum, Reddy, Varacallo, 2022, s. neuvedeno).

Ačkoliv je sympatikus známý hlavně pro svoji roli ve stresových situacích, je nepostradatelnou větví ANS v udržování homeostázy. Sympatické axony inervují periferní orgány a tkáně napříč celým tělem a řídí různé fyziologické procesy, jako je kardiovaskulární činnost, udržování tělesné teploty, hladiny glukózy v krvi a imunitní funkce (Scott – Solomon, Boehm a Kuruvilla, 2021, s. 685). Sympatikus je tedy aktivní konstantě, i v nestresových situacích (Karemaker, 2017 in Waxenbaum, Reddy, Varacallo, 2022, s. neuvedeno).

Sympatikus je tradičně popisován jako řetězec propojených ganglií v blízkosti míchy, který inervuje cílové orgány. V důsledku toho se věřilo, že informace se šíří napříč celým řetězcem, což vede ke globální aktivaci organismu a tím vyvolání sympatického tonu. Tento koncept je stále validní (Calaresu a Yardley, 1988 in Collet et al., 2013, s. 3). Zároveň je v současné době rozvíjen nový koncept chápání sympatiku, jako organizačního modelu obsahujícího rozsáhlou řadu funkčně specifických výstupních kanálů. Tyto kanály lze současně aktivovat nebo inhibovat v kombinacích (Vallbo et al., 2004 in Collet et al., 2013, s. 3)

## 2.2 Parasympatikus a jeho funkce

Parasympatikus se často označuje jako systém “odpočinku a trávení“ z důvodu jeho role v uchování energie, podpoře trávení a zbavování těla odpadních látek. Ale stejně jako “útok a útek“ není přesná definice celkové role sympatického nervového systému, “odpočinek a trávení“ nezahrnuje plně roli parasympatiku (Wehrwein, Ozer a Barman, 2016, s. 1246).

Jak již bylo zmíněno, převážnou část parasympatického systému zastupuje bloudivý nerv (*n. vagus*). Vzhledem k jeho expanzivní povaze, je bloudivý nerv popisován také jako systém včasného varování. Varuje tělo před cizími vetřelci, ale také sleduje jeho zotavování.

Až 80 % vagových vláken je senzorických a inervují téměř všechny hlavní orgány (Thayer a Sternberg, 2010 in Waxenbaum, Reddy a Varacallo, 2022, s. neuvedeno).

### 2.3 Srdce, regulace krevního tlaku

Srdce je inervováno oběma autonomními systémy cestou srdečních plexů, které se nacházejí hlavně kolem atria. Tyto místa můžeme nazvat také “integračními“ místy, kde se spojují autonomní eferenty se srdečními aferenty a ovlivňují srdeční výkon. Během většiny dne je srdce pod vlivem parasympatiku (Karemaker, 2017, s. 101).

Autonomní inervace srdce má původ v CNS cestou pregangliových nervových vláken z *nervu vagu* a ze sympatických pregangliových nervů z míchy. Vagová pregangliová vlákna putují přímo do ganglií lokalizovaných v epikardu. Sympatické pregangliové nervy se napojují na paravertebrální a prevertebrální ganglia v blízkosti míchy. Sympatické postgangliové periferní nervy pak směřují do srdce. Srdeční autonomní nervy se posléze soustřeďují ve výše zmíněných srdečních plexech (Kobayashi, 2013, s. 339).

Při snížení arteriálního tlaku dojde k detekci této změny v aortakarotických baroreceptorech, což jsou mechanoreceptory inervované pomocí IX. CN a X. CN. Baroreceptory následně pomocí baroreflexu vyšlou signál do centrálních struktur ANS, kam spadá *hypothalamus*, *insulární cortex*, *periaqueduktální šed*, *nucleus tractus solitarius*, *parabrachiální komplex* a *ventrolaterální prodloužená mícha* (Benarroch, 1993 in Gibbons, 2019, s. 412). Signál je následně zpracovaný předán prostřednictvím sympatických a parasympatických eferentních drah do efektorových orgánů. Efektorové orgány SY jsou krevní cévy a struktury srdce, zatímco u PASY jsou to pouze buňky převodního systému srdečního v sinoatriálním uzlu (Wehrwein a Joyner, 2013, s. 90).

Sympatická odpověď na zvýšení arteriálního tlaku odpovídá klasické smyčce negativní zpětné vazby. Zvýšený arteriální tlak snímáný baroreceptory vede ke snížení sympatického vazomotorického tonusu a vazodilataci krevních cév, podobně pak snížení arteriálního tlaku vede ke zvýšení sympatického vazomotorického tonu a k vazokonstrikci cév. Odpověď parasympatiku na zvýšený arteriální tlak se projeví pozitivní zpětnou vazbou. Zvýšený arteriální tlak vede k aktivaci parasympatického vagového eferentního přenosu do srdce. Účinek parasympatiku je však stále fyziologicky “negativní“, protože acetylcholin uvolněný z parasympatických vláken má na srdce silný inhibiční efekt, a proto se tepová frekvence zpomaluje (Wehrwein a Joyner, 2013, s. 93).

Cévy ve zbytku těla, když opomineme několik specializovaných cév (např. v erektilní tkáni), jsou bohatě inervovány pouze sympatickým nervovým systémem. V globálním měřítku je to tedy převážně sympatikus, který reguluje krevní tlak (Karemaker, 2017, s. 106).

## **2.4 Gastrointestinální trakt (GIT)**

Gastrointestinální trakt je inervován prostřednictvím svých spojení s vyššími centry CNS a enterickým nervovým systémem (ENS) ležícím ve stěnách GIT. Spojení mezi ENS a CNS je zprostředkováno parasympatickým a sympatickým nervovým systémem (Furness et al., 2014, s. 39). Sympatický nervový systém působí na GIT převážně inhibičním účinkem. Inhibuje hladkou svalovinu GIT a slizniční sekreci. Zároveň reguluje průtok krve prostřednictvím vazokonstrikce. Parasympatikus oproti tomu vykonává jak inhibiční, tak i excitační kontrolu nad žaludečním a střevním tonem a motilitou (tzn. trávení, absorpce, sekrece a defekace). Vliv parasympatiku na aktivitu GIT je komplexnější a jemnější (Browning a Travagli, 2014, s. 1339).

Spojení mezi ANS a GIT můžeme klasifikovat na spojení vagové, thorakolumbální a lumbosakrální. Každý z těchto systémů obsahuje jak aferentní (senzorické), tak eferentní (motorické) dráhy (Furness et al., 2014, s. 41).

Celý proces začíná tvorbou slin. Eferentní parasympatické dráhy pro slinné žlázy jsou zprostředkovány VII. a IX. hlavovým nervem. Faciální nerv inervuje podčelistní a podjazykové žlázy a glossofaryngeální nerv zásobuje žlázy příušní. Vlákná sympatiku se cestou jeho krční části napojí na myoepitelové buňky slinných žláz. Parasympatikus stimuluje sekreci slin, zatímco sympatikus stimuluje kontrakci myoepitelu a vypuzení slin (Gibbons, 2019, s. 413).

V průběhu dalšího průchodu potravy má důležitou roli vagová inervace. Díky ní dojde k relaxaci dolního jícnového svěrače pro spolknutou potravu, zvýšení žaludeční kapacity a sekrece žaludečních kyselin, kontrakce žlučníku a podpora exokrinní sekrece slinivky břišní (Furness et al., 2014, s. 45). Díky rozdílným neurotransmiterům může u vagové inervace žaludku a tenkého střeva docházet jak ke kontrakci, tak k relaxaci hladké svaloviny (Browning a Travagli, 2014, s. 1340-1341). Sympatická vlákna modulují činnost GIT především inervací enterických neuronů, jejichž činnost modulují. Výsledkem je inhibice motility. Sympatikus se dále stará o bohatou inervaci sfinkterů a jejich svalstva. Inervace ostatní hladká svalovina GIT sympatikem je zanedbatelná (Browning a Travagli, 2014, s. 1343).

Defekace se odehrává souhrou autonomních systémů. Vlákná ze sakrálního parasymptatiku inhibují anální sfinktery a zvýší tlak v tlustém střevě. Sympatická lumbální vlákna způsobí kontrakce svěračů pro udržení kontinence (Gibbons, 2019, s. 414).

## 2.5 Urogenitální trakt

Ukládání a periodické vylučování moči je řízeno dvěma funkčními jednotkami dolních močových cest: rezervoárem (močový měchýř) a dolními močovými cestami (hrdlo močového měchýře, močová trubice, svěrače). Za normálních podmínek tyto dvě funkční jednotky vykazují reciproční aktivitu. Autonomní inervace k těmto orgánům přichází ze sakrálního parasymptatiku a thorakolumbálního sympatiku (Groat, 2017, s. 1).

Retence moči je zprostředkována pregangliovými cestami sympatiku, které vycházejí z torakolumbálních segmentů a putují až do prevertebrálních ganglií v hypogastrickém a pánevním plexu. Postgangliová sympatická vlákna putují do močového měchýře, kde jejich aktivitou dochází k zavření vnitřního svěrače močové trubice (Groat, 2017, s. 1-2).

Jakmile dojde k akumulaci moči v měchýři a zvýšení tlaku, tato sympatická dráha zodpovídá právě za uzavření vnitřního svěrače a inhibuje kontrakce svaloviny močového měchýře, což umožňuje jeho naplnění. Když je močový měchýř plný, aferentní dráha přenášejí tuto informaci centrálně zvýší tonus parasymptatiku a sníží aktivitu sympatiku. Výsledkem je uvolnění vnitřního svěrače, kontrakce močového měchýře a vyloučení moči (Purves et al., 2001a, s. nevedeno).

Autonomní inervace reprodukčních orgánů má stejný původ ze sakrální míchy jako u močových cest. Aktivita postgangliových neuronů v příslušných parasymptatických ganglií způsobuje dilataci tepen penisu/klitorisu a relaxaci žilních (kavernózních) sinusoid, což vede k jejich zvětšení. Do takto zvětšených prostorů se dostane více krve a zvýší se tlak, dojde k erekci. Parasymptatikus také zásobuje *vas deferens*, semenné včky a prostatu u mužů nebo vaginální žlázy u žen. Cesta sympatiku začíná z thorakolumbálních segmentů a jeho efektem je naopak vazokonstrikce cév a ztráta erekce (Purves et al., 2001b, s. nevedeno).

Pro ejakulaci je nezbytná synergická aktivace autonomního a somatického nervového systému. Parasymptatikus reguluje epiteliální sekreci, zatímco sympatikus zprostředkovává kontrakci hladké svaloviny celého semenného traktu a tím reguluje emisní část ejakulace (Clement a Guliano, 2016, s. 2).

## 2.6 Respirační systém

Mazzone a Canning (2013, s. 215) popisují několik komponentů podílejících se na správném fungování dýchacích cest. Patří sem hladká svalovina, hlenové žlázy s cévním zásobením bronchiální sliznice a obranné reflexy, jako je kašel a sekrece hlenu. Tyto komponenty vytvářejí dynamickou kontrolu dýchacích cest z velké část inervovanou cestami ANS.

Preganglionická vlákna parasymptiku inervují dýchací cesty pomocí nervu vagu a formují cholinergní synapse s postgangliovými neurony. Parasymptická ganglia se nacházejí hlavně v oblasti velkých dýchacích cest. Postgangliová vlákna však zásobují celý “bronchiální strom“ (Lewis, Short a Lewis, 2006, s. 1689-1690). Postgangliová vlákna parasymptiku inervují hladkou svalovinu dýchacích cest, kde způsobují její kontrakci i relaxaci. Parasymptikus značně přispívá k regulaci sekrece hlenových žláz a také dilatuje bronchiální a plicní cévy (Mazzone a Canning, 2013, s. 215).

Postgangliové sympatické nervy také inervují dýchací cesty a plíce. Inervace probíhá cestami z paravertebrálních a cervikálních ganglií. Stimulace sympatických nervů vyvolá noradrenergní kontrakci plicních a bronchiálních cév a relaxaci hladké svaloviny díky  $\alpha$  – a  $\beta$  – adrenoreceptorům (Mazzone a Canning, 2013, s. 215).

## 2.7 Autonomní koordinace srdeční činnosti a dýchání

Dýchání a krevní oběh jsou funkčně propojeny. Aferentní vlákna z dýchacích cest, z chemoreceptorů a baroreceptorů (kardiovaskulární systém) směřují do prodloužené míchy do oblasti *nucleus tractus solitarii* (NTS). Jedním z funkčních významů NTS je, že ovlivňuje jak sympatikus, tak i vagus. Srdeční činnost zase ovlivňují neurony vagu, které se nacházejí v *nucleus dorsalis nervi vagi*, a v *nucleus ambiguus*, kdy obě tato jádra jsou současně zapojena do reflexů dýchacího systému (Opavský, 2017 s. 34).

