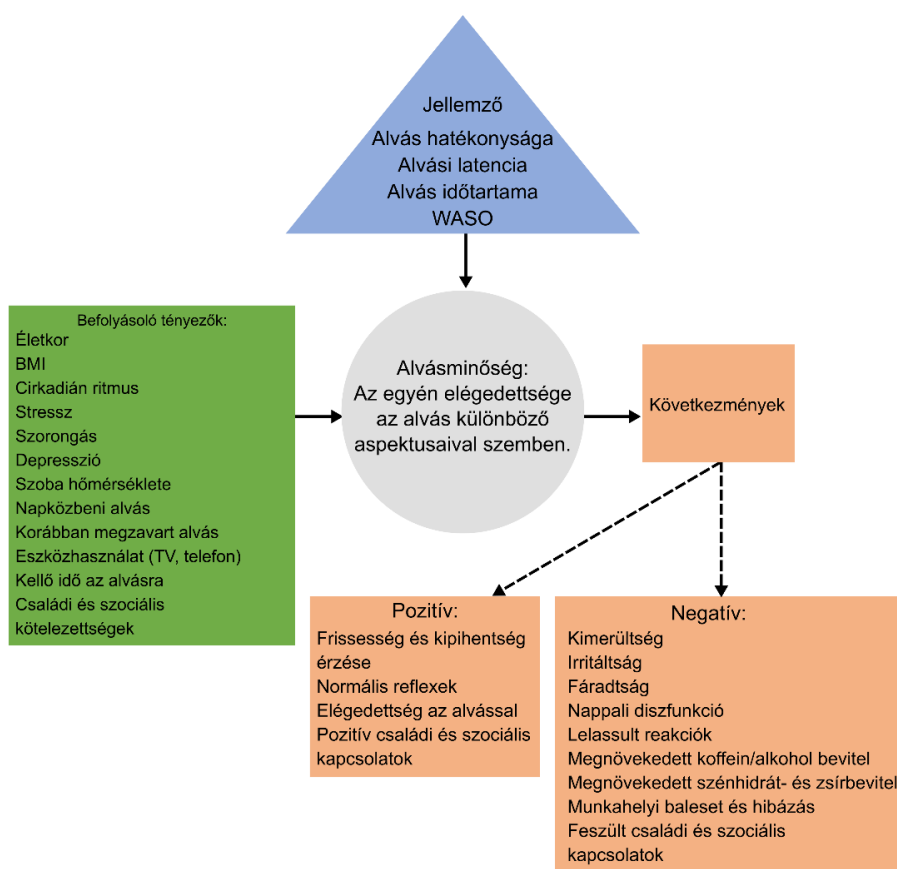


I. Bevezetés

I.1. Az alvás fogalma, befolyásoló tényezői.

Az alvás egy egyszerű viselkedéses meghatározás szerint a környezettől való érzékelési elvonulás, egy reverzibilis állapot, mely során fontos fiziológiai és viselkedési folyamatok összetett mintázata zajlik (Carskadon & Dement, 2011). A megfelelő alvás egyre nagyobb figyelmet kap, mint az egészséges életmód egyik alappillére, azonban nincs egy olyan mágikus szám, amit meg lehet határozni ideális alvásmennyiségként, hiszen számtalan tényező befolyásolja egyénszinten (Chaput et al., 2018). Az alvás mennyisége mellett fontos megemlítenünk az alvás minőségét, amely az egyén elégedettségét jelenti az alvás olyan különböző aspektusaival szemben, mint az alvási latencia, az alvás hatékonysága, vagy akár az alvás megkezdése után az első ébredésig eltelt idő (továbbiakban WASO; Nelson et al., 2022). Az alvásminőséggel kapcsolatos fontos tényezőket az 1. ábra mutatja be. Bár az ábrán nem szerepel, már az előző évezred végén kimutatták, hogy a biológiai nem is hatással van az alvás tulajdonságaira, hiszen a menstruációs ciklus egyes szakaszaiban nőtt az alvási latencia, és csökkent az alvás hatékonysága (Manber & Bootzin, 1997). További hiányzó tényező az ábráról



1. ábra: Az alvás befolyásoló tényezőinek, jellemzőinek, és lehetséges pozitív, illetve negatív következményeinek ábrázolása (Nelson et al., 2022 alapján saját szerk.).

az évszakok változása, ugyanis egy tanulmány szerint (Mattingly et al., 2021) különösen a tavaszi évszak negatívan hathat az egyének alvására, illetve azt is bizonyították, hogy a nyári hőmérséklet szintén befolyásolhatja az alvás minőségét (Okamoto-Mizuno & Tsuzuki, 2010).

I.2. Az alvás és a fizikai aktivitás kapcsolata

Ami szintén nem szerepel az 1. ábrán, de rendkívül fontos róla említést tennünk, az az, hogy a fizikai aktivitással is kapcsolatban áll az alvás minősége, de a kutatások összevetését megnehezíti a különböző vizsgálatok során alkalmazott módszerek változatossága (Dolezal et al., 2017). Az alvásmegvonás akár részleges, akár teljes, negatívan befolyásolhatja a sportteljesítményt, miközben az alvásnyújtó beavatkozások javíthatják azt (Halson, 2014). Utóbbinak egy konkrét példája az a vizsgálat, amikor kosárlabdázók extra alvásmennyiségének eredménye a dobáspontosságuk javulásában is megmutatkozott (Mah et al., 2011).

Több olyan kutatást is végeztek, amelyek megpróbálták feltárni a fizikai aktivitásnak az alvásra gyakorolt hatását, ezek a vizsgálatok többnyire a rendszeres testmozgással foglalkoztak. Egy, az előző évtizedből származó metaanalízis (Lang et al., 2016) során arra a következtetésre jutottak, hogy serdülőknél és fiatal felnőtteknél a magasabb fokú fizikai aktivitás jobb alvásminőséget eredményez hosszútávon. Annak ellenére, hogy a fizikai aktivitás javíthat az alvás minőségén, túlzásba vitele még edzett sportolóknál is okozhat negatív hatásokat (Hauswirth et al., 2014).

Az akut és rendszeres testmozgás hatásainak vizsgálatát az is nehezíti, hogy hatásmechanizmusukban eltérnek egymástól (Uchida et al., 2012). Egy metaanalízis (Kredlow et al., 2015) már kísérletet tett az akut testmozgással (jelen esetben egy hétnél rövidebb beavatkozást határoztak meg akutnak) kapcsolatos megállapítás megfogalmazására, ami szerint már az ilyen hosszúságú intervenció is hatással van az alvás észlelt, illetve mért mérőszámaira (alvási latencia, alvás hatékonysága, WASO). Azonban ezek a hatások kicsik, és eltérő mértékben erősek, a rendszeres fizikai aktivitás pedig nagyobb előnyökkel járhat. A kutatás limitációi közé tartozott, hogy a résztvevőkről legtöbbször csak a BMI-t adták meg, mint fitességi mutató, de ez nem igazán megbízható mutatója a fittségnek (Prentice & Jebb, 2001). Egy frissebb szisztematikus áttekintés és metaanalízis (Atoui et al., 2021) ezzel szemben arra a következtetésre jutott, hogy az alvás és a fizikai aktivitás az egyén szintjén nem állnak szignifikáns kapcsolatban, de általánosnak a következtetésük nem mondható, mivel a különböző módszertani megközelítések jelen esetben is nehezítik az elemzést.

