

A Buteyko légzőtechnika élettani hatásai a futók állóképességére

Bevezetés

Futás közben rendkívül fontos, hogy a sportoló hogyan és mennyit lélegzik hiszen a légzés nagyban befolyásolja a futás eredményességét. Minden futónak meg kell találnia azt a légzési ritmust, amivel, ha nem is kellemesen, de eredményesen tudja megtenni az adott távot. 2019-ben részt vettem egy teljesítménydiagnosztikai vizsgálaton, ahol megállapították, hogy a légzésem gátol abban, hogy jobb időket érjek el a futásaim során. Itt ajánlották figyelmembe Patrick Mckeown: a légzés ereje című könyvét melyből sok új információt nyertem a légzés és a futás kapcsolatáról, valamint megismerkedtem az orrlégzéssel mint edzés módszerrel. Orrlégzés során „szűrt” levegőt juttatunk a légzőrendszerünkbe ugyanis az orrszűrők, valamint az orrjáratok kialakítása segíti az allergének és egyéb idegen testek nagy koncentrációjú belégzésének az elkerülését. Az Orron keresztül beáramló levegő nedvesebb és melegebb is ezért optimálisabb légzésforma a tüdő számára. Ráadásul az orrlégzés nitrogén-monoxidot szabadít fel mely vasodilatator hatása révén fokozza a szöveti perfúziót. Az orrlégzés továbbá szűkebb járatokon történik, mint a szájlégzés ebből következik, hogy a légzőizmok nagyobb terhelésnek vannak kitéve ezáltal egyfajta edzésként is alkalmazható. Az elmúlt évtizedben rengeteg egészségügyi szakember írt cikkeket, melyek leírják a nasopharingealis légzés hatásait testmozgás közben. Általánosságban elmondható, hogy az általuk nyújtott, nagyrészt nem vizsgált elméleti indoklás a következőképpen foglalható össze: 1. a nasopharingealis légzés lehetővé teszi a levegő szűrését, párásítását és hőmérsékletének szabályozását, elkerülve ezzel a nagy volumenű légzés egészségkárosító hatásait (nem szűrt, hőmérsékletében nem szabályozott, nem párásított levegő) az oropharingealis légzés során, 2. a nasopharingealis légzés fokozza az oxigenizációt a NO és a szérum CO₂ felszabaduláson keresztül, valamint a hemoglobin kompetitív kötése oxigénnel, fokozott O₂ felszabadulást fog eredményezni az aktív szövetekben (Dallam, 2018). A futás egy sokak által kedvelt sport szinte minden korosztályban lehet üzni, nagy előnye, hogy egy cipőn kívül más speciális felszerelést nem igényel, viszont a helyes technikák mind mozgásban mind a légzésben elengedhetetlenek a siker felé vezető úton. Futás során rendkívül fontos, hogy a sportoló odafigyeljen a légzésére, annak módjára és ritmusára. Amikor az orr és szájlégzést hasonlítjuk össze megállapítható, hogy a szájon keresztül nagyobb volumenű levegő tud beáramlani, de a nazális légzésnek is lehetnek előnyei submaximális intenzitáson, valamint lassabb respirációs rátához és tisztább belélegzett

levegőhöz juttattja a sportolót (LaComb C. O., 2017). Egy kutatás szerint, változó intenzitású edzés mellett lehetnek előnyei a különböző légzési módoknak (LaComb C. , 2015). A hétköznapi tevékenységek során az orrlégzés számos élettani előnnyel jár, ha az ember oda tud rá figyelni, azonban futás során is lehetnek pozitív hatásai a kardiorespiratórikus állapotra. Vajon azok a futók, akik a hétköznapiak során törekednek az orrlégzésre és a submaximális terhelésű futásaik során beiktatnak tisztán orrlégzéses futásokat az edzésprogramjukba, előnyben vannak-e azokkal a futókkal szemben, akik végig szájon át lélegezve futnak és a mindennapokban sem figyelnek oda az orrlégzésre? Nagyban befolyásolhatja a pulzusszámot a légzés módja. A lassú légzőgyakorlatoknak akut hatásai vannak az összetett pulzusszabályozásra. Csökkentik a pulzus dinamikájának nem lineáris viselkedését (Porto, 2018). A szakirodalom szerint azoknál a sportolóknál, akik nem végeznek orrlégzéses edzéseket, károsodhat a Vo_{2max} érték és a kimerülésig eltelt idő is csökkenhet (LaComb C. O., 2017). Emellett az orrlégzést alkalmazó sportolók edzettebb diaphragmával rendelkeznek. Sok fitness és rehabilitációs szakértő egyetért azzal, hogy a diaphragmatikus légzés a core stabilitás legalapvetőbb demonstrációja. A megfelelő légzésminták használata a sportolónak stabil alapokat fog biztosítani (Nelson, 2012), ugyanis a futásban rendkívül fontos szerepet játszik a törzsstabilitás. Mivel én magam is rendszeresen futok elkezdett foglalkoztatni a témakör, hogy hogyan lehet legális módszerekkel fokozni a teljesítményt. Azáltal, hogy fejlődik az állóképesség fejlődik a testünk adaptációs képessége is. Továbbá a rövid távú adaptáció növeli a szív pumpa funkcióját és növeli a pulmonaris ventilációt. A kilélegzett levegő mennyisége nyugalomban 5 liter körül mozog percenként. Azonban megterhelő fizikai aktivitás során meghaladhatja a 100 litert percenként. Ez hyperventillatiohoz vezet. A hyperventillatio azt jelenti, hogy az alveolaris ventiláció nagyobb, mint ami a vérgáz homeosztázis fenntartásához szükséges, ami a parciális szén-dioxid szint csökkenését eredményezi így respiratorikus alkalózishoz vezet. (Fonseca, 2006). Létezik egy légzési technika mely a respirációs ráta csökkentésével, hat a kardiorespiratórikus állóképességre. Ezt a technikát Buteyko módszernek nevezik. A Buteyko légzőmódszer Dr. Konstantin Pavlovich Buteyko nevéhez köthető, aki 1962-ben bebizonyította, hogy a bronchospasmus fő oka az alacsony szén-dioxid szint az alveoláris levegőben, ami a hyperventilláció és az alacsony metabolikus aktivitás következménye. Ezt a technikát széles körben alkalmazzák különböző légúti megbetegedések gyógyítására, mint például az asthma bronchiale, azonban nem csak a légúti betegségekkel küzdők számára lehet hasznos ez a módszer. A technika alkalmazása során főleg a rekeszlégzést forszírozzuk és kerüljük a járulékos izmok használatát. A rekeszizom fő funkciója a légzés facilitálása, így rendkívül fontos szerepet tölt be egy állóképességi sportoló számára. Az a futó,

aki fejlettebb rekeszizommal rendelkezik hatékonyabban tud lélegezni. Valamint a rekeszizom pars lumbalis rostjai révén a core izomzathoz is kapcsolódik ezért a törzs stabilizálásban is szerepet játszik. A proximális stabilitás a kiindulópontja a végtagok mozgásindításának, ami futás során elengedhetetlen. Minél edzettebb core izomzattal kell rendelkeznie egy futónak a hatékony mozgásminta kialakításának érdekében. Ezért a Buteyko technika a sportolók szempontjából is hasznos tulajdonságok fejlesztésére képes. A Buteyko módszer egyszerű légzőgyakorlatok sorozata, mely gyakorlatok a respirációs ráta csökkentésén alapulnak. a csökkent respirációs ráta a parciális szén-dioxid szint emelkedéséhez vezet, így optimalizálva az oxigenizációs folyamatot. Ez a technika arra kéri a gyakorlóit, hogy inkább lélegezzenek kevesebbet, mint többet, továbbá megtanítja, hogy a lélegzet visszatartása ugyan olyan fontos, mint maga a légzés (Fahrizal, 2017). Továbbá az orrlégzés párásítja a levegőt megakadályozva ezzel a légutak kiszáradását. A szájon át történő légzéssel és a légutak kiszáradásával oly mértékű folyadékvesztést tudunk kialakítani, ami fejfájáshoz fáradtsághoz és szédüléshez vezethet. Az orrlégzés meg is szűri a levegőt, így valamivel jobb minőségű levegőhöz juttatja a technika gyakorlóját. Az orrlégzés továbbá nitrogén-monoxid felszabadulást eredményez mely vasodilatator hatása révén javítja szövetek oxigenizációs folyamatát. A Buteyko technika során korlátozott mennyiségű levegőhöz juttatjuk a szervezetünket, így a lecsökkent oxigénszint hatására a vesék fokozzák az eritropoetin kiválasztást. Az eritropoetin fő funkciója a vörösvérsejtek érésének stimulálása a csontvelőben, így javítja az izmok oxigenizációját (McKeown, A légzés ereje, 2015). Rendkívül sok hasznos élettani hatása ismert tehát a csökkentett légzésfrekvenciájú légzőgyakorlatoknak, melyeket érdemes vizsgálni

Célkitűzés

A vizsgálat célja, feltárni az orrlégzés élettani hatásait a futók állóképességére és törzsstabilitására, továbbá, hogy átfogóbb képet nyújtson a légzőgyakorlatok állóképességi sportolókra gyakorolt hatásairól, valamint a Buteyko légzőprogram megismertetése és hasznosságának mérhető adatokkal történő alátámasztása. Kutatási célunk volt felmérni a résztvevők törzsizomerejét, valamint az oxigénfelhasználásukat két teszt segítségével, valamint egy maximális terheléses spiroergometriai vizsgálattal futópádon a GINOP-protokoll szerint.

Anyagok és módszerek

A kutatásban 12 fő vett részt, ebből 4 férfi futó (33,3%) és 8 női futó (66,7%). A résztvevők életkora 18 és 30 év között volt meghatározva, így az átlagéletkor $22,75 \text{ év} \pm 2,83 \text{ év}$ lett. A program során 1 fő nem tudta teljesíteni a kiadott mozgásprogramot így alakult ki a 12 fős végleges létszám. A programhoz a résztvevőket olyan futókból válogattuk ki, akik legalább 2 éve rendszeresen (minimum heti 2x) eljártak futni. A futók egy 18 hetes légzésprogramot kaptak Buteyko légzőgyakorlatokkal és az orrlégzéshez szükséges egyéb tanácsokkal. A program elején és a 18 hét letelte után végeztük a méréseket. A futók a 18 hét alatt nem növelték edzéseik számát és intenzitását azért, hogy kizárólag a légzőgyakorlatok hatásait tudjuk vizsgálni. A törzsizomerő méréshez a Plank-tesztet választottuk, mivel hipotézisünk, hogy a program hatására erősödni fog a futók törzsizomereje és a lumbális kontroll. A teszt lényege a plank pozíció pontos megtartása, amit egészen addig mértünk stopperrel amíg a lumbális szakasz fölött a futó teljes kontrollt tudott tartani. Amint bebillent a medence megállítottuk a mérést. A test oxigénfelhasználását egy olyan teszttel mértük melyben a futók azt a feladatot kapták, hogy kilégzéssel kezdve (légzés kifelé szájon míg belégzésnél orron keresztül történjen) 3 normál ki és belégzést hajtsanak végre majd miután a harmadik sorozatban kifűjták a levegőt fogják be orrukat és induljanak el a folyosón oda-vissza ameddig bírják. Közben számoltuk, hogy hány lépést tudnak megtenni (módosított BOLT teszt). A spiroergometriai vizsgálatot a GINOP-protokoll szerint hajtottuk végre. A GINOP-protokollban a sportolók 8 km/h sebességgel kezdik a futást, ami két percenként gyorsul egy km/h-t és három fokot nő a futópád dőlésszöge. A spiroergometria során vizsgáltuk a futók kardiovaszkuláris és respiratórikus paramétereit, mint például: Ventilláció, légzési hányados ($\text{RER} = \text{respiratory exchange ratio}$), parciális szén-dioxid szint (pCO_2), leadott teljesítmény (W), maximális oxigén felvevő képesség ($\text{VO}_{2\text{max}}$), valamint a futópádon töltött időt és a RER értékhez tartozó pulzusszámot. A RER (respiratory exchange ratio) értéket a Jaeger Masterscreen CPX spirometer segítségével mértük. A Kutatás során a pandémia közbeszólt és sajnos a futók fele elkapta a koronavírust, ezért úgy döntöttünk összehasonlítjuk a fertőzésen átesett futók teljesítményét a nem érintett futókéval. Ezért kialakítottunk egy Covid kontrollcsoportot, ami 6 fős, szintűgy, mint az Egészséges csoport. Felhívtuk a koronavírusos futók figyelmét a sportolói Covid-protokoll betartására, valamint arra, hogy a fertőzés közben se hagyják abba a légzőgyakorlatokat, mivel számukra különösen fontos a respiratórikus rendszer állapota.

Eredmények és megbeszélés

Plank teszt:

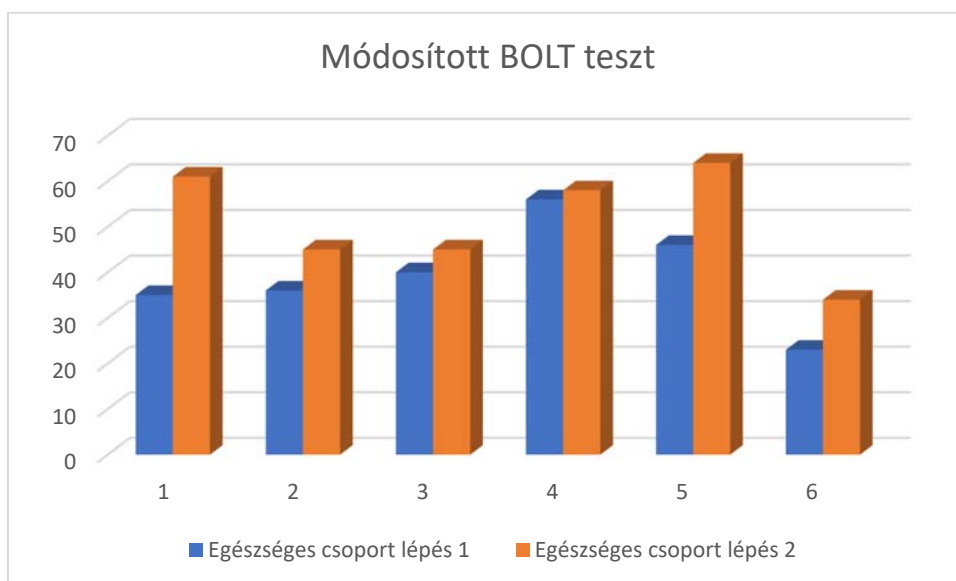
Covid csoport		Egészséges csoport	
1. mérés (mp)	2. mérés (mp)	1.mérés (mp)	2.mérés (mp)
14	18	17	30
8	19	10	16
9	17	14	29
17	18	18	18
9	20	21	37
13	14	15	23

1. ábra

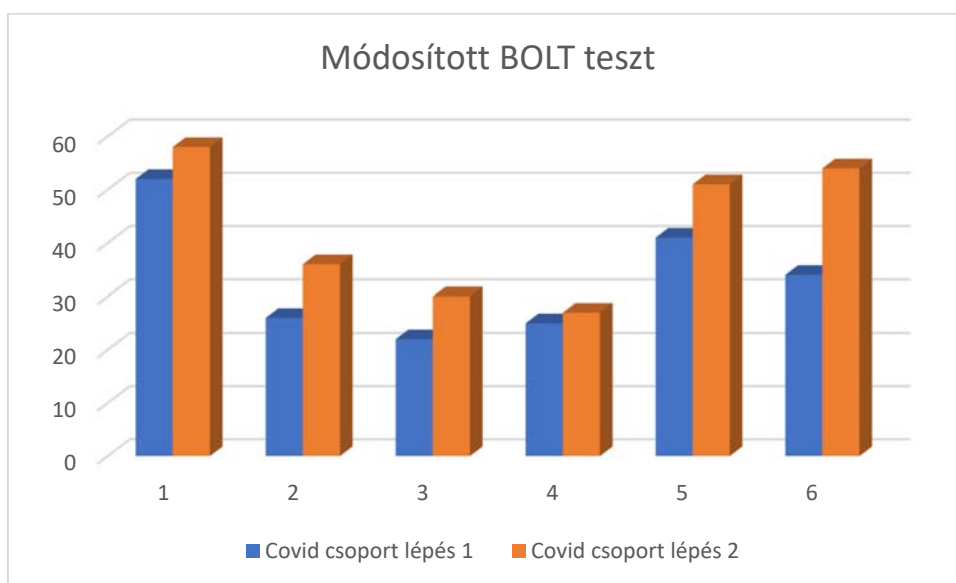
Plank teszt eredmények

Az első felmérés során a Covid fertőzésen átesett futók csoportjában $11,6 \pm 3,5$ mp-es átlagot produkáltak a résztvevők. A legjobb eredmény az első alkalommal 17 mp, míg a legrosszabb 8 mp. A második mérésre 6 mp-el jobb átlagot értek el a sportolók $17,6 \pm 2$ mp-el. A legjobb idő itt 20 mp, a legrosszabb pedig 14mp lett. Tehát 3 mp-et tudtak javítani a legjobb és 6mp-et a legrosszabb időeredményen. Az Egészséges csoportban az első alkalommal $15,8 \pm 3,7$ mp-es átlagot mértünk. Itt a legjobb eredmény 21 mp, a legrosszabb pedig 10 mp volt. A második mérés alkalmával az átlag $25,5 \pm 7,9$ mp volt, tehát kicsivel több mint 10 másodpercet javult az átlageredmény. A legnagyobb érték a második fordulóban 37 mp, a legrosszabb 16 mp lett. A legnagyobb fejlődés itt látható, a legjobb eredmény a két mérés között 16 mp-et javult. Összegezve elmondható, hogy a két felmérés között jelentős változás történt. Az elvégzett statisztikai elemzés alapján ezt a változást szignifikánsnak tekinthetjük. ($p < 0,05$)

Módosított BOLT teszt:



2. ábra
Módosított Bolt teszt, egészséges csoport



3. ábra
Módosított Bolt teszt, Covid csoport

Az első mérés alkalmával a Covidon átesett futók átlag $33,3 \pm 11,4$ lépést tudtak megtenni. A legtöbb lépés 52, a legkevesebb pedig 22 volt. A második felmérésre az átlag majdnem 10 lépéssel több lett, ugyanis $42,6 \pm 13,2$ lépést tettek meg átlagban. A legjobb eredmény másodszorra 58-ra, míg a leggyengébb 27-re nőtt. Az Egészséges csoport eredményei a következőképpen alakultak. Az első mérésen átlag $39,3 \pm 11,1$ lépést tettek meg. A legtöbb

lépés 58, a legkevesebb 23 volt. A következő mérésre az átlag $51,1 \pm 11,6$ lépésre nőtt, ami nem kevesebb mint 11,5 lépéssel több mint amit az első teszten produkáltak. A legtöbb lépés 64 volt, a legkevesebb pedig 34. A leggyengébb eredmények között is 11 lépés különbséget számoltam az Egészséges csoportban. A két csoport eredményei az első és második mérés között szignifikánsnak tekinthetők a szén-dioxid tolerancia vonatkozásában. ($p < 0,05$)

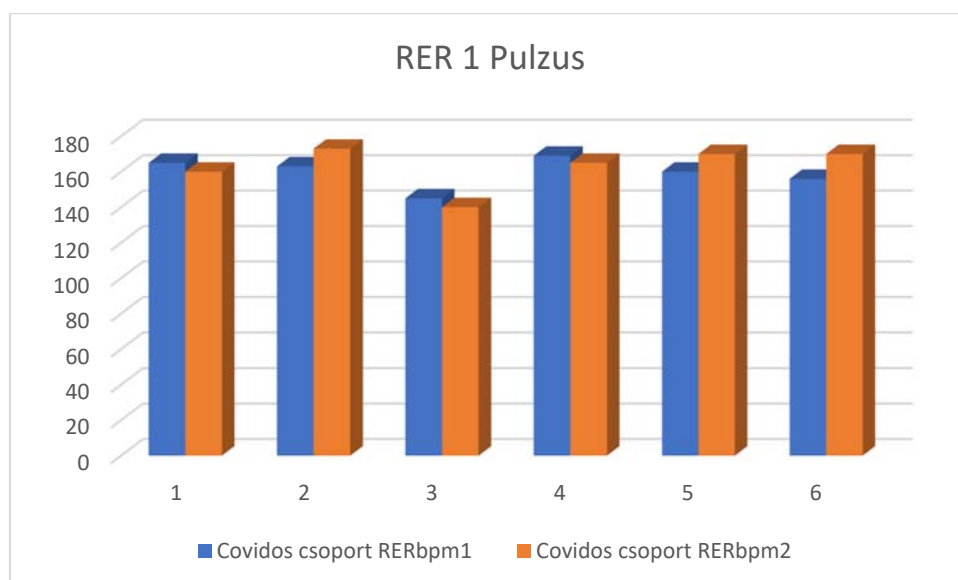
Savasodási értékek:

A savasodás meghatározására a Respiratory Exchange Ratio (RER) értéket használtuk, mely a széndioxid és oxigén arányát jelenti. Tehát amikor a RER érték 1 akkor a futó ugyanannyi oxigént használ fel mint amennyi széndioxidot termel. Ebből az értékből következtethetünk arra, hogy a sportoló aerob vagy anaerob tartományban van. A RER értékről általánosságban elmondható, hogy nyugalmi állapotban 0.7-es érték körül mozog míg a maximális teljesítmény közelében 1.4-es értéket is mérhetünk, azonban ez egyénfüggő. A RER vonatkozásában a Covidos csoport az első mérés alkalmával $4:35 \pm 0,09$ percnél érte el átlagosan a RER 1-es értéket, tehát az aerob tartomány végét. A leggyorsabban 2:10-nél jelzett RER 1-et a gép, míg annál a futónál, aki a legtovább bírta 7:15-nél. A második mérés alkalmával már majdnem 1 percet javulva, $5:30 \pm 0,06$ másodperces átlageredményt produkáltak a futók. Itt a legjobb eredmény 7:31 perc, a legrosszabb 3:40 perc lett. Egy futó kivételével mindenki javítani tudott a RER érték tekintetében. Összességében elmondható tehát, hogy a program hatására javultak még a Covidos futók eredményei is azonban szignifikáns eredményt nem tudtunk elérni. ($p = 0,15$). Az Egészséges csoportnál az első mérés során $5:09 \pm 0,04$ percnél lépték át a futók a RER 1 értéket átlagban. A legrosszabb eredmény 4:00 perc a legjobb eredmény 6:45 perc volt. Második alkalommal az átlag RER 1 idő $6:09 \pm 0,08$ percre nőtt ami pontosan 1 perccel jobb eredmény mint amit elsőre produkáltak a futók. Itt a legrosszabb eredmény 4:10 , a legjobb pedig 8:40 perc volt. Az egészséges csoport két mérésen mért legjobb ideje között összesen 1:55 perc különbség volt ami jelentős változásnak mondható azonban az eredményeink statisztikailag nem szignifikánsak. ($p = 0,22$)

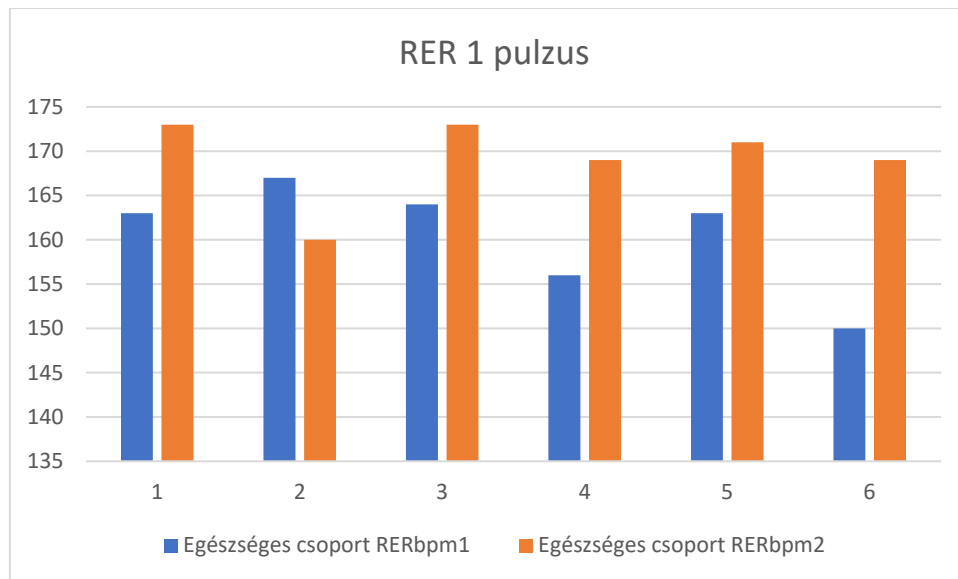
A RER érték maximum eredményei a két csoportban eltérő változásokat mutattak. A Covid csoportnál az első mérésen $1,41 \pm 0,08$ RERmax. átlagot mértünk, ami a Covid után $1,32 \pm 0,2$ re csökkent. Míg az egészséges csoportnál az RERmax. átlag $1,4 \pm 0,06$ -ról $1,56 \pm 0,2$ -re nőtt. Ezek a változások statisztikailag nem szignifikánsak ($p = 0,15$), de mérhetők. Arra következtethetünk ebből az értékből, hogy a koronavírus hatására a savasodási értékek valamelyest csökkennek.

RER 1 pulzus:

Nem csak azt mértük a RER 1-es értéknél, hogy mikor érik el a futók, hanem azt is, hogy milyen pulzussal. Ugyanis az a sportoló, aki magasabb pulzuson éri el az anaerob tartományt annál többet tud aerob körülmények között teljesíteni. A pulzusértékeket a Cardiosys plus CAR-02IA (RHR) cardiovascular analysis system segítségével elemeztük. A Covid csoport esetében az első mérésen a RER 1-hez tartozó átlag pulzusérték $159,6 \pm 8,4$ volt, a második mérés során pedig $163 \pm 12,1$. A minimum és maximum eredmények az első mérésen 146 és 169 voltak, a második mérésen pedig 140 és 173. Nem minden Covidon átesett futó esetén javult tehát a RER 1 értékhez tartozó pulzus azonban, ha nem is szignifikáns, de mérhető változás történt az aerob pulzustartomány tekintetében. ($p=0,40$)



4. ábra
RER 1 pulzus, Covid csoport



5. ábra
RER 1 pulzus, Egészséges csoport

VO₂max:

Feltételezésünk szerint az orrlégzést alkalmazó futók maximális oxigénfelvevő képessége nem változik nagy mértékben csak az oxigénhasznosulásuk jobb. Ennek az állításnak a felét a módosított BOLT-tesztel sikerült igazolni, mivel szignifikáns javulást mutattak az eredmények a két mérés között. A maximális oxigénfelvétel tekintetében a Covid csoportnál az első mérés alkalmával, átlag $41,2 \pm 9,3$ (ml/min/kg) VO₂max értéket mértünk. A legalacsonyabb érték 32,3(ml/min/kg) míg a legmagasabb érték 56,8 (ml/min/kg) volt. A program végére valamivel magasabb $42,8 \pm 8,5$ (ml/min/kg) átlagot sikerült javulni, azonban volt, akinél másodszorra alacsonyabb értéket mértünk, így alakult ki a legalacsonyabb 31,9 (ml/min/kg) és a legmagasabb 56,6 (ml/min/kg) érték. Összefoglalva a Covid csoport eredményeit elmondható, hogy a légzőgyakorlatok hatására még a koronavírus fertőzés mellett is sikerült hat emberből kettő kivételével növelni a maximális oxigénfelvevő képességet. Azonban ezek az eredmények szignifikáns növekedést nem mutattak, pont úgy ahogyan azt előzetesen feltételeztük.

Az egészséges csoportnál $48,26 \pm 7,1$ (ml/min/kg) VO₂max átlag értéket mértünk, ami a második mérésre $49,13 \pm 8,6$ (ml/min/kg) -ra nőtt. Javulást ebben az esetben is sikerült elérni azonban statisztikai szempontból szignifikánsak nem tekinthető a változás. (p=0,31)

GINOP-protokoll:

A résztvevők teljesítettek egy vita maxima tesztet, melyet Woodway PPS55 MED futópádon végeztünk a GINOP-protokoll szerint. Ez a protokoll azt jelenti, hogy a futók 8km/h sebességről indultak 0°-os dőlésszöggel. Ez azonban 2 percenként nőtt 1km/h-val és a dőlésszög is nőtt 3°-kal. A Covid csoport elsőre átlag $8:31 \pm 0,08$ percet töltött a futópádon. A legrövidebb idő 7:06 a leghosszabb idő 11:21 volt. A második mérésen vegyes eredmények születtek. Meg kell említenem, hogy a Covid csoportnál azért is születhettek gyengébb eredmények nem csak a futás idejét tekintve, mert volt, akinél a felmérést a magas pulzusra való tekintettel inkább előbb leállítottuk. Ennek tükrében a második mérésen a futópádon töltött átlag idő $8:10 \pm 0,05$ perc lett. A legjobb eredmény 10:24 a legrosszabb 7:07. Elmondható, hogy a koronavírus hatására még a légzőgyakorlatok folyamatos gyakorlásának ellenére is romlott a futók ideje a vita maxima teszten. Az egészséges csoportnál azonban sikerült javulást elérni a két mérés között. Ők elsőre $9:54 \pm 0,05$ perces átlagidőt töltöttek a futópádon. Ez a program végeztével $10:04 \pm 0,05$ percre nőtt. Ebben a csoportban 2 futó kivételével mindenki javított az első eredményén. Összegezve a GINOP-protokoll eredményeit elmondható, hogy azoknál a futóknál, akiknél a 3hónap alatt nem mutattak ki koronavírus fertőzést általánosságban javultak a vita maxima teszten nyújtott teljesítmények, azonban a 10 másodperces átlag javulás szignifikánsnak nem mondható. ($p=0,46$)

Ventilláció:

A Buteyko légzőprogram egyik alapelve az, hogy a légzési frekvencia csökkentésével hat az oxigénfelhasználásra és a szén-dioxid toleranciára. Azonban az is megfigyelhető volt, hogy a program végére a vita maxima teszten nyújtott teljesítmény mellett az egészséges csoportnál nőtt a ventilláció $118 \pm 35,7$ l/perc átlagértékről $122 \pm 42,6$ l/perc értékre módosult. A covid csoport az első mérésen $90,3 \pm 18,7$ l/perc átlagot produkált, ami a második mérésre $87,5 \pm 22,8$ l/perc-re csökkent, és náluk a futóidők átlaga is csökkent. Ez az eredmény azt mutatja, hogy a koronavírus hatással van a légzési térfogatra és a légzési frekvenciára egyaránt.

Parciális szén-dioxid szint (kPa):

A pCO₂-szint fiziológiás körülmények között 4,7 – 6 kPa érték között változik. A Buteyko légzőgyakorlatok alapelve, hogy a pCO₂ szintet növeli ezzel javítva az oxigenizációs folyamatot. Amennyiben a fiziológiás értékeket vesszük mérvadónak megállapíthatjuk, hogy az Egészséges csoportnál egy esetet kivéve (az alany mononucleosis fertőzésen esett át, ami befolyásolhatta az értéket) minden futó megfelelő tartományban maradt, vagy azon belül növelni tudta a pCO₂ értéket. A Covid csoportban a pCO₂ értékek nagyrészt elkerülték a fiziológiás tartományt vagy azon belül csökkenő tendenciát mutattak.

Covidos csoport		Egészséges csoport	
pCO ₂ (kPa)	pCO ₂ (kPa)	pCO ₂ (kPa)	pCO ₂ (kPa)
1.	2.	1.	2.
4,79	4,77	6,16	5,52
5,73	5,02	5,71	5,64
4,47	4,58	5,16	5,48
4,69	4,65	4,23	5,32
6,08	6,12	5,48	4,71
4,02	4,33	5,69	5,73

6. ábra
Parciális Szén-dioxid szint

Az első mérésen a Covid csoport A táblázat adataiból leolvasható, hogy a koronavírus, valamint a légzőgyakorlatok eltérő irányba mozdították el a futók $p\text{CO}_2$ értékeit. A koronavírus fertőzésen átesett csoport tagjainál jóval a fiziológiás határokon kívül is találhatunk értékeket, míg az egészséges csoport tagjainál megfigyelhető, hogy aki elsőre a fiziológiás tartományon kívüli értéket produkált az a második mérésre (egy futó kivételével) tartományon belülre került vagy tartományon belül növelte a parciális szén-dioxid szintet.

Watt:

Vizsgáltuk a futók leadott teljesítményét is a két felmérés során és a következő eredményeket kaptuk. A Covid csoportnál az első mérés alkalmával $277 \pm 80,25$ W-os teljesítményt adtak le a futók átlagosan. Ez az érték a második mérés során $264,5 \pm 81,06$ W-ra csökkent. Az egészséges csoportban az első mérés alkalmával $384,6 \pm 136,6$ W-ot teljesítettek, ami a második mérésre $382,1 \pm 136,5$ W-ra csökkent. Ez az eredmény azért is különösen érdekes mert amellett, hogy az egészséges csoportban csökkent a leadott teljesítmény átlagértéke, a futáson elért időeredmények átlagértékei növekedni tudtak. Azonban a Covid csoportnál mind a leadott teljesítmény mind pedig a futások időeredményeinek átlagértékei csökkentek.

Összefoglalás

A két csoport eredményeiből látható, hogy a Buteyko légzőgyakorlatok hatására fejlődött a futók törzsereje, valamint a savasodási értékeikben is mérhető változások történtek. Az oxigénhasznosulás és a szén-dioxid tolerancia szint mindkét csoport esetében pozitív javulást mutatott, ami statisztikailag is szignifikáns változásnak tekinthető. A koronavíruson átesett sportolók esetében szignifikáns javulást tapasztaltunk a törzsizomerő és oxigénhasznosulás (módosított BOLT-teszt) tekintetében, illetve mérhető fejlődést tapasztaltunk az aerob-anaerob átmenet eltolódásában. A Covidos futók átlagban 55 másodperccel később érték el a RER 1-es értéket a második mérés alkalmával. A RER 1-es értékhez tartozó pulzusuk átlagban 159,6-ról 163-ra nőtt. Ez azt jelenti, hogy a fertőzés ellenére is sikerült mérhető (statisztikailag nem szignifikáns) javulást elérni a Buteyko légzőgyakorlatok segítségével. Azonban a vita maxima teszten nyújtott eredményeik átlaga 11 másodperccel csökkent. Fontos megemlíteni ismét, hogy pár futó esetében a magas pulzus miatt előbb le kellett állítani a tesztet, mintsem maximális teljesítőképességüket elérték volna. Ez teljes mértékben a koronavírus következménye. $\text{VO}_{2\text{max}}$ tekintetében is sikerült mérhető változást elérnünk, ugyanis 41,2 (ml/min/kg) értékről 42,8 (ml/min/kg) -ra javult a futók $\text{VO}_{2\text{max}}$ átlaga a koronavírus fertőzés után. Az Egészséges csoportnál, mind a törzsizomerő, mind az oxigénhasznosulás tekintetében szignifikáns javulást

értünk el akár csak a covid csoportnál. Ebben a csoportban azonban ezen kívül szignifikáns javulás mutatkozott a RER 1-es értékhez tartozó pulzus tekintetében is. Ami azt jelenti, hogy magasabb pulzustartományban lépnek át anaerob tartományba, így több időt tudnak aerob körülmények között tölteni, ami a Buteyko program állóképesség fejlesztő hatását bizonyítja. Mérhető változás történt a RER 1-hez tartozó időeredményekben is, átlagosan 1 perccel később estek át anaerob tartományba (és magasabb pulzuson) az egészséges csoportban. Az egészséges csoport víta maxima teszten nyújtott teljesítménye átlagban 10 másodpercet javult, majdnem pontosan annyit, mint amennyit a koronavíruson átesett futók eredménye romlott. Ventiláció tekintetében mindkét csoportnál mérhető változás történt a 3 hónap alatt. A covid csoport átlag ventilációs értéke 2,8 l/perccel csökkent a két mérés között, az egészséges csoportnál viszont 4,4 l/perccel nőtt. Ez az érték azt jelenti, hogy a koronavírus hatással van a légzési frekvenciára és a légzési térfogatra. A kutatás értékeiből látszik azonban, hogy a Buteyko légzőprogram hatására mérhető változásokat tudtunk elérni a futók cardiorespiratórikus paramétereiben, valamint a törzserő és szén-dioxid tolerancia vonatkozásában is. A leadott teljesítményt tekintve azt tudtuk megállapítani, hogy mindkét csoport esetében csökkent a leadott W átlagérték, azonban a futások átlagidejével összehasonlítva a két csoport eltérő irányokba mozdult el. Míg a Covid csoport nem tudott javítani a futások átlag idején az egészséges csoportban 10 másodperces javulást értek el átlagosan a sportolók.

Összefoglalva a hipotéziseinket:

1. Az oxigénhasznosulás javulni fog:

Ezen állítást a módosított BOLT-teszt értékei támasztják alá. Mindkét csoport esetében szignifikáns javulás történt.

2. A futók törzsereje javulni fog: A Plank-teszt eredményei alapján ezt a feltételezést is sikerült igazolni és statisztikailag szignifikáns változást mérni. a Covid csoportnál 11,6(mp)-ról 117,6(mp)-ra nőtt az átlag míg az Egészséges csoportnál 15,8(mp)-ről 25,5(mp)-re nőtt.

3. A program hatására változások történnek a savasodási értékekben: Ezen hipotézisünket a Respiratory Exchange Ratio (RER) értékkel és hozzá tartozó egyéb adatokkal vizsgáltuk (RER 1 ideje; RER 1 pulzus; RER max). A RER 1 érték azt jelenti, hogy a futó ugyanannyi oxigént vesz fel, mint amennyi szén-dioxidot ad le ($RER = VCO_2/VO_2$). Tehát ennél az értéknél éri el az aerob-anaerob tartományok határát. Mindkét csoportnál nőtt a RER 1 érték elérésének az átlagideje a víta maxima teszt során, illetve az ehhez tartozó pulzusok átlaga is mérhető növekedést mutatott. Ez az eredmény azért is fontos mert azt jelenti, hogy az anaerob küszöb a

légzőgyakorlatok hatására megnövekedett. Az anaerob küszöb előre jelzi az izomzat kimerülését és az egyén terhelhetőségét. Minél nagyobb terhelésnél jelentkezik az anaerob küszöb, annál edzettebb és egészségesebb az egyén (Miklós, 2013). Azonban a RER maximum értékei a két csoportnál eltérő változásokat mutattak. A covid csoportnál a maximum értékek átlaga 1,4-ről 1,3-ra csökkent. Az egészséges csoportnál ez az érték 1,4-ről 1,5-re változott. Ebből arra lehet következtetni, hogy a koronavírus fertőzés hatással lehet a sportolók savasodási értékeire.

4. a futók parciális szén-dioxid nyomása javulni fog: A két csoport tekintetében eltérő változásokat tapasztaltunk a parciális szén-dioxid szint tekintetében. Az Egészséges csoportnál mindenki a fiziológiás tartományon belül maradt a legrosszabb érték itt 5,48-ról 4,71 kPa-ra csökkent. A Covid csoportnál azonban túlnyomórészt a fiziológiás tartományon kívül voltak a futók. Ebből arra következtethetünk, hogy a koronavírus, a csökkent savasodási értékek miatt befolyásolja a parciális szén-dioxid szintet. Csökkentve ezáltal a test oxigenizációjának hatékonyságát.

A Buteyko légzőgyakorlatok összességében mérhető javulást eredményeztek a futók teljesítményében és még a koronavírus fertőzésen átesett futóknál is tudott javulni a VO_{2max} érték, valamint a core izomzat ereje és jelentős változást tudtunk elérni a savasodási értékek tekintetében is. A Buteyko technika beiktatása az edzésprogramba segítség lehet azon sportolók számára, akik állóképességüket szeretnék fejleszteni.

Irodalomjegyzék

- Dallam, G. M. (2018). Effect of Nasal Versus Oral Breathing on Vo_{2max} and Physiological Economy in Recreational Runners Following an Extended Period Spent Using Nasally Restricted Breathing. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*. Colorado.
- Fahrizal, D. (2017). The Effect of Buteyko Breathing Technique in Improving Cardiorespiratory Endurance. *The 3rd International Conference on Science, Technology, and Humanity*. Indonesia.
- Fonseca, M. T. (2006). *Effects of Physical Exercise in Nasal Volume*. Belo Horizonte: The Brazilian Journal of Otorhinolaryngology.
- LaComb, C. (2015). Oral vs. Nasal Breathing during Submaximal Aerobic Exercise. *UNLV University Libraries*. Las Vegas.

- LaComb, C. O. (2017). Oral versus Nasal Breathing during Moderate to High Intensity Submaximal Aerobic Exercise. *International Journal of Kinesiology & Sports Science*. Helsinki.
- McKeown, P. (2015). *A légzés ereje*. USA: HarperCollins Publishers.
- Miklós, D. S. (2013). *Kórélettani alapok*. Budapest: Medicina.
- Nelson, N. L. (2012). Diaphragmatic Breathing: The Foundation of Core Stability. *Strength and Conditioning Journal*. Florida.
- Porto, A. A. (2018). Nonlinear dynamics of heart rate during slow breathing exercise. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. Sao Paulo.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni az útmutatást konzulensemnek, Nagy Dóra tanárnőnek. A kutatás egésze során rugalmasan segítette munkámat és mindig számíthattam szakmai tapasztalatára és szakértelmére. Továbbá szeretném megköszönni a részvételt mind a 13 jelentkezőnek, akik saját szabadidejüket feláldozva részt vettek a méréseken és a programot is kitartóan és lelkiismeretesen teljesítették.

Függelék

BELEEGYEZŐ NYILATKOZAT

Alulírott, _____ (Szül.hely/idő: _____)
beleegyezem, hogy Barakonyi Márton szakdolgozatához szükséges kutatásban vizsgálati alanyként vegyek részt. Továbbá a kutatásról minden szükséges információt megkaptam, a témával kapcsolatban felmerülő kérdéseimet megfelelően megválaszolták, így nevem feltüntetése nélkül vizsgálati eredményeimet és adataimat felhasználhatják, a szükséges vizsgálatokhoz beleegyezésemet adom.

Dátum: _____

Aláírás