Srdeční a respirační signály se synchronizují, vzniká tak kardiorespirační synchronizace. Snížené úrovně kardiorespirační synchronizace se objevují během stresu a negativně korelují s aktivitou sympatiku, vykazující zvýšenou srdeční frekvenci a nepravidelný dech (Jerath et al., 2015, s. 108).

## 2.8 Imunitní systém a ANS

Autonomní nervový systém je s imunitním systémem hluboce propojen. ANS reguluje vrozenou i adaptivní imunitu pomocí PASY a SY. Nerovnováha v těchto systémech může zapříčinit

změněnou zánětlivou reakci, kterou můžeme pozorovat u chronických stavů, jakou jsou systémová autoimunitní onemocnění (Bellocchi et al., 2022, s. 1). Inervačnímu vstupu do imunitních orgánů dominuje jednoznačně sympatická část ANS (Nance a Sanders, 2007, s. 739). Mezi tyto orgány se řadí primární i sekundární imunitní orgány jako je *thymus*, kostní dřeň, slezina a lymfatické uzliny (Nance a Sanders, 2007 in Marvar a Harrison, 2012, s. 326) Sympatický nervový systém prostřednictvím uvolňování katecholaminů a beta – adrenergní stimulací podporuje prozánětlivou odpověď T-lymfocytů a zároveň potlačuje funkci makrofágů a dendritických buněk. Oproti tomu aktivace parasympatiku má protizánětlivý účinek cestou nervu vagu a jeho neurotransmiteru acetylcholinu. Vagální aference také v cílové tkáni snímá zánětlivé stavy a zpětnou vazbou tyto informace posílá do mozku a tím moduluje protizánětlivé účinky ANS (Marvar a Harrison, 2012, s. 328).

**Tabulka 1** Funkce Autonomního nervového systému (Karemaker, 2017, s. 89)

<b>Orgán</b>	<b>Aktivace sympatiku</b>	<b>Aktivace parasympatiku</b>
<b>Oko</b>		
Zornice	Dilatace ( <i>m. dilator pupillae</i> )	Konstrikce ( <i>m. sphincter pupillae</i> )
<i>m. ciliaris</i>	Relaxace	Konstrikce
<b>Slzná žláza</b>	Mírná sekrece	Sekrece
<b>Slinné žlázy</b>	Mírná sekrece	Sekrece
<b>Srdce</b>		
Tep (SA uzel)	Zvýšení	Snížení
Kontraktilita (sval)	Zvýšení	Snížení, nebo žádný efekt
<b>Plíce</b>	Bronchodilatace	Bronchokonstrikce
<b>GIT</b>	Snížení motility	Zvýšení motility
<b>Ledvina</b>	Antidiuréza	Žádný efekt
<b>Močový měchýř</b>		
<i>m. detrusor</i>	Relaxace	Kontrakce
Svěrače	Kontrakce	Relaxace
<b>Penis</b>	Ejakulace	Erekce
<b>Klitoris, labia minora</b>	Žádný efekt	Erekce
<b>Bradavky</b>	Žádný efekt	Erekce
<b>Potní žlázy</b>	Sekrece	Palmární pocení
<b>Pilomotorické svaly</b>	Kontrakce	Žádný efekt
<b>Cévy</b>		
Velké tepny	Konstrikce	Žádný efekt
Arterioly	Konstrikce	Žádný efekt
Prekapilární sfinktery	Konstrikce	Žádný efekt
Malé žíly	Konstrikce	Žádný efekt
Velké žíly	Konstrikce, objemová regulace	Žádný efekt
Koronární tepny	Dilatace	Žádný efekt
<b>Svaly</b>		
Arterioly	Dilatace	Žádný efekt
Metabolismus	Zvýšení	Žádný efekt
Svalové vřetenko	Snížená senzitivity	Žádný efekt
<b>Játra</b>	Glykolýza, mobilizace glukózy	Glykosyntéza
<b>Tuková tkáň</b>	Lipolýza	Žádný efekt
<b>Imunitní systém</b>	Potlačení	Aktivace



### **3 Autonomní rovnováha**

Za normálního stavu je aktivita sympatického a parasympatického nervového systému v dynamické rovnováze. Například během cirkadiálního rytmu je aktivita sympatiku dominantnější během denních hodin a aktivita parasympatiku se naopak zvyšuje během hodin nočních (Thayer a Lane, 2007, s. 224). Tato rovnováha je kromě cirkadiálního rytmu ovlivněna také geny a modifikována environmentálním stresem a stárnutím (Wulsin, Herman a Thayer, 2018, s. 12). Rovnováha aktivit těchto systémů je variabilní a dokáže se rapidně modulovat v závislosti na požadavcích prostředí. Stabilita, adaptabilita a zdraví organismu jsou zabezpečovány právě touto variabilní rovnováhou, která se snaží minimalizovat energetické nároky na organismus (Thayer, Yamamoto a Brosschot, 2010, s. 122-123).

#### **3.1 Hyperaktivita sympatiku**

Při autonomní nerovnováze je jedna z větví dominantní oproti druhé. Tento stav je spojen právě s nedostatkem dynamické flexibility organismu. Empiricky existuje velké množství důkazů naznačující, že autonomní nerovnováha, ve které je sympatikus hyperaktivní a parasympatikus hypoaktivní je spojena s různými patologickými stavy. Zvláště když sympatická větev dominuje po dlouhou dobu, se energetické nároky na organismus stanou nadměrnými a nesplnitelnými (Thayer, Yamamoto a Brosschot, 2010, s. 123).

Existuje stále více důkazů, které naznačují, že mnoho chorobných stavů je doprovázeno chronickým zvýšením aktivity sympatického nervu (Fisher, Young a Fadel, 2009, s. 1). Hyperaktivní sympatický nervový systém se stal charakteristikou především několika kardiovaskulárních onemocnění včetně ischemické choroby srdeční, chronického srdečního selhání a hypertenze (Fisher, Young a Fadel, 2009, s. 3). K vyšší aktivitě sympatiku také negativně přispívá fyzická inaktivita, úzkost a nespavost a tím se dále zvyšuje riziko vzniku těchto kardiovaskulárních onemocnění (Porges, 1995 in Wulsin, Herman a Thayer, 2018, s. 18).

Nicméně zvýšená činnost sympatiku se nevztahuje pouze na onemocnění kardiovaskulárního systému, ale i na další chorobné stavy jako je například onemocnění ledvin, diabetes mellitus typu II, obezita, metabolický syndrom, deprese a ulcerózní kolitida (Fisher, Young a Fadel, 2009, s. 3).

## 3.2 Stres a sympatikus

Úroveň stresu ve společnosti výrazně vzrostla kvůli zvýšené poptávce moderního života. Chronický stres negativně ovlivňuje zdraví a způsobuje různé typy tělesných dysfunkcí, výskyt těchto stresem vyvolaných poruch se v posledních několika letech značně zvýšil i u dospívajících a dětí školního věku (Pal et al., 2014, s. 145).

Existuje úzké propojení mezi stresem, autonomní nerovnováhou a nemocemi (Wulsin, Herman a Thayer, 2018, s. 19). Stres je často definován jako stav psychického, fyzického nebo emocionálního napětí v reakci na neočekávané faktory, spouštěče nebo okolnosti. Nejběžnějším typem je akutní stres, který vyvolává rychlou fyziologickou reakci pro zmírnění spouštěče. Chronický stres vzniká dlouhodobým vystavováním se duševnímu, emocionálnímu, fyzickému napětí nebo traumatické události. Běžné symptomy související se stresem zahrnují širokou škálu negativních emocí, změněných nálad a chování (např. úzkost, podrážděnost, vztek, deprese, nepřátelství). Tyto symptomy mají nepříznivý účinek na orgány, zejména na kardiovaskulární a nervový systém. Zvýšená aktivace sympatiku hraje v této problematice klíčovou roli (Hering, Lachowska a Schlaich, 2015, s. 1).

Organismus na stresor odpovídá mobilizací autonomního nervového systému, endokrinního systému a imunitního systému. U autonomního nervového systému se jedná o klasickou výše popsanou "zaútoč nebo uteč" odpověď sympatického nervového systému, kdy se parasympatikus přesouvá do pozadí (Wulsin, Herman a Thayer, 2018, s. 16). Důležitou složkou reakce na stresor je aktivace *adrenomedulárního* a *adrenokortikálního systému*, které jsou inervovány SY (Anagnostis, Athyros a Tziomalos 2009 in Lambert a Lambert, 2011, s. 244).

Sympatický nervový systém kontroluje biosyntézu a sekreci katecholaminů ze dřene nadledvin, díky její inervaci preganglionickými sympatickými nervy. Dlouhodobá expozice stresu zvyšuje úroveň cirkulujícího kortizolu a katecholaminů v krvi. Za normálních podmínek dojde po odeznění stresoru k aktivaci parasympatického systému a k navrácení rovnováhy. Za abnormálních podmínek, ve kterých stresor setrvává, zůstává sympatikus aktivovaný a dochází ke zvyšování hladiny katecholaminů (Won a Kim, 2016, s. 666).

Hjemdahl (2002) pak ve své studii potvrzuje souvislosti mezi stresem, zvýšenou aktivitou sympatiku a metabolickým syndromem. Znaky metabolického syndromu jsou abdominální obezita, inzulínová rezistence, hypertenze a dyslipidemie. Inzulínová rezistence je základním rysem u sekundárního diabetu, a kromě toho se mezi diabetem a metabolickým syndromem vyskytují i další zajímavé paralely. A na závěr, obezita, inzulínová rezistence

a diabetes jsou spojeny s prozánětlivými mechanismy, které jsou spojeny se zvýšeným kardiovaskulárním rizikem (Hjemdahl, 2002, s. 2634). Je potvrzena také silná spojitost chronicky zvýšené aktivity sympatiku s depresivní poruchou a s rizikem vzniku kardiovaskulárních poruch (Barton et al., 2007, s. 2117).

### **3.3 Hodnocení ANS**

#### **3.3.1 Variabilita srdeční frekvence**

Srdeční frekvence je počet úderů (tepů) srdce za minutu. Variabilita srdeční frekvence (dále jen HRV, z angl. heart rate variability) je variace v čase, která se nachází v období mezi po sobě jdoucími úderů srdce. Variabilita srdeční frekvence odráží schopnost srdce přizpůsobit se měnícím se okolnostem, detekovat a rychle reagovat na nepředvídatelné podněty (Rajendra Acharya et al., 2006, s. 1031). Vypovídá o regulacích autonomní rovnováhy, krevního tlaku, respiračních orgánech, gastrointestinálního systému a cévní tonizaci. HRV je generována interakcemi mezi srdcem a centrální nervovou soustavou a dynamickou inervací autonomního nervového systému (Gervitz, Lehrer a Schwartz, 2016 in Shaffer a Ginsberg, 2017, s. 1).

Variabilita srdeční frekvence může být použita k posouzení autonomní nerovnováhy, k vyhodnocení rizik vzniku nemocí a rizik úmrtnosti. Parasymptická aktivita a HRV jsou spojené s imunitní dysfunkcí a záněty, které mají podíl na širokém spektru onemocnění včetně kardiovaskulárních chorob, diabetu, osteoporózy, artritidy, Alzheimerovy choroby nebo určitých typech rakoviny. Měření variability srdeční frekvence v časové i frekvenční oblasti úspěšně indexuje vagální aktivitu (Thayer, Yamamoto a Brosschot, 2010, s. 123).

Wulsin et al. (2015, s. 2443-2448) potvrdili, že spolu s genderem, věkem a kouřením je vysoká klidová srdeční frekvence a nízká srdeční variabilita významným prediktorem rozvoje vysokého krevního tlaku, hyperglykemie a s tím spojeného diabetu.

Mnoho lékařů se také domnívá, že HRV lze využít i k objektivnímu posouzení emočního zdraví, zejména úrovně stresu (Sessa, Anna a Messina, 2018, s. 170).

#### **3.3.2 Respirační sinusová arytmie**

Respirační sinusová arytmie (RSA) je variabilita srdeční frekvence v synchronizaci s dýcháním. Projevuje se jako cyklické zrychlování a zpomalování srdeční frekvence v synchronizaci s nádechem a výdechem. Během nádechu se zvyšuje aktivita sympatického nervového systému, což způsobuje zrychlení srdeční frekvence, naopak během výdechu

se aktivuje parasympatický nervový systém, který srdeční frekvenci zpomaluje (Yasuma a Hayano, 2004, s. 683). Čím více se liší srdeční frekvence během nádechu oproti výdechu, tím větší je aktivita vagu. U zdravých mladých osob je tato fyziologická závislost zřetelná, se stářím se RSA snižuje. RSA se může snižovat také stresem, během fyzické zátěži nebo při horečce (Opavský, 2017, s. 34).

Ačkoli se RSA používá jako index srdeční vagové funkce, je to také fyziologický jev odrážející všeobecně pozorované interakce mezi dýcháním a krevním oběhem (Yasuma a Hayano, 2004, s. 683).

V klinické praxi je možné i bez přístrojového vybavení hodnotit vliv dýchání na srdeční frekvenci. Fyzioterapeut si může sám v ambulanci ověřit, zda je u jeho pacienta autonomní reaktivita na hluboké dýchání zachována. Změny srdeční frekvence v závislosti na dechové aktivitě může sledovat například palpací na a. *radialis* (Opavský, 2017, s. 34).

## 4 Terapeutické možnosti

### 4.1 Pranayama

Dech se nazývá “Prana“, což znamená jak “dech“, tak “energii“ (energii je myšleno vědomé pole, prostupující celým vesmírem), “yama“ vyjadřuje kontrolu. “Prana – Yama“ je sada dechových technik, které se zaměřují přímo a vědomě na regulaci jednoho nebo více parametrů dýchání (frekvence, hloubka, poměr nádechu a výdechu). Pranayama primárně souvisí s jógovou praxí, ale je také součástí několika meditativních praktik (Jayawardena et al., 2020, s. 99).

Mezi různé formy pranayamy se řadí dýchání nosními dírkami (dvojitě, jednoduché nebo střídavě), abdominální dýchání, usilovný dech a vokalizovaný dech (zpěv). Jóga, a tedy i pranayama, byla poprvé představena západnímu světu na konci 19. století a její popularita vzrostla v polovině 20. století. Od té doby se staly dechové techniky stále více populární díky rostoucímu zájmu o holistické a wellness přístupy ke zdravotní péči (Russo, Santarelli a O'Rourke, 2017, s. 298).

Pranayama se skládá z vědomého nádechu, zádrže dechu a výdechu. Přestože se každá pranayama skládá z těchto tří částí, různé formy pranayam mohou vyvolat různé a častokrát opačné reakce. To závisí například jaká nosní dírka se používá nebo na rychlosti dýchání (Jerath et al., 2006, s. 567)

V západní kultuře byly vyvinuty dýchací techniky nezávisle na jakémkoli náboženské nebo spirituálním přesvědčení. V dnešní době se používají především k léčebným účelům, jako je například progresivní relaxace, autogenní trénink nebo biofeedback. Tyto dýchací techniky jsou často označovány jako tempové dýchání (z angl. paced breathing) a jsou založeny na snižování dechové frekvence (Stancák et al., 1993, s. 723).

#### 4.1.1 Pranayama a ANS

Různé druhy pranayamy mají na organismus odlišné účinky a mohou aktivovat různé větve ANS, které regulují například spotřebu kyslíku, metabolismus a kožní odpor. Například pranayamické dýchání, které je charakteristické krátkým zadržením dechu, výrazně zvyšuje spotřebu kyslíku a rychlost metabolismu. Zatímco pranayamické dýchání s dlouhým zadržováním dechu způsobuje snížení spotřeby kyslíku a zpomalení metabolismu (Tyagi a Cohem, 2013, s. 303). To dokazuje, že pomalé dýchání aktivuje parasymptický nervový systém a zklidňuje ANS.

Obecně se má za to, že pomalé dýchání snižuje srdeční frekvenci, reakci srdeční frekvence na vertikalizaci, krevní tlak, vede k lepší oxygenaci, klesá při ní periferní funkce chemoreceptorů, zlepšuje se funkce a citlivost baroreceptorů a v neposlední řadě je pomalé dýchání spojeno především s nízkou aktivitou sympatiku. Rychlé dýchání, na druhé straně, je známo tím, že aktivitu sympatiku zvyšuje spolu s krevním tlakem a srdeční frekvencí (Mourya et al., 2009, s. 711).

#### **4.1.2 Pomalá Pranyama, mechanismus**

Je známo, že pomalé pranayamické dýchání charakteristické dlouhými periodami dechové zádrže způsobuje krátkodobý a dlouhodobý fyziologický efekt na organismus. Důležitým dlouhodobým efektem je právě zlepšení autonomních funkcí. Pomalým dýcháním dochází ke zvýšení aktivity parasympatiku a snížení dominance sympatiku. Hlavním hybatelem je normalizace kardiorespiračního systému pomalým rytmickým dýcháním (Pramanik et al., 2009, s. 294).

Jerath et al. (2006, s. 568) tvrdí, že Pranayama ovlivňuje autonomní nervovou rovnováhu prostřednictvím inhibičního signálu vyvolaného protažením břišních svalů (především bránice), další signály přicházejí z plic nebo z nervových zakončení v nose. Pranayama zvyšuje frekvenci a délku inhibičních nervových impulsů tím, že aktivuje protahovací receptory v těchto tkáních během nadměrného nádechu.

Inhibiční impulsy hrají obvykle roli při kontrole autonomních funkcí, jako je systémový cévní odpor a srdeční tep. Inhibiční proud synchronizuje rytmickou buněčnou aktivitu mezi kardiopulmonálním centrem a centrální nervovou soustavou. Inhibiční proud dále reguluje excitabilitu nervové tkáně a je známý pro vyvolání synchronizace neuronálních prvků a navození stavu relaxace. Synchronizace hypothalamu a mozkového kmene je pravděpodobně zodpovědná za indukci parasympatické odpovědi během dechových praktik (Pramanik et al., 2009, s. 295). Mechanismus buněčné integrace mezi dýcháním a parasympatickou reakcí není však zcela objasněn (Jerath et al., 2006, s. 568).

Ve studii Mourya et al. (2009, s. 711) využívající dechových cvičení napodobujících pranayamu po dobu třech měsíců, vyšlo najevo, že při pomalém dýchání došlo ke zlepšení autonomní rovnováhy a snížení tlaku u hypertonických pacientů, u rychlého dýchání efekt na zlepšení autonomních funkcí nebyl tak silný.

Bylo také zjištěno, že pomalé hluboké dýchání způsobuje téměř úplnou sympatickou inhibici. Tato sympatická inhibice se mění nepřímo úměrně s objemem plic, přičemž vysoký

objem plic vede k největší inhibici. K většině této sympatoinhibice dochází také v druhé polovině nádechu. K největší inhibici sympatiku dochází u pomalého, hlubokého dýchání (Jerath et al., 2015, s. 108).

#### **4.1.3 Selektivní dýchání nosními dírkami**

Existuje stále více studií, které se zabývají rozdílným efektem u selektivního dýchání nosními dírkami. Telles (1994) například ve své měsíc trvající studii zkoumal efekt dýchání samostatně přes levou nosní dírku, přes pravou a kombinovaně. Výsledkem byl například nárůst hladiny spotřeby kyslíku, a to převážně u skupiny dýchající pravou nosní dírku. Toto zvýšení metabolismu bylo zapříčiněné zvýšenou aktivací části sympatiku, která inervuje dřeň nadledvin. U skupiny dýchající levou nosní dírku se prokázalo také zvýšení kožního volárního galvanického odporu, to je vysvětleno redukcí aktivity sympatiku zásobující potní žlázy. Celkové výsledky studie naznačují, že selektivní dýchání má výrazný aktivační a relaxační účinek na sympatický nervový systém v závislosti na zvolené nosní dírce (Telles, 1994, in Jerath et al., 2006, s. 567).

Pal et al. (2014, s. 148) ve své šesti týdenní studii také potvrzuje, že dýchání pravou nosní dírku zvyšuje aktivitu sympatiku a dýchání levou nosní dírku zvyšuje aktivitu parasympatiku.

Raghuraj a Telles (2008, s. 65) zjistili, že dýchání pravou nosní dírku zvyšuje systolický, diastolický a střední arteriální tlak. Zatímco u dýchání oběma dírkami střídavě dochází ke snížení systolického a diastolického tlaku. Dýcháním pouze levou nosní dírku došlo k nížení systolického a středního arteriálního tlaku. Přezkoumáním několika dalších studií došly také k závěru, že dýchání levou nosní dírku má pozitivní vliv na aktivaci parasympatiku, kdežto pravá nosní dírka je spojená s aktivací sympatiku.

#### **4.1.4 Efekty Pranayamy**

Je známo, že pranayama zlepšuje funkci plic a kardiovaskulární profil. U Buteykeho dýchací metody s přístrojem, který napodobuje pranayamu bylo zjištěno zlepšení symptomů u pacientů s astmatem (Cooper, 2003, s. 674). V průběhu času se také ukázalo, že pranayama snižuje spotřebu kyslíku na jednotku práce. “Kapalabhati“, technika pranayamy charakteristická rychlým dýcháním, podporuje dekarboxylační a oxidační mechanismy plic a tím “zklidňuje“ respirační centra CNS (Jerath et al., 2006, s. 567). Snižováním rizikových faktorů kardiovaskulárních onemocnění je nejen metodou terapeutickou, ale také preventivní. Její

schopnost redukovat míru oxidačního stresu a snižovat volné radikály částečně vysvětluje její dlouhodobý kladný dopad na kardiopulmonální systém (Bhattacharya, Pandey a Verma, 2002, in Jerath et al., 2006, s. 567).

Sudarshan Kriya Yoga, která spadá také pod pranayamu, je používána k léčbě posttraumatické stresové poruchy, deprese a nemocí spojených se stresem, a to díky svým schopnostem zlepšit náladu, pozornost, duševní zaměření a odolnost vůči stresu (Brown, Gerbarg, 2005, s. 198). Sudarshan Kriya Yoga se skládá ze sekvence několika dechových technik, například i z praktikování mantry "Om". Praktikováním této metody bylo docíleno značného snížení hladiny kortizolu u depresivních pacientů. I když mechanismus účinku není zcela ozřejměn, předpokládá se, že tato metoda funguje na principu aktivace *tractus nucleus solitarius*, *parabrachiálního komplexu*, mozkové kůry, thalamu a dalších oblastí cestou vagálních aferentů. Aktivací limbického systému, *hippocampu*, *hypothalamu*, *amygdaly* může dojít ke zlepšení autonomních funkcí, neuroendokrinní sekrece a emočního zpracovávání (Brown a Gerbarg, 2005, s. 189).

Pozitivní efekt v léčbě stresu a úzkostí je také potvrzen u metody Bhastrika pranayama. Měsíčním praktikováním této metody se u participantů podařilo snížit jejich míru úzkosti a stresu. Princip účinku této metody opět vycházel z aktivace oblastí mozku zodpovědných za emoční zpracování a z redukce vyplavování stresových hormonů (Novaes, 2020, s. 2).

Ve spojení s dalšími jógovými technikami, bylo dokázáno, že pranayama snižuje příznaky syndromu dráždivého tračníku zesilováním parasympatické aktivity gastrointestinálního traktu a snižováním působení stresu (Taneja et al., 2004, s. 30).

Pranayama je také schopna ovlivnit imunitní systém. Díky inhibici sympatického nervového systému a přechodu z jeho dominance na parasympatikus zlepšuje funkce imunitního systému podobně jako meditace nebo mindfulness meditace (Jerath et al., 2006, s. 567).

Dalším zajímavým a pozitivním efektem pranayamy je vliv na mozkové vlny. Ve studiích zkoumajících tento efekt, se ukázalo, že po dýchání došlo ke zvýšení frekvence a amplitudy u alfa mozkových vln, které jsou spojeny s vnímáním klidu. Taktéž došlo ke zvýšení frekvence a amplitudy u beta vln, spojených s výkonem a u theta vln, které se vyskytují při opakujících se úlohách. Celkové zvýšení aktivity mozkových způsobuje pozitivní efekt na snížení úzkosti a zvýšení koncentrace (Desai, Tailor a Bhatt, 2015, s. 117).



## 4.2 Brániční dýchání

Brániční dýchání je pomalé, hluboké dýchání, které ovlivňuje mozek, kardiovaskulární, respirační a gastrointestinální systém prostřednictvím modulace autonomních nervových funkcí (Hamasaki, 2020, s. 1). Brániční dýchání je charakterizováno pomalým nádechem nosem pomocí bránice. Hrudník by měl během dýchání zůstat co nejkliďnější. Obecně platí, že jeden cyklus bráničního dýchání, tj. nádech a výdech, trvá přibližně šest sekund. Tento typ dýchání je využíván u meditačních praktik spojující mysl a tělo, jako je jóga a tai chi (Zou et al., 2018, s. 2).

Bránice je jedním z hlavních dýchacích svalů a její funkce je pro správné dýchání zásadní. Podílí se také na vokalizaci, polykání a dýchání. Její dysfunkce je spojena s různými poruchami, jako je např. dechová nedostatečnost nebo poruchy spánku (Ricoy et al., 2019, s. 6). Bránice má více fyziologických funkcí. Inervuje ji *n. phrenicus*, který je spojen s nervem vagem. Touto cestou pohyby bránice při dýchání ovlivňují sympatický a parasympatický nervový systém a také aktivitu motorických nervů a mozek (Bordoni et. al, 2018, s. 1). Snížení tepové frekvence pomocí bráničního dýchání aktivuje parasympatickou nervovou činnost a zároveň potlačuje aktivitu sympatiku (Hamasaki, 2020, s. 12). Chang et al. (2013, s. 6) uvádějí, že pomalé dýchání s osmi dechy za minutu vede parasympatickou aktivitu do dominantního stavu.

Martarelli et al. (2011, s. 1) Prokázali, že brániční dýchání zvyšuje antioxidační aktivitu a snižuje oxidační stres po cvičení u sportovců. Brániční dýchání má také potenciál být nefarmakologickou léčbou pro pacienty se stresovou poruchou a s chronickými respiračními poruchami (Xi, et al. 2015, s. 3). Kromě toho může pomoci při léčbě chronické funkční zácpy, migrény a úzkosti. Brániční dýchání se zdá jako jednoduchá, proveditelná praktika v léčbě mnoha poruch (Hamasaki, 2020, s. 13).

## 4.3 Meditace

Za meditace se označuje skupina technik, z nichž většina vznikla ve východních náboženských nebo duchovních tradicích. V dnešní době se meditační techniky staly populární díky jejich pozitivních zdravotních účincích, především v oblasti snižování stresu. Nejvíce studovanými typy meditací je transcendentální meditace, pocházející z Indie, a mindfulness meditace, která má kořeny v Budhismu (Horowitz, 2010, s. 223). Termín “meditace“ se dnes také používá

k označení velkého množství různých technik mezi které patří kontemplace, koncentrace, použití přírodních zvuků, mantry nebo pohybová meditativní cvičení (Sharma, 2015, s 233).

#### 4.3.1 Meditace a ANS

Meditace, autonomní nervový systém, stress a emoce jsou úzce propojeny. Úplné pochopení, jakým způsobem jsou tyto elementy provázány není zcela objasněno.

Emoce jsou řízeny mozkem, konkrétně strukturami jako je například amygdala. Prožívání emocí ovlivňuje celé tělo a může vést k fyziologickým změnám, například ke změnám srdeční frekvence nebo změnám dýchání. Negativní emoce, kam se řadí úzkost a s ní spojený stres mohou aktivovat sympatický nervový systém, což vede k rozsáhlé depolarizaci v celém mozku a těle (Kreibig, 2010, s. 397). Oproti tomu praktikování meditace dokáže parasympatický nervový systém aktivovat, což vede k rozsáhlé buněčné inhibici a hyperpolarizaci. Změny v membránových potenciálech neuronálních buněk v celém těle mohou být základem fyziologických mechanismů emocí (Jerath et al., 2015, s. 107).

Během meditace, mysl a tělo přejdou do stavu dominantního parasympatiku a dochází ke zvýšené úrovni kardiorespirační synchronizace. Kardiorespirační synchronizace se podílí na modulaci autonomního nervového systému a také na aktivitě amygdaly a je pravděpodobným základem mechanismu, kterým meditace ovlivňuje emoce a tím rovnováhu ANS (Jerath, Barnes a Crawford, 2014, s. 547).

Během meditace se zvyšuje aktivita v prefrontální mozkové kůře a dochází ke stimulaci retikulárních center v *thalamu*. Důsledkem toho je tvorba a transport neuronů zvaných GABAergní neurony, které mají inhibiční vliv na ostatní neurony mozkové kůry (Guglietti et al., 2013, s. 397). Tyto inhibiční neurony jsou zapojeny do kontroly kardiorespirační sítě neuronů v mozku (Frank, Mendelowitz a Nitabach, 2012, s. 1). Starají se o tvorbu dechového rytmu a zprostředkovávají komunikaci mezi dechovými a srdečními centry v prodloužené míše. Kromě toho také modulují excitační přenosy v amygdale a tím regulují emoce. Další zajímavostí je jejich schopnost neuroplasticity a tím i další ovlivnění ANS (Guglietti et al., 2013, s. 397).

GABAergní aktivita v celém mozku je velice komplexní a podílí se na vagální inhibici. Inspiračně modulované GABAergní neurony mohou být zodpovědné za inhibici parasympatických kardiainhibičních neuronů, které mají za následek respirační sinusovou arytmií (Frank, Mendelowitz a Nitabach, 2012, s. 1).

Stres, deprese a úzkosti jsou spojeny s vyšší aktivitou amygdaly a chronický stres vede k její neuronální hyperaktivitě. Tato excitační aktivita je důsledkem rozsáhlé depolarizace. Snížení této excitační síly pomocí hlubokého dýchání a meditace může být potenciální léčbou (Jerath et al., 2015, s. 107).

Vývoj přesnější technologie pro měření membránových potenciálů s ohledem na dechovou a autonomní modulaci během různých emocí a meditačních postupů může pomoci k dalšímu pochopení tohoto mechanismu, který je základem dechových a meditačních technik. Jerath et al. (2015, s. 111) se domnívají, že posun sympato-vagální rovnováhy vyvolaný řízeným dýcháním anebo meditací vede k inhibici negativních emocí a rozsáhlé hyperpolarizaci, což přispívá k příznivým účinkům, které se dostávají po praktikách, jako je pranayama nebo mindfulness.

Další zajímavá souvislost existuje mezi meditací a hormony. Studie zkoumající relaxační reakci během meditace zjistila, že během stresu měly osoby v meditační skupině stejnou hladinu noradrenalinu v plazmě jako osoby ve skupině, které nemeditovaly, ale reaktivita sympatického nervového systému byla u meditujících snížena (Hoffman et al., 1982, s. 190). Tato studie ukázala, jak může ANS modulovat reaktivitu na neurotransmitery, což naznačuje, že modulace ANS může být účinnějším léčebným prostředkem, než současný trend zaměřený na léčbu jednotlivých neurotransmiterů (Jerath et al., 2015, s. 107).

V další studii, zkoumající integrovanou meditační techniku Amrita, která zahrnuje meditaci, pranayamu a jógu bylo zjištěno, že praktikováním těchto technik bylo účinné ve snižování hladin adrenalinu (Vandana et al., 2011, s. 5). Mechanismus, kterým meditace blokuje nebo potlačuje reakce na tyto hormony, je nyní chápán ve smyslu snížení aktivace nebo reaktivity sympatiko-adrenálního systému a hypothalamo-hypofyzárně-adrenální osy (Innes a Selfe, 2014, s. 4). Bylo také prokázáno, že meditace zvyšuje hladinu dopaminu (Kjaer et al., 2002, s. 255).

#### **4.4 Aromaterapie**

Aromaterapie je léčebné využití esenciálních olejů z bylin a dalších rostlin. Používala se v některých starověkých zemích už před tisíci lety. Esenciální oleje se mohou vstřebávat do organismu kůží nebo čichovým systémem. K poskytování aromaterapie se používají různé metody, například difuzéry, koupele, masáže nebo obklady. Několik studií uvádí, že aromaterapie je účinná při snižování bolesti u pacientů s mnoha druhy bolestivých

onemocnění jako je např. fibromyalgie, dysmenorrhoea nebo pooperační stavy (Lee et al., 2012, s. 257).

Stres na pracovišti a vyhoření jsou v dnešní době všudy přítomné problémy. Potenciálně ovlivňují pracovní výkonnost, ale hlavně zaměstnance a jejich fyzické a duševní zdraví. Několik studií v poslední době ukázalo, že úroveň stresu na pracovišti a nemoci spolu souvisejí. Studie také prokázaly, že poruchy způsobené stresem na pracovišti jsou spojeny se zvýšeným rizikem kardiovaskulárních onemocnění a úmrtostí. Chronický pracovní stres může být spojen s celou řadou dalších zdravotních následků, jako je cukrovka, deprese, úzkosti, muskuloskeletální onemocnění a další (Huang a Capdevila, 2017, s.1).

Bylo zkoumáno mnoho metod a přístupů snižování stresu na pracovišti a aromaterapie je jedním z nich, a to díky jejímu snadnému provádění a účinnosti. Využívá ji stále více lidí po celém světě a klinický výzkum v této oblasti se každým rokem rozšiřuje (Chang a Shen, 2011, s. 1).

#### **4.4.1 Účinky**

Aromaterapie má významný terapeutický potenciál, protože každý esenciální olej má jedinečnou kombinaci chemických látek, které působí na chemii těla a ovlivňují jeho metabolismus a tím ovlivňují specifické orgány, systémy a tělo jako celek. Vybrané studie například prokázaly, že některé éterické oleje snižují úzkostné chování a zlepšují některá onemocnění (Bradley et al., 2007, s. 931). Biologické účinky esenciálních olejů mohou být výsledkem synergického působení všech molekul oleje dohromady nebo pouze hlavních molekul, které se v těchto olejích vyskytují ve větších koncentracích (Bakkali et al., 2008, s. 447).

Vstřebávání esenciálního oleje inhalací může ovlivnit autonomní nervový systém a vyvolat reakci limbického systému, hypothalamu a hormonálního systému. Aromaterapie má potenciál vyrovnávat autonomní rovnováhu a působit jak na sympatikus, tak na parasympatikus. K hodnocení účinků aromaterapie na ANS se používají výsledné hodnoty HRV. Jako validní výpovědní hodnota je také subjektivní zhodnocení redukce stresu u participantů (Chang a Shen, 2011, s. 1).

Studie Mccaffreyho et al. (2009, s. 93) ukazuje pozitivní účinek v redukci úzkosti a zvýšení soustředění u postgraduálních studentů při použití levandulového a rozmarýnového esenciálního oleje.

Huang a Capdevila (2017, s. 1) přišli s pozitivními výsledky za použití petitgrainového oleje (pomerančové listí). Inhalace tohoto oleje může zvýšit výkonnost na pracovišti. Tyto výsledky lze vysvětlit autonomní rovnováhou prostřednictvím kombinovaného působení hlavních složek petitgrainu (linalyl, acetátu, linaloolu a myrcenu). Celkový účinek vedl ke zlepšení duševního a emocionálního stavu v kombinaci se snížením stresu a zlepšením psychické kondice.

Po dvou deseti minutových aromaterapeutických postřících bergamotem (esenciálním olejem), došlo u participantů k posílení aktivity parasympatického nervového systému, což se projevilo na odpovídajících fyziologických parametrech. Ze studie vyplynulo, že aromaterapie vede autonomní nervovou aktivitu směrem k vyváženému stavu. Osoby se středním a vysokým stupněm úzkosti z toho měli větší prospěch než skupina s lehkou úzkostí (Chang a Shen, 2011, s. 6).

Hur, Lee a Yang (2008, s. 327) aplikovali aromaterapeutickou masáž u žen v klimakteriu. Levandule, růže, pelargonie a jasmín v mandlovém oleji byly k masáži použity jednou týdně. Osmítýdenní studie prokázala významně nižší celkový menopauzální index. Tato zjištění naznačují, že aromaterapeutická masáž může být účinnou léčbou menopauzálních příznaků.

Fyzioterapeuti mohou kromě svého klidu a empatie přizpůsobit také prostředí, ve kterém pracují, aby působilo uklidňujícím dojmem a mohlo mít vliv rovněž na pacienty ovlivněné těžkým stresem a napomoci jim v návratu k vyváženější aktivitě ANS. Napomoci k tomu může právě aromaterapie nebo použití hudby buď jako pozadí, nebo cíleně, ve formě muzikoterapie (Opavský, 2017, s. 37).

## **4.5 Muzikoterapie**

Hudba se hojně využívá k navození pohody, snížení stresu a také k odvedení pacientovy pozornosti od nepříjemných symptomů. Fyziologické účinky hudby se projeví na organismu především prostřednictvím autonomního nervového systému (Danahauer a Kemper, 2005, s. 282). Určitou roli hrají opět emoce. Hudba je silným podnětem pro vyvolání a modulaci emocí a nálad. Je spojena se změnami aktivit v mozkových strukturách, o nichž je známo, že modulují srdeční činnost, jako je hypothalamus, amygdala nebo insulární kůra. Účinky emocí na srdeční nervový plexus jsou přeneseny několika cestami, jako jsou autonomní a endokrinní dráhy, krevním tlakem nebo krevními plyny. Touto cestou může docházet ke zpomalování nebo zrychlování srdeční a dechové frekvence (Jäncke a Koelsch, 2015, s. 1).

Bloudivý nerv se nachází v těsné blízkosti ucha, kterým slyšíme zvuk a hudbu. Při poslechu hudby vibrace zvuku rezonují v ušních bubíncích, a teprve poté procházejí bloudivým nervem. Vzhledem k povaze bloudivého nervu a jeho napojení na parasymptikus, aktivace nervu stimuluje PNS a vysílá signál, že je čas na odpočinek. Použití správné hudby rezonuje s bloudivým nervem, spouští parasymptickou reakci a uklidňuje tělo do klidnějšího stavu. Vibrace zvuku tak mohou uklidnit fyzické tělo, které následně zklidní mysl (Helm a Ramezami, 2021, s. 1855).

Muzikoterapii můžeme rozdělit na aktivní a pasivní. Aktivní muzikoterapie zahrnuje hudební intervence pacienta. Pacient se aktivně podílí na tvorbě hudby. Naproti tomu pasivní muzikoterapie znamená spíše poslech hudby bez její produkce (McPherson et al., 2019, s. 243).

#### 4.5.1 Účinky

Hudba přináší víc než jen emocionální odezvu. Dokáže zlepšit výkonost, soustředění, podpořit kvalitu spánku a posiluje sociální interakce. Roste počet studií, které prokazují vliv hudby na fyziologické proměnné jako je např. krevní tlak, srdeční frekvence, dechová frekvence, a tělesná teplota (Mojtabavi et al., 2020, s. 1).

Předpokládá se, že hudba různých žánrů a typů má vlastnosti, které dokážou autonomní nervový systém, jak stimulovat, tak i inhibovat, což vede k různým účinkům na kardiovaskulární funkce (Kulinski et al., 2021, s. 390). Se změnami srdeční frekvence a krevního tlaku může přímo souviset tempo hudby. Zdá se, že tyto účinky závisí právě na rychlosti hudby než na hudebních preferencích subjektu. Tempo může být tedy použito k synchronizaci nebo podmanění tělesných rytmů, jako je právě srdeční nebo dechová frekvence (Koelsch a Jäncke, 2015, s. 1).

Hudba dokáže autonomní nervový systém také nabudit. Poslouchání hudby může vést k posílení fyzického výkonu, konkrétně může při synchronizaci s hudbou dojít ke sníženému vnímání námahy při cvičení, zvýšené výkonnosti, vytrvalosti a dodržování fyzické aktivity (Maddigen et al., 2019, s. 1).

Oproti tomu poslech hudby v pomalém tempu navozuje relaxaci. Tyto rozptylující účinky mohou souviset se soustředěním a uvolněním pozornosti (Maddigen et al., 2019, s. 1). Účinky mohou být větší, pokud jsou v souladu s individuálními hudebními preferencemi (Alter et al. 2015, s. 9).

Poslech hudby také výrazně ovlivňuje míru prožívaného stresu. Výzkum potenciálně příznivých účinků poslechu hudby na uvolňování kortizolu vyvolané stresem byl zjištěn teprve

nedávno. Významné pozitivní změny v hladině kortizolu byly zaznamenány např. při poslechu hudby před a během lékařských zákroků a také po těchto intervencích (Thoma et al., 2013, s. 2). Nicméně hudební intervence jako kardiovaskulární terapeutická modalita nebyla dostatečně prozkoumána, protože chybí rozsáhlé studie s kvalitní metodikou. Kontext poslechu hudby je dalším přispívajícím faktorem, který je třeba v budoucích studiích prošetřit, stejně jako větší účinnost u poslechu živé hudby. Celkově se však zdá, že poslech hudby má pozitivní vliv na variabilitu srdeční frekvence, což naznačuje zvýšená parasymptická aktivita (Mojtabavi et al., 2020, s. 1).

## **4.6 Pohybová aktivita**

Pravidelná fyzická aktivita je klíčovým faktorem prevence mnoha chronických onemocnění. Fyzické cvičení lze využít jako primární nefarmakologický klinický nástroj, protože dokáže zlepšit antioxidační kapacitu, snížit oxidační stres a zánět a zvýšit energetickou efektivitu (Daniela, 2022, s. 1).

Každodenní cvičení může způsobit adaptaci ANS na parasymptickou dominanci, což se projeví snížením klidové srdeční frekvence. Hautala et al. (2009, s. 107) ve svém přehledu ukázali, že pravidelný aerobní kondiční trénink může způsobit zvýšenou srdeční vagovou modulaci srdeční frekvence.

Základní mechanismy, jakými aerobní cvičení zlepšuje rovnováhu sympatického a parasymptického nervového systému. Nejsou zcela objasněny. Studie ukázaly, že cvičební trénink snižuje plazmatické hladiny katecholaminů v klidu a během cvičení (Rengo et al., 2014, s. 384) Kromě toho bylo zjištěno, že cvičební trénink vyvolává neuromodulaci v periferních i centrálních drahách, včetně zvýšení hladiny oxidu dusnatého a snížení centrální hladiny angiotenzinu II. Tyto mechanismy pravděpodobně přispívají ke snížení sympatické aktivity a ke zlepšení sympatovagální rovnováhy (Besnier et al., 2017, s. 30).

Například ze studie zkoumající vysoce intenzivní intervalový trénink, známý jako HIIT, který zahrnuje krátké dávky vysoce intenzivního cvičení proložené obdobími zotavení, vyšlo najevo, že jediné sezení HIIT u pacientů se srdečním selháním významně zvýšilo tonus parasymptiku. Zotavovací doba trvající 30 sekund vedla k vagové tréninkové stimulaci, které resetovala sympatovagální rovnováhu v období po cvičení. Nicméně dlouhodobé účinky HIIT je třeba ještě prozkoumat (Besnier et al., 2017, s. 30).

Kromě toho se zvyšuje počet důkazů naznačujících, že pravidelné cvičení by mohlo snížit úroveň stresu a zvýšit duševní pohodu jedince. Na základě těchto principů může

pravidelné tělesné cvičení potenciálně vytvářet optimalizovanou HRV pro psychosomatickou pohodu a zmírnit stav stresu (Choduc, Nguyenphan a Nguyenviet, 2013, s. 84). U dlouhodobého praktikování cvičení se ukázalo, že vyvolává klidovou bradykardii doprovázenou sníženou aktivitou sympatiku nebo zvýšenou parasympatickou aktivitou (Negrao et al., 1992, s. 1749).

Velice populárními druhy cvičení v boji se stresem a sympathovagální nerovnováhou jsou cvičení propojující mysl a tělo (z angl. mind-body exercises). Do této kategorie se řadí tai chi, jóga nebo chi kung (Zou et al., 2018, s. 1).

#### **4.6.1 Tai chi, jóga, chi kung**

Tai chi a jóga jsou dvě nejpůvodnější praktiky na propojení těla a mysli. Jsou praktikované všemi věkovými skupinami s různými zdravotními potížemi po celém světě pro podporu zdraví a symptomatickou léčbu. Tai chi a jóga pocházejí z Číny a Indie. Ve srovnání s běžným cvičením, která se obvykle zaměřují na svalovou sílu a vytrvalost, se tai chi a jóga zaměřují na prvky jako je kultivace mysli a těla prostřednictvím pomalých volných pohybů, protahování, uvolňování celého těla, bráničního dýchání, meditativního stavu mysli, relaxace a koncentrace (Zou et al., 2018, s. 2)

Několik observačních studií ukázalo, že tai chi a jóga má potenciál zvýšit HRV prostřednictvím parasympatické modulace a redukce sympatické aktivity (Cole et al., 2016, s. 60). Zou et al. (2018, s. 16) ve své metanalýze rovněž zjistili příznivý vliv cvičení tai chi a jógy na HRV, ještě příznivější účinek se však prokázal u snížení míry vnímaného stresu.

Stejný pozitivní efekt ve formě navození klidu spojeného s aktivací parasympatiku a mikroregulací ANS se vyskytuje u praktikování Chi kungu (Goldbeck, 2021, s. 12).

Navzdory širokému rozšíření těchto praktik zaměřených na mysl a tělo, stále chybí shoda v tom, jakým způsobem tyto praktiky přinášejí své benefity a ovlivňují autonomní nervový systém (Riley a Park, 2015, s. 379). Jednou z prosazovaných teorií je stimulace vagu pomocí kontrolovaného dechu (Gerritsen, Band, 2018, s. 1). Tato teorie však ignoruje další klíčovou složku praktik mysli a těla, a to svalovou kontrakci.

Méně rozšířené důkazy naznačují, že samotná volní rytmická svalová kontrakce by mohla být další příčinnou stimulace parasympatického nervového systému. Lehrer et al. (2009, s. 25) prokázali, že samotné rytmické střídání kontrakce a relaxace u velkých



svalových skupin mělo za výsledek podobné ovlivnění parasymptiku jako ve studiích pouze používajících regulovaný dech.

Chin a Kales (2019, s. 542) ve své studii došli k závěru, že kombinace rytmického dýchání synchronizovaného s rytmickými svalovými kontrakcemi vede k odolnější parasymptické aktivaci než, když subjekty prováděli pouze dýchání nebo kontrakce. Tento fakt nám může pomoci vysvětlit pozitivní efekt těchto praktik na redukci stresu.

Kromě toho se ukázalo, praktikováním jógy, tai chi a chi kungu dochází ke zlepšování kognitivních funkcí. Tři metaanalýzy ukázaly, že cvičením těchto praktik došlo ke zlepšení kognitivních funkcí u starší populace (Chan et al., 2019, s. 782; Wayne et al., 2014, s. 25; Wu et al., 2019, s. 749).

## Závěr

Autonomní nervový systém (ANS) hraje zásadní roli při regulaci mnoha různých fyziologických funkcí organismu. V posledních letech se na ANS upírá čím dál více pozornosti kvůli jeho důležitosti a komplexnímu vlivu. Čím dál častěji bývá zmiňována autonomní rovnováha, její dynamičnost a zásadní vliv na správný chod organismu. Stabilita, adaptabilita a zdraví organismu jsou zabezpečovány právě touto variabilní rovnováhou. Při autonomní nerovnováze je jedna z větví dominantní oproti druhé. Existuje stále více důkazů, které naznačují, že mnoho chorobných stavů je doprovázeno chronickým zvýšením aktivity sympatického nervu.

Jednou z hlavních výzev moderní společnosti je vypořádání se s narůstajícím stresem, který je úzce provázán s aktivitou sympatiku. Chronický stres může vést k nadměrné aktivitě sympatiku a hypoaktivitě parasympatiku, což může mít za následek řadu negativních zdravotních důsledků. Terapeutické intervence popsané v této práci mohou být užitečné při obnovování autonomní rovnováhy a zmírňování negativních účinků chronicky zvýšeného sympatiku na zdraví.

Jako účinné terapeutické metody byly zvoleny dechové techniky, konkrétně pranayama a brániční dýchání, dále meditace, aromaterapie, muzikoterapie a praktiky jako je jóga a tai chi. Ve studiích se k posuzování účinnosti těchto praktik používá jako spolehlivý ukazatel variabilita srdeční frekvence. Variabilita srdeční frekvence odráží schopnost srdce přizpůsobit se měnícím se okolnostem a vypovídá o regulacích autonomní rovnováhy. Výpovědní hodnotou jsou také hladiny stresových hormonů nebo pocit vnímaného stresu.

Bylo prokázáno, že dechové techniky, jako je brániční dýchání a pranayama jsou účinné při modulaci ANS ve prospěch parasympatické dominance. To může vést k řadě pozitivních zdravotních výsledků, včetně snížení hladiny stresu, zlepšení imunitních funkcí a zlepšení trávení. Největší účinnost se prokázala právě u pomalé pranayamy a bráničního dechu. Obecně lze říci, že vliv dechu prostupuje i v ostatních terapeutických metodách.

Další technikou, která prokazatelně moduluje ANS ve prospěch parasympatiku, je meditace. Studie prokázaly, že pravidelné praktikování meditace může vést ke snížení hladiny stresových hormonů, zlepšení kvality spánku a zlepšení imunitních funkcí. Meditace kromě dechu pracuje také s pozorností a emocemi. Jako pozitivní efekt byla u meditace také prokázána neuroplasticita. Nutno dodat, že většina mechanismů, jakými meditace ovlivňuje ANS je stále neobjasněna.

Dalšími metodami, které pozitivně působí na ANS, jsou aromaterapie a muzikoterapie. Aromaterapie zahrnuje používání esenciálních olejů, které mohou mít na tělo uklidňující a relaxační účinek, zatímco muzikoterapie může pomoci snížit hladinu stresu a podpořit relaxaci. Zajímavostí se ukázaly různé účinky při použití odlišných esenciálních olejů.

Tai-či a jóga jsou dvě formy cvičení, které zahrnují dechové cvičení a vědomě prováděný pohyb. Můžeme říct, že propojují jak meditaci, dech, tak i pohyb. Bylo prokázáno, že tyto metody jsou účinné při snižování hladiny stresu a zlepšování celkových zdravotních výsledků. Začleněním těchto technik do fyzioterapeutické praxe můžeme nabídnout holistický přístup k řešení dopadu autonomní nerovnováhy na organismus. Důležité je však zmínit, že stále chybí dostatek studií, které by objasnily mechanismy účinků těchto metod.

## Referenční seznam

ALTER, D. A., O'SULLIVAN, M., OH, P. I. et al. 2015. Synchronized personalized music audio-playlists to improve adherence to physical activity among patients participating in a structured exercise program: a proof-of-principle feasibility study. *Sports Medicine – Open* [online]. 1(1), 9-13, [cit. 2023-04-25]. ISSN 2199-1170. Dostupné z: doi:10.1186/s40798-015-0017-9.

BAKKALI, F., AVERBECK, S., AVERBECK, D., IDAOMAR, M. 2008. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 46(2), 446-475, [cit. 2023-04-20]. ISSN 02786915. Dostupné z: doi:10.1016/j.fct.2007.09.106.

BARTON, D. A., DAWOOD, T., LAMBERT, E. A. et al. 2007. Sympathetic activity in major depressive disorder: identifying those at increased cardiac risk?. *Journal of Hypertension* [online]. 25(10), 2117-2124, [cit. 2023-04-11]. ISSN 0263-6352. Dostupné z: doi:10.1097/HJH.0b013e32829baae7.

BELLOCCHI, CH., CARANDINA, A., MONTINARO, B., TARGETTI, E., FURLAN, L., RODRIGUES, G. D., TOBALDINI, E., MONTANO, N. 2022. The Interplay between Autonomic Nervous System and Inflammation across Systemic Autoimmune Diseases. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 23(5), 1-15, [cit. 2023-04-03]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms23052449.

BENARROCH, E. E., CUTSFORTH-GREGORY, J. K., FLEMMING, K. D. 2017. Autonomic Nervous System. *Mayo Clinic Medical Neurosciences: Organized by Neurologic System and Level* [online]. 6, 311-348, [cit. 2023-03-12]. ISBN 9780190209407. Dostupné z: doi:10.1093/med/9780190209407.001.0001.

BESNIER, F., LABRUNÉE, M., PATHAK, A., PAVY-LE TRAON, A., GALÈS, C., SÉNARD, J., GUIRAUD, T. 2017. Exercise training-induced modification in autonomic nervous system: An update for cardiac patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* [online]. 60(1), 27-35, [cit. 2023-04-27]. ISSN 18770657. Dostupné z: doi:10.1016/j.rehab.2016.07.002.

BORDONI, B., PURGOL, S., BIZZARRI, A., MODICA, M., MORABITO, B. 2018. The Influence of Breathing on the Central Nervous System. *Cureus* [online]. 10(6), 1-8, [cit. 2023-05-02]. ISSN 2168-8184. Dostupné z: doi:10.7759/cureus.2724.

BRADLEY, B. F., STARKEY, N. J., BROWN, S. L., LEA, R. W. 2007. The effects of prolonged rose odor inhalation in two animal models of anxiety. *Physiology & Behavior* [online]. 92(5), 931-938, [cit. 2023-04-20]. ISSN 00319384. Dostupné z: doi:10.1016/j.physbeh.2007.06.023.

BROWN, R. P., GERBARG, P. L. 2005. Sudarshan Kriya Yogic Breathing in the Treatment of Stress, Anxiety, and Depression: Part I – Neurophysiologic Model. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* [online]. 11(1), 189-201, [cit. 2023-04-13]. ISSN 1075-5535. Dostupné z: doi:10.1089/acm.2005.11.189.

BROWNING, K. N., TRAVAGLI, R.A. 2014. Central nervous system control of gastrointestinal motility and secretion and modulation of gastrointestinal functions. *Comprehensive Physiology* [online]. 4(4), 1339-1368, [cit. 2023-04-13]. PMID: 25428846; PMCID: PMC4858318. Dostupné doi: 10.1002/cphy.c130055.

CERSOSIMO, M. G., BENARROCH, E. E. 2013. Central control of autonomic function and involvement in neurodegenerative disorders. In: BUIJS, R. M., SWAAB, D. F. (eds.). *Handbook of Clinical Neurology* [online]. 117, 45–57, [cit. 2023-03-08]. ISBN 9780444534910. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-53491-0.00005-5.

CLEMENT, P., GIULIANO, F. 2016. Physiology and Pharmacology of Ejaculation. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology* [online]. 119, 1-8, [cit. 2023-04-02]. ISSN 17427835. Dostupné z: doi:10.1111/bcpt.12546.

COLE, A. R., WIJARNPREECHA, K., CHATTIPAKORN, S. C., CHATTIPAKORN, N. 2016. Effects of Tai Chi exercise on heart rate variability. *Complementary Therapies in Clinical Practice* [online]. 23, 59-63, [cit. 2023-04-28]. ISSN 17443881. Dostupné z: doi:10.1016/j.ctcp.2016.03.007.

COLLET, C., DI RIENZO, F., EL HOYEK, N., GUILLOT, A. 2013. Autonomic nervous system correlates in movement observation and motor imagery. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 7, 1-17, [cit. 2023-04-04]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2013.00415.

COOPER, S. 2003. Effect of two breathing exercises (Buteyko and pranayama) in asthma: a randomised controlled trial. *Thorax* [online]. 58(8), 674-679, [cit. 2023-04-13]. ISSN 0040-6376. Dostupné z: doi:10.1136/thorax.58.8.674.

ČIHÁK R. 2016. *Anatomie*. (3. uprav. a dopl. vyd.). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5636-3.

DANIELA, M., CATALINA, L., ILIE, O., PAULA, M., DANIEL-ANDREI, I., IOANA, B. 2022. Effects of Exercise Training on the Autonomic Nervous System with a Focus on Anti-Inflammatory and Antioxidants Effects. *Antioxidants* [online]. 11(2), 1-11, [cit. 2023-04-26]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox11020350.

DE GROAT, W. C. 2017. Autonomic Nervous System: Urogenital Control. *Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology* [online]. 1-10, [cit. 2023-04-01]. ISBN 9780128093245. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-809324-5.01822-8.

DESAI, R., TAILOR, A., BHATT, T. 2015. Effects of yoga on brain waves and structural activation: A review. *Complementary Therapies in Clinical Practice* [online]. 21(2), 112-118, [cit. 2023-04-16]. ISSN 17443881. Dostupné z: doi:10.1016/j.ctcp.2015.02.002.

DYLEVSKÝ I. 2009. *Funkční anatomie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3240-4.

ELIAS, G. J. B., LOH, A., GWUN, D. et al. 2021. Deep brain stimulation of the brainstem. *Brain* [online]. 144(3), 712-723, [cit. 2023-03-20]. ISSN 0006-8950. Dostupné z: doi:10.1093/brain/awaa374.

FISHER, J. P., YOUNG, C. N., FADEL, P. J. 2009. Central sympathetic overactivity: Maladies and mechanisms. *Autonomic Neuroscience* [online]. 148(1-2), 1-22, [cit. 2023-04-06]. ISSN 15660702. Dostupné z: doi:10.1016/j.autneu.2009.02.003.

FRANK, J. G., MENDELOWITZ, D., NITABACH, M. N. 2012. Synaptic and Intrinsic Activation of GABAergic Neurons in the Cardiorespiratory Brainstem Network. *PLoS ONE* [online]. 7(5), 1-8, [cit. 2023-04-19]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0036459.

FURNESS, J. B., CALLAGHAN, B. P., RIVERA, L. R., CHO, H-J. 2014. The Enteric Nervous System and Gastrointestinal Innervation: Integrated Local and Central Control. In: LYTE, M., CRYAN, J. F. (eds.) *Microbial Endocrinology: The Microbiota-Gut-Brain Axis in Health and*

*Disease* [online]. 39-71, [cit. 2023-03-31]. ISBN 978-1-4939-0896-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4939-0897-4\_3.

GERRITSEN, R. J. S., BAND, G. P. H., 2018. Breath of Life: The Respiratory Vagal Stimulation Model of Contemplative Activity. *Frontiers in Human Neuroscience* [online]. 12, 1-25, [cit. 2023-05-01]. ISSN 1662-5161. Dostupné z: doi:10.3389/fnhum.2018.00397.

GIBBONS, Ch. H. 2019. Basics of autonomic nervous system function. In: LEVIN, K. H., CHAUVEL, P. (eds.) *Clinical Neurophysiology: Basis and Technical Aspects* [online]. 407-418, [cit. 2023-03-28]. ISBN 9780444640321. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-64032-1.00027-8.

GOLDBECK, F., XIE, Y., L., HAUTZINGER, M., FALLGATTER, A. J., SUDECK, G., EHLIS, A., DE SÁ FERREIRA, A. 2021. Relaxation or Regulation: The Acute Effect of Mind-Body Exercise on Heart Rate Variability and Subjective State in Experienced Qi Gong Practitioners. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 1-14, [cit. 2023-05-02]. ISSN 1741-4288. Dostupné z: doi:10.1155/2021/6673190.

GUGLIETTI, C., DASKALAKIS, Z. J., RADHU, N., FITZGERALD, P. B., RITVO, P. 2013. Meditation-Related Increases in GABAB Modulated Cortical Inhibition. *Brain Stimulation* [online]. 6(3), 397-402, [cit. 2023-04-19]. ISSN 1935861X. Dostupné z: doi:10.1016/j.brs.2012.08.005.

HAMASAKI, H. 2020. Effects of Diaphragmatic Breathing on Health: A Narrative Review. *Medicines* [online]. 7(10), 1-19, [cit. 2023-05-02]. ISSN 2305-6320. Dostupné z: doi:10.3390/medicines7100065.

HAMILL, R. W., SHAPIRO, R. E. 2004. Peripheral Autonomic Nervous System. In: ROBERTSON, D. (ed.) *Primer on the Autonomic Nervous System* [online]. 20-28, [cit. 2023-03-22]. ISBN 9780125897624. Dostupné z: doi:10.1016/B978-012589762-4/50006-2.

HAUTALA, A. J., KIVINIEMI, A. M., TULPPO, M. P. 2009. Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. 33(2), 107-115, [cit. 2023-04-26]. ISSN 01497634. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2008.04.009.

- HELM, A., S., H. a RAMEZANI, M. 2021. The effect of music and vagus nerve to improve various Diseases. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences* [online]. 15(6), 1854-1857 [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: doi:10.53350/pjmhs211561854
- HERING, D., LACHOWSKA, K., SCHLAICH, M. 2015. Role of the Sympathetic Nervous System in Stress-Mediated Cardiovascular Disease. *Current Hypertension Reports* [online]. 17(10), 1-9, [cit. 2023-04-09]. ISSN 1522-6417. Dostupné z: doi:10.1007/s11906-015-0594-5.
- HJEMDAHL, P. 2002. Stress and the Metabolic Syndrome. *Circulation* [online]. 106(21), 2634-2636, [cit. 2023-04-09]. ISSN 0009-7322. Dostupné z: doi:10.1161/01.CIR.0000041502.43564.79.
- HOFFMAN, J. W., BENSON, H., ARNS, P. A., STAINBROOK, G. L., LANDSBERG, L., YOUNG, J. B., GILL, A. 1982. Reduced Sympathetic Nervous System Responsivity Associated with the Relaxation Response. *Science* [online]. 215(4529), 190-192, [cit. 2023-04-19]. ISSN 0036-8075. Dostupné z: doi:10.1126/science.7031901.
- HOROWITZ, S. 2010. Health Benefits of Meditation: What the Newest Research Shows. *Alternative and Complementary Therapies* [online]. 16(4), 223-228, [cit. 2023-04-17]. ISSN 1076-2809. Dostupné z: doi:10.1089/act.2010.16402.
- HUANG, L., CAPDEVILA, L. 2017. Aromatherapy Improves Work Performance Through Balancing the Autonomic Nervous System. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* [online]. 23(3), 214-221, [cit. 2023-04-20]. ISSN 1075-5535. Dostupné z: doi:10.1089/acm.2016.0061.
- HUR, M., YANG, Y. S., LEE, M. S. 2008. Aromatherapy Massage Affects Menopausal Symptoms in Korean Climacteric Women: A Pilot-Controlled Clinical Trial. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 5(3), 325-328, [cit. 2023-04-21]. ISSN 1741-427X. Dostupné z: doi:10.1093/ecam/nem027.
- CHAN, J. S. Y., DENG, K., WU J., YAN H. J., HEYN, P. C. 2019. Effects of Meditation and Mind–Body Exercises on Older Adults’ Cognitive Performance: A Meta-analysis. *The Gerontologist* [online]. 59(6), 782-790, [cit. 2023-05-02]. ISSN 0016-9013. Dostupné z: doi:10.1093/geront/gnz022.



CHANG, K., SHEN, Ch. 2011. Aromatherapy Benefits Autonomic Nervous System Regulation for Elementary School Faculty in Taiwan. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 1-7, [cit. 2023-04-20]. ISSN 1741-427X. Dostupné z: doi:10.1155/2011/946537.

CHANG, Q., LIU, R., SHEN, Z. 2013. Effects of slow breathing rate on blood pressure and heart rate variabilities. *International Journal of Cardiology* [online]. 169(1), 6-8, [cit. 2023-05-03]. ISSN 01675273. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijcard.2013.08.121.

CHIN, M. S., KALES, S. N., 2019. Understanding mind–body disciplines: A pilot study of paced breathing and dynamic muscle contraction on autonomic nervous system reactivity. *Stress and Health* [online]. 35(4), 542-548, [cit. 2023-05-01]. ISSN 1532-3005. Dostupné z: doi:10.1002/smi.2887.

CHUDUC, H., NGUYENPHAN, K., NGUYENVIET, D., 2013. A Review of Heart Rate Variability and its Applications. *APCBEE Procedia* [online]. 7, 80-85, [cit. 2023-04-27]. ISSN 22126708. Dostupné z: doi:10.1016/j.apcbee.2013.08.016.

IMAI, J., KATAGIRI, H. 2022. Regulation of systemic metabolism by the autonomic nervous system consisting of afferent and efferent innervation. *International Immunology* [online]. 34(2), 67-79, [cit. 2023-04-06]. ISSN 1460-2377. Dostupné z: doi:10.1093/intimm/dxab023.

INNES, K. E., SELFE, T. K. 2014. Meditation as a Therapeutic Intervention for Adults at Risk for Alzheimer’s Disease – Potential Benefits and Underlying Mechanisms. *Frontiers in Psychiatry* [online]. 5, 1-5, [cit. 2023-04-19]. ISSN 1664-0640. Dostupné z: doi:10.3389/fpsy.2014.00040.

JÄNIG, W. 2009. Functional anatomy of the peripheral sympathetic and parasympathetic nervous system. In: JÄNIG, W. *The integrative Action of the Autonomic Nervous System* [online]. 13-34, [cit. 2023-03-26]. ISBN 9780521845182. Dostupné z: doi:10.1017/CBO9780511541667.004.

JÄNIG, W. 2013. The Autonomic Nervous System. In: GALIZIA, C. G., LLEDO, P-M. *Neurosciences – From Molecule to Behavior: a university textbook* [online]. 179-211, [cit. 2023-03-21]. ISBN 978-3-642-10768-9. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-642-10769-6\_10.

JAYAWARDENA, R., RANASINGHE, P., RANAWAKA, H., GAMAGE, N., DISSANAYAKE, D., MISRA, A. 2020. Exploring the therapeutic benefits of “Pranayama” (yogic breathing): A systematic review. *International Journal of Yoga* [online]. vol. 13(2), 99-110, [cit. 2023-04-12]. ISSN 0973-6131. Dostupné z: doi:10.4103/ijoy.IJOY\_37\_19.

JERATH, R., BARNES, V.A., CRAWFORD, M.W. 2014. Mind-body response and neurophysiological changes during stress and meditation: central role of homeostasis. *J Biol Regul Homeost Agents*. 28(4), 545-554, [cit. 2023-04-18]. PMID: 25620166. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25620166/>.

JERATH, R., CRAWFORD, M. W., BARNES, V. A., HARDEN, K. 2015. Self-Regulation of Breathing as a Primary Treatment for Anxiety. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [online]. 40(2), 107-115, [cit. 2023-04-17]. ISSN 1090-0586. Dostupné z: doi:10.1007/s10484-015-9279-8.

JERATH, R., EDRY, J. W., BARNES, V. A., JERATH, V. 2006. Physiology of long pranayamic breathing: Neural respiratory elements may provide a mechanism that explains how slow deep breathing shifts the autonomic nervous system. *Medical Hypotheses* [online]. 67(3), 566-571, [cit. 2023-04-11]. ISSN 03069877. Dostupné z: doi:10.1016/j.mehy.2006.02.042.

KAREMAKER, J. M., 2017. An introduction into autonomic nervous function. *Physiological Measurement* [online]. 2017; vol. 38(5), 89-118, [cit. 2023-03-28]. ISSN 0967-3334. Dostupné z: doi:10.1088/1361-6579/aa6782.

KEMPER, K. J., DANHAUER, S. C., 2005. Music as Therapy. *Southern Medical Journal* [online]. 98(3), 282-288, [cit. 2023-04-21]. ISSN 0038-4348. Dostupné z: doi:10.1097/01.SMJ.0000154773.11986.39.

KJAER, T. W, BERTELSEN, C., PICCINI, P., BROOKS, D., ALVING, J., LOU, H. C. 2002. Increased dopamine tone during meditation-induced change of consciousness. *Cognitive Brain Research* [online]. 13(2), 255-259, [cit. 2023-04-20]. ISSN 09266410. Dostupné z: doi:10.1016/S0926-6410(01)00106-9.

KOBAYASHI, M., MASSIELLO, A., KARIMOV, J. H., VAN WAGONER, D. R., FUKAMACHI, K., 2013. Cardiac Autonomic Nerve Stimulation in the Treatment of Heart Failure. *The Annals of Thoracic Surgery* [online]. 96(1), 339-345, [cit. 2023-03-28]. ISSN 00034975. Dostupné z: doi:10.1016/j.athoracsur.2012.12.060.

KOELSCH, S., JÄNCKE, L. 2015. Music and the heart. *European Heart Journal* [online]. 36(44), 1-7, [cit. 2023-04-25]. ISSN 0195-668X. Dostupné z: doi:10.1093/eurheartj/ehv430.

KOLÁŘ, P. 2009. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-6571.

KRÁLÍČEK, P., c2011. *Úvod do speciální neurofyziologie*. (3., přeprac. a rozš. vyd.). Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-618-2.

KREIBIG, S. D. 2010. Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology* [online]. 84(3), 394-421, [cit. 2023-04-18]. ISSN 03010511. Dostupné z: doi:10.1016/j.biopsycho.2010.03.010.

KULINSKI, J., OFORI, E. K., VISOTCKY, A., SMITH, A., SPARAPANI, R., FLEG, J. L., 2021. Effects of music on the cardiovascular system. *Trends in Cardiovascular Medicine* [online]. 32(6), 390-398, [cit. 2023-04-24]. ISSN 10501738. Dostupné z: doi:10.1016/j.tcm.2021.06.004.

LAMBERT, E. A., LAMBERT, G. W. 2011. Stress and Its Role in Sympathetic Nervous System Activation in Hypertension and the Metabolic Syndrome. *Current Hypertension Reports* [online]. 13(3), 244-248, [cit. 2023-04-09]. ISSN 1522-6417. Dostupné z: doi:10.1007/s11906-011-0186-y.

LEDOUX, J. 2007. The amygdala. *Current Biology* [online]. 17(20), 868-874, [cit. 2023-03-18]. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2007.08.005.

LEE, M. S., CHOI, J., POSADZKI, P., ERNST, E. 2012. Aromatherapy for health care: An overview of systematic reviews. *Maturitas* [online]. 71(3), 257-260, [cit. 2023-04-20]. ISSN 03785122. Dostupné z: doi:10.1016/j.maturitas.2011.12.018.

LEHRER, P., VASCHILLO, E., TROST, Z., FRANCE, CH. R., 2009. Effects of rhythmical muscle tension at 0.1Hz on cardiovascular resonance and the baroreflex. *Biological Psychology* [online]. 81(1), 24-30, [cit. 2023-05-01]. ISSN 03010511. Dostupné z: doi:10.1016/j.biopsycho.2009.01.003.

LEWIS, M. J., SHORT, A. L., LEWIS, K. E., 2006. Autonomic nervous system control of the cardiovascular and respiratory systems in asthma. *Respiratory Medicine* [online]. 100(10), 1688-1705, [cit. 2023-04-03]. ISSN 09546111. Dostupné z: doi:10.1016/j.rmed.2006.01.019.

MADDIGAN, M. E., SULLIVAN, K. M., HALPERIN, I., BASSET F. A., BEHM, D. G. 2019. High tempo music prolongs high intensity exercise. *PeerJ* [online]. 6, 1-15, [cit. 2023-04-25]. ISSN 2167-8359. Dostupné z: doi:10.7717/peerj.6164.

MARTARELLI, D., COCCHIONI, M., SCURI, S., POMPEI, P. 2011. Diaphragmatic Breathing Reduces Exercise-Induced Oxidative Stress. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 2011, 1-10, [cit. 2023-05-03]. ISSN 1741-427X. Dostupné z: doi:10.1093/ecam/nep169.

MARVAR, P. J., HARRISON, D. G. 2012. Inflammation, Immunity and the Autonomic Nervous System. In: ROBERTSON, D., BIAGGIONI, I. et al. (eds.) *Primer on the Autonomic Nervous System* [online]. 325-329, [cit. 2023-04-03]. ISBN 9780123865250. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-386525-0.00067-6.

MAZZONE S. B., CANNING B. J. 2013. Autonomic neural control of the airways. In: BUIJS, R. M., SWAAB, D. F. *Autonomic Nervous System* [online]. 215-228, [cit. 2023-04-03]. Handbook of Clinical Neurology. ISBN 9780444534910. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-53491-0.00018-3.

MCCAFFREY, R., THOMAS, D. J., KINZELMAN, A. O. 2009. The Effects of Lavender and Rosemary Essential Oils on Test-Taking Anxiety Among Graduate Nursing Students. *Holistic Nursing Practice* [online]. 23(2), 88-93, [cit. 2023-04-21]. ISSN 0887-9311. Dostupné z: doi:10.1097/HNP.0b013e3181a110aa.

MCCORRY, L. K. 2007. Physiology of the Autonomic Nervous System. *American Journal of Pharmaceutical Education* [online]. 71(4), 1-11, [cit. 2023-03-23]. ISSN 0002-9459. Dostupné z: doi:10.5688/aj710478.

MCDUGAL, D. H., GAMLIN, P. D. 2014 Autonomic control of the eye. *Compr Physiol* [online]. 5(1), 439-73, [cit. 2023-03-23]. PMID: 25589275; PMCID: 4919817. Dostupné z: doi:10.1002/cphy.c140014.

MCPHERSON, T., BERGER, D., ALAGAPAN, S., FRÖHLICH, F., 2019. Active and Passive Rhythmic Music Therapy Interventions Differentially Modulate Sympathetic Autonomic Nervous System Activity. *Journal of Music Therapy* [online]. 56(3), 240-264, [cit. 2023-04-24]. ISSN 0022-2917. Dostupné z: doi:10.1093/jmt/thz007.

MEDFORD, N., CRITCHLEY, H. D. 2010. Conjoint activity of anterior insular and anterior cingulate cortex: awareness and response. *Brain Structure and Function* [online]. 214(5-6), 535-549, [cit. 2023-03-15]. ISSN 1863-2653. Dostupné z: doi:10.1007/s00429-010-0265-x.

MOJTABAVI, H., SAGHAZADEH, A., VALENTI, V. E., REZAEI, N. 2020. Can music influence cardiac autonomic system? A systematic review and narrative synthesis to evaluate its impact on heart rate variability. *Complementary Therapies in Clinical Practice* [online]. 39, 1-11, [cit. 2023-04-22]. ISSN 17443881. Dostupné z: doi:10.1016/j.ctcp.2020.101162.

MOURYA, M., MAHAJAN, A. S., SINGH, N. P., JAIN, A. K. 2009. Effect of Slow and Fast-Breathing Exercises on Autonomic Functions in Patients with Essential Hypertension. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* [online]. 15(7), 711-717, [cit. 2023-04-13]. ISSN 1075-5535. Dostupné z: doi:10.1089/acm.2008.0609.

NANCE, D. M., SANDERS, V. M. 2007. Autonomic innervation and regulation of the immune system (1987–2007). *Brain, Behavior, and Immunity* [online]. 21(6), 736-745, [cit. 2023-04-03]. ISSN 08891591. Dostupné z: doi:10.1016/j.bbi.2007.03.008.

NEGRAO, C. E., MOREIRA, E. D., SANTOS, M. C., FARAH, V. M., KRIEGER E. M. 1992. Vagal function impairment after exercise training. *Journal of Applied Physiology* [online]. 72(5), 1749-1753, [cit. 2023-04-27]. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1992.72.5.1749.

NOVAES, M. M., PALHANO-FONTES, F., ONIAS, H. et al. 2020. Effects of Yoga Respiratory Practice (Bhastrika pranayama) on Anxiety, Affect, and Brain Functional Connectivity and Activity: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Psychiatry* [online]. 11, 1-13, [cit. 2023-04-16]. ISSN 1664-0640. Dostupné z: doi:10.3389/fpsyt.2020.00467.

NOVAK, P. 2007. Central Autonomic Network. In: GILMAN, S. *Neurobiology of Disease* [online]. 969-977, [cit. 2023-03-19]. ISBN 9780120885923. Dostupné z: doi:10.1016/B978-012088592-3/50090-6.

OPA VSKÝ, J. 2017. Dýchání a autonomní nervový systém – souvislosti pro fyzioterapeuty a fyzioterapii. *Umění fyzioterapie: Dýchání*. 4, 33-38. ISSN 2464-6784.

ORIMO, S., GHEBREMEDHIN, E., GELPI, E. 2018. Peripheral and central autonomic nervous system: does the sympathetic or parasympathetic nervous system bear the brunt of the

pathology during the course of sporadic PD?. *Cell and Tissue Research* [online]. 373(1), 267-286, [cit. 2023-03-21]. ISSN 0302-766X. Dostupné z: doi:10.1007/s00441-018-2851-9.

PAL, G., AGARWAL, A., KARTHIK, S., PAL, P., NANDA, N. 2014. Slow yogic breathing through right and left nostril influences sympathovagal balance, heart rate variability, and cardiovascular risks in young adults. *North American Journal of Medical Sciences* [online]. 6(3), 145-152, [cit. 2023-04-14]. ISSN 1947-2714. Dostupné z: doi:10.4103/1947-2714.128477.

PRAMANIK, T., SHARMA, H. O., MISHRA, S., MISHRA, A., PRAJAPATI, R., SINGH, S. 2009. Immediate Effect of Slow Pace Bhastrika Pranayama on Blood Pressure and Heart Rate. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* [online]. 15(3), 293-295, [cit. 2023-04-15]. ISSN 1075-5535. Dostupné z: doi:10.1089/acm.2008.0440.

PURVES, D., AUGUSTINE, G.J., FITZPATRICK, D. et al. 2001a. Autonomic Regulation of the Bladder. In: PURVES, D., AUGUSTINE, G. J., FITZPATRICK, D. et al. Neuroscience. 2nd edition. *Sinauer Associates* [online]. [cit. 01.04.2023]. ISBN 0-87893-742-0. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10886/>.

PURVES, D., AUGUSTINE, G.J., FITZPATRICK, D. et al. 2001b. Autonomic Regulation of Sexual function, In: PURVES, D., AUGUSTINE, G. J., FITZPATRICK, D. et al. Neuroscience. 2nd edition. *Sinauer Associates* [online]. [cit. 01.04.2023]. ISBN 0-87893-742-0. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11157/>.

PYNER, S. 2021. The heart is lost without the hypothalamus. In: SWAAB, D. F., BUIJS, R. M., KREIER, F., LUCASSEN, P. J., SALEHI A. (eds.) *The Human Hypothalamus: Neuropsychiatric Disorders* [online]. 355-367, [cit. 2023-03-18]. Handbook of Clinical Neurology. ISBN 9780128199732. Dostupné z: doi: 10.1016/B978-0-12-819973-2.00024-1

RAGHURAJ, P., TELLES, S. 2008. Immediate Effect of Specific Nostril Manipulating Yoga Breathing Practices on Autonomic and Respiratory Variables. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [online]. 33(2), 65-75, [cit. 2023-04-14]. ISSN 1090-0586. Dostupné z: doi:10.1007/s10484-008-9055-0.

RAJENDRA ACHARYA, U., PAUL JOSEPH, K., KANNATHAL, N., LIM, CH. M., SURI, J. S. 2006. Heart rate variability: a review. *Medical & Biological Engineering & Computing*

[online]. 44(12), 1031-1051, [cit. 2023-04-10]. ISSN 0140-0118. Dostupné z: doi:10.1007/s11517-006-0119-0.

RENGO, G., PAGANO, G., PARISI, V. et al. 2014. Changes of plasma norepinephrine and serum N-terminal pro-brain natriuretic peptide after exercise training predict survival in patients with heart failure. *International Journal of Cardiology* [online]. 171(3), 384-389, [cit. 2023-04-27]. ISSN 01675273. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijcard.2013.12.024.

RICOY, J., RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, N., ÁLVAREZ-DOBAÑO, J. M., TOUBES, M. E., RIVEIRO, V., VALDÉS, L. 2019. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology* [online]. 25(4), 1-13, [cit. 2023-05-02]. ISSN 25310437. Dostupné z: doi:10.1016/j.pulmoe.2018.10.008.

RILEY, K. E., PARK C. L. 2015. How does yoga reduce stress? A systematic review of mechanisms of change and guide to future inquiry. *Health Psychology Review* [online]. 9(3), 379-396, [cit. 2023-05-01]. ISSN 1743-7199. Dostupné z: doi:10.1080/17437199.2014.981778.

RUSSO, M. A., SANTARELLI, D. M., O'ROURKE, D. 2017. The physiological effects of slow breathing in the healthy human. *Breathe* [online]. 13(4), 298-309, [cit. 2023-04-12]. ISSN 1810-6838. Dostupné z: doi:10.1183/20734735.009817.

SCOTT-SOLOMON, E., BOEHM, E., KURUVILLA, R. 2021. The sympathetic nervous system in development and disease. *Nature Reviews Neuroscience* [online]. 22(11), 685-702, [cit. 2023-04-04]. ISSN 1471-003X. Dostupné z: doi:10.1038/s41583-021-00523-y.

SEALS, D. R., SUWARNO, N. O., DEMPSEY, J. A. 1990. Influence of lung volume on sympathetic nerve discharge in normal humans. *Circulation Research* [online]. 67(1), 130-141, [cit. 2023-04-18]. ISSN 0009-7330. Dostupné z: doi:10.1161/01.RES.67.1.130.

SESSA, F., ANNA, V., MESSINA, G. et al. 2018. Heart rate variability as predictive factor for sudden cardiac death. *Aging* [online]. 10(2), 166-177, [cit. 2023-05-04]. ISSN 1945-4589. Dostupné z: doi:10.18632/aging.101386.

SHAFFER, F., GINSBERG, J. P. 2017. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health* [online]. 5, 1-17, [cit. 2023-04-10]. ISSN 2296-2565. Dostupné z: doi:10.3389/fpubh.2017.00258.

SHARMA, H., 2015. Meditation: Process and effects. *AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)* [online]. 36(3), 233-237, [cit. 2023-04-17]. ISSN 0974-8520. Dostupné z: doi:10.4103/0974-8520.182756.

STANCÁK, A., PFEFFER, D., HRUDOVÁ, L., SOVKA, P., DOSTÁLEK, C. 1993. Electroencephalographic correlates of paced breathing. *NeuroReport* [online]. 4(6), 723-726, [cit. 2023-04-15]. ISSN 0959-4965. Dostupné z: doi:10.1097/00001756-199306000-00031.

TANEJA, I., DEEPAK, K. K., POOJARY, G., ACHARYA, I. N., PANDEY, R. M., SHARMA, M. P. 2004. Yogic Versus Conventional Treatment in Diarrhea-Predominant Irritable Bowel Syndrome: A Randomized Control Study. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* [online]. 29(1), 19-33, [cit. 2023-04-13]. ISSN 1090-0586. Dostupné z: doi:10.1023/B:APBI.0000017861.60439.95.

THAYER, J. F., LANE, R. D. 2007. The role of vagal function in the risk for cardiovascular disease and mortality. *Biological Psychology* [online]. 74(2), 224-242, [cit. 2023-04-08]. ISSN 03010511. Dostupné z: doi:10.1016/j.biopsycho.2005.11.013.

THAYER, J. F., YAMAMOTO, S. S., BROSSCHOT, J. F. 2010. The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International Journal of Cardiology* [online]. 141(2), 122-131, [cit. 2023-04-08]. ISSN 01675273. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijcard.2009.09.543.

THOMA, M.V., LA MARCA, R., BRÖNNIMANN, R., FINKEL, L., EHLERT, U., NATER, U. M., NEWTON, R. L. 2013. The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE* [online]. 8(8), 1-12, [cit. 2023-04-24]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0070156.

TYAGI, A., COHEN, M. 2013. Oxygen Consumption Changes With Yoga Practices. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* [online]. 18(4), 290-308, [cit. 2023-04-13]. ISSN 2156-5872. Dostupné z: doi:10.1177/2156587213492770.

VANDANA, B., VAIDYANATHAN, K., SARASWATHY, L. A., SUNDARAM, K. R., KUMAR, H. 2011. Impact of Integrated Amrita Meditation Technique on Adrenaline and Cortisol Levels in Healthy Volunteers. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* [online]. 2011, 1-6, [cit. 2023-04-19]. ISSN 1741-427X. Dostupné z: doi:10.1155/2011/379645.



WAXENBAUM, J.A., REDDY, V., VARACALLO, M. 2022. Anatomy, Autonomic Nervous System. *StatPearls Publishing* [online]. [cit. 23.3.2023]. PMID: 30969667. Dostupné z <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539845/>.

WAYNE, P. M., WALSH, J. N., TAYLOR-PILIAE, R. E., WELLS, R. E., PAPP, K. V., DONOVAN, N. J., YEH, G. Y. 2014. Effect of Tai Chi on Cognitive Performance in Older Adults: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 62(1), 25-39, [cit. 2023-05-02]. ISSN 00028614. Dostupné z: doi:10.1111/jgs.12611.

WEHRWEIN, E. A., JOYNER, M. J. 2013. Regulation of blood pressure by the arterial baroreflex and autonomic nervous system. In: BUIJS, R. M., SWAAB, D. F. (eds.) *Autonomic Nervous System* [online]. 89-102, [cit. 2023-03-28]. Handbook of Clinical Neurology. ISBN 9780444534910. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-444-53491-0.00008-0.

WEHRWEIN, E. A., ORER, H. S., BARMAN, S. M. 2016. Overview of the Anatomy, Physiology, and Pharmacology of the Autonomic Nervous System. In: TERJUNG, R. *Comprehensive Physiology* [online]. 6(3), 1232-79, [cit. 2023-03-23]. ISBN 9780470650714. Dostupné z: doi: 10.1002/cphy.c150037.

Wehrwein, E. A., ORER, H. S., BARMAN, S. M. 2016. Overview of the Anatomy, Physiology, and Pharmacology of the Autonomic Nervous System. *Compr Physiol*. 6(3), 1239-78, [cit. 2023-03-23]. PMID: 27347892. Dostupné z: doi: 10.1002/cphy.c150037.

WON, E., KIM, Y. 2016. Stress, the Autonomic Nervous System, and the Immune-kynurenine Pathway in the Etiology of Depression. *Current Neuropharmacology* [online]. 14(7), 665-673, [cit. 2023-04-09]. ISSN 1570159X. Dostupné z: doi:10.2174/1570159X14666151208113006.

WU, Ch., YI, Q., ZHENG, X., CUI, S., CHEN, B., LU, L., TANG, Ch. 2019. Effects of Mind-Body Exercises on Cognitive Function in Older Adults: A Meta-Analysis. *Journal of the American Geriatrics Society* [online]. 67(4), 749-758, [cit. 2023-05-02]. ISSN 00028614. Dostupné z: doi:10.1111/jgs.15714.

WULSIN, L. R., HORN, P. S., PERRY, J. L., MASSARO, J. M., D'AGOSTINO, R. B. 2015. Autonomic Imbalance as a Predictor of Metabolic Risks, Cardiovascular Disease, Diabetes, and Mortality. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* [online]. 100(6), 2443-2448, [cit. 2023-04-11]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2015-1748.

WULSIN, L., HERMAN, J., THAYER, J. F. 2018. Stress, autonomic imbalance, and the prediction of metabolic risk: A model and a proposal for research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. 86, 12-20, [cit. 2023-04-07]. ISSN 01497634. Dostupné z: doi:10.1016/j.neubiorev.2017.12.010.

XI, F., WANG, Z., QI, Y., BRIGHTWELL, R., ROBERTS, P., STEWART, A., SIM, M., WANG, W., 2015. Long-term effect of respiratory training for chronic obstructive pulmonary disease patients at an outpatient clinic: a randomised controlled trial. *Clinical and Translational Medicine* [online]. 4(1), 1-7, [cit. 2023-05-03]. ISSN 2001-1326. Dostupné z: doi:10.1186/s40169-015-0073-2.

YASUMA, F., HAYANO, J. 2004. Respiratory Sinus Arrhythmia. *Chest* [online]. 125(2), 683-690, [cit. 2023-04-16]. ISSN 00123692. Dostupné z: doi:10.1378/chest.125.2.683.

ZOU, L., SASAKI, J., WEI, G., HUANG, T., YEUNG, A., NETO, O., CHEN, K., HUI, S. 2018. Effects of Mind–Body Exercises (Tai Chi/Yoga) on Heart Rate Variability Parameters and Perceived Stress: A Systematic Review with Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 7(11), 1-20, [cit. 2023-04-27]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm7110404.

## Seznam zkratk

<b>ANS</b>	autonomní nervový systém
<b>CN</b>	hlavový nerv
<b>CNS</b>	centrální nervový systém
<b>GIT</b>	gastrointestinální trakt
<b>HRV</b>	heart rate variability
<b>NTS</b>	nucleus tractus solitarii
<b>PASY</b>	parasympatikus
<b>RSA</b>	respirační sinusová arytmie
<b>SY</b>	sympatikus

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Funkce Autonomního nervového systému (Karemaker, 2017, s. 89).....	24
---	----