I.3. Különböző edzésmódszerek lehetséges hatásai

Különböző edzésmódszerek hatásainak vizsgálatára már tettek kísérletet, ahol a magas intenzitású intervall edzést (továbbiakban HIIT) a nagy ellenállású excentrikus edzésekkel hasonlították össze (Kölling et al., 2016). A kutatás bár nem talált szignifikáns különbséget az alvás objektív mérőszámaival kapcsolatban, de egy enyhén romló tendenciát igen, ahol a HIIT protokoll során az alvási latencia, illetve az alvás hatékonysága változott kedvezőtlen irányba.

Az edzéstípusok egyik lehetséges megközelítése a szervezet energiafelhasználásának módja. Az aerob típusú terhelés során szénhidrátok, zsírok, esetleg fehérjék szolgáltatják az energiát oxigén jelenlétében, ezzel szemben az anaerob energiarendszert az ATP, foszfagének, foszfokreatinok, valamint szénhidrátok oxigén nélküli lebontása alkotja (Gastin, 2001). Az aerob folyamat óriási mennyiségű ATP előállítására képes, de sebességkorlátozott, még az anaerob folyamat a korábban említett anyagok kiürülése, tejsav vérben való felhalmozódása (és ezáltal a vér pH értékének csökkenése) a teljesítmény kényszerű csökkenését idézheti elő.

A rendszeres aerob testmozgásról kimutatták, hogy az alvás szinte minden, szubjektíven mérhető aspektusát képes volt javítani női kollégisták körében (Ezati et al., 2020). Az azonban kevésbé tisztázott, hogy milyen változások révén jöhetett ez létre. A cikk írói azt tartják a legvalószínűbbnek, hogy a fizikai aktivitás a résztvevők szorongását, stressz-szintjét csökkentette elsősorban, ami kihatással volt az alvás minőségére is, mely jelenséget már korábban is lejegyeztek (Youngstedt, 2005). Egy másik lehetséges hatásmechanizmus, amit vizsgálatok már régen kimutattak, hogy a rendszeres fizikai aktivitás összefüggésben van a testösszetétel megváltozásával (Garrow & Summerbell, 1995), a magasabb BMI értékek pedig a rövidebb alvásidővel lehetnek kapcsolatban (Carneiro-Barrera et al., 2020). Egy már említett szakirodalom (Kredlow et al., 2015) összehasonlította az aerob és anaerob edzések alvásra gyakorolt hatásaival foglalkozó publikációkat, és nem talált szignifikáns különbségeket a teljes alvási idő, illetve különböző alvásfázisok változásai között.

I.4. A fizikai aktivitás időzítése

A fizikai aktivitás időpontjának befolyásoló képességéről is megoszlanak a szakirodalmak. Egy Japánban végzett kutatás (Yamanaka et al., 2015) során arra az eredményre jutottak, hogy a reggeli edzés kedvezőbb az estihez képest az alvásminőség szempontjából, ennek oka pedig a vegetatív idegrendszer működésében rejlik. Egy három évvel később készült tanulmány (Stutz et al., 2019) elemzése szerint még a magas intenzitású edzéseknek is csak akkor van kedvezőtlen hatása az alvásminőségre, ha egy óránál kevesebb idő telik el az edzés befejezése és a lefekvés időpontja között. Egy évvel később egy kutatás (Miller et al., 2020) szintén arra a

következtetésre jutott, hogy fiatal egészséges férfiak esetében az alvás előtt legalább 90 perccel befejezett fizikai aktivitás nincs negatív befolyással az alvásra. Egy viszonylag friss, a kronotípusokat is figyelembe vevő vizsgálat (Saidi et al., 2023) szerint azonban az esti fizikai aktivitásnak lehet az alvásra negatív hatása, amennyiben a vizsgált személyek nem esti kronotípusúak (E-type).

I.5. Az alvásvizsgálatok lehetséges eszköze

Az alvásvizsgálatnak két lehetséges útja van: önbevalláson alapuló, szubjektív adatok vizsgálata, illetve eszközzel végzett mérések eredményeinek vizsgálata. Az objektív mérések egyik validált eszköze az aktigráf lehet, bár bizonyos tulajdonságok érzékelésében korlátjai vannak (de Souza et al., 2003), azonban nagy előnye, hogy nincs szükség beszoktatási időszakra, az alváskutatásban megfigyelt első éjszaka jelensége aktigráf használata esetén nem számottevő (Driller & Dunican, 2021).

I.6. Az alvásminőség megváltozásának egy lehetséges következménye

A nem megfelelő minőségű, vagy mennyiségű alvás egyik jól mérhető következménye a reakcióidő változása. Már húsz évvel ezelőtt kimutatták, hogy egy kisebb mértékű alváscsökkenés is okozhat lassabb reakcióidőt, illetve akár csökkent tanulási képességet is (Postolache et al., 2005).

II. Problémafelvetés

A szakirodalom áttekintése után kijelenthető, hogy bár sok tanulmány foglalkozott a fizikai aktivitás alvásra gyakorolt hatásával, ezek nagy arányban a rendszeres sporttevékenységek hosszabb távú hatásait vizsgálta. Bár különböző edzés módszerek következményeit már hasonlítottak össze, de kimondottan aerob és anaerob terhelés hatásait az alvás olyan objektív mérőszámaira, mint az alvási latencia, alvás hatékonysága, első ébredésig eltelt idő, még nem. Ezen kívül olyan tanulmányt sem sikerült találnunk, amely a fizikai aktivitás hatására bekövetkező alvásváltozás miatt esetlegesen fellépő kognitív teljesítmény változását próbálta volna feltárni. Továbbá a bevezetésben említést tettünk arról, hogy az évszakok változása okozhatja az alvásminőség változását, azonban az köztudott, hogy a földrajzi helyzet változtatásával gyakran az éghajlat is erőteljesen változhat, és Kelet-Közép-Európában készült, hasonló témájú publikációról jelenleg nincs tudomásunk.

III. Célkitűzés

Ezen fenti problémafelvetés ismeretében kutatásunkban az alábbi célkitűzéseket határoztuk meg:

1. A különböző terhelések utáni éjszakákon mért objektív alvási paraméterek összehasonlítása egymással, illetve a kontrollalkalom éjszakáján mért adatokkal.
2. A különböző terhelések utáni reggelen az alvás szubjektív megítélésére való kérdőív kitöltésével kapott eredmények összehasonlítása egymással, illetve a kontrollalkalom éjszakájára kapott eredményekkel.
3. A különböző terhelések utáni napokon mért reakcióidő-vizsgálatok eredményeinek összehasonlítása egymással, illetve a kontrollalkalmat követő nap értékeivel.
4. A tavaszi és az őszi, beavatkozás nélküli éjszakák összehasonlítása.

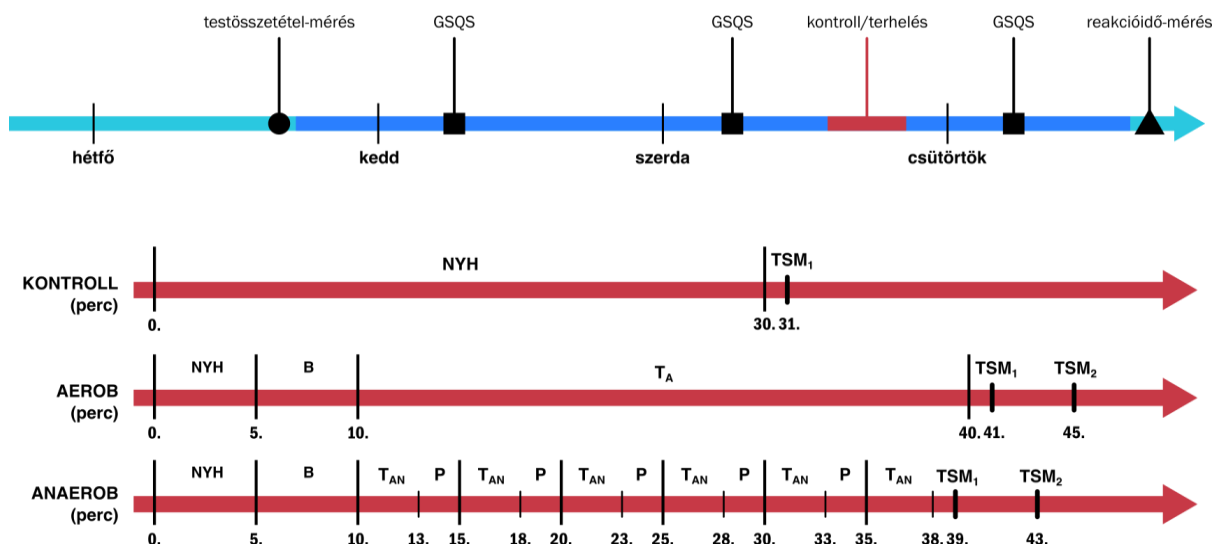
IV. Anyagok és módszerek

IV.1. Vizsgálati személyek

A kutatásban fiatal férfiak vettek részt ($n=8$), akik mind egyetemista hallgatók voltak. Átlagéletkoruk a vizsgálat kezdetekor $22,6 \pm 2$ év, testtömegük $75,96 \pm 8,5$ kg, testtömeg-indexük $23,93 \pm 2$ kg/m², testzsírszázalékuk $19,76 \pm 6,06\%$ volt. A vizsgálati személyek közül senki nem volt igazolt sportoló, és saját bevallásuk szerint nem végeztek rendszeres sporttevékenységet sem. Diagnosztizált alvási rendellenességgel (például narkolepszia, alvási apnoé) nem rendelkeztek. A résztvevők a kutatás elején tájékoztatást kaptak a vizsgálat menetéről, visszalépési lehetőségükről. Az őszi méréseket az egyik résztvevő nem tudta vállalni, ennek megfelelően az évszakok közötti összehasonlításnál csak azon hét személy eredményeit vettük figyelembe, akik mind a kettő megfigyelt évszakban maradéktalanul teljesítették a procedúrát.

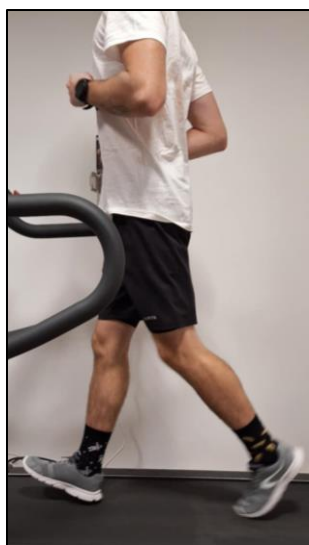
IV.2. Vizsgálati protokoll

A procedura időrendiségének megértésében az 2. ábra segít. A vizsgálatot 2024 tavaszán, illetve őszen végeztük, az eljárásban az egyetlen különbséget a korábban említett alanyok számának változása jelentette. A vizsgálat kezdetén a résztvevők mindkét évszakban bioinpedancia elven (Inbody 770) történő testösszetétel-vizsgálaton estek át.



2. ábra: Az eljárás egy hetének, illetve a különböző terhelések idővonalai. Testösszetétel-mérés csak az adott évszakban végzett vizsgálat első hetében volt, ettől eltekintve a hetek megegyeztek egymással. Az aktigráfokat a sötétkéssel jelölt időszakban viselték a résztvevők. Rövidítések: GSQS: Groningen Alvásminőségi Skála kitöltése, NYH: nyugalmi helyzet (ülésben), TSM: tejsavmérés, B: bemelegítés, T_A: aerob terhelés, T_{AN}: anaerob terhelés, P: pihenés

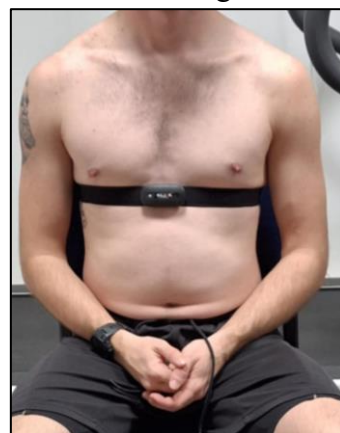
A résztvevőknek három egymást követő héten, a hét ugyanazon napján, és ugyanazon időpontjában volt az aerob és az anaerob terhelés, illetve a kontrollalkalom is. Ezeken a napokon szigorúan tiltottunk az előre eltervezett sporttevékenységen kívül bármilyen más fizikai aktivitást. A terheléseken a vizsgálati személyek délután egy és hat óra között estek át. A kutatás első hetében a kontrollalkalmon kellett részt venniük, ekkor fél órát kellett nyugalmi helyzetben, egy székben ülve eltölteniük. Az aerob, illetve az anaerob aktivitások mintáját a résztvevők testösszetételére való tekintettel egy túlsúlyosaknak tervezett edzésprogramból (Saif & Alsenany, 2015) emeltük ki, majd kisebb változtatásokat végeztünk rajta. A terheléseket az alanyok az egyetem terheléseletani laboratóriumában, futópadon (Schiller AT-104) teljesítették



3. ábra: Aerob terhelés végzése Schiller AT-104 típusú futópadon.

(3. ábra), a terhelés intenzitását, a futópad sebességét személyre szabottan, a munkavégzés során mért szívfrekvenciához igazítottuk.

A vizsgálati személyek pulzusát mellkaspánttal (Polar Team 2, 4. ábra) monitoroztuk. A bemelegítés megkezdése előtt az alanyoknak öt percig nyugalmi helyzetet kellett felvenniük, ezután mértük meg az aktuális nyugalmi szívfrekvenciájukat. Az aerob terhelés során egy öt perces egyéni bemelegítést harminc perc folyamatos futás követett, ahol a



4. ábra: Pulzusmérő mellkaspánt felhelyezve az egyik vizsgálati személyre.

maximális munkapulzusuk hatvan százalékát céloztuk. Az anaerob terhelés során a bemelegítés után a résztvevőknek három percet kellett futniuk, célozva maximális munkapulzusuk nyolcvan százalékát. A három perces futás után kettő perc pihenés következett, ezt összesen ötször végezték el. A célpulzusukat Karvonen-képlettel (Karvonen et al., 1957) becsültük. A fizikai aktivitás után kapillárisból vett vérmintán tejsavmérést végeztünk (Lactate Scout készülékkel) a terhelés befejezése után egy, illetve öt perccel. A kontrollalkalom után egyszer, a fél óra lejárta után szintén egy perccel végeztünk tejsavmérést. Ezen kívül az intenzitás szubjektív megítélésére a vizsgálati személyeknek hattól húszig terjedő Borg skálán (Borg, 1982) kellett az észlelt fáradtsági szint értéket kiválasztaniuk.

Az objektív alvásfigyelést csuklóra helyezhető aktigráf készülékekkel (ActiGraph wGT3X-BT, 5. ábra) végeztük, majd az ActiLife nevű szoftver segítségével elemeztük. Ezeket a csuklómonitorokat az alanyok már a terhelés, illetve a kontrollalkalom előtt két nappal megkapták, így minden terhelés előtti kettő, illetve a terhelés utáni éjszakát is monitoroztuk. Az évszakok közötti összehasonlításhoz csak a terheléseket és a kontrollalkalmakat megelőző napok adatait használtuk fel. Az aktigráf készülékek érzékelték az elalvás időpontját, az alvási latenciát (SOL), az alvás hatékonyságát (SE), az ágyban töltött



5. ábra: ActiGraph wGT3X-BT.

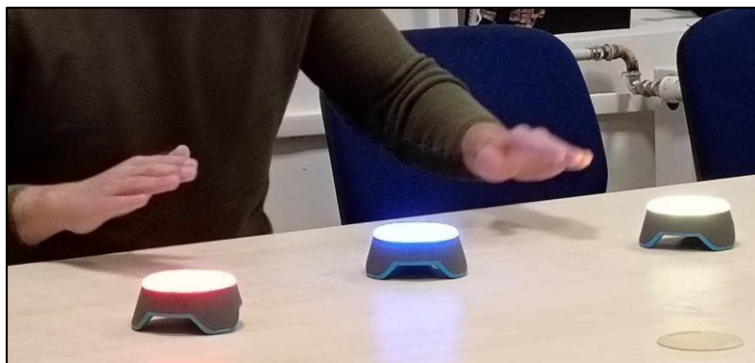
Forrás:

<https://theactigraph.com/actigraph-wgt3x-bt> (Letöltés dátuma: 2025. 01. 14.)

időt (TMIB), a teljes alvással töltött időt (TST), az első ébredésig eltelt időt (WASO), az ébredések számát (AW), illetve ezek átlagos hosszát (AL). Ahhoz, hogy a lehető legpontosabb képet kapjunk az éjszaka ébren töltött időről, egy tanulmány (Natale et al., 2009) következtetése alapján csak a legalább öt percig tartó ébrenléti szakaszokat vettük figyelembe, és tekintettük ébredésnek. Az ágyba kerülés (TIB), illetve az ágyból való kikelés (TOB) időpontját a készülék nem tudta meghatározni, ezt a vizsgálati személyeknek kellett percre pontosan feljegyezniük, amit utólag rögzítettünk. Az adatok kiértékelésére egy előre meghatározott algoritmust használtunk (Sadeh et al., 1994), figyelembe véve a vizsgált csoport életkorát.

A szubjektív alvásértékeléshez a Groningen Alvásminőségi Skála (GSQS) magyarra validált (Simor et al., 2009) formáját használtuk. Az alanyok azt az utasítást kapták, hogy minden olyan reggelen, közvetlenül ébredés után töltsék ki a tizenöt kérdésből álló tesztet, amikor a csuklómonitorokat is viselniük kellett. A teszt során nulla és tizennégy közötti pontszámot szerezhettek, alvásminőség szempontjából minél alacsonyabb ez a pontszám, az eredmény annál kedvezőbb.

A terhelés utáni napokon a résztvevőknek reakcióidő-vizsgálatot kellett végezniük (6. ábra). A mérésre minden héten ugyanabban az időpontban került sor a terhelésélettani laboratóriumban, az alanyok a vizsgálat megkezdése előtt minden esetben kaptak legalább öt perc felkészülési időt. A vizsgálat során a résztvevőknek egy székben kellett helyet foglalniuk, az előttük lévő asztalon három, egymástól húsz centiméterre lévő lámpát (BlazePod) helyeztünk el. A lámpák az első érintés után három különböző (kék, piros, sárga) színben villantak fel, minden érintés után a fények



6. ábra: A terhelések másnapján folyó reakcióidő-vizsgálat (BlazePod). A fényképen felismerhető a három alkalmazott szín (piros, kék, sárga), melyek közül egyet kellett választania a résztvevőnek, és folyamatosan azt próbálni eltalálni.

sorrendje véletlenszerűen változott. Az alanyok feladata az volt, hogy hatvan másodperc alatt (a számláló az első érintés pillanatában indult) az általuk kiválasztott színt a lehető legtöbbször eltalálják (a legelső alkalommal kiválasztott színt kellett az összes mérés során alkalmazniuk). A vizsgálat folyamán feljegyeztük a találatok, illetve az esetleges hibák számát.

A vizsgálat előtti megbeszélésen azt kértük a résztvevőinktől, hogy mindenki folytassa az addigi megszokott életvitelét, hiszen kutatásunk célja az volt, hogy fényt derítsünk arra, hogy egyetlen edzés befolyásolja-e az alvásminőséget, így az egyetlen változás, amit szerettünk volna beiktatni, az a fizikai aktivitás volt. Éppen ezért nem tiltottunk semmit a szándékos éjszakázáson, legyen akár tanulás, akár szórakozás céljából, illetve az alkoholfogyasztáson kívül. A táplálkozásra, koffeinfogyasztásra szintén nem alkalmaztunk megkötést. A vizsgálatot úgy időzítettük, hogy ne essen egybe a hallgatók vizsgaidőszakával, illetve az óráátállítás se okozhasson zavart a vizsgálati személyek alvási szokásaiban (tavasszal az óráátállítás után hetekkel, ősszel pedig még előtte végeztük el a méréseket).

IV.3. Statisztikai analízis

A statisztikai elemzéshez Origin statisztikai szoftver 2018-as verzióját használtuk. Először az eredményeket normalitásvizsgálaton futtattuk le, majd ennek, illetve a mintaszámoknak megfelelően páros T-próbát, Mann-Whitney-tesztet, ismételt mérések varianciaanalízist (továbbiakban ANOVA), illetve Friedman-próbát alkalmaztunk. A szignifikancia szintjét $p < 0,05$ értékben határoztuk meg.

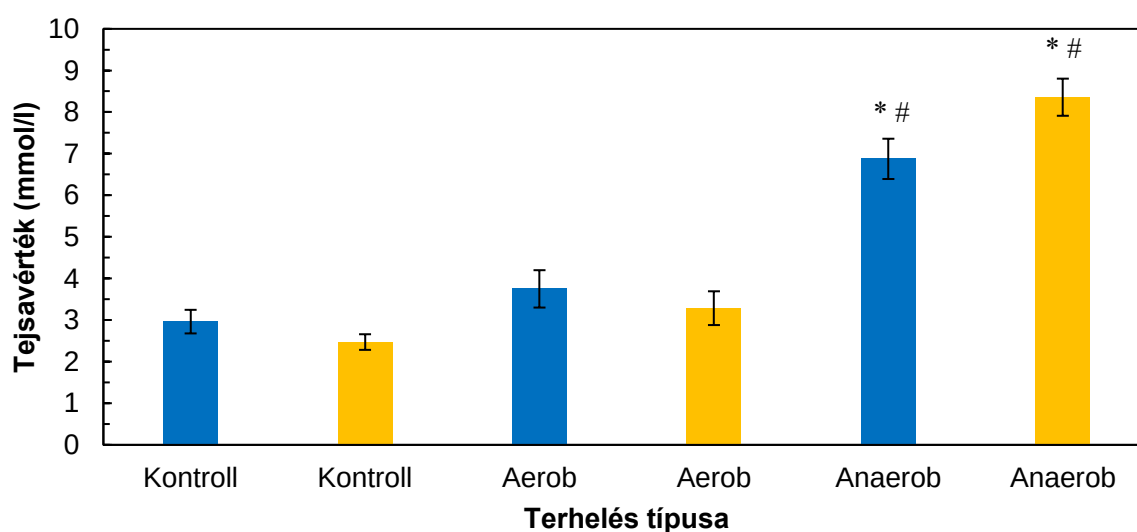
V. Eredmények

V.1. Testösszetétel

A résztvevők testösszetételével kapcsolatos kiindulási adatokat az „*Anyagok és módszerek*” című fejezet első bekezdésében tüntettük fel. A testtömegeket, testtömeg-indexeket, illetve a testzsírszázalékokat rögzítő tavaszi, illetve őszi adatsorok eredményei normál eloszlást mutattak, így minden esetben páros T-próbát alkalmaztunk, ahol egyik megfigyelt paraméter vonatkozásában sem tapasztaltunk szignifikáns változást (sorrendben: $p=0,6$; $0,4$; $0,1$).

V.2. Terhelés

A kapillárisból vett vérminták tejsavértékeinek átlagai az 7. ábrán láthatóak, elkülönítve a terhelés különböző típusait. Az adatsorok a kontrollalkalom, az aerob, illetve az anaerob terhelés után is normál eloszlást mutattak, ezért ismételt méréses ANOVA-t végeztünk Tukey post hoc teszttel. A kontrollalkalom és az aerob igénybevétel között nem találtunk szignifikáns különbséget ($p=0,42$), azonban az anaerob terhelés utáni értékek mind a kontrollalkalom ($p=4,5 \cdot 10^{-5}$), mind az aerob edzés ($p=4,2 \cdot 10^{-4}$) eredményeivel szignifikáns eltérést mutattak. Az őszi eredmények során ugyanez a tendencia volt megfigyelhető. Az ismételt méréses ANOVA elvégzése során a kontrollalkalom és az aerob edzés értékei között jelen esetben sem kaptunk szignifikáns különbséget ($p=0,25$). További hasonlóság a tavaszi mérésekhez képest, hogy ősszel is szignifikánsan magasabb tejsavértékeket kaptunk az anaerob terhelés után a kontrollalkalomhoz ($p=1,7 \cdot 10^{-7}$), és az aerob igénybevételhez ($p=9,7 \cdot 10^{-7}$) képest is.

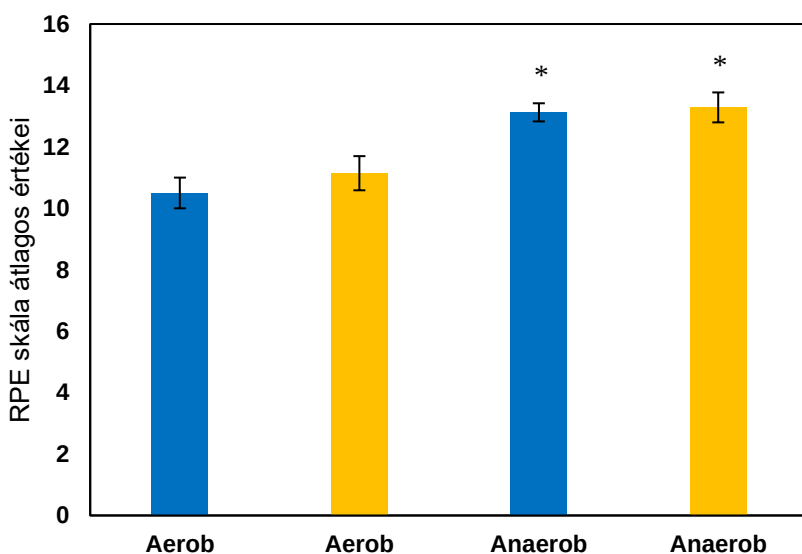


7. ábra: A különböző terhelések után kapott tejsavértékek átlagai. Az oszlopok tetején az adatok SEM értékét tüntettük fel. Jelölések: kék: tavasz, sárga: ősz, *: $p<0,05$ vs. aerob, #: $p<0,05$ vs. kontroll

Az azonos típusú terheléseket is összehasonlítottuk egymással tavaszi és őszi viszonylatban. Sem a kontrollalkalmak, sem a terhelések elemzése során nem találtunk szignifikáns különbséget a két évszak között. A legmagasabb p-érték az aerob edzések összehasonlítása során mutatkozott ($p=0,44$), míg közel szignifikáns eredményt az anaerob igénybevételek között találtuk ($p=0,06$).

Az RPE skálára adott értékek (átlagaik a 8. ábrán láthatók) csak az aerob, illetve az anaerob edzések alkalmáról állnak rendelkezésre, hiszen a skála a fizikai aktivitás intenzitásának szubjektív megítélését mutatja, fizikai aktivitásról pedig a kontrollalkalom során nem beszélhetünk. Mindkét évszak során a különböző terhelések közötti különbség szignifikánsnak bizonyult, tavasszal $p=7,3 \cdot 10^{-4}$, ősszel pedig $p=0,005$ volt.

Az RPE skálára kapott értékeket olyan tekintetben is összevetettük, hogy van-e szignifikáns különbség az azonos intenzitásúra tervezett, de különböző évszakban elvégzett terhelések között. Sem az aerob ($p=0,07$), sem az anaerob ($p=1$) terhelések között nem találtunk szignifikáns különbséget a tavasszal, illetve ősszel elvégzett terhelések szubjektív megítélése között.



8. ábra: Az alanyok szubjektív fáradtságérzetének átlagai különböző terhelések után. Az oszlopok tetején az adatok SEM értékét tüntettük fel. Jelölések: kék: tavaszi mérés, sárga, őszi mérés, *: $p < 0,05$ vs. aerob

V.3. Alvásvizsgálat

Az objektív alvásvizsgálat során a terhelés utáni napokon az eszközök minden esetben rögzítették az értékeléshez szükséges adatokat, így a tavaszi időszakból éjszakánként nyolc, az ősziből pedig hét eredmény állt rendelkezésre tulajdonságoként. A terhelések előtti napok közül tavasszal egy éjszaka során az egyik aktigráf nem rögzített semmilyen értéket

(feltételezésünk szerint viselője nem rögzítette megfelelően az eszközt), így ebből az évszaktól tulajdonságunként eggyel kevesebb adat áll rendelkezésre az őszi eredményekhez képest (szám szerint 41, illetve 42).

A tulajdonságunként elvégzett statisztikai elemzés során kapott szignifikancia értékek a 1. táblázatban láthatók. A táblázat rögzíti mind a kontrollalkalom és a terhelés utáni éjszakák egymással való összehasonlításait az adott évszakon belül, mind a kontrollalkalmakat és a terheléseket megelőző napok értékeinek összehasonlítását az évszakok tekintetében. A terhelések utáni éjszakák összevetése során normál eloszlás esetén ismételt méréses ANOVA-t végeztünk Tukey post hoc teszttel, normál eloszlás hiányában Friedman-tesztet végeztünk, illetve a páros összevetéseket Mann-Whitney-tesztel vizsgáltuk, ennek az eredményei láthatók a táblázatban. A tavaszi és az őszi adatsorok összehasonlításához normál eloszlás esetén páros T-próbát alkalmaztunk, nem normál eloszlás esetén pedig szintén a Mann-Whitney-tesztet alkalmaztuk.

*1. táblázat: Az alvás objektív adatainak összehasonlítása után kapott szignifikancia értékek a terhelés típusa, illetve az évszakok vonatkozásában. A szürke háttérrel jelölt mezők eredményeit nem parametrikus tesztek elvégzésével számítottuk, a *-gal jelölt értékek szignifikáns különbséget jelölnek. Rövidítések: K: kontrollalkalmat követő éjszaka, A: aerob terhelést követő éjszaka, AN: anaerob terhelést követő éjszaka, AW: ébredések száma, AL: ébredések átlagos hossza, SE: alvás hatékonysága, SOL: alvási latencia, TMIB: ágyban töltött idő, TST: teljes alvással töltött idő, WASO: elalvás után*

	Tavaszi terhelések utáni éjszakák közötti p-értékek			Őszi terhelések utáni éjszakák közötti p-értékek			Évszagos összehasonlítás
	K-A	K-AN	A-AN	K-A	K-AN	A-AN	
AW	0,73	0,83	0,4	0,07	0,7	0,26	0,15
AL	0,3	0,9	0,31	0,48	0,99	0,53	0,049*
SE	0,63	0,65	0,99	0,53	0,99	0,62	0,18
SOL	0,46	0,49	1	0,52	1	0,65	0,02*
TMIB	0,17	0,06	0,81	0,21	0,99	0,19	0,13
TST	0,52	0,31	0,91	0,79	0,98	0,96	0,35
WASO	0,42	0,33	0,98	0,21	0,96	0,3	0,01*

A terhelések utáni éjszakák értékeinek összevetése során egyetlen esetben sem találtunk szignifikáns különbséget, a p-értékére 0,1-nél alacsonyabb eredményt is mindössze kettő esetben kaptunk. Ezek közül az egyik a tavaszi mérések során a kontrollalkalom és az anaerob terhelés utáni éjszakák között a TMIB viszonyában, a másik az őszi alkalmak során a kontrollalkalom és az aerob terhelés utáni éjszakák között az AW tekintetében jelentkezett.

A tavaszi és az őszi eredmények összehasonlítása során három esetben találtunk szignifikáns különbséget, az AL ($p=0,049$), a SOL ($p=0,02$), illetve a WASO ($p=0,01$) értékek vonatkozásában. Fontos megjegyezni, hogy ezen eredmények nem mutatnak egy irányba,

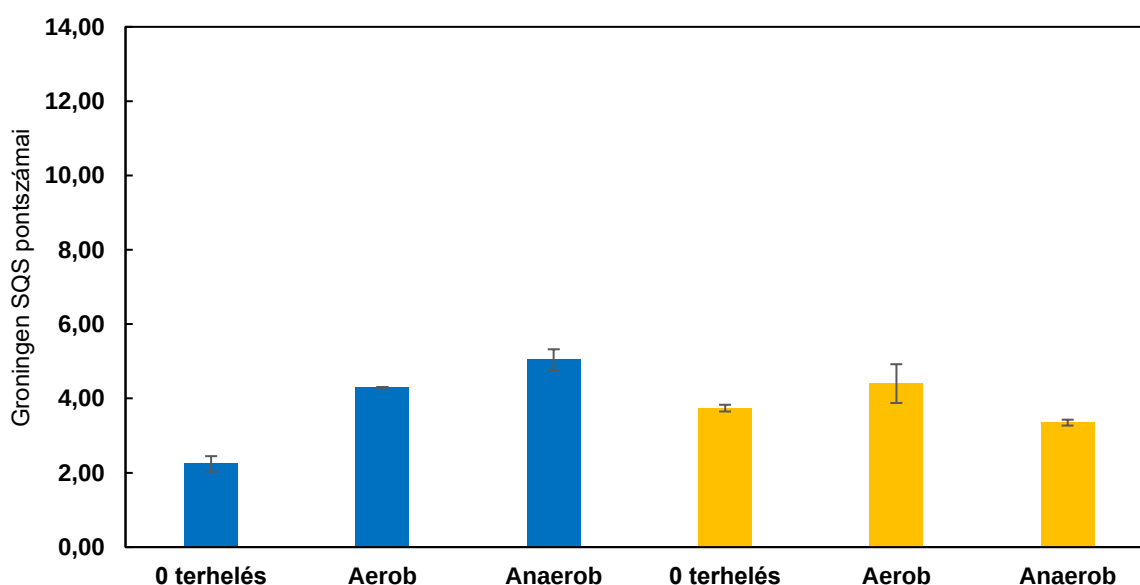
ugyanis a SOL és a WASO értékek az őszi évszakban, még az AL eredményei a tavaszi mérések során voltak kedvezőbbek az alvásminőség szempontjából.

V.4. Szubjektív alvásértékelés

A kontrollalkalmakat, illetve a terheléseket követő éjszakákra adott pontszámok átlagai a 9. ábrán láthatók. Tavasszal az értékek nem mutattak normál eloszlást, ezért a három adatsor összehasonlítására Friedman-tesztet alkalmaztuk, illetve a három adatsort párosával Mann-Whitney-teszt segítségével vetettük össze. Sem a Friedman-teszt ($p=0,14$), sem az „U” tesztek során (legalacsonyabb érték: $p=0,06$) nem találtunk szignifikáns különbséget.

Ősszel a terhelés utáni éjjelek során kapott értékek normál eloszlást mutattak, ezért elemzésük során ismételt méréses ANOVA-t alkalmaztunk Tukey post hoc teszttel. Ezen vizsgálat során szintén nem találtunk szignifikáns különbséget egyik adatsor tekintetében sem, a legalacsonyabb értéket a kontrollalkalom, illetve az anaerob terhelés utáni éjszakák összevetése során mértük ($p=0,43$).

A kontrollalkalmakat és a terheléseket megelőző éjszakák adatai közül sem a tavasziak, sem az ősziak nem mutattak normál eloszlást, ezért itt is Mann-Whitney-tesztet végeztünk el. Az összehasonlítás során nem kaptunk szignifikáns különbséget ($p=0,87$).

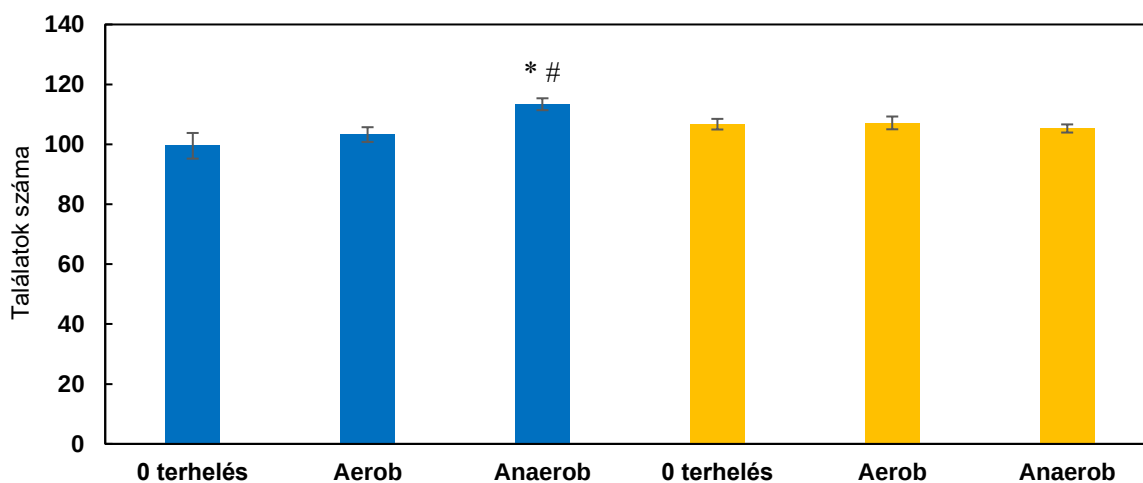


9. ábra: A különböző terhelések utáni éjszakák utáni reggelen kitöltött GSQS értékek átlagainak ábrázolása évszakok tekintetében. Az oszlopok tetején az adatok SEM értékét tüntettük fel. A teszt kitöltése során 14 volt a maximum érték, amit az alanyok szerezhettek. Jelölések: kék: tavasz, sárga: ősz

V.5. Reakcióidő

A kontrollalkalmakat, illetve a különböző terheléseket követő reakcióidő-vizsgálatok során kapott találati értékek átlagai az 10. ábrán láthatók. A tavasszal kapott eredmények nem

mutattak normál eloszlást, ezért Friedman-próbát alkalmaztunk, illetve ezen felül párosával is összevetettük az adatsorokat Mann-Whitney-teszt segítségével. A Friedman-próba során szignifikáns különbséget találtunk ($p=0,001$), Mann-Whitney próbával az anaerob edzés utáni értékek szignifikánsan eltértek mind az aerob terhelés ($p=0,008$), mind a kontrollalkalom ($p=0,004$) eredményeihez képest, azonban a kontrollalkalom és az aerob terhelés utáni értékek között ez nem volt kimutatható ($p=0,37$). Itt fontos megjegyezni, hogy megfigyeltünk egy tendenciát, miszerint a nyolc résztvevőből hétnél folyamatosan javultak az eredmények, egy kivételtől eltekintve az első mérésen születtek a legalacsonyabb ütésszámok, és kivétel nélkül mindenki az utolsó alkalmon teljesített a legjobban.



10. ábra: Reakcióidő-vizsgálatok során feljegyzett találati értékek átlagainak ábrázolása. Az oszlopok tetején az adatok SEM értékét tüntettük fel. Jelölések: kék: tavasz, sárga: ősz, *: $p<0,05$ vs aerob, #: $p<0,05$ vs kontroll

Az őszi mérések eredményei normál eloszlást mutattak, így ismételt méréses ANOVA-t alkalmaztunk Tukey post hoc tesztel. Itt a tavaszi mérésekkel ellentétben sehol nem találtunk szignifikáns különbséget, az aerob edzés és anaerob edzés utáni eredmények összehasonlítása során kaptuk a legalacsonyabb p -értéket ($p=0,07$), a kontrollalkalom, illetve aerob terhelés utáni értékek összevetése során pedig a legmagasabbat ($p=0,9$). További különbség a tavaszi eredményekhez képest, hogy az előző bekezdésben említett, folyamatosan javuló tendenciát itt nem lehet felfedezni. Mindössze egyetlen résztvevő teljesített az utolsó alkalommal magához képest a legjobban, átlagokat tekintve ez a felmérés sikerült a legrosszabbul. A hibaszámok eredményei lényegében nem mutattak változást, a legmagasabb érték egy személytől kettő hiba volt egy adott mérés során, a résztvevők pedig maximum hármat hibáztak összesen egy mérési alkalommal.

VI. Megbeszélés

Összességében kijelenthető, hogy az általunk használt edzésprotokoll nincs hatással a következő éjszakán az alvás objektív mérőszámaira, illetve szubjektív értékelésére, azonban tavaszi és őszi, intervenció nélküli napok összevetésében találtunk szignifikáns különbséget.

A vizsgálati személyek testösszetételével kapcsolatban kijelenthetjük, hogy a két évszak között szignifikánsan nem változtak. Kutatásunk szempontjából azért nagyon fontos ez a megállapítás, mert bizonyos mérőszámok növekedése, mint például a BMI, hatással lehet az alváskor mérhető mérőszámok megváltozására (Carneiro-Barrera et al., 2020). Jelen esetben így kizárhatjuk annak a lehetőségét, hogy a kutatásunkban megjelenő évszakai különbségek okát az általunk vizsgált adatok változásában kell keresni.

A terhelések során kapott eredmények azt mutatják, hogy az edzések a kívánt hatást érték el. Az aerob és anaerob igénybevételek után kapott tejsavértékek szignifikánsan eltértek egymástól, de ezen kívül az eredmények átlagai is megfelelnek a szakirodalmakban olvashatókkal. Egy publikáció (Goodwin et al., 2007) összevetette a sporttudományban használatos modelleket egymással, és arra a következtetésre jutott, hogy a különböző metodikai megközelítések ellenére hasonló értékeket kaptak, amikor az anaerob küszöbértéket határozták meg (az érték 4 mmol/l körül mozgott). Egy másik, ugyanebben az évben készült tanulmány (Newell et al., 2007) az anaerob terhelés vérlaktát-szintjének küszöbértéket szintén 4 mmol/l-ben határozta meg, az aerob terhelését pedig 2 mmol/liter értékben. Ezen eredmények ismeretében is azt állíthatjuk, hogy az edzések intenzitása megfelelő volt, hiszen az aerob edzések utáni tejsavmérések átlagai a határok közé esett (tavasz: $3,8 \pm 0,45$ mmol/l, őszi: $3,3 \pm 0,41$ mmol/l), az anaerob edzések utáni átlagok pedig jócskán meghaladták (tavasz: $6,9 \pm 0,48$ mmol/l, őszi: $8,3 \pm 0,45$ mmol/l). Bár az anaerob terhelés utáni értékek még lehetnének jóval magasabbak, hiszen extrém terhelés esetén akár 15-25 mmol/l-t is elérhetik (Withers et al., 1991), nem volt célunk ilyen szélsőséges ingernek kitenni résztvevőinket. Arra törekedtünk, hogy olyan edzésprogramot találjunk számukra, amit nem sportolóként is biztonsággal el tudnak végezni, illetve el akartuk kerülni a terhelés megszakítását az esetlegesen túl magas intenzitás miatt. Az eredményeink között azonban furcsa, hogy az aerob edzés után kapott vérlaktát értékek nem tértek el szignifikánsan a kontrollalkalom után feljegyzettekhez képest. Bár a kontrollalkalom során a vizsgálati személyek nem végeztek fizikai aktivitást, a mért tejsavértékek átlagai egészen magasak voltak (tavaszi átlag: $2,9 \pm 0,28$ mmol/l; őszi átlag: $2,5 \pm 0,19$ mmol/l). Feltételezésünk szerint ez a pszichológiai stresszel lehet összefüggésben, ami bizonyítottan képes lehet az alanyok vérlaktát szintjét szignifikánsan megemelni a nyugalmi

állapothoz képest (Hermann et al., 2019). Sajnos ezt a faktort kizárni egy kutatásból szinte lehetetlen, a stresszt a résztvevők magánéletétől kezdve a kontrollalkalom utáni, tejsavméréshez szükséges tűszúrásig bármi okozhatta.

Az észlelt fáradtsággal kapcsolatban is megállapíthatjuk, hogy az aerob, illetve az anaerob terhelés utáni értékek szignifikánsan különböztek egymástól, a vizsgálati személyek egyértelműen magasabb intenzitásúnak érezték az anaerob igénybevételt.

Mivel a kontrollalkalmak után mért adatokhoz képest sem az aerob, sem az anaerob terhelést követő éjszakákon nem találtunk szignifikáns különbséget egyik vizsgálati időszak alatt sem, arra a következtetésre jutottunk, hogy az általunk használt edzésprotokoll nincs hatással fiatal, egészséges felnőtt férfiak következő éjszakai, alvással kapcsolatos objektív mérőszámaira. Ez összhangban van egy, a bevezetésben már említett metaanalízis következtetéseivel (Atoui et al., 2021). Annak ellenére, hogy a két különböző terhelés objektív és szubjektív mérések alapján is szignifikáns különbséget mutatott, az ezeket követő éjszakákon nem találtunk az alvás objektív mérőszámaiban változást, ez szintén egy irányba mutat egy korábbi tanulmány megállapításaival (Kredlow et al., 2015). Egy újabb metaanalízis szerint a fizikai aktivitás a fiatal felnőttekre nincs szignifikáns hatással, azonban gyerekeknél, vagy idősebbeknél ez a hatás valószínűleg jelentkezne (Zhao et al., 2023). Feltételezésük szerint a fizikai aktivitás nem tudja olyan mértékben csökkenteni a fiatalok stressz-szintjének, mentális igénybevételének, szabálytalan életvitelének hatásait, hogy ez az alvásminőség javulásában mutakozzon meg.

A tavaszi és őszi mérési időszakok összehasonlítása során kapott évszakai különbségek hasonlóságot mutatnak egy Észak-Amerikában készült publikációval (Mattingly et al., 2021). Fontos különbség azonban, hogy az említett szakirodalomban inkább az alvás mennyiségére volt hatással a tavaszi évszak, jelen vizsgálatban ez az alvás minőségi tulajdonságaira volt igaz (SOL, WASO), illetve abban a tanulmányban teljes évszak vizsgálatára volt lehetőségük. Egy lehetséges magyarázatként említi a szakirodalom, hogy a nappalok hosszának változása hatással van a szervezet melatonin termelésére (McIntyre et al., 1989; Cajochen et al., 2003), ez esetünkben is magyarázhatja az elalváshoz szükséges hosszabb időt. Érdekesség, hogy az alvásminőség egyik vizsgált tulajdonságának szempontjából a tavaszi értékek voltak a kedvezőbbek (AL).

A szubjektív alvásminőséggel kapcsolatban megállapíthatjuk, hogy sem a különböző edzésmódszerek, sem az évszakok változása nem okozott szignifikáns különbséget az éjszakai alvás reggeli értékelésében. Egy tanulmány, ami főleg az alvás szubjektív értékelésével foglalkozott (Memon et al., 2021) szintén hasonló következtetésre jutott. Fontos hasonlóság a

két kutatás között, hogy fiatal egészséges egyetemisták voltak mindkét esetben a résztvevők, az eredmény egyik oka pedig feltételezésük szerint az ilyenkor megfigyelhető életkori sajátosságokban keresendő (például: magas képernyő előtt töltött idő).

Mivel a terhelések utáni éjszakákon az alvás objektív mérőszámaival, illetve szubjektív értékelésével kapcsolatban egyetlen esetben sem történt változás a kontrollalkalmak során mért értékekhez képest, ezért arra a következtetésre jutottunk, hogy ezek a terhelések a fiatal felnőttekben nem okoznak olyan következményeket, amelyek az alanyok reakcióidejének változásában mérhető lenne. A tavasszal megjelenő javuló tendenciát, illetve ezáltal a kontrollalkalom, az aerob és az anaerob edzést követő vizsgálat eredményei között kialakuló szignifikáns különbséget a tanulás mechanizmusával magyarázzuk (Nguyen et al., 2019).

VII. A vizsgálat limitációi, és további kutatási lehetőségek

Kutatásunk legnagyobb limitációja az alacsony mintaszámában található. Továbbá nem szerencsés, hogy valószínűleg az esetek döntő többségében a résztvevőink ébresztőóra keltek, azonban ez a vizsgált csoport egyik velejárója. Ezen kívül nehézséget okoz, hogy bár kértük alanyainktól, hogy ne változtassanak addigi életvitelükön, ezt a valóságban nem lehet teljes mértékben megvalósítani. Egy egyszerű példával élve, lehet, hogy egy adott személy minden este ugyanakkor vacsorázik, de szinte biztos, hogy nem minden este ugyanannyit, vagy ugyanazt az ételt fogyasztja, és ez már befolyásoló tényező lehet. Éppen ezért a jövőben érdemes lehet ezzel az összefüggéssel foglalkozni, természetesen a vizsgálati személyek számának növelése mellett. Eredményeink alapján fontos lehet az évszakok alvásra gyakorolt hatásának vizsgálatával foglalkozni akár teljes évszakos megfigyeléssel tavasszal és ősszel, akár nyári időszakot is hozzáadva. Utóbbi azért lehet még kedvező, mert nagyobb eséllyel lehet kikerülni az ébresztőóra használatát egyetemisták körében.

VIII. Összefoglalás

Számos kutatás foglalkozott már a fizikai aktivitás, illetve az alvás minősége és mennyisége közötti összefüggésekkel, eredményeik azonban sokszor ellentmondásosnak tűnnek, mivel a befolyásoló tