



* Levelező szerző:
Prof. Dr. Kóteles Ferenc,
Károli Gáspár Református Egyetem,
Pszichológiai Intézet,
H-1037 Budapest,
Bécsi út 324. V. épület.
E-mail: koteles.ferenc.gabor@kre.hu

A légzésmanipulációs eljárások pszichofiziológiája. Elméleti és gyakorlati vonatkozások

TIHANYI Benedek¹  – GÁTINÉ DROZDOVSZKY Orsolya² 
– KÖTELES Ferenc^{1*} 

¹ Károli Gáspár Református Egyetem, Bölcsészettudományi Kar, Pszichológiai Intézet, Budapest, Magyarország

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pedagógiai és Pszichológiai Kar, Budapest, Magyarország

Beérkezett: 2025. január 23.; elfogadva: 2025. június 26.

ABSZTRAKT

A légzőgyakorlatokat alkalmazó intervenciók világában számos különböző technika terjedt el, amelyek nagy része a testi és lelki egészség megtartását vagy annak visszaszerzését ígéri. Habár ezen módszerek képviselői gyakran igyekeznek hatásosságukat tudományos nyelven megfogalmazott, élettani háttérmechanizmussal igazolni, a kisszámú, diverz módszertanú empirikus vizsgálatok eredményei nemegyszer ellentmondásokhoz vezetnek. Ennek dacára az élettani, vagy éppen mentális mutatókra gyakorolt pozitív hatásukat exponenciálisan növekvő laikus érdeklődés övezi, és szintén növekvő számú, nagyrészt összehangzó kísérleti eredmények támasztják alá. Narratív áttekintő cikkünk első részében ismertetjük a légzésszabályozás alapfogalmait, a légzési érzetek (pl. légszomj, nehézlégzés) szubjektív megtapasztalására, valamint a légzés ritmusára és mélységére ható mentális tényezőket. Majd bemutatjuk a leggyakoribb légzőgyakorlatokat (légzésslassítás, rekeszlégzés, orrlégzés, rezonáns frekvencián történő légzés, váltott orrlukas légzés, hiperventilláció, légzésfigyelés), az általuk szabályozható élettani paramétereket (mint a szén-dioxid és az oxigén szintje, a mellkasban és hasúrban uralkodó nyomás, a szív pumpafunkciója és ritmusának variabilitása, a vérnyomás ingadozása, az agyi elektromos tevékenység) és mentális folyamatokat (pl. relaxáció és stressz, a hangulat fekvése, reakcióidő, a tudatállapot módosulása). Kísérletet teszünk a különböző légzőgyakorlat-típusok közti eltérő (néha ellentétes) módszertanok és magyarázatok spekulatív integrálására is.

KULCSSZAVAK

légzőgyakorlat, nehézlégzés, hiperventilláció, RSA, légzésslassítás, rekeszlégzés, orrlégzés, rezonáns frekvencia

The psychophysiology of breathing manipulation techniques. Theoretical and practical implications

ABSTRACT

In the world of interventions employing breathing exercises, a multitude of techniques have proliferated, the majority of which promise the preservation or restoration of physical and mental well-being. Although proponents of these methods often seek to justify their efficacy through scientifically framed physiological mechanisms, the scarce number of empirical studies with diverse methodologies frequently leads to contradictions. Despite this, an exponentially growing public interest surrounds their purported positive effects on physiological and mental indicators, supported by an increasing volume of largely consistent experimental evidence. In the first part of our narrative review, we outline the fundamental concepts of respiratory regulation, the subjective experience of breathing sensations (e.g., air hunger, labored breathing), and the psychological factors influencing breathing rhythm and depth. We then present the most common breathing techniques (e.g., slow breath, diaphragmatic breathing, nasal breathing, resonant frequency breathing, alternate nostril breathing, hyperventilation, and breath monitoring), the physiological parameters they regulate (such as carbon dioxide and oxygen levels, intrathoracic and intra-abdominal pressures, cardiac pumping function and heart rate variability, blood pressure fluctuations, and cerebral electrical activity), and their effects on mental processes (e.g., relaxation and stress, mood states, reaction time, and altered states of consciousness). We also attempt a speculative integration of the differing (and at times opposing) methodologies and explanations among various breathing exercise approaches.

KEYWORDS

breathing exercise, dyspnea, hyperventilation, RSA, slow breathing, diaphragmatic breathing, nasal breathing, resonant frequency

1. BEVEZETÉS

A modern világban számtalan olyan eljárás és technika terjedt el, amelyeknek szerves része a légzési mintázat megváltoztatása. E módszerek célja részben a stresszoldás, részben az egészségmegőrzés, és egyes testi vagy lelki problémák és állapotok kezelése, részben pedig az önfejlesztés. A sokszor eltúlzott állítások mögött ugyanakkor időnként meglepően kevés tudományos értelemben komolyan vehető bizonyítékot találunk. Jól tudjuk azt is, hogy a légzőrendszer komplex kölcsönhatásban áll az emberi szervezet többi nagy rendszerével, és e kölcsönhatások egy része élettani szempontból még mindig nem megértett. Összefoglalónk célja a leggyakrabban említett módszerek hátterével kapcsolatos elképzelések, valamint a módszerek hatásosságára vonatkozó bizonyítékok kritikai összegzése. A téma kiterjedtségénél fogva szisztematikus áttekintésre nem vállalkozhattunk, így a munka narratív összefoglalónak tekinthető. Ezzel együtt is az egyes módszerekkel kapcsolatos publikációk felkutatását igyekeztünk minél alaposabban, rendszerint több szakirodalmi adatbázisra, valamint a különösen fontosnak tekintett munkák irodalomjegyzékére is támaszkodva végezni.

2. A LÉGZŐRENDSZER MŰKÖDÉSE ÉS A LÉGZÉS KETTŐS SZABÁLYOZÁSA

Lavoisier több mint 200 évvel ezelőtti felfedezése óta tudjuk, hogy az állati és emberi élet alapvető feltétele a folyamatos oxigénfelvétel és szén-dioxid-leadás. E folyamatok légzőszervrendszerünk működéséhez köthetőek. Anatómiai értelemben a légzőszervrendszert a felső és az alsó légutak, valamint légzőszervünk, a tüdő építi fel. Élettani értelemben azonban a légzőmozgásokat kivitelező izmok és a mellkasfal is a légzőrendszer részét képezi (Fonyó és mtsai, 2004).

A felső légutak legfontosabb funkciója a tüdőbe kerülő levegő előkészítése (tisztítás, párástítás, melegítés), míg az alsó légutak a belélegzett levegő tüdőben való elosztását végzik. Az ún. *légcsere* folyamata, amelyet a hétköznapiakban légzésnek nevezünk, a levegő tüdőbe való beáramlását és a tüdőbéli gáz környezetbe történő kiáramlását foglalja magába. A légcserét a mellkas és a tüdő térfogatváltozásainak következtében fellépő nyomáskülönbségek működtetik: belélegzőkor a táguló mellűr belső nyomása lecsökken, ami a külső levegő beáramlását okozza, míg kilélegzőkor a mellűri térfogat csökkenése nyomásnövekedést és a belső levegő kiáramlását váltja ki (Fonyó és mtsai, 2004). A tüdő térfogatváltozása részben aktív folyamat, amihez a légzőizmok (elsősorban a külső és belső bordaközi izmok és a rekeszizom) munkájára van szükség, részben passzív folyamat, amelyet a mellkasnak a tágulással szembeni rugalmassága, valamint a gravitáció tesz lehetővé. Általában a belélegzéshez több aktív izommunkát használunk, a kilélegzéshez inkább a passzív rugóerőre támaszkodunk (Russo és mtsai, 2017).

A légzés ritmikus és döntően automatikus folyamat. Az automatikus szabályozásáért felelős neuroncsoportok az agyvelő agytörzsi területén, azon belül a nyúltvelőben és a hídiban helyezkednek el (Del Negro és mtsai, 2002; McCrimmon és mtsai, 2000; Urfy & Suarez, 2014). Mivel

a légzésszabályozás fő feladata az artériás vér oxigén- és szén-dioxid-tartalmának szűk határok között tartása, ezért a szabályozáshoz szükséges legfőbb kémiai ingereket az agytörzsben, valamint a nagy artériák elágazódásainál elhelyezkedő kémiai (szén-dioxid- és oxigén-)receptorok szolgáltatják. A légzés szabályozásában a kemoreceptorok mellett a tüdő feszülését, a légutak aktuális állapotát, valamint az izmok metabolikus státuszát érzékelő egyéb receptorok is szerepet játszanak.

A légzés ritmusosságának elsődleges oka a légzőrendszer zsákutcajellegében keresendő: mivel a tüdőnek nincs külön be- és kijárata, ezért az „elhasznált”, azaz csökkent oxigén- és megnövelt szén-dioxid-tartalmú levegő áramlási iránya megfordul, elhagyja a tüdőt (kilégzés) a légutakon keresztül, majd ugyanott friss levegő áramlik a helyére (belégzés). Nyugalomban ez a ciklus percnként nagyságrendileg 12–16 alkalommal játszódik le. A nyugalmi légzés nem tökéletesen szabályos jelenség, az egyes ciklusok hossza ingadozik (légzési variabilitás), aminek hátterében részben a szabályozás mechanizmusa áll (Benchetrit, 2000). Feltételezik, hogy a kissé szabálytalan mintázat váratlan változások esetén jobb válaszkészséget jelent (Donaldson, 1992). A légzési variabilitás alapvetően vonásjellegű jellemző nagy egyéni különbségekkel (Benchetrit, 2000), ugyanakkor szorongás esetén jellemzően csökken (Van Diest és mtsai, 2006).

Az automatikus szabályozáson túl az ember esetében – bizonyos korlátok között – mód van a légzés akaratlagos szabályozására is. Ennek anatómia-élettani lehetőségét az adja, hogy a légzőizmok harántcsíkolt típusúak, ezért működésükhöz idegi parancs, végső soron központi idegrendszeri kontroll szükséges. Az akaratlagos szabályozás kialakulásának egyik fontos hajtóereje lehetett a hangadás, majd a tagolt beszéd megjelenése, hiszen – főképpen az utóbbi esetben – a hangképzés a tüdőből kiáramló levegő folyamatos szabályozását kívánja meg. Döntően e képességünk lehet a felelős azért, hogy az emberi légzésszabályozás kettős természetű: annak ellenére, hogy szélsőséges ingerek esetén (pl. fulladás, maximális tüdőtágulás) az automatikus szabályozás dominál, a hétköznapiakban a homeosztatikus korlátokon belül lehetőségünk van a légzés akaratlagos befolyásolására is.

A légzés élettani, automatikus szabályozásának leírása után három olyan területet ismertetünk részletesen, ahol a mentális folyamatok jelentős hatást fejtenek ki a légzés folyamataira és azok észlelésére: (1) a nehézlélegzés (diszpnóé) szubjektív érzetére ható mentális folyamatok, (2) a légzés automatikus ritmusára ható mentális folyamatok (pl. kognitív, affektív), valamint (3) a légzés akaratlagos irányításának módjai (légzőgyakorlatok) és azok hatásai.

3. A NEHÉZLÉGZÉS PSZICHOLÓGIAI ASPEKTUSAI

3.1. A nehézlélegzés jelensége

Agyunk ősi része (elsősorban az agytörzs) a belső egyensúly fenntartásához szükséges működésekért felel. Ez a homeosztatikus működés jelentős részben automatikus,

egyszerűbb vagy bonyolultabb reflexeken alapul. A szabályozásnak ezt a szintjét élettani szabályozásnak nevezzük; számunkra fontos jellemzője, hogy az ide tartozó belső jellemzők (vérnyomás, szívfrekvencia, vércukorszint stb.) aktuális szintje nem tudatosul, és akaratlagosan nem is befolyásolható. Más a helyzet akkor, amikor *viselkedéses szabályozás* válik szükségessé. Erre példa, amikor a túlhevülés izzadással már nem akadályozható meg, csak árnyékba vonulással (Ádám, 1998). Ezekben az esetekben a megfelelő viselkedés szervezéséhez magasabb szintű integráció szükséges, ami köztiagyi és agykérgi központokon keresztül tud megvalósulni (Lorig, 2017). A viselkedéses szabályozás sok esetben energiatakarékosabb, így gyakran ez az elsődleges választás (Craig, 2015).

A prioritást élvező viselkedés kiválasztásában fontos szerepet kap a test aktuális állapotáról tudósító (interoceptív) ingerek minősége is: a homeosztatisz vészhelyzetet jelző ingerek rendszerint kellemetlenek, így képesek megragadni a figyelmet, és egyben erősen motiválnak a szóban forgó probléma megoldására (Ádám, 1998). A légzés vonatkozásában ilyen viselkedéses megoldást igénylő, kényszerítő erejű homeosztatisz ingernek számít az oxigénhiányos állapot, illetve már annak veszélye is, ami szélsőséges esetben az egyik legkellemetlenebb zsigeri alapú élménnyel: fulladásérzéssel jár (Ádám, 1998; Köteles, 2021; Paintal, 1986).

Az ennél enyhébb, szintén kellemetlen ingert jelentő légzéssel kapcsolatos érzeteket nehézlégzés (diszpnóé) néven foglalják össze. Egy példával élve, amikor – nagyon intenzív fizikai terheléssel járó fokozott oxigénigény esetén – a keringési rendszer kezdi elérni a kapacitása felső határát, akkor egyre nagyobb fokú fizikai kellemetlenséget (többek között légszomjat) élünk meg, s ez előbb-utóbb a teljesítmény csökkenését váltja ki. Ugyanez a mechanizmus működik a másféle okból (tipikusan keringési vagy légzési elégtelenségből) bekövetkező hipoxiás állapotok esetében is. A nehézlégzés nem egységes jelenség (Simon és mtsai, 1989, 1990), ennek megfelelően kialakulásának mechanizmusa is meglehetősen komplex (De Peuter és mtsai, 2004).

A nehézlégzés tehát azon zsigeri információk közé tartozik, amelyek jelentős affektív-evaluatív komponenssel bírnak (Skevington és mtsai, 1997), éppen az állapot homeosztatisz szempontból kritikus fontossága miatt. Hiba volna ugyanakkor azt hinni, hogy az aktuális zsigeri inger közvetlenül meghatározza a pszichológiai választ. Jól ismert, hogy a negatív affektus magas szintje (pl. szorongás) a légzési folyamatok észlelésének csökkent pontosságával jár együtt (azaz perceptuális torzítást okoz) (Bogaerts és mtsai, 2005; Constantinou és mtsai, 2013; Van den Bergh és mtsai, 2004), emellett facilitálja a nehézlégzés kialakulását is (Von Leupoldt & Dahme, 2005). Mindez azt sugallja, hogy – más kellemetlen zsigeri ingerekhez (pl. fájdalom, hőmérséklet, viszketés) hasonlóan – a *top-down* hatások fontos szerepet játszanak a tudatos élmény és a viselkedéses válasz kialakításában.

A légszomjhoz kapcsolódó diszkomfort és más pszichológiai változások vizsgálatára az idők során számos kísérletes módszert alkottak meg. Mivel a hipoxia közvetlen előidézése veszélyes és egyben etikátlan is volna, ezek a módszerek azt használják ki, hogy a diszkomfort – az agy integrációs tevékenysége miatt – más, kevésbé kockázatos

módszerekkel is kiváltható. Ilyen a belélegzett levegő szén-dioxid-tartalmának mesterséges megnövelése, valamint a légzési ellenállás fokozása. Az alábbiakban részletesebben is ismertetjük e két módszert és az ezekkel kapott vizsgálati eredményeket.

3.1.1. A szén-dioxid-belégzéses paradigma

A belélegzett levegő szén-dioxid-tartalma (normális körülmények között 0,04%) döntő hatást gyakorol arra, hogy szervezetünk a tüdőn keresztül mennyi szén-dioxidot képes leadni. Emiatt a külső levegő szén-dioxid-koncentrációjának emelkedésével a vér szén-dioxid-tartalma is megnő, ami hamar kellemetlen, fulladáshoz hasonló érzést és más testi tüneteket, szorongást, valamint a szokásosnál gyorsabb és mélyebb légzést (hiperventillációt) és a kortizolszint emelkedését váltja ki (Hout & Griez, 1984; Vickers és mtsai, 2012; Woods és mtsai, 1988).

Ez a jelenség jó lehetőséget kínál számos pszichológiai jelenség tanulmányozására, ugyanakkor biztonságos is, hiszen a szövetek oxigénellátottsága nem romlik. A pánikbetegség és a stressz kutatásában leggyakrabban használt paradigma 35% szén-dioxidot és 65% oxigént tartalmazó gázkeverék egyszeri belégzése és 4 másodpercen keresztül a tüdőben tartása (Vickers és mtsai, 2012). A szomatizáció és a hozzá kapcsolódó jelenségek kutatásában a résztvevők szobalevegőt, illetve 5,5% vagy 7,5% szén-dioxidot tartalmazó levegőt lélegeznek be 2 percen át (Stegen és mtsai, 1998, 2000; Van Den Bergh és mtsai, 1993; Van den Bergh és mtsai, 1995).

Ezzel a kísérletes paradigmával lehetővé vált többek között a pánikrohamok és a tünetképzésre való hajlam hátterének, a negatív affektus kondicionálhatóságának, valamint a tünetpercepcióban szerepet játszó *top-down* (nem interoceptív) tényezők hatásának vizsgálata. Régóta jól ismert, hogy a szén-dioxidban gazdag levegő belégzése egészséges személyeknél szorongást, az arra hajlamosaknál (pl. pánikbetegeknél) pedig pánikrohamot vált ki, amit kezdetben a fokozott agytörzsi érzékenységek tulajdonítottak (Gorman és mtsai, 1989, 2000). Ugyanakkor kiderült az is, hogy bizonyos *top-down* tényezők (pl. az észlelt kontroll növekedése és az információfeldolgozás) jelentős mértékben képesek a pánikroham valószínűségének csökkentésére (Rapee és mtsai, 1986; Sanderson és mtsai, 1989), így a jelenség kialakulásának hátterében valójában az élettani és kognitív tényezők interakciója áll (Ehlers és mtsai, 1988; Ehlers & Breuer, 1996; Ehlers & Margraf, 1989). Paradox módon a szén-dioxid-belégzést – egyfajta ingerelárasztásos terápiaként – a pánikbetegség kezelésére is használták (Meuret & Ritz, 2010). Az eredmények biztatóak voltak (Beck és mtsai, 1997), ugyanakkor a módszer klinikai alkalmazása nehézkesnek bizonyult (Vickers és mtsai, 2012).

A szomatizációra és a kapcsolódó jelenségekre (pánikzavar, idiopátiás környezeti intoleranciák stb.) jellemző nonspecifikus tünetek kapcsolata a szorongással (negatív affektussal) régóta ismert (Aronson és mtsai, 2006; Barsky és mtsai, 1988, 1990; Barsky & Borus, 1999; Bogaerts és mtsai, 2010). Mivel a szén-dioxid-provokáció jól használható szorongás indukálására (és a hatás részben koncentrációfüggő),

lehetővé teszi a tünetképzés mögött feltételezett tényezők kísérletes manipulációját. Klasszikus kondicionálással például a szén-dioxid-belégzés (feltétlen inger) által kiváltott testi tünetek (feltétlen válasz) kezdetben semleges szagokhoz, belső képekhez, vagy kontextuális tényezőkhez (feltételes inger) társíthatók, amelyek idővel maguk is képesek a tünetek előidézésére (feltételes válasz) (Stegen és mtsai, 1999; Van den Bergh és mtsai, 1995, 1997, 1999, 2002). A hatás a hasonló ingerekre generalizálódik (Devriese és mtsai, 2000), és ellenáll a kioltásnak (Meulders és mtsai, 2010).

Számos olyan, diagnosztikai kritériumokkal nem rendelkező, ám szélsőséges esetben a patológiás működés határait elérő mentális állapot ismert, amelyek közös jellemzője, hogy az érintettek különféle testi tünetekről számolnak be, amelyek jelentős mértékben rontják a mindennapi működést. E tüneteket különféle környezeti tényezőknek, például alacsony koncentrációjú vegyi anyagoknak (kémiai szenzitivitás), egyes épületekben felszabaduló anyagoknak („betegépület-szindróma”) vagy éppen elektromágneses mezőknek tulajdonítják (Dömötör és mtsai, 2022a, 2022b). Nincs bizonyíték arra, hogy a szóban forgó hatások az adott dózisban valóban hasonló tüneteket váltanának ki, ugyanakkor a tünetek kialakulása és krónikussá válása a fent leírt, klasszikus kondicionálásos mechanizmussal jól magyarázható.

3.1.2. A légzési ellenállásos paradigma

A légzéshez szükséges becsült és aktuális erőfeszítés diszrepanciája (azaz amikor a szokásosnál vagy vártnál nagyobb izommunkára van szükség a ki- és belégzéshez) szintén kiválthat nehézlégzést (Manning & Schwartzstein, 1995). E mögött állhat a légúti ellenállás növekedése vagy a légzőizmok gyengesége is – az utóbbiak szisztematikus tréningjével a nehézlégzés hatásosan csökkenthető (Beaumont és mtsai, 2018; Lötters és mtsai, 2002). Ezt a jelenséget használja ki a szén-dioxid-belégzés melletti másik nehézlégzés-provokációs kutatási módszer: a légzés (tipikusan a belégzés) nehezítése a légzési ellenállás mesterséges növelésével.

A légzési ellenállás detekciójának képessége az interoceptív pontosság (azaz a testbelsőben történő változások észlelésének pontossága) egy mutatójának is tekinthető, bár jól ismert az, hogy a különböző interoceptív modalitásokban mutatott pontosságok nem korrelálnak egymással (Crucianelli és mtsai, 2022; Ferentzi és mtsai, 2018). A *detekciós módszer* esetén különböző nagyságú hozzáadott ellenállással szemben történik a be- és kilégzés (Daubenmier és mtsai, 2013; Garfinkel és mtsai, 2016; Schroyen és mtsai, 2022; Webster & Colrain, 2000), majd a résztvevő feladata eldönteni, hogy észlelt-e ellenállást a be-, illetve kilégzéssel szemben, vagy sem (Davenport és mtsai, 2007; Zhao és mtsai, 2002). A *diszkriminációs módszer* esetén pedig különböző mértékű ellenállások megkülönböztetése a feladat (Webster & Colrain, 2000), sokszor a szignáldetekciós módszertan alkalmazásával (Zechman és mtsai, 1957).

A kutatási eredmények szerint nagy fokú személyek közötti variabilitás jellemző a légzési érzetek észlelésében. E különbségek nem mutatnak korrelációt sem az életkorral, sem a légzésfunkciós értékekkel (Freedman & Campbell, 1970).

Különbséget találtak viszont a nemek tekintetében: női alanyokban jobb légúti ellenállás-észlelési képességet mértek (Alexander-Miller & Davenport, 2010). A pszichoszomatikus és szorongásos kórképek kutatása során a légzési ellenállás alkalmazása jól kontrollálható módja lehet a légzési distressz és az interoceptív félelem kiváltásának (Pappens és mtsai, 2013), mivel a légzési ellenállás növelése nehézlégzést és distresszt vált ki mind egészséges alanyokban, mind pedig COPD-vel (krónikus obstruktív tüdőbetegség: a tüdő kis légutaiban végbemenő krónikus gyulladásos betegség, amely nehézlégzéssel, köhögéssel, váladékképződéssel és gyakori légúti fertőzésekkel jár), asztmával, illetve pánikbetegséggel élő emberekben egyaránt (Von Leupoldt & Dahme, 2005). Asztmás betegek az egészséges kontrollszemélyeknél rosszabb észlelési képességet mutatnak az ellenállás-diszkriminációs tesztekben (Dahme és mtsai, 1996; Janssens és mtsai, 2009; Kifle és mtsai, 1997), és így van ez pánikbetegek és generalizált szorongásos betegek esetében is (Tiller és mtsai, 1987). A COPD betegek körében a korábbi pánikbetegség nagyobb fokú nehézlégzéssel járt együtt a légútiellenállás-detekciós tesztekben ugyanakkor nem járt együtt fokozott interoceptív pontossággal (Giardino és mtsai, 2010; Livermore és mtsai, 2008). Meek és Lareau (2003) azt találták, hogy a légúti ellenállásos tesztek során az észlelt nehézlégzés-skálán magasabb értéket jelöltek azon COPD betegek, akik azt az utasítást kapták, hogy emlékezzenek vissza egy korábbi nehézlégzéses epizódra. Azon személyek, akiknek magas a fulladástól való félelmük, szintén magasabbnak ítélik a légúti ellenállásokat, mint az e tekintetben alacsonyabb félelemszintű személyek.

A szén-dioxid-belégzéshez hasonlóan a légzési ellenállásos paradigma is alkalmas a tünetpercepcióhoz hozzájáruló *top-down* mechanizmusok vizsgálatára. Például megfelelő előfeszítéssel az azonos légzési ellenállás által kiváltott érzeteket hajlamosak vagyunk tünetként vagy semleges testi ingerként kategorizálni (Petersen és mtsai, 2014, 2015).

3.1.3. Nocebo- és placebohatás a nehézlégzés fokozására és mérséklésére

Mint azt az előzőekben láttuk, *top-down* folyamatok (érzelmi állapot, előzetes tapasztalatok, elvárások) jelentős mértékben képesek befolyásolni a nehézlégzés kialakulását és súlyosságát. A jelenséget a tudományos irodalomban először talán MacKenzie (1886) írta le a 19. század végén: egy műrőzsa bemutatása megfázásos (tüsszögés, orrduzzanat, orrfolyás, mellkasi szorítás) tüneteket váltott ki egy rózsára allergiás személynél. E hatások vizsgálatának egyfajta modelljéül szolgál az asztma és a placebojelenség kapcsolata (Sodergren & Hyland, 1999).

A korai vizsgálatokban asztmás betegek ártalmatlan anyagot (fiziológiás sóoldatot) lélegeztek be, ám azt az információt kapták, hogy a belélegzett keverék légúti irritánst is tartalmaz. A résztvevők 30–50%-ánál hörgőszűkületet találtak (noceboválasz), és a hatás megfordítható volt, ha a résztvevőket úgy tájékoztatták, hogy a belélegzendő anyag hörgőtágító hatással bír (Luparello és mtsai, 1968; McFadden és mtsai, 1969). Néhány későbbi kutatás hasonló, műszerrel

is mérhető változásról számolt be (Butler & Steptoe, 1986; Kemeny és mtsai, 2007). Sok más vizsgálatban ugyanakkor nem sikerült a légúti ellenállás változását elérni, miközben a résztvevők által tapasztalt élmény a kapott információknak megfelelően változott (Castro és mtsai, 2010; Wechsler és mtsai, 2011; Wise és mtsai, 2009). Az, hogy a szubjektív változás mértéke sokszor nem állt kapcsolatban a légúti ellenállás változásával, egybeeséssel a korábban már ismertetett eredménnyel, miszerint az asztmás betegek légútiellenállás-detekciós képessége rosszabb az egészséges populációénál. Ebből következően a szervezet pillanatnyi élettani állapota és észlelt állapota nem jár szorosan együtt: ugyanazon élettani állapot (pl. hörgőszűkület) különböző személyek esetében különböző mértékű nehézlégzést vált ki (Grazzini és mtsai, 2002; Janssens és mtsai, 2009; Rubinfeld & Pain, 1976), illetve a nehézlégzés egyes esetekben mindenfajta élettani hiányállapot nélkül is kialakulhat. Ennek hátterében többek között tanulási (kondicionálási) folyamatok állhatnak (Meulders és mtsai, 2010; Van den Bergh és mtsai, 1998, 2002). Félelem és más averzív érzelmek által kiváltott változások (tipikusan hiperventilláció) szintén kapcsolhatók eredetileg semleges ingerekhez, ami bizonyos légúti tünetek kialakulásának és fennmaradásának lehetséges mechanizmusa lehet (Van den Bergh és mtsai, 1999; Van Diest és mtsai, 2009).

A placebojelenség és az észlelt légúti ellenállás kapcsolatának másik modelljét az illóolajokkal végzett vizsgálatok jelentik. Jellegzetes illatuk miatt az illóolajok nagyon kis koncentrációban is képesek az elvárások módosítására, ami ismét a szubjektív élmény megváltozását vonhatja maga után (Babulka és mtsai, 2017; Howard & Hughes, 2008). Saját vizsgálatunkban a különféle illóolajok (levendula, rozmaring, eukaliptusz) belélegzését követően a légúti ellenállás változásával kapcsolatos elvárások nem álltak kapcsolatban a mért értékekkel (ilyen kis koncentrációban csoportszinten nem is volt kimutatható bármiféle ellenállásváltozási hatás), ám előre jelezték a légúti ellenállás észlelt változását (Köteles és mtsai, 2018).

Ezek a jelenségek jól alátámasztják azt a megközelítést, amely szerint a testi tünetek (s ezen belül a légzőrendszerhez kapcsolódó tünetek) észlelése *top-down* és *bottom-up* folyamatok bonyolult kölcsönhatásának eredménye. Amennyiben a *bottom-up* komponens gyenge, rosszul észlelhető, akkor a tudatos élmény kialakításában a döntő szerepet az elvárások játsszák (Köteles, 2024; Van den Bergh és mtsai, 2017).

A nehézlégzés pszichológiai aspektusait tárgyaló fejezetet összegezve, az erős érzelmi komponenssel is bíró nehézlégzés jelensége kísérletesen (pl. légzési ellenállásos paradigma, szén-dioxid-belégzéses paradigma) igazolhatóvá teszi a légzési érzetek szubjektív élményének *top-down* befolyásoltságát. Erre további bizonyítékot szolgáltatnak a placebo és placebo nehézlégzés fokozását és enyhítését igazoló vizsgálatok.

4. AZ AUTOMATIKUS LÉGZÉSSZABÁLYOZÁST BEFOLYÁSOLÓ PSZICHOLÓGIAI HATÁSOK

Az előző részben a légzőrendszerrel kapcsolatos változások észleléséről, a szubjektív élményt befolyásoló *top-down* tényezőkről volt szó. Ugyanakkor jól ismert az is, hogy bizo-

nyos pszichológiai faktorok befolyással vannak magára a légzés automatikus szabályozására. Másképpen megfogalmazva, a szervezet az automatikus légzés esetében sem kizárólag a pillanatnyi anyagcsereigényekhez alkalmazkodik. Összefoglalónk következő részében azokat a légzéssel kapcsolatos jelenségeket foglaljuk össze, amelyek túlmutatnak a szervezet akut oxigén- és szén-dioxid-szintjéhez kötődő szabályozáson, s amelyek esetén különféle pszichológiai tényezők állnak a változások hátterében.

A 20. század első felében a pavlovi laboratóriumban egész sor olyan állat- és humánkísérletet végeztek el, amelyben többek között a légzési mintázat klasszikus kondicionálással történő megváltoztathatóságát mutatták ki (például eredetileg szén-dioxid-belégzéssel kiváltott légzési változásokat sikerült különböző interoceptív és exteroceptív ingerekhez kapcsolni) (Razran, 1961). E tanult változások az allosztatikus alkalmazkodást szolgálják, azaz a szervezet mintegy felkészül egy – a korábbi tapasztalatok alapján – elővátelezett helyzet kezelésére.

Az egyik legfontosabb légzésre ható mentális tényező az affektív állapot: a különböző érzelmek többé-kevésbé különböző légzési változásokat váltanak ki (Kreibig, 2010). A légzési mintázat érzelmspecifitása régi feltételezés, amelyet a későbbi vizsgálatok eredményei nem igazoltak (Boiten és mtsai, 1994): úgy tűnik, a légzési frekvenciában és mélységben mutatkozó különbségek sokkal inkább az érzelmek mögött meghúzódó általános dimenziókkal (kellemes–kellemetlen, aktív–passzív) állnak kapcsolatban, semmint specifikus emóciókkal. A legtöbb érzelmek esetében (a legfontosabb kivételt a meglepetés jelenti) a légzési frekvencia megnő (Kreibig, 2010). Több légzési paramétert (légzési frekvencia, légzésmélység, perctérfogat) is figyelembe vevő elemzéssel bizonyos érzelmek elkülöníthetők egymástól, ám érdekes módon például az undor és a nevetéshez kapcsolódó „szórakozás” (*amusement*) ebben a tekintetben nagyon közel állnak egymáshoz (Kreibig, 2010).

Mentális feladat által indukált stressz esetében a légzés-szám megnő (hiperventilláció), ám a légzés mélysége és a légzési variabilitás kevésbé változik; így összességében a légzési aktiváció a vér szén-dioxid-szintjének csökkenéséhez (hipokapnia) vezet (Grassmann és mtsai, 2016). Jól ismert az érzelmi stressz és a szorongás hiperventillációt kiváltó hatása is, ami a kognitív terheléshez hasonlóan hipokapniát okoz (Meuret & Ritz, 2010). Rendelkezünk némi bizonyítékkal a stressz és a légúti ellenállás akut növekedésének (asztma) kapcsolatáról is, ám a háttérben meghúzódó élettani mechanizmusok jórészt ismeretlenek (Lietzén és mtsai, 2011; Rietveld és mtsai, 2000; Ritz, 2012; Vazquez és mtsai, 2017).

A negatív érzelmi állapotok esetében (és azok nélkül is) gyakran megfigyelhető sóhajtás a kutatások eredményei szerint valóban képes a szorongás és a feszültségérzés csökkentésére (Vlemingx és mtsai, 2010, 2016). A háttérben valószínűleg az élettani szabályozás stabilizálása (a variabilitás optimalizálása) áll (Guyon és mtsai, 2020; Ramirez, 2014; Vlemingx és mtsai, 2016; Wuyts és mtsai, 2011).

A nyugalmi légzést reflexszerűen megtörő további jelenségek közül többel kapcsolatban azonosították be az érzelmi, tanulási vagy társas folyamatok hatását, mint például a köhögés (Zhang és mtsai, 2023), tüsszentés (Bhatia és mtsai,

2004) és ásitás (Massen & Gallup, 2017) esetében. A szorongásos háttér pedig közismert a vokális tikek (pl. torokköszörülés, köhögés, szípigás, szimatolás, dünnögés, morgás) esetében (Lewin és mtsai, 2011).

Összefoglalva, a légzés különböző paramétereit (a légzés gyakorisága, mélysége, a légúti ellenállás, a speciális légzőmozgások) kognitív és affektív *top-down* hatások is befolyásolják, így a légzést nemcsak az élettani szükségleteket automatikusan kiszolgáló reflexszerű folyamatok határozzák meg. Ezek közül a stressz légzésszámnövelő hatását emeljük ki, ami az élettani optimummal ellentétes vérgázszinteket okoz (ld. később).

5. AZ AKARATLAGOS LÉGZÉSSZABÁLYOZÁS (LÉGZŐGYAKORLATOK) HATÁSAI

Az előző két fejezetben láthattuk, hogy a mentális folyamatok hogyan hatnak a légzéssel kapcsolatos szubjektív érzetekre és annak automatikus ritmusára. A következő fejezetekben a légzés különböző komponenseinek akaratlagos szabályozásával, a légzőgyakorlatok egészségfejlesztő vagy terápiás célú alkalmazásával kapcsolatos elméleteket és empirikus eredményeket foglaljuk össze. Először a hipoventilláción (légzésslassításon) alapuló módszerek kerülnek fókuszba, azután az egyéb légzésintervenciók megközelítések.

5.1. Légzésslassításon alapuló módszerek

5.1.1. A szöveti szén-dioxid-szint növelésén alapuló légzésslassító intervenciók

Az előző két fejezet tanulságaiból több következtetés is levonható: (1) a krónikus mentális stressz önmagában is képes gyorsítani a légzés automatikus ritmusát, (2) a krónikus mentális stressz optimálisnál gyorsabb légzést tarthat fenn a nehézlégzés érzetének erősítésén keresztül is, illetve (3) a felgyorsult légzésminta klasszikus kondicionálással állandósulhat. És valóban, a jóga pránájámája (Mohan & Mohan, 2004) és más hipoventilláción alapuló légzéstechnikák képviselői gyakran azzal magyarázzák egészségfejlesztő hatását, hogy a népesség döntő része állandó (többnyire enyhe) hiperventillációval lélegzik, a légzés lelassításával viszont képesek helyreállítani az optimális légzési gázszinteket a testben (Courtney & Cohen, 2008) (l. később).

Élettani szempontból bizonyos, hogy a hiperventilláció következtében csökkenő szén-dioxid-szint a vér kémhatását a lúgos irányba tolja, és az így létrejövő légzési alkalózis tipikus tünetei a szédülés, bizsergés (különösen a száj környékén és az ujjaknál), fejfájás, gyengeség, ájulás. Extrém esetekben tetánia, vagyis az izmok tartós, fájdalmas görcsös összerándulása és feszülése is felléphet, tipikusan a kéz- és lábfejben.

Egy, a szén-dioxid külsődleges (fürdő, gél, levegő) és belső (szájon át, artériásan, a hasürbe vagy a bőraljába adagolt) alkalmazásával kapcsolatos összefoglaló cikk szerzői szá-

mos jótékony hatást kapcsoltak a szöveti szén-dioxid-szint növeléséhez, mint amilyen a gyorsabb seb- és csontgyógyulás, jobb végtagi vérkeringés, vércukorszint-csökkentés, gyulladáscsökkentés és a tumornövekedés gátlása (Rivers & Meininger, 2023). A fő háttérmechanizmusként azt azonosították, hogy a megnövekedett szén-dioxid-szint a nagyvérkörben fokozza a véráramot, és tágítja az ereket, a vörösvértestekben (a kémhatás savasításán keresztül) serkenti a hemoglobin oxigénleadását, így fokozza a szöveti oxigénellátást, valamint közvetlenül és közvetve is csökkenti a reaktív oxigéngyökök mennyiségét és a sejtekben lévő gyulladásos jelátviteli láncok aktivitását. A szén-dioxid-terápiákat általában 10–20 perces expozícióval alkalmazzák, egyszeri alkalommal vagy 1–3 naponta, átlagosan 4–20 ismétlésszámmal. Mindez felveti annak lehetőségét, hogy a krónikus hiperventilláció mérséklésével helyreálló szén-dioxid-szint a gyulladáscsökkentésén keresztül jótékonyan hathat a hangulati fekvésre és más mentális folyamatokra is.

Azon vélekedés, miszerint bizonyos krónikus légzés-minták hiperventillációhoz vezetnek, és így a szén-dioxid-szint kóros csökkentése (hipokapnia) révén megbetegedésekhez járulnak hozzá, több évszázados múltra tekint vissza, és kacskaringós utat járt be a tudományos életben, amit Courtney (2009) tanulmánya alapján foglalunk össze. Már a 19. században felismerték, hogy a túllégzés okozhat bizonyos testi panaszokat, mint zsibbadás, szédülés, izomfeszültség és bizsergés. A fenti panaszoknál szélesebb testi és lelki tünetlistát először Kerr fogalmazott meg 1937-ben, és a jelenségre a hiperventillációs szindróma nevet alkalmazta.

Az évtizedek múlásával egyre több megmagyarázatlan panasz okaként feltételezték a túllégzést, amit gyakran azzal igazoltak, hogy a légzésterápia hatékony gyógymódnak bizonyult. Különböző hipoventillációs légzésterápiák jelentek meg, azzal az ígérettel, hogy segítenek az alacsony szén-dioxid-szinthez szokott kemocepciós rendszert újrangoltni, és megtanítják tolerálni az eukapniát (a szén-dioxid optimális szintje) – amelyet a betegek a terápia előtt fullasztó légszomjként érzékelnek (Courtney & Cohen, 2008).

Azonban az 1980-as évektől kezdve egyre nagyobb kétkedés övezte ezt a feltevést. Felvetették többek közt, hogy miközben a hiperventilláció valóban okozhat akut tüneteket, krónikus hiperventilláció esetén a szervezet pár nap alatt a metabolikus sav-bázis egyensúlyt a savasság felé tolva kompenzálja a hipokapnia kémhatást növelő hatását (Jack és mtsai, 2004). Emellett egyre több kísérleti eredmény cáfolta, hogy valóban kórosan alacsony szén-dioxid-szint lenne jellemző a „hiperventillációs szindrómával” diagnosztizáltakra. Hornsveld és Garssen (1997) kutatásában, miközben a hiperventillációs szindrómával diagnosztizált alanyok egy hiperventilláció-provokációs teszt végére valóban beszámoltak panaszaik megjelenéséről, 65%-uknál egy placebo-provokáció (ahol a vér szén-dioxid-szintjét konstans értéken tartották) is ugyanezt a hatást érte el. További, a hipokapnia oki szerepét cáfoló eredmények után felmerült a javaslat, hogy a hiperventillációs szindróma kifejezést más, a panaszok pszichológiai hátterét hangsúlyozó szakszóval váltsák fel.

A 2000-es évektől kezdve azonban napvilágot kezdtek látni olyan kutatási eredmények, amelyek „rehabilitálták”

a hipokapniával kapcsolatos elméleteket, és azt egy több-faktoros rendszer egyik elemének tartották, amely képes kiváltani a hiperventillációs szindróma panaszait, nemcsak a perifériás hipokapnián, hanem a tünetészlelés folyamatának központi idegrendszeri felerősítésén keresztül is. Emellett a Hornsveid–Garssen-féle kísérleti paradigmával kapcsolatos kétségek is felmerültek (Sikter és mtsai, 2017). A hiperventillációs-szindrómával a 2010-es évektől egy szélesebb ernyőfogalom, a *diszfunkcionális légzésminták* egyik alfajaként kezdtek el foglalkozni. Ez bármilyen légzésmintát jelenthet, ami esetleges organikus okokkal megmagyarázható mértéken felüli nehézlégzéshez vezet (Vidotto és mtsai, 2019). A hiperventillációs szindróma mellett más diszfunkcionális légzésminták is okozhatnak nehézlégzést, például az elégtelen kilégzés (ami csökkenti a légzőanyagok oxigéntartalmát) (Bahenský és mtsai, 2020), az ellapult rekeszizom (Watson és mtsai, 2021), vagy a paradox hangszalagmozgás (ami akadályozza a levegő szabad áramlását) (Ibrahim és mtsai, 2007). A különböző oki tényezők különféle légzés-terápiákat igényelhetnek: (1) a részleges kilégzés a kilégzőizmok erősítését és visszaintegrálását a hétköznapi légzésmintába; (2) az ellapult, tehát megrövidült rekeszizom olyan légzőtornát, amely segíti annak normális hosszának visszanyerését; (3) a hangszalagzavar beszédterápiát; (4) a hiperventilláció pedig hipoventillációs tréninget.

Az egyik legelterjedtebb hipoventillációs légzés-terápiáról, a Buteyko-módszerről egy kutatás során azt találták, hogy a vér szén-dioxid-szintjét nem emeli meg jelentősen, viszont a légzőizmok (főleg a rekeszizom) használata harmonikusabbá válik a hatására (Courtney & Cohen, 2008). Ennek hátterében az állhat, hogy a hipoventillációs tréningek gyakorlói a kisebb légzésszámot nagyobb légzésmélységgel kompenzálhatják, és ehhez a légzőizmaik (főleg a rekeszizom) kapacitását jobban kihasználják (Stromberg és mtsai, 2015) (ld. rekeszlégzés).

A légzésslassító intervenciókat hasznos kiegészítő eljárás-ként azonosították egyes testi betegségek esetében: az asztma kezelésében (Santino és mtsai, 2020) és a szívinfarktus utáni felépülésben (Vasiliauskas & Jasiukevičienė, 2004). A légzésintervenciók mentális egészségre gyakorolt hatására egy recens metaanalízis eredménye világított rá, amelyben elsődleges kimeneti változóként a megélt stressz szintjének változását összegezték, randomizált kontrollált (RCT) vizsgálatokban (Fincham, Strauss, és mtsai, 2023). A beválogatási kritériumok után maradt $k = 12$ tanulmány eredményei alapján a légzésslassító technikák kicsi-közepes stresszcsökkentő hatással bírnak, az intervenciók alkalmak hosszától és gyakoriságától függetlenül. Az elemzés hasonló mértékű pozitív hatást talált a másodlagos kimeneti változók kapcsán, a megélt depressziós ($k = 18$) és szorongásos ($k = 20$) panaszok terén (itt a többségében alapvetően légzésslassító technikát alkalmazó tanulmányok mellé hiperventillációs (ld. később) és vegyes módszertanú kutatásokat is beválogattak). Egy másik tanulmányban 74, poszttraumás stressz betegségben (PTSD) szenvedő alany 10 alkalmas traumafókuszú kognitív viselkedésterápiája során azt vizsgálták, hogy a légzőtechnikák integrálása hogyan változtatja meg a terápia hatékonyságát a randomizált kontrollcsoporthoz képest, ahol a terápiába nem építették be a légzőgyakorla-

tokat (Haller és mtsai, 2023). A szomatiform társzavarral nem rendelkező alanyok a légzésslassítással integrált terápia végére a kontrollcsoportéhoz képest szignifikánsan alacsonyabb megélt PTSD-súlyosságról és magasabb mentális életminőségről számoltak be. A szomatiform társzavarral küzdők esetében azonban a légzésintervenció integrálása nagyobb eséllyel vezetett kellemetlen mellékhatásokhoz, és súlyosbította a megélt PTSD-panaszokat. A szerzők magyarázata szerint ennek hátterében az állhatott, hogy a test felé való hipervigilancia és katasztrofizálás miatt a légzőgyakorlat okozta fizikai érzetek szorongást váltottak ki.

A légzést lassító tréningek pozitív hatását nemcsak a krónikus hiperventilláció, hipokapnia vagy más diszfunkcionális légzésminta javításával magyarázzák, hanem feltételezik például a lassú légzéssel maximalizált légzési szinusz aritmiának (ld. Rezonáns frekvencia és biofeedback c. alfejezet) (Shaffer & Meehan, 2020), illetve az agykérgi hullámtevékenység kedvező befolyásolásának (ld. Orrlégzés c. alfejezet) a szerepét is. A következőkben ezeket, a légzésslassítás hatékonyságát nem a szöveti szén-dioxid szintjével magyarázó módszereket, és a velük kapcsolatos vizsgálatok eredményét ismertetjük.

5.1.2. Rezonáns frekvencia és biofeedback

A légzőrendszernek különleges státuszt ad a kettős szabályozása: egy olyan zsigeri rendszerről van szó, amelynek akaratlagos szabályozásán keresztül képesek vagyunk hatást gyakorolni más élettani működésekre is, amely, ha úgy tetszik, „kaput nyit” számos zsigeri működésre. Ennek legjobb példája a szívritmus-variabilitás (HRV), azaz az egymás követő szívdobbanások hosszának folyamatos változása: belégzés közben a szív ciklusok spontán módon megrövidülnek, míg kilégzés közben hosszabbá válnak (légzési szinusz aritmia, RSA). A feltevések szerint ez a számos gerinces fajban fellelhető funkció azt szolgálja, hogy a kilégzés ideje alatt lecsökkenő oxigéntartalmú vér keringetésére a szív ne pazarolja az energiát (Grossman, 2023).

Relaxált állapotban (élettanilag: a paraszimpatikus idegrendszer túlsúlya esetén) a szívfrekvencia csökken, és a HRV (s különösen ennek néhány specifikus mutatója) megnő, emiatt utóbbi a relaxált állapot élettani indikátorának is tekinthető. Stressz és aktiváció (azaz szimpatikus hatások) esetében a szívfrekvencia megnő, és a variabilitás lecsökken, krónikus esetben tartósan alacsony marad. A krónikusan alacsony HRV tehát szuboptimális élettani és mentális működést jelez (Thayer és mtsai, 2012). Mivel azonban a légzés akaratlagosan is szabályozható, ezen keresztül a HRV és az idegrendszer szimpatikus–paraszimpatikus egyensúlya is befolyásolhatóvá válik.

Mielőtt mindennek a gyakorlati alkalmazását ismertetnénk, fontos felhívunk a figyelmet néhány, az RSA-val kapcsolatos problémára Grossman (2023) áttekintő cikke alapján. A tudományos és laikus irodalomban az RSA a paraszimpatikus idegrendszer aktivitásának legpontosabb mutatójaként híresült el. A valóságban azonban a paraszimpatikus idegrendszer több, más-más szervre (pl. tápcsatorna, légzési, keringési és reprodukciós szervek) ható

alrendszerből épül fel, amelyek aktivitása egymástól függetlenül is változhat. Ráadásul az RSA-ra nemcsak a szívre ható paraszimpatikus ág hat, hanem például a szimpatikus idegrendszer, a szív saját idegrendszere, és a légzési frekvencia is. Ezen okok miatt az RSA nem lehet pontos mutatója a szervezet általános paraszimpatikus tónusának, de még csak a szívre ható paraszimpatikus tónusnak sem. Ezzel együtt az RSA alkalmas lehet a szervezet adaptációs képességének becslésére, hiszen mutatója a paraszimpatikus és szimpatikus idegrendszer, valamint a légző- és keringési szervrendszerek közti interakciós képességeknek.

A szakirodalomban rezonáns frekvenciának nevezik azt a légzési gyakoriságot, ahol a HRV maximálissá válik – ez rendszerint 6 légzés/perc körül alakul (Hasuo és mtsai, 2021; Steffen és mtsai, 2017). Hogy miért pont a kb. 10 másodperc periódusidejű légzésnél tetőzik a szívritmus variabilitása, arra a legelfogadottabb magyarázat a Mayer-hullám jelenségére épül: egy kb. 10 másodpercenként ismétlődő, a légzéstől független ciklusban a vérnyomásreceptorok jelzéseire a szívverés lelassul, így esik a vérnyomás, amit a vérnyomásreceptorok érzékelnek, a szívverést gyorsító jelzést adnak le, ami ismét megemeli a vérnyomást – és innen a ciklus indul előlről. A belégzés szintén csökkenti a mellűr területén a nyomást, ingerli az ottani nyomásreceptorokat, így 10 másodperces légzési ciklusokkal lélegezve az RSA és a Mayer-hullám szinkronba kerül, és a HRV-t növelő hatásuk felerősíti egymást. Egy alternatív magyarázat szerint a 10 másodperces légzésciklusnál az ideális az RSA-t mediáló paraszimpatikus rostok és a szív közötti jelátvitel (Wang és mtsai, 2013). A pontos hatásmechanizmustól függetlenül, a rezonáns frekvencián történő légzést – ami a szokásosnál jóval lassabb, így hosszú gyakorlást igényel – mind élettani, mind pedig mentális szempontból egészségvédő hatásúnak tartják (Chaitanya és mtsai, 2022; Steffen és mtsai, 2017).

A rezonáns frekvencián történő légzésben nagy segítséget nyújt a biofeedback módszertana. A biofeedback név alatt összefoglalt eljárások célja egyes nem tudatos, belső jellemzők (szívfrekvencia, vérnyomás, kérgi alfa-aktivitás stb.) kontrolljának elősegítése tudatosodó (tipikusan hang- vagy fényingerek) jellemzőkön keresztül. A légzési aktivitás, amely jól tudatosítható, látszólag nem illeszthető be ebbe a sorba, ugyanakkor a tapasztalat azt mutatja, hogy a külső visszajelzés segíthet egyrészt egyes maladaptívnek tekinthető légzési mintázatok és jellemzők optimalizálásában, másrészt a stressz és a kardiovaszkuláris rizikó csökkentésében (Goessl és mtsai, 2017). Utóbbi esetben a cél a légzés lassításán, és így a rezonáns frekvencia elérésén keresztül a vegetatív idegrendszer paraszimpatikus tónusának növelése, amelyet tipikusan a HRV-n keresztül mérnek (bizonyos szempontból tehát sokkal inkább az aktuális szívritmus-variabilitással kapcsolatos visszajelzésről van szó).

Egy randomizált és kontrollált, a rezonáns légzést tanító, a HRV maximalizálását célzó biofeedback-kutatásokat összegző 2020-as metaanalízisben a legerősebb pozitív hatást a szorongás, a depresszió, a haragkezelés és a versenysportbéli vagy művészeti teljesítménycsökkenés terén találták (P. Lehrer és mtsai, 2020). Részletesebben, a 42 érzelmszabályozással foglalkozó tanulmány összegzésének eredményei

szerint a rezonáns légzés közepes hatásmérettel javította a harag/ellenségesség panaszát ($k = 5$), segített szorongással ($k = 9$), illetve depresszióval ($k = 5$) élő betegeknek, míg kis hatásmérettel segített a szerhasználati problémákban/sóvárgásban ($k = 4$). A megélt stressz ($k = 7$), a kimerültség/energiusság hiánya ($k = 6$), valamint a PTSD ($k = 4$) esetén nem volt szignifikáns a hatásméret. A testi panaszok közül a légzési ($k = 3$) és tápcsatornát ($k = 2$) érintő betegségekben találtak közepes hatásméretet; a fájdalom ($k = 6$), szív-érrendszeri betegség ($k = 9$) esetén kis hatásméretet találtak; míg a vérnyomás, életminőség és fizikai funkcionálás terén nem mutatkozott szignifikáns hatás. A további vizsgált változók közül az atlétikai/művészi teljesítménynél ($k = 6$) nagy, a végrehajtó/kognitív funkciók terén ($k = 5$) kis hatásméretet találtak, az alvásminőségre ($k = 6$) gyakorolt hatás pedig nem volt szignifikáns.

5.1.3. A rekeszlégzés hatásai

A bordaközi izmok és a légzési segédizmok helyett a rekeszizommal végzett mély, lassú légzést a gyakorlatban általában egyszerűen csak hasi légzésként említik. A rekeszlégzés erősítése szubjektíven könnyebbé teheti a légzést: egyrészt a rekeszizom az összehúzódása során – a légzési segédizmokkal szemben – nem ad le a nehézlégzés érzetét erősítő jelzéseket (E. H. Breslin és mtsai, 1990), másrészt a rekeszlégzéssel az alsó légútiágok nagyobb aránya marad nyitva, így csökken a légzési holttér (Bilo és mtsai, 2012). További élettani hatása a vérnyomás csökkentése, aminek egyik feltételezett mechanizmusa a belégzés alatt, a rekeszizom elapulása közben a hasi zsigerekből való vénás visszaáramlás fokozása, ami révén a szív egy-egy összehúzódásával több vért tud továbbpumpálni (ez az ún. Frank-Starling-mechanizmus) – így alacsonyabb vérnyomás és alacsonyabb pulzus mellett is fenntarthatóvá válik a keringés. A rekeszlégzés légző- és keringési rendszerre gyakorolt kedvező hatását olyan betegségek esetén is kimutatták, mint a COPD (Hamasaki, 2020), az asztma (Prem és mtsai, 2013), a szív-elégtelenség (Seo és mtsai, 2016), valamint a szívinfarktus utáni lábadozásban (Kocjan és mtsai, 2017).

A rekeszlégzés segíti a tápcsatorna működését is. A megfelelő rekesztónus például hozzájárul a nyelőcső alsó záróizmának munkájához, így a reflux egyik prevenciója (Qiu és mtsai, 2020) és terápiája (Eherer és mtsai, 2012) módszere lehet. A rekeszlégzés a feltevések szerint a hasi nyomás ingadozását erősíti, így segíti a bélmozgást, amit a székrekedés leküzdésében kimutatott szerepe támaszt alá (Morisawa és mtsai, 2013). Emellett a nyirokkeringésben is fontos szerepet játszik (J. W. Breslin és mtsai, 2018).

Feltehető, hogy a rekeszlégzés légző-, keringési, nyirok- és emésztőrendszerre gyakorolt kedvező élettani hatása nemcsak az adott szervrendszer betegsége esetén fejleszti az egészséget, de a közérzet javításán keresztül egészséges populációban is hozzájárulhat a mentális jólléthez. Ezt alátámasztják a megélt stresszre (Sundram és mtsai, 2014), a negatív érzelmi állapotra, a nyál kortizolszintjére és a figyelem fenntartására (Ma és mtsai, 2017) gyakorolt pozitív hatással

kapcsolatos eredmények. Részben ez magyarázhatja a rosszindulatú daganatos betegek életminőségére kifejtett jótékony hatását is (Hamasaki, 2020).

Az itt idézett eredményeknél fontos észben tartanunk, hogy a rekeszlégzést szinte minden esetben légzésslassítással együtt gyakorolják, emellett spontán vagy vezetett légzésfigyelés kíséri (ld. a légzésfigyelés hatását később), sőt, gyakran más – pl. relaxációs – technikákkal ötvözik. A hasi légzés kedvező hatásai több tényezőre, esetleg azok interakciójára vezethetők vissza. Az interakcióra példa egy rekeszlégzést tanító intervenciós vizsgálat, ahol a résztvevők a kontrollcsoportéhoz képest jelentősen lassabb légzésritmust tudnak elérni és fenntartani (Stromberg és mtsai, 2015).

5.1.4. Orrlégzés

A szájlégzéssel szemben az orrlégzést favorizáló légzésintervenciók egyik elméleti hátterét az orrmelléküregek nitrogén-monoxid-termelése adja. A nitrogén-monoxid egy levegőben terjedő jelzőanyag, amelynek hörgőtágító és a tüdői vérkeringést fokozó hatása van. Az orrmelléküregek a szájlüreghöz (vagy akár a légcsőhöz) képest a többszörösét termelik ennek a vegyületnek, így hatása erősebben érvényesül orron keresztüli belégzéssel (Ricciardolo, 2003). Ezenkívül, közismert az orron keresztüli belégzésnek a szűrő, párasító és melegítő szerepe, ami csökkentheti a légutakat ingerlő külső anyagok mennyiségét és a hörgőszűkületet. Az orron beáramló levegő segíti a kórokozók és szennyeződések továbbítását az orrmandulák, illetve a garaton keresztül a gyomor felé, így csökkentve az irritáció és gyulladás esélyét. Az orron történő kilégzés pedig az orrjáratot melegíti fel és nedvesíti be a következő belégzéshez.

Egy, a légzésfunkció javulását ígérő, de tudományosan nem kellőképpen megalapozott intervenciókat vizsgáló összefoglaló eredményei szerint az orrlégzés kritikus állapotban lévő betegek artériás oxigénszintjét javítja ugyan, de csak kevés bizonyíték van a jótékony hatás megjelenésére egészséges személyek esetében (Illidi és mtsai, 2023): bár az orrlégzés kivitelezhető szubmaximális fizikai terhelés közben is, alig van olyan tanulmány, amely a sportteljesítményre gyakorolt jótékony hatását igazolná. Egyedül asztmás betegek körében mutatták ki, hogy az orrlégzés csökkentheti a sportolás okozta hörgőszűkület megjelenését vagy súlyosságát.

Az orrlégzést támogató másik elméleti hátteret az adja, hogy állat- és emberkísérletek tanulsága szerint a szájlégzéssel szemben az orron áthaladó belégzések aktiválják a szaglógumót, ami az agykéreg számos területén képes szinkronizálni az agyhullámokat (Heck és mtsai, 2022). A ritmusos orrlégzés hatására megfigyelték az agykéreg hullámtevékenységének lassulását és a módosult irányú agykérgi információáramlást (Piarulli és mtsai, 2018), valamint az alfa-hullámok szinkronizációján keresztül a különböző agyterületek hatékonyabb kommunikációját (Hsu és mtsai, 2020). Az orrlégzéssel szinkronizált agyi elektromos tevékenységnek köszönhetően olyan kognitív képességek javulását igazolták belégzés közben, mint a taktilis észlelés és képi felismerés, memóriarögzítés és -felidézés (Nakamura és mtsai, 2024).

Az orrlégzést azért a többi légzésslassító intervencióval együtt tárgyaltuk, mivel több, korábban említett légzésslassító protokollban szerepel a szájlégzés helyett az orrlégzés előírása, illetve mert a szűkebb orrjáraton való lélegzés automatikusan lassíthatja és mélyítheti a légzést, valamint mert a nehézlégzés szubjektív érzése valószínűsítheti a (kisebb ellenállású) szájlégzés használatát.

A légzésslassító intervenciók közül még a belégzés/kilégzés arányának csökkentésére térnénk ki. Ezt a technikát általában az orrlégzéssel és a rekeszlégzéssel együtt tanítják, és a kutatások eredményei szerint a kilégzés nyújtásával magasabb szívritmus-variabilitás és megélt relaxációs hatás érhető el. Egy szándékosan a szimpatikus tónusemelkedést célzó vizsgálatban a belégzés relatív nyújtását írták elő, 10 munkanapon keresztül napi 80 másodpercben (Joaquim & Moreira, 2024). A résztvevőkben a légzőgyakorlás előtti állapothoz viszonyítva szignifikánsan magasabb nyugalmi pulzust (amiből a szimpatikus tónus emelkedésére következtek) és (az éber, koncentrált figyelemhez köthető) béta agyhullámokat mértek.

A légzésslassító intervenciók tárgyalásának zárásaként egy elsöre zavarba ejtő ellentmondásra hívjuk fel a figyelmet. Míg több légzőgyakorlat jótékony hatását a külső légcserre javulásával és az oxigénellátottság növelésével magyarázzák (pl. a rekeszlégzéssel átszellőztetett alsó légűlyagok, a hangszalagok lazításával vagy a kilégzőizmok erősítésével fokozott légcserre, vagy az orrlégzéssel előidézett hörgőtágulat révén), addig a légzésslassítás jótékony hatását a túlzott szén-dioxid-vesztés megelőzéséhez és a külső légcserre mérsékléséhez kötik. Bár a javuló szöveti oxigenizáció mindkét megközelítésben közös, az előbbi ezt a vér megemelkedett oxigénszintjével magyarázza (ami az intenzívebb külső légcserre miatt törvényszerűen alacsonyabb szén-dioxid-szinttel jár együtt), az utóbbi pedig a vörösvértestek intenzívebb oxigénleadásához köti, amit a megemelkedett szén-dioxid-szint idéz elő (ami az enyhébb külső légcserre miatt törvényszerűen alacsonyabb oxigénszinttel jár együtt). Ha csak ezeket az elméleti megfontolásokat vesszük figyelembe, akkor a légzésslassítás oxigenizációra gyakorolt jótékony hatását elvileg kioltaná a rekeszlégzés, a hangszalagok ellazulása, a kilégzőizmok erősebb használata vagy az orrlégzés is, hiszen ezek erősítik a külső légcserét, és fokozzák a szén-dioxid-vesztést. Ezt az ellentmondást talán az oldhatja fel, hogy a légzésslassító eljárások jótékony hatása a szén-dioxid-szint gyors és erős esésének megelőzésében rejlik, ami megfér a légcserét fokozó hatásokkal, amennyiben a (be- és ki)légzés lassan történik (Courtney, 2008). Alternatív magyarázatként az alábbi spekulációkkal tudunk szolgálni: (1) a légzésslassító eljárások jótékony hatásához nem állandóan, hanem csak periodikusan (a kilégzések alatti) magas szén-dioxid-szintre van szükség, (2) csak, a külső szén-dioxid terápiákhoz hasonló, kúraszerű szén-dioxid-emelkedésre van szükség, a hétköznapi helyzetekben kívánatos a hatékony külső légcserre, (3) a légzésslassító eljárások hatása a légzési gázok szintjétől független tényezőkön alapul, mint amilyen például a légzőizmok hatékonyabb használata miatt csökkenő nehézlégzésérzet és testi diszkomfort, a nyirokkeringés, a tápcsatorna és a szív pumpafunkciójának segítése, a megemelkedett szívritmus-variabilitás, és a megváltozott agyi elektromos tevékenység.

A továbbiakban három, nem légzésslassításon alapuló légzőgyakorlatot és az azokkal kapcsolatos eredményeket összegezzük.

5.2. Egyéb légzésintervenciók

5.2.1. Váltott orrlyukú légzés

A jogából tradicionálisan ismert váltott orrlyukú légzőgyakorlatok is felkeltették a kutatók és légzéstrénerek figyelmét. Ezek élettani magyarázó elmélete azon a tényen alapul, hogy a jobb és bal oldali orrlyukak átjárhatósága egy ultradián ritmusban, 25–200 percenként váltja egymást, az erektilis orrnyálkahártya duzzadásának köszönhetően. Egyesek szerint a jobb orrlyuk dominanciája a szimpatikus idegrendszerhez köthető, a bal oldali pedig a paraszimpatikus idegrendszerhez (Shannahoff-Khalsa, 2001). A feltevések szerint a kapcsolat az orrban áramló levegő és a vegetatív idegrendszer között kétirányú, így a jobb orrlyukas légzéstől a szimpatikus aktivitás fokozódását várták, a bal oldalitól a paraszimpatikus aktiválódást, a váltott orrlyukas légzéstől pedig a két rendszer, sőt, a két agyfélteke aktivitásának kiegyenlítődsét.

Az 1980-as évek élettani kutatásainak eredményei szerint a jobb orrlyukas légzés valóban növeli a vércukorszintet, csökkenti a pislogás gyakoriságát, csökkenti a szemnyomást (ezek a szimpatikus aktiváció jelei), míg a bal oldali rendre ellentétes hatást fejtett ki (Shannahoff-Khalsa, 2001). Egy 2017-es szisztematikus összefoglaló szerint a váltott orrlyukas légzés hatására nő a szívverés-variabilitás, csökken a vérnyomás, bizonyos memóriefunkciók javulnak – azonban ezt a légzéstechnikát általában légzésslassítással együtt tanítják, így nem szűrhető ki a hipoventilláció hatása (Ghiya, 2017). Egy szintén 2017-es cikk szerzői ellentétes eredményeket találtak a váltott orrlyukas légzés hatásáról az agyféltekék EEG-működésére, és a saját kutatásukban sem találtak változást a kérgi működés szimmetriájában (Telles és mtsai, 2017).

Egy háromkarú RCT-vizsgálat orvostanhallgató alanyaiknak egy csoportja ($n = 30$) hat héten át minden nap 1 órán át a bal orrlyukon keresztül lélegzett, egy másik csoportja ($n = 30$) pedig a jobb orrlyukon át (Pal és mtsai, 2014). Az intervenció előtti és utáni nyugalmi szívverésvariabilitás-adatok alapján a jobb orrlyukas légzés gyakorlása a szimpatikus tónust növeli, a bal oldali pedig a paraszimpatikus tónust. Ezt csak részben erősítette meg az az 50 indiai egyetemi hallgatót bevonó vizsgálat, amelynek alanyai két hónapon át napi tíz percig csak a jobb vagy csak a bal orrlyukas légzést gyakorolták (Mutreja és mtsai, 2022). Míg a jobb orrlyukon lélegzőknél a vérnyomás és pulzus valóban megnőtt az intervenció végére, addig a bal orrlyukas lélegzőknél nem volt mérhető változás.

Amikor az egyoldali orrlégzés akut hatását vizsgálták, azt találták, hogy a belégzés oldala számít, a kilégzésé nem. Mindössze kilenc ciklus egyoldali orrlégzés után a jobb oldali belégzést gyakorlóknál valóban nőtt a vérnyomás és a

pulzus, míg a bal oldali belégzőknél csökkent. Ami pedig a képi és hangos reakcióidőt illeti, a jobb oldalon belégző gyakorlatok növelik ezeket, míg a balon belégző gyakorlatok csökkentik (Bhavanani és mtsai, 2014). Ezzel ellentétben azoknak a kísérletnek az eredménye, amelyek szerint mindkét egyoldali légzés javítja a reakcióidőt (Nadeem & Herur, 2019). Ami a klinikumot illeti, egy metaanalízis eredményei szerint a váltott orrlyukas légzés hatékonyan csökkenti a stresszt partner általi bántalmazást elszenvedő várandós nők esetében (Rung és mtsai, 2021).

Az orrlégzéssel és egyoldali orrlégzésekkel kapcsolatos tanulmányok áttekintése után megjegyezzük, hogy az itt idézett kutatások egyike sem mérte sem a légzés mélységét, sem pedig a rekesz-bordaközi izmok bevonásának arányát, így nemcsak a légzésslassítás hatása keveredhet bele a fenti eredményekbe, hanem a légzési gázok koncentrációjának megváltozása és a rekeszlégzés hatása is. Ráadásul a legtöbb kísérleti protokoll másodperc pontossággal meghatározta a kilégzés, belégzés (és esetenként a légzésvisszatartás) hosszát, ami az egyén saját ritmusától való eltérés függvényében nagy szórást okozhatott a hatásban.

A váltott orrlyukas légzéssel kapcsolatos eredmények arra a spekulációra nyitnak lehetőséget, hogy a korábban tárgyalt diszfunkcionális légzésminták (pl. hiperventilláció, csökkent rekesz- és kilégzőizom-aktivitás, szájlégzés) megzavarhatják az orrlyukak változó szeleléséhez kapcsolódó ultradián ritmust, így a stresszt csökkentő és aktiváló rendszerek dinamikus egyensúlyát is felboríthatják – míg az ezeket a légzésmintákat javító intervenciók egyik hatásmechanizmusa az orrszárnnyi légzés és az ultradián ritmus helyreállítása is lehet.

5.2.2. Hiperventillációs gyakorlatok

A hiperventillációs intervenciókban szándékos, a testi homeosztáissal szembemenő túllégzés történik, a szokásosnál gyorsabb be- és kilégzéssel, és általában a szokásosnál mélyebb légzésekkel. Egy frissen megjelent összegző cikk szerzői az intervenciók történetét, fenomenológiai és élettani hatását is ismerteti (Fincham, Kartar, és mtsai, 2023), amelyet az alábbiakban összegzünk.

A hiperventillációs technika több mint tízezer éves is lehet, számos kultúra (inuit, szúfi, indián) rituális gyakorlatának része, emellett a sámánhagyomány, a jóga és a buddhizmus is örzi és tanítja. A hiperventillációs légzésmunkát „vegytisztán” vagy más gyakorlatokkal ötvözve többek közt olyan modern módszerek képviselik, mint: (1) a jelenleg hivatalosan Grof® Breathwork név alatt futó holotróp légzés, amelyet Stanislav és Christina Grof alapított (Grof & Grof, 2023), (2) a Leonard Orr által alapított Rebirthing Légzéstérápia (Orr, 1992), (3) a Sri Sri Ravi Shankar által kialakított Sudarshan Kriya® légzés (Zope & Zope, 2013), (4) és a Wim Hof Method® légzésttechnikái (Kox és mtsai, 2012).

A hiperventillációs intervenciók akut hatásainak egy része a hiperventilláció okozta élettani változások (ld. fentebb) közvetlen következménye, másik része az intenzív

izommunkához köthető, harmadik része pedig az ezeket kísérő pszichológiai folyamatok eredménye. A hiperventillációval járó, korábban ismertetett általános tünetek mellett az érzelmi megnyilvánulások is gyakoriak, mint a sírás, nevetés, üvöltés, nyögés, sóhajtás, gyerekhangok, állatias morgások, valamint éneklés. Körülbelül 8 perc gyakorlás után jelentkezik általában a fülcsengés, a homályos látás, a csodálat érzése és a könnyűség, és később, körülbelül 15 perc hiperventillálás után szélsőségesebb tudatállapot-változások lépnek fel, mint amilyen például az érzéki csalódás és a hallucináció. A módosult tudatállapot nagyobb eséllyel jelenik meg azokban a módszerekben, amelyek hosszabb ideig folyamatos hiperventillációt írnak elő (pl. holotróp légzés), és nem tartalmaznak légzésszünetet (mint pl. a Wim Hof Method), sem pihenőt (pl. jóga), sem pedig ismétlődő visszatérést a lassabb légzéshez (pl. Sudarshan Kriya).

A pszichedelikus vagy misztikus élmények egyik gyakori tényezője a szelf és a külvilág közötti határok oldódása vagy megszűnése, az „egységélmény”. A pszichedelikus-drog-asszisztált pszichoterápiás kutatások eredményei arra utalnak, hogy az efféle pszichedelikus élmények mediáló tényezői lehetnek az intervenciók jótékony hatásának (Uthaug és mtsai, 2021). További tényezők lehetnek a katarzis és érzelmi áttörések élménye, önismereti felismerések, és a meghatározó nem hétköznapi testi érzetek is. A hiperventillációs intervenciók hatásmechanizmusára olyan élettani hipotézisek születtek, amelyeknek a nagy részét elvetették (pl. légzési alkalózis, csökkent agyi vérkeringés), egy részét pedig további vizsgálatra javasolták (pl. a paraszimpatikus idegrendszer aktiválása) (Grof, 2014).

A hiper- és hipoventillációs módszerek egyik közös alkalmazási területe a reziliencia (lelki rugalmasság, a stresszel szembeni ellenállás) növelése. A distressz csökkentésével kapcsolatos tizenkét tanulmányt felölelő metaanalízisben kicsi-közepes hatásmérettel hatékonyak találták a légzés-terápiákat (Fincham, Strauss, és mtsai, 2023), ebből tíz légzésslassító, kettő pedig gyors légzést tanító módszer volt. E metaelemzés szerzői szerint a gyors légzéses módszerek vélhetően a kontrollált, biztonságos körülmények között szimulált stressz átélésén és az önszabályozás fejlesztésén keresztül fokozhatják a rezilienciát. A szorongáscsökkentésben pedig expozíciós technikaként javasolták a hiperventillációt (Meuret és mtsai, 2005).

Egy másik metaelemzésben a csak gyors légzést tartalmazó módszerek nem bizonyultak hatékonyak a stressz kezelésében, csupán a kevert vagy csak légzésslassító intervenciók (Leyro és mtsai, 2021). Egy még frissebb, 72 tanulmányt elemző szisztematikus áttekintésben megerősítésre került, hogy a stresszcsökkentésben a légzésslassító intervenciók a hatékonyabbak. Az itt említett hiperventillációs tréningek közül egyedüli klinikai bizonyíték a Sudarshan Kriya hatékonyságával kapcsolatban született a PTSD panaszok mérséklésében, de ez a módszer hipoventillációt és egyéb elemeket is tartalmaz (Bentley és mtsai, 2023).

Összegezve, a hiperventillációs intervenciók fenomenológiai szempontból jobban feltártak a hipoventillációs tréningeknél, élettani hatásuk terén azokhoz hasonlóan keveset tudunk róluk, klinikai szempontból viszont a légzésslassító módszereknél kevésbé kutatottak.

5.2.3. Légzésfigyelés

Az akaratlagos légzésváltoztató módszerek tárgyalása után érdemes kitérni a légzés „passzív”, azaz nem a megváltoztatás szándékával történő megfigyelésére is. E megközelítés, ami lényegében a tudatos jelenlét (*mindfulness*) alapú terápiák és gyakorlatok sajátja, az elképzelések szerint stresszoldó, relaxációt segítő hatással bír (Soriano és mtsai, 2024). Nem egyértelmű ugyanakkor a háttérben álló pszichofiziológiai mechanizmus és az sem, hogy a résztvevőknek valójában mennyire sikerül a beavatkozás nélküli megfigyelés megvalósítása.

Laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján ugyanis a légzésre való figyelés önmagában is megváltoztatja a légzési mintázatot (Han és mtsai, 1997). A különböző intervenciók (zen meditáció, HRV-alapú biofeedback, rezonáns frekvencián történő légzés) a kezdeti időszakban enyhe hiperventillációhoz vezetnek (P. M. Lehrer, 2001; P. M. Lehrer és mtsai, 1999, 2003), annak tudatállapot-módosító hatásaival együtt (ld. fentebb).

Mindez felveti azt a kérdést, hogy – más élettani funkciókkal együtt – szükséges-e mindennapokban figyelni a légzési aktivitást. Az interocepció klasszikus megközelítése erre a kérdésre egyértelműen nemleges választ ad, mégpedig abból a megfontolásból, hogy a szabályozás szempontjából nem indokolt, emiatt feleslegesen köti le az amúgy is véges kognitív kapacitás egy részét, ami a pszichológiai működés kárára mehet (Ádám, 1998). Más lehet a helyzet azokban az esetekben, amikor valaki az önszabályozás (pl. érzelmszabályozás) részeként, átmeneti jelleggel használ akár légzésfigyelést, akár légzésmanipulációs technikákat.

A légzőgyakorlatok a belső érzetekre való erősebb odafigyelést okoznak, és a külvilág ingerei relatíve háttérbe szorulnak (Vlemincx és mtsai, 2007). Egyes légzésfigyelést tartalmazó módszerek azt az ígéretet hordozzák, hogy rendszeres gyakorlásukkal fejlődik a testi tudatosság általános és légzéssel kapcsolatos érzékelése, ami a mindennapokban is lehetővé teszi az ideális légzéstől való eltérés minél korábbi észlelését, ezáltal a légzés javítását. Néhány kutatócsoport meg is vizsgálta a jóga és meditáció hatását a légzési ellenállás detekciójának képességére. Többen igazolták, hogy a jóga növeli az ellenállások közötti diszkriminációs képességet kontrollszemélyekhez képest (Villien és mtsai, 2005). Daubenmier és munkatársai (2013) meditáció során vizsgálták a légútiellenállás-detekciós és -diszkriminációs képességet. Mivel a fent ismertetett módszerek a pillanatnyi interoceptív pontosságról adnak információt, a meditáció során viszont fenntartott figyelemre van szükség, ezért egy új módszert hoztak létre, amellyel azt vizsgálták, hogy a légzés hosszú ideig történő megfigyelése különbözik-e meditálók és nem meditálók között. Kísérleti eredményeik kezdetleges bizonyítékot szolgáltatottak arra, hogy a meditációt gyakorlók magasabb légzési interoceptív pontossággal bírnak. Keresztmetszeti vizsgálatuk azonban nem ad választ arra a kérdésre, hogy a pontosabb légzési interocepció a meditáció hatása-e, vagy eleve a testtudatosabb egyének hajlana a meditáció gyakorlására, ahogy arra sem, hogy a pontosabb légzési interocepció közvetítésével a hétköznapiakban is kielégítőbb légzésmintákat alkalmaznak-e a gyakorlók.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A légzőgyakorlatokat alkalmazó intervenciók világában számos különböző technika terjedt el, amelyek jelentős része a testi és lelki egészség megtartását vagy annak visszaszerését ígéri. Habár ezen módszerek képviselői gyakran igyekeznek a hatásosságukat tudományos nyelven megfogalmazott, élettani háttérmechanizmussal igazolni, a kis-számú, diverz módszertanú, valódi empirikus vizsgálatok eredményei gyakran ellentmondásokhoz vezetnek. Ennek dacára az élettani, vagy éppen mentális mutatókra gyakorolt pozitív hatásokról egyre növekvő, és nagyrészt összhangzó kísérleti eredmények állnak rendelkezésre.

A légzés ritmusára, mélységére és egyéb jellemzőire, valamint a légzési érzetek (pl. légszomj, telítettség) szubjektív megélésére olyan mentális tényezők is hatnak, mint a kognitív és érzelmi folyamatok. A légzés akaratlagos módosításán keresztül pedig szabályozni lehet egyes élettani paramétereket (mint amilyen a szén-dioxid és oxigén szintje, a mellkasban és hasürben uralkodó nyomás, a szív pumpafunkciója és ritmusának variabilitása, a vérnyomás ingadozása, az agyi elektromos tevékenység), és mentális folyamatokat (relaxáció és stressz, a hangulat fekvése, a tudatállapot mó-

dosítása) egyaránt. A mentális jóllét fokozását légzésintervenciók egymástól nagyban eltérő halmaza célozza meg, amelynek egyes tagjai egymással ellentétes módszertant használnak (pl. a légzés lassítása vagy épp gyorsítása), jótékony hatásukra pedig olykor egymással ellentétes elméleti háttérrel adnak (pl. külső légcserre fokozása vagy mérséklése).

Mindezen eredmények alapján a légzőgyakorlatok további kutatása indokoltnak tűnik, hogy minél személyre szabottabb, és az adott egészségi problémához leghatékonyabb elemekből összeállított légzésprogramokkal lehessen meg támogatni a gyógyulást és az egészségmegőrzést.

Köszönetnyilvánítás: Jelen munka a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal K 147788 számú pályázatának támogatásával készült.

Szerzői munkamegosztás: Tihanyi Benedek, Gátiné Drozdovszky Orsolya és Köteles Ferenc: a kézirat első változatának elkészítése. Tihanyi Benedek és Köteles Ferenc: a kézirat kritikai áttekintése, kiegészítése.

Nyilatkozat érdekütközésről: A szerzők ezúton kijelentik, hogy esetükben nem állnak fenn érdekütközések.

IRODALOM

- Ádám, G. (1998). *Visceral perception: Understanding internal cognition*. Plenum Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2903-0>
- Alexander-Miller, S., & Davenport, P. W. (2010). Perception of multiple-breath inspiratory resistive loads in males and females. *Biological Psychology*, 84(1), 147–149. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.004>
- Aronson, K. R., Barrett, L. F., & Quigley, K. S. (2006). Emotional reactivity and the overreport of somatic symptoms: Somatic sensitivity or negative reporting style? *Journal of Psychosomatic Research*, 60(5), 521–530. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2005.09.001>
- Babulka, P., Berkes, T., Szemerszky, R., & Köteles, F. (2017). No effects of rosemary and lavender essential oil and a placebo pill on sustained attention, alertness, and heart rate. *Flavour and Fragrance Journal*, 32(4), 305–311. <https://doi.org/10.1002/ffj.3392>
- Bahenský, P., Marko, D., Grosicki, G., & Malátová, R. (2020). Warm-up breathing exercises accelerate VO2 kinetics and reduce subjective strain during incremental cycling exercise in adolescents. *Journal of Physical Education and Sport*, 20, 3361–3367. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.06455>
- Barsky, A. J., & Borus, J. F. (1999). Functional somatic syndromes. *Annals of Internal Medicine*, 130(11), 910–921.
- Barsky, A. J., Goodson, J. D., Lane, R. S., & Cleary, P. D. (1988). The amplification of somatic symptoms. *Psychosomatic Medicine*, 50(5), 510–519.
- Barsky, A. J., Wyshak, G., & Klerman, G. L. (1990). The Somato-sensory Amplification Scale and its relationship to hypochondriasis. *Journal of Psychiatric Research*, 24(4), 323–334. [https://doi.org/10.1016/0022-3956\(90\)90004-A](https://doi.org/10.1016/0022-3956(90)90004-A)
- Beaumont, M., Forget, P., Couturaud, F., & Reyckler, G. (2018). Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. *The Clinical Respiratory Journal*, 12(7), 2178–2188. <https://doi.org/10.1111/crj.12905>
- Beck, J. G., Shipherd, J. C., & Zebb, B. J. (1997). How does interoceptive exposure for panic disorder work? An uncontrolled case study. *Journal of Anxiety Disorders*, 11(5), 541–556. [https://doi.org/10.1016/s0887-6185\(97\)00030-3](https://doi.org/10.1016/s0887-6185(97)00030-3)
- Benchetrit, G. (2000). Breathing pattern in humans: Diversity and individuality. *Respiration Physiology*, 122(2–3), 123–129. [https://doi.org/10.1016/s0034-5687\(00\)00154-7](https://doi.org/10.1016/s0034-5687(00)00154-7)
- Bentley, T. G. K., D'Andrea-Penna, G., Rakic, M., Arce, N., LaFaille, M., Berman, R., ... & Sprimont, P. (2023). Breathing practices for stress and anxiety reduction: Conceptual framework of implementation guidelines based on a systematic review of the published literature. *Brain Sciences*, 13(12), Article 1612. <https://doi.org/10.3390/brainsci13121612>
- Bhatia, M. S., Khandpal, M., Srivastava, S., & Kohli, G. S. (2004). Intractable psychogenic sneezing: Two case reports. *Indian Pediatrics*, 41(5), 503–504.
- Bhavanani, A. B., Ramanathan, M., Balaji, R., & Pushpa, D. (2014). Differential effects of uninostil and alternate nostril pranayamas on cardiovascular parameters and reaction time. *International Journal of Yoga*, 7(1), 60–65. <https://doi.org/10.4103/0973-6131.123489>
- Bilo, G., Revera, M., Bussotti, M., Bonacina, D., Styczkiewicz, K., Caldara, G., ... & Lombardi, C. (2012). Effects of slow deep breathing at high altitude on oxygen saturation, pulmonary and systemic hemodynamics. *PloS One*, 7(11), Article e49074.
- Bogaerts, K., Janssens, T., De Peuter, S., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2010). Negative affective pictures can elicit physical

- symptoms in high habitual symptom reporters. *Psychology & Health*, 25(6), 685–698. <https://doi.org/10.1080/08870440.902814639>
- Bogaerts, K., Notebaert, K., Van Diest, I., Devriese, S., De Peuter, S., & Van den Bergh, O. (2005). Accuracy of respiratory symptom perception in different affective contexts. *Journal of Psychosomatic Research*, 58(6), 537–543. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2004.12.005>
- Boiten, F. A., Frijda, N. H., & Wientjes, C. J. (1994). Emotions and respiratory patterns: Review and critical analysis. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 17(2), 103–128. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(94\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0167-8760(94)90027-2)
- Breslin, E. H., Garoutte, B. C., Kohlman-Carrieri, V., & Celli, B. R. (1990). Correlations between dyspnea, diaphragm and sternomastoid recruitment during inspiratory resistance breathing in normal subjects. *Chest*, 98(2), 298–302.
- Breslin, J. W., Yang, Y., Scallan, J. P., Sweat, R. S., Adderley, S. P., & Murfee, W. L. (2018). Lymphatic Vessel Network Structure and Physiology. *Comprehensive Physiology*, 9(1), 207–299. <https://doi.org/10.1002/cphy.c180015>
- Butler, C., & Steptoe, A. (1986). Placebo responses: An experimental study of psychophysiological processes in asthmatic volunteers. *British Journal of Clinical Psychology*, 25(3), 173–183. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8260.1986.tb00693.x>
- Castro, M., Rubin, A. S., Laviolette, M., Fiterman, J., De Andrade Lima, M., Shah, P. L., ... & Cox, G. (2010). Effectiveness and safety of bronchial thermoplasty in the treatment of severe asthma: A multicenter, randomized, double-blind, sham-controlled clinical trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181(2), 116–124. <https://doi.org/10.1164/rccm.200903-0354OC>
- Chaitanya, S., Datta, A., Bhandari, B., & Sharma, V. K. (2022). Effect of resonance breathing on heart rate variability and cognitive functions in young adults: a randomised controlled study. *Cureus*, 14(2), Article e22187. <https://doi.org/10.7759/cureus.22187>
- Constantinou, E., Bogaerts, K., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2013). Inducing symptoms in high symptom reporters via emotional pictures: The interactive effects of valence and arousal. *Journal of Psychosomatic Research*, 74(3), 191–196. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2012.12.015>
- Courtney, R. (2008). Strengths, Weaknesses, and Possibilities of the Buteyko Breathing Method. *Biofeedback*, 36(2), Article 59.
- Courtney, R. (2009). The functions of breathing and its dysfunctions and their relationship to breathing therapy. *International Journal of Osteopathic Medicine*, 12(3), 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.ijosm.2009.04.002>
- Courtney, R., & Cohen, M. (2008). Investigating the claims of Konstantin Buteyko, M.D., Ph.D.: The relationship of breath holding time to end tidal CO₂ and other proposed measures of dysfunctional breathing. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 14(2), 115–123. <https://doi.org/10.1089/acm.2007.7204>
- Craig, A. D. (2015). *How do you feel? An interoceptive moment with your neurobiological self*. Princeton University Press.
- Crucianelli, L., Enmalm, A., & Ehrsson, H. H. (2022). Interoception as independent cardiac, thermosensory, nociceptive, and affective touch perceptual submodalities. *Biological Psychology*, Article 108355. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2022.108355>
- Dahme, B., Richter, R., & Mass, R. (1996). Interoception of respiratory resistance in asthmatic patients. *Biological Psychology*, 42(1–2), 215–229. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(95\)05156-2](https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05156-2)
- Daubenmier, J. J., Sze, J., Kerr, C. E., Kemeny, M. E., & Mehling, W. (2013). Follow your breath: Respiratory interoceptive accuracy in experienced meditators. *Psychophysiology*, 50(8), 777–789. <https://doi.org/10.1111/psyp.12057>
- Davenport, P. W., Chan, P.-Y. S., Zhang, W., & Chou, Y.-L. (2007). Detection threshold for inspiratory resistive loads and respiratory-related evoked potentials. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 102(1), 276–285. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01436.2005>
- De Peuter, S., Van Diest, I., Lemaigre, V., Verleden, G., Demedts, M., & Van den Bergh, O. (2004). Dyspnea: The role of psychological processes. *Clinical Psychology Review*, 24(5), 557–581. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2004.05.001>
- Del Negro, C. A., Koshiya, N., Butera, R. J., & Smith, J. C. (2002). Persistent sodium current, membrane properties and bursting behavior of pre-bötzinger complex inspiratory neurons in vitro. *Journal of Neurophysiology*, 88(5), 2242–2250. <https://doi.org/10.1152/jn.00081.2002>
- Devriese, S., Winters, W., Stegen, K., Van Diest, I., Veulemans, H., Nemery, B., ... & Van den Bergh, O. (2000). Generalization of acquired somatic symptoms in response to odors: A pavlovian perspective on multiple chemical sensitivity. *Psychosomatic Medicine*, 62(6), 751–759. <https://doi.org/10.1097/00006842-200011000-00003>
- Dömötör Z., Köteles F., & Szemerszky R. (2022a). Az elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia (IEI-EMF) jelensége a szakemberek szemszögéből. *Mentálhigiéné és Pszichoszomatika*, 23(3), 316–356. <https://doi.org/10.1556/0406.23.2022.012>
- Dömötör Z., Köteles F., & Szemerszky R. (2022b). Az elektromágneses tereknek tulajdonított idiopátiás környezeti intolerancia (IEI-EMF) jelensége az érintettek szemszögéből. *Mentálhigiéné és Pszichoszomatika*, 23(2), 158–192. <https://doi.org/10.1556/0406.23.2022.007>
- Donaldson, G. C. (1992). The chaotic behaviour of resting human respiration. *Respiration Physiology*, 88(3), 313–321. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(92\)90005-h](https://doi.org/10.1016/0034-5687(92)90005-h)
- Eherer, A. J., Netolitzky, F., Högenauer, C., Puschnig, G., Hinterleitner, T. A., Scheidl, S., ... & Hoffmann, K. M. (2012). Positive effect of abdominal breathing exercise on gastroesophageal reflux disease: A randomized, controlled study. *Official Journal of the American College of Gastroenterology (ACG)*, 107(3), 372–378.
- Ehlers, A., & Breuer, P. (1996). How good are patients with panic disorder at perceiving their heartbeats? *Biological Psychology*, 42(1–2), 165–182.
- Ehlers, A., & Margraf, J. (1989). The psychophysiological model of panic attacks. In P. Emmelkamp, W. Everard, F. Kraaimaat, & M. van Son (Eds.), *Fresh Perspectives on Anxiety Disorders* (pp. 1–29). Swets & Zeitlinger.

- Ehlers, A., Margraf, J., Roth, W. T., Taylor, C. B., & Birbaumer, N. (1988). Anxiety induced by false heart rate feedback in patients with panic disorder. *Behaviour Research and Therapy*, 26(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(88\)90028-9](https://doi.org/10.1016/0005-7967(88)90028-9)
- Ferentzi, E., Bogdány, T., Szabolcs, Z., Csala, B., Horváth, Á., & Köteles, F. (2018). Multichannel investigation of interoception: Sensitivity is not a generalizable feature. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, Article 223. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00223>
- Fincham, G. W., Kartar, A., Uthaug, M. V., Anderson, B., Hall, L., Nagai, Y., ... & Colasanti, A. (2023). High ventilation breathwork practices: An overview of their effects, mechanisms, and considerations for clinical applications. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 155, Article 105453. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105453>
- Fincham, G. W., Strauss, C., Montero-Marin, J., & Cavanagh, K. (2023). Effect of breathwork on stress and mental health: A meta-analysis of randomised-controlled trials. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27247-y>
- Fonyó, A., Hunyady, L., Kollai, M., Ligeti, E., & Szűcs, G. (Szerk.) (2004). *Az orvosi étletan tankönyve*. Medicina Könyvkiadó Rt.
- Freedman, S., & Campbell, E. J. (1970). The ability of normal subjects to tolerate added inspiratory loads. *Respiration Physiology*, 10(2), 213–235. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(70\)90084-8](https://doi.org/10.1016/0034-5687(70)90084-8)
- Garfinkel, S. N., Manassei, M. F., Hamilton-Fletcher, G., Bosch, Y. I. den, Critchley, H. D., & Engels, M. (2016). Interoceptive dimensions across cardiac and respiratory axes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 371(1708), Article 20160014. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0014>
- Ghiya, S. (2017). Alternate nostril breathing: A systematic review of clinical trials. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 5(8), 3273–3286.
- Giardino, N. D., Curtis, J. L., Abelson, J. L., King, A. P., Pamp, B., Liberzon, I., & Martinez, F. J. (2010). The impact of panic disorder on interoception and dyspnea reports in chronic obstructive pulmonary disease. *Biological Psychology*, 84(1), 142–146. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.02.007>
- Goessl, V. C., Curtiss, J. E., & Hofmann, S. G. (2017). The effect of heart rate variability biofeedback training on stress and anxiety: A meta-analysis. *Psychological Medicine*, 47(15), 2578–2586. <https://doi.org/10.1017/S0033291717001003>
- Gorman, J. M., Kent, J. M., Sullivan, G. M., & Coplan, J. D. (2000). Neuroanatomical hypothesis of panic disorder, revised. *The American Journal of Psychiatry*, 157(4), 493–505. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.157.4.493>
- Gorman, J. M., Liebowitz, M. R., Fyer, A. J., & Stein, J. (1989). A neuroanatomical hypothesis for panic disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 146(2), 148–161. <https://doi.org/10.1176/ajp.146.2.148>
- Grassmann, M., Vlemincx, E., von Leupoldt, A., Mittelstädt, J. M., & Van den Bergh, O. (2016). Respiratory changes in response to cognitive load: a systematic review. *Neural Plasticity*, 2016, Article 8146809. <https://doi.org/10.1155/2016/8146809>
- Grazzini, M., Ottanelli, R., Duranti, R., Stendardi, L., Ronchi, M. C., Romagnoli, I., & Scano, G. (2002). Measures of perception of bronchoconstriction and clinical and functional data are not interrelated in asthma. *Respiration; International Review of Thoracic Diseases*, 69(6), 496–501. <https://doi.org/10.1159/000066457>
- Grof, S. (2014). Holotropic breathwork: A new experiential method of psychotherapy and self-exploration. *Journal of Transpersonal Research*, 6(1), 7–24.
- Grof, S., & Grof, C. (2023). *Holotropic breathwork: A new approach to self-exploration and therapy*. State University of New York Press.
- Grossman, P. (2023). Fundamental challenges and likely refutations of the five basic premises of the polyvagal theory. *Biological Psychology*, 180, 108589. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2023.108589>
- Guyon, A. J. A. A., Cannavò, R., Studer, R. K., Hildebrandt, H., Danuser, B., Vlemincx, E., & Gomez, P. (2020). Respiratory variability, sighing, anxiety, and breathing symptoms in low- and high-anxious music students before and after performing. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 303. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00303>
- Haller, H., Mitzinger, D., & Cramer, H. (2023). The integration of yoga breathing techniques in cognitive behavioral therapy for post-traumatic stress disorder: A pragmatic randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*, 14, Article 1101046. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1101046>
- Hamasaki, H. (2020). Effects of diaphragmatic breathing on health: a narrative review. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 7(10), Article 65. <https://doi.org/10.3390/medicines7100065>
- Han, J. N., Stegen, K., Cauberghs, M., & Van de Woestijne, K. P. (1997). Influence of awareness of the recording of breathing on respiratory pattern in healthy humans. *The European Respiratory Journal*, 10(1), 161–166.
- Hasuo, H., Ishikawa, H., & Matsuoka, H. (2021). Relationship between the number of breaths that maximizes heart rate variability and height in patients with incurable cancers. *Complementary Therapies in Medicine*, 63, Article 102780. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2021.102780>
- Heck, D. H., Correia, B. L., Fox, M. B., Liu, Y., Allen, M., & Varga, S. (2022). Recent insights into respiratory modulation of brain activity offer new perspectives on cognition and emotion. *Biological Psychology*, 170, Article 108316. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2022.108316>
- Hornsveld, H., & Garssen, B. (1997). Hyperventilation syndrome: An elegant but scientifically untenable concept. *The Netherlands Journal of Medicine*, 50(1), 13–20. [https://doi.org/10.1016/S0300-2977\(96\)00080-0](https://doi.org/10.1016/S0300-2977(96)00080-0)
- Hout, M. A. van den, & Griez, E. (1984). Panic symptoms after inhalation of carbon dioxide. *The British Journal of Psychiatry*, 144(5), 503–507. <https://doi.org/10.1192/bjp.144.5.503>
- Howard, S., & Hughes, B. M. (2008). Expectancies, not aroma, explain impact of lavender aromatherapy on psychophysiological indices of relaxation in young healthy women. *British Journal of Health Psychology*, 13(Pt 4), 603–617. <https://doi.org/10.1348/135910707X238734>
- Hsu, S.-M., Tseng, C.-H., Hsieh, C.-H., & Hsieh, C.-W. (2020). Slow-paced inspiration regularizes alpha phase dynamics in the human brain. *Journal of Neurophysiology*, 123(1), 289–299. <https://doi.org/10.1152/jn.00624.2019>
- Ibrahim, W. H., Gheriani, H. A., Almohamed, A. A., & Raza, T. (2007). Paradoxical vocal cord motion disorder: Past, present and future. *Postgraduate Medical Journal*, 83(977), 164–172. <https://doi.org/10.1136/pgmj.2006.052522>

- Illidi, C. R., Romer, L. M., Johnson, M. A., Williams, N. C., Rossiter, H. B., Casaburi, R., & Tiller, N. B. (2023). Distinguishing science from pseudoscience in commercial respiratory interventions: An evidence-based guide for health and exercise professionals. *European Journal of Applied Physiology*, 123(8), 1599–1625. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05166-8>
- Jack, S., Rossiter, H. B., Pearson, M. G., Ward, S. A., Warburton, C. J., & Whipp, B. J. (2004). Ventilatory responses to inhaled carbon dioxide, hypoxia, and exercise in idiopathic hyperventilation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 170(2), 118–125. <https://doi.org/10.1164/rccm.200207-720OC>
- Janssens, T., Verleden, G., De Peuter, S., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2009). Inaccurate perception of asthma symptoms: A cognitive-affective framework and implications for asthma treatment. *Clinical Psychology Review*, 29(4), 317–327. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2009.02.006>
- Joaquim, M. S., & Moreira, C. (2024). Paced breathing with a prolonged inspiratory period increases sympathetic activity: a heart and brain analysis. *bioRxiv*, 2024–02.
- Kemeny, M. E., Rosenwasser, L. J., Panettieri, R. A., Rose, R. M., Berg-Smith, S. M., & Kline, J. N. (2007). Placebo response in asthma: A robust and objective phenomenon. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(6), 1375–1381. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.03.016>
- Kifle, Y., Seng, V., & Davenport, P. W. (1997). Magnitude estimation of inspiratory resistive loads in children with life-threatening asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 156(5), 1530–1535. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.156.5.9703011>
- Kocjan, J., Adamek, M., Gzik-Zroska, B., Czyżewski, D., & Rydel, M. (2017). Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: A review. *Advances in Respiratory Medicine*, 85(4), 224–232. <https://doi.org/10.5603/ARM.2017.0037>
- Köteles, F. (2021). What can we sense? Interoceptive accuracy. In F. Köteles (Ed.), *Body sensations: The conscious aspects of interoception* (pp. 75–164). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63201-4_4
- Köteles, F. (2024). Vague sensations. About the background and consequences of discordance between actual and perceived physiological changes. *Clinical Psychology Review*, 108, Article 102382. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2024.102382>
- Köteles, F., Babulka, P., Szemerszky, R., Dömötör, Z., & Boros, S. (2018). Inhaled peppermint, rosemary and eucalyptus essential oils do not change spirometry in healthy individuals. *Physiology & Behavior*, 194, 319–323. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.06.022>
- Kox, M., Stoffels, M., Smeekens, S. P., van Alfen, N., Gomes, M., Eijssvogels, T. M. H., Hopman, M. T. E. ... & Pickkers, P. (2012). The influence of concentration/meditation on autonomic nervous system activity and the innate immune response: A case study. *Psychosomatic Medicine*, 74(5), 489–494. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3182583c6d>
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84(3), 394–421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>
- Lehrer, P., Kaur, K., Sharma, A., Shah, K., Huseby, R., Bhavsar, J., Sgobba, P., & Zhang, Y. (2020). Heart rate variability biofeedback improves emotional and physical health and performance: a systematic review and Meta Analysis. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 45(3), 109–129. <https://doi.org/10.1007/s10484-020-09466-z>
- Lehrer, P. M. (2001). Biofeedback for Respiratory sinus arrhythmia and tandem breathing among zen monks: studies in cardiovascular resonance. In Y. Haruki, I. Homma, A. Umezawa, & Y. Masaoka (Eds.), *Respiration and Emotion* (pp. 113–120). Springer Japan. https://doi.org/10.1007/978-4-431-67901-1_11
- Lehrer, P. M., Sasaki, Y., & Saito, Y. (1999). Zazen and cardiac variability. *Psychosomatic Medicine*, 61(6), 812–821.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S.-E., Eckberg, D. L., Edelberg, R., ... & Tahvanainen, K. U. (2003). Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosomatic Medicine*, 65(5), 796–805.
- Lewin, A. B., Storch, E. A., Conelea, C. A., Woods, D. W., Zinner, S. H., Budman, C. L., ... & Murphy, T. K. (2011). The roles of anxiety and depression in connecting tic severity and functional impairment. *Journal of Anxiety Disorders*, 25(2), 164–168. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2010.08.016>
- Leyro, T. M., Versella, M. V., Yang, M.-J., Brinkman, H. R., Hoyt, D. L., & Lehrer, P. (2021). Respiratory therapy for the treatment of anxiety: Meta-analytic review and regression. *Clinical Psychology Review*, 84, Article 101980. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2021.101980>
- Lietzén, R., Virtanen, P., Kivimäki, M., Sillanmäki, L., Vahtera, J., & Koskenvuo, M. (2011). Stressful life events and the onset of asthma. *The European Respiratory Journal*, 37(6), 1360–1365. <https://doi.org/10.1183/09031936.00164609>
- Livermore, N., Butler, J. E., Sharpe, L., McBain, R. A., Gandevia, S. C., & McKenzie, D. K. (2008). Panic Attacks and perception of inspiratory resistive loads in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 178(1), 7–12. <https://doi.org/10.1164/rccm.200711-1700OC>
- Lorig, T. S. (2017). The respiratory system. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology*, 4th ed (pp. 244–257). Cambridge University Press.
- Lötters, F., van Tol, B., Kwakkel, G., & Gosselink, R. (2002). Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: A meta-analysis. *The European Respiratory Journal*, 20(3), 570–576. <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00237402>
- Luparello, T., Lyons, H. A., Bleecker, E. R., & Mcfadden, E. R. J. (1968). Influences of suggestion on airway reactivity in asthmatic subjects. *Psychosomatic Medicine*, 30(6), 819.
- Ma, X., Yue, Z.-Q., Gong, Z.-Q., Zhang, H., Duan, N.-Y., Shi, Y.-T., ... & Li, Y.-F. (2017). The effect of diaphragmatic breathing on attention, negative affect and stress in healthy adults. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 874. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00874>
- MacKenzie, J. N. (1886). The production of ‘rose asthma’ by an artificial rose. *American Journal of Medical Science*, 91, 45.
- Manning, H. L., & Schwartzstein, R. M. (1995). Pathophysiology of dyspnea. *The New England Journal of Medicine*, 333(23), 1547–1553. <https://doi.org/10.1056/NEJM199512073332307>

- Massen, J. J., & Gallup, A. C. (2017). Why contagious yawning does not (yet) equate to empathy. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 573–585.
- McCrimmon, D. R., Monnier, A., Hayashi, F., & Zuperku, E. J. (2000). Pattern formation and rhythm generation in the ventral respiratory group. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 27(1–2), 126–131. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2000.03193.x>
- McFadden, E. R., Luparello, T., Lyons, H. A., & Bleecker, E. (1969). The mechanism of action of suggestion in the induction of acute asthma attacks. *Psychosomatic Medicine*, 31(2), 134.
- Meek, P. M., & Lareau, S. C. (2003). Critical outcomes in pulmonary rehabilitation: Assessment and evaluation of dyspnea and fatigue. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(5s), Article 13. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2003.10.0013>
- Meulders, A., Fannes, S., Van Diest, I., De Peuter, S., Vansteenwegen, D., & Van den Bergh, O. (2010). Resistance to extinction in an odor-20% CO₂ inhalation paradigm: Further evidence for a symptom learning account of multiple chemical sensitivity. *Journal of Psychosomatic Research*, 68(1), 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2009.03.009>
- Meuret, A. E., & Ritz, T. (2010). Hyperventilation in panic disorder and asthma: empirical evidence and clinical strategies. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 78(1), 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2010.05.006>
- Meuret, A. E., Ritz, T., Wilhelm, F. H., & Roth, W. T. (2005). Voluntary hyperventilation in the treatment of panic disorder – Functions of hyperventilation, their implications for breathing training, and recommendations for standardization. *Clinical Psychology Review*, 25(3), 285–306. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2005.01.002>
- Mohan, A. G., & Mohan, I. (2004). *Yoga therapy: A guide to the therapeutic use of yoga and ayurveda for health and fitness*. Shambhala. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282269896709632>
- Morisawa, T., Takahashi, T., & Nishi, S. (2013). Effects of passive lower limb and trunk exercises and diaphragm breathing exercise on intestinal movement. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(1), 117–119.
- Mutreja, P., Thapa, B., & Gupta, S. (2022). Effect of yoga (unilateral nostril breathing) on autonomic nervous system activity in medical students A randomized parallel group study. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 12(4), 410–410. <https://doi.org/10.5455/njppp.2022.12.08307202116092021>
- Nadeem, S., & Herur, A. (2019). Correlation of body mass index with reaction time in unilateral forced nostril breathing: a randomized controlled trial. *Medica Innovativa*, 8(1).
- Nakamura, N. H., Oku, Y., & Fukunaga, M. (2024). “Brain–breath” interactions: Respiration-timing-dependent impact on functional brain networks and beyond. *Reviews in the Neurosciences*, 35(2), 165–182. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2023-0062>
- Orr, L. (1992). The story of rebirthing. *Self & Society*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03060497.1992.11085252>
- Paintal, A. S. (1986). The visceral sensations – Some basic mechanisms. In F. Cervero & J. F. B. Morrison (Eds.), *Visceral Sensation* (pp. 3–19). Elsevier. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079612308627521>
- Pal, G. K., 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*, 6(3), 145–151. <https://doi.org/10.4103/1947-2714.128477>
- Pappens, M., Van den Bergh, O., Vansteenwegen, D., Ceunen, E., De Peuter, S., & Van Diest, I. (2013). Learning to fear obstructed breathing: Comparing interoceptive and exteroceptive cues. *Biological Psychology*, 92(1), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.05.004>
- Petersen, S., Schroijen, M., Mölders, C., Zenker, S., & Van den Bergh, O. (2014). Categorical interoception: Perceptual organization of sensations from inside. *Psychological Science*, 25(5), 1059–1066. <https://doi.org/10.1177/0956797613519110>
- Petersen, S., Van Staeyen, K., Vögele, C., von Leupoldt, A., & Van den Bergh, O. (2015). Interoception and symptom reporting: Disentangling accuracy and bias. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00732>
- Piarulli, A., Zaccaro, A., Laurino, M., Menicucci, D., De Vito, A., Bruschini, ... & Gemignani, A. (2018). Ultra-slow mechanical stimulation of olfactory epithelium modulates consciousness by slowing cerebral rhythms in humans. *Scientific Reports*, 8, 6581. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24924-9>
- Prem, V., Sahoo, R. C., & Adhikari, P. (2013). Effect of diaphragmatic breathing exercise on quality of life in subjects with asthma: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice*, 29(4), 271–277. <https://doi.org/10.3109/09593985.2012.731626>
- Qiu, K., Wang, J., Chen, B., Wang, H., & Ma, C. (2020). The effect of breathing exercises on patients with GERD: A meta-analysis. *Annals of Palliative Medicine*, 9(2), 405–413. <https://doi.org/10.21037/apm.2020.02.35>
- Ramirez, J.-M. (2014). The integrative role of the sigh in psychology, physiology, pathology, and neurobiology. *Progress in Brain Research*, 209, 91–129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63274-6.00006-0>
- Rapee, R., Mattick, R., & Murrell, E. (1986). Cognitive mediation in the affective component of spontaneous panic attacks. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 17(4), 245–253. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(86\)90059-5](https://doi.org/10.1016/0005-7916(86)90059-5)
- Razran, G. (1961). The observable unconscious and the inferable conscious in current Soviet psychophysiology: Interoceptive conditioning, semantic conditioning, and the orienting reflex. *Psychological Review*, 68, 1–147.
- Ricciardolo, F. L. M. (2003). Multiple roles of nitric oxide in the airways. *Thorax*, 58(2), 175–182. <https://doi.org/10.1136/thorax.58.2.175>
- Rietveld, S., Everaerd, W., & Creer, T. L. (2000). Stress-induced asthma: A review of research and potential mechanisms. *Clinical and Experimental Allergy: Journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology*, 30(8), 1058–1066. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.2000.00809.x>
- Ritz, T. (2012). Airway responsiveness to psychological processes in asthma and health. *Frontiers in Physiology*, 3, 343. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00343>
- Rivers, R. J., & Meininger, C. J. (2023). The tissue response to hypoxia: how therapeutic carbon dioxide moves the response toward homeostasis and away from instability. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), Article 5181.
- Rubinfeld, A. R., & Pain, M. C. F. (1976). Perception of asthma. *The Lancet*, 307(7965), 882–884. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(76\)92097-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(76)92097-3)
- Rung, O., Stauber, L., Loescher, L. J., & Pace, T. W. (2021). Alternate nostril breathing to reduce stress: an option for pregnant

- women survivors of intimate partner violence? *Journal of Holistic Nursing: Official Journal of the American Holistic Nurses' Association*, 39(4), 393–415. <https://doi.org/10.1177/0898010120983659>
- Russo, M. A., Santarelli, D. M., & O'Rourke, D. (2017). The physiological effects of slow breathing in the healthy human. *Breathe*, 13(4), 298–309. <https://doi.org/10.1183/20734735.009817>
- Sanderson, W. C., Rapee, R. M., & Barlow, D. H. (1989). The influence of an illusion of control on panic attacks induced via inhalation of 5.5% carbon dioxide-enriched air. *Archives of General Psychiatry*, 46(2), 157–162. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1989.01810020059010>
- Santino, T. A., Chaves, G. S., Freitas, D. A., Fregonezi, G. A., & Mendonça, K. M. (2020). Breathing exercises for adults with asthma. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3(3), CD001277. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001277.pub4>
- Schroijen, M., Schruers, K., Vervliet, B., Van den Bergh, O., & Van Diest, I. (2022). Perceptual sensitivity to sensory and affective aspects of dyspnea: Test-retest reliability and effects of fear of suffocation. *Biological Psychology*, 169, 108268. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2022.108268>
- Seo, Y., Yates, B., LaFramboise, L., Pozehl, B., Norman, J. F., & Hertzog, M. (2016). A home-based diaphragmatic breathing retraining in rural patients with heart failure. *Western Journal of Nursing Research*, 38(3), 270–291. <https://doi.org/10.1177/0193945915584201>
- Shaffer, F., & Meehan, Z. M. (2020). A practical guide to resonance frequency assessment for heart rate variability biofeedback. *Frontiers in Neuroscience*, 14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2020.570400>
- Shannahoff-Khalsa, D. S. (2001). Unilateral forced nostril breathing: Basic science, clinical trials, and selected advanced techniques. *Subtle Energies & Energy Medicine Journal Archives*, 12(2).
- Sikter, A., Rihmer, Z., & Guevara, R. (2017). New aspects in the pathomechanism of diseases of civilization, particularly psychosomatic disorders. Part 2. Chronic hypocapnia and hypercapnia in the medical practice. *Neuropsychopharmacologia Hungarica*, 19(3), 159–169.
- Simon, P. M., Schwartzstein, R. M., Weiss, J. W., Fencl, V., Teghtsoonian, M., & Weinberger, S. E. (1990). Distinguishable types of dyspnea in patients with shortness of breath. *The American Review of Respiratory Disease*, 142(5), 1009–1014. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/142.5.1009>
- Simon, P. M., Schwartzstein, R. M., Weiss, J. W., Lahive, K., Fencl, V., Teghtsoonian, M., & Weinberger, S. E. (1989). Distinguishable sensations of breathlessness induced in normal volunteers. *The American Review of Respiratory Disease*, 140(4), 1021–1027. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/140.4.1021>
- Skevington, S. M., Pilaar, M., Routh, D., & Macleod, R. D. (1997). On the language of breathlessness. *Psychology & Health*, 12(5), 677–689. <https://doi.org/10.1080/08870449708407414>
- Sodergren, S. C., & Hyland, M. E. (1999). Expectancy and asthma. In *How expectancies shape experience* (pp. 197–212). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10332-008>
- Soriano, J. R., Rodriguez-Larios, J., Varon, C., Castellanos, N., & Alaerts, K. (2024). Brain–heart interactions in novice meditation practitioners during breath focus and an arithmetic task. *Mindfulness*, 15(9), 2218–2232. <https://doi.org/10.1007/s12671-024-02431-5>
- Steffen, P. R., Austin, T., DeBarros, A., & Brown, T. (2017). The impact of resonance frequency breathing on measures of heart rate variability, blood pressure, and mood. *Frontiers in Public Health*, 5, Article 222. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00222>
- Stegen, K., De Bruyne, K., Rasschaert, W., Van de Woestijne, K. P., & Van den Bergh, O. (1999). Fear-relevant images as conditioned stimuli for somatic complaints, respiratory behavior, and reduced end-tidal pCO₂. *Journal of Abnormal Psychology*, 108(1), 143–152. <https://doi.org/10.1037//0021-843x.108.1.143>
- Stegen, K., Diest, I. van, Woestijne, K. P. van de, & Van den Bergh, O. (2000). Negative affectivity and bodily sensations induced by 5.5% CO₂ enriched air inhalation: Is there a bias to interpret bodily sensations negatively in persons with negative affect? *Psychology & Health*, 15(4), 513–525. <https://doi.org/10.1080/08870440008402010>
- Stegen, K., Neujens, A., Crombez, G., Hermans, D., Van de Woestijne, K. P., & Van den Bergh, O. (1998). Negative affect, respiratory reactivity, and somatic complaints in a CO₂ enriched air inhalation paradigm. *Biological Psychology*, 49(1), 109–122. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(98\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(98)00030-1)
- Stromberg, S. E., Russell, M. E., & Carlson, C. R. (2015). Diaphragmatic breathing and its effectiveness for the management of motion sickness. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 86(5), 452–457. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4152.2015>
- Sundram, B. M., Dahlui, M., & Chinna, K. (2014). “Taking my breath away by keeping stress at bay”—an employee assistance program in the automotive assembly plant. *Iranian Journal of Public Health*, 43(3), Article 263.
- Telles, S., Gupta, R. K., Yadav, A., Pathak, S., & Balkrishna, A. (2017). Hemisphere specific EEG related to alternate nostril yoga breathing. *BMC Research Notes*, 10, 306. <https://doi.org/10.1186/s13104-017-2625-6>
- Thayer, J. F., Ahs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747–756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>
- Tiller, J., Pain, M., & Biddle, N. (1987). Anxiety disorder and perception of inspiratory resistive loads. *Chest*, 91(4), 547–551. <https://doi.org/10.1378/chest.91.4.547>
- Urfy, M., & Suarez, J. (2014). Breathing and the nervous system. *Handbook of Clinical Neurology*, 119, 241–250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-4086-3.00017-5>
- Uthaug, M. V., Mason, N. L., Toennes, S. W., Reckweg, J. T., de Sousa Fernandes Perna, E. B., Kuypers, K. P. C., ... & Ramaekers, J. G. (2021). A placebo-controlled study of the effects of ayahuasca, set and setting on mental health of participants in ayahuasca group retreats. *Psychopharmacology*. <https://psycnet.apa.org/record/2021-26618-001>
- Van den Bergh, O., Kempynck, P. J., van de Woestijne, K. P., Baeyens, F., & Eelen, P. (1995). Respiratory learning and somatic complaints: A conditioning approach using CO₂-enriched air inhalation. *Behaviour Research and Therapy*, 33(5), 517–527.

- Van den Bergh, O., Stegen, K., & Van de Woestijne, K. P. (1997). Learning to have psychosomatic complaints: Conditioning of respiratory behavior and somatic complaints in psychosomatic patients. *Psychosomatic Medicine*, 59(1), 13–23.
- Van den Bergh, O., Stegen, K., & Van de Woestijne, K. P. (1998). Memory effects on symptom reporting in a respiratory learning paradigm. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 17(3), 241–248. <https://doi.org/10.1037//0278-6133.17.3.241>
- Van den Bergh, O., Stegen, K., Van Diest, I., Raes, C., Stulens, P., Eelen, P., ... & Nemery, B. (1999). Acquisition and extinction of somatic symptoms in response to odours: A Pavlovian paradigm relevant to multiple chemical sensitivity. *Occupational and Environmental Medicine*, 56(5), 295–301. <https://doi.org/10.1136/oem.56.5.295>
- Van Den Bergh, O., Vandendriessche, F., De Broeck, K., & Van De Woestijne, K. P. (1993). Predictability and perceived control during 5.5% CO₂-enriched air inhalation in high and low anxious subjects. *Journal of Anxiety Disorders*, 7(1), 61–73. [https://doi.org/10.1016/0887-6185\(93\)90021-C](https://doi.org/10.1016/0887-6185(93)90021-C)
- Van den Bergh, O., Winters, W., Devriese, S., & Diest, I. V. (2002). Learning subjective health complaints. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43(2), 147–152. <https://doi.org/10.1111/1467-9450.00280>
- Van den Bergh, O., Winters, W., Devriese, S., Diest, I. van, Vos, G., & Peuter, S. de. (2004). Accuracy of respiratory symptom perception in persons with high and low negative affectivity. *Psychology & Health*, 19(2), 213–222. <https://doi.org/10.1080/08870440410001675627>
- Van den Bergh, O., Witthöft, M., Petersen, S., & Brown, R. J. (2017). Symptoms and the body: Taking the inferential leap. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 74, 185–203. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.01.015>
- Van Diest, I., Bradley, M. M., Guerra, P., Van den Bergh, O., & Lang, P. J. (2009). Fear-conditioned respiration and its association to cardiac reactivity. *Biological Psychology*, 80(2), 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.09.006>
- Van Diest, I., Thayer, J. F., Vandeputte, B., Van de Woestijne, K. P., & Van den Bergh, O. (2006). Anxiety and respiratory variability. *Physiology & Behavior*, 89(2), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.05.041>
- Vasiliauskas, D., & Jasiukevičienė, L. (2004). Impact of a correct breathing stereotype on pulmonary minute ventilation, blood gases and acid-base balance in post-myocardial infarction patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 11(3), 223–227.
- Vazquez, K., Sandler, J., Interian, A., & Feldman, J. M. (2017). Emotionally triggered asthma and its relationship to panic disorder, ataques de nervios, and asthma-related death of a loved one in Latino adults. *Journal of Psychosomatic Research*, 93, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2016.11.010>
- Vickers, K., Jafarpour, S., Mofidi, A., Rafat, B., & Woznica, A. (2012). The 35% carbon dioxide test in stress and panic research: Overview of effects and integration of findings. *Clinical Psychology Review*, 32(3), 153–164. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2011.12.004>
- Vidotto, L. S., Carvalho, C. R. F. D., Harvey, A., & Jones, M. (2019). Dysfunctional breathing: What do we know? *Journal Brasileiro de Pneumologia*, 45(1), e20170347. <https://doi.org/10.1590/1806-3713/e20170347>
- Villien, F., Yu, M., Barthélémy, P., & Jammes, Y. (2005). Training to yoga respiration selectively increases respiratory sensation in healthy man. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 146(1), 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2004.11.010>
- Vlemincx, E., Diest, I., De Peuter, S., & Van den Bergh, O. (2007). Relaxation: A cold case reopened. *Psychologie & Gezondheid*, 35, 17–26.
- Vlemincx, E., Taelman, J., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2010). Take a deep breath: The relief effect of spontaneous and instructed sighs. *Physiology & Behavior*, 101(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.04.015>
- Vlemincx, E., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2016). A sigh of relief or a sigh to relieve: The psychological and physiological relief effect of deep breaths. *Physiology & Behavior*, 165, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.07.004>
- von Leupoldt, A., & Dahme, B. (2005). Differentiation between the sensory and affective dimension of dyspnea during resistive load breathing in normal subjects. *Chest*, 128(5), 3345–3349. <https://doi.org/10.1378/chest.128.5.3345>
- Wang, Y.-P., Kuo, T. B. J., Lai, C.-T., Chu, J.-W., & Yang, C. C. H. (2013). Effects of respiratory time ratio on heart rate variability and spontaneous baroreflex sensitivity. *Journal of Applied Physiology*, 115(11), 1648–1655. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00163.2013>
- Watson, M., Ionescu, M. F., Sylvester, K., & Fuld, J. (2021). Minute ventilation/carbon dioxide production in patients with dysfunctional breathing. *European Respiratory Review*, 30(160), Article 200182. <https://doi.org/10.1183/16000617.0182-2020>
- Webster, K. E., & Colrain, I. M. (2000). The relationship between respiratory-related evoked potentials and the perception of inspiratory resistive loads. *Psychophysiology*, 37(6), 831–841. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3760831>
- Wechsler, M. E., Kelley, J. M., Boyd, I. O. E., Dutile, S., Marigowda, G., Kirsch, I., ... & Kaptchuk, T. J. (2011). Active albuterol or placebo, sham acupuncture, or no intervention in asthma. *New England Journal of Medicine*, 365(2), 119–126. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1103319>
- Wise, R. A., Bartlett, S. J., Brown, E. D., Castro, M., Cohen, R., Holbrook, J. T., ... & Sugar, E. A. (2009). Randomized trial of the effect of drug presentation on asthma outcomes the american lung association asthma clinical research centers. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 124(3), 436–444e8. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2009.05.041>
- Woods, S. W., Charney, D. S., Goodman, W. K., & Heninger, G. R. (1988). Carbon dioxide-induced anxiety. Behavioral, physiologic, and biochemical effects of carbon dioxide in patients with panic disorders and healthy subjects. *Archives of General Psychiatry*, 45(1), 43–52. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1988.01800250051007>
- Wuyts, R., Vlemincx, E., Bogaerts, K., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2011). Sigh rate and respiratory variability during normal breathing and the role of negative affectivity. *International Journal of Psychophysiology*, 82(2), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.07.021>

- Zechman, F., Hall, F. G., & Hull, W. E. (1957). Effects of graded resistance to tracheal air flow in man. *Journal of Applied Physiology*, 10(3), 356–362. <https://doi.org/10.1152/jappl.1957.10.3.356>
- Zhang, T., Wu, H., Li, W., Cui, X., Zhu, Y., Wang, S., ... & Yu, L. (2023). Psychological morbidity and chronic cough: Which is predominant? A comparison of clinical characteristics. *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, 14, 20406223231173628. <https://doi.org/10.1177/20406223231173628>
- Zhao, W., Martin, A. D., & Davenport, P. W. (2002). Detection of inspiratory resistive loads in double-lung transplant recipients. *Journal of Applied Physiology*, 93(5), 1779–1785. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00210.2002>
- Zope, S. A., & Zope, R. A. (2013). Sudarshan kriya yoga: Breathing for health. *International Journal of Yoga*, 6(1), 4–10. <https://doi.org/10.4103/0973-6131.105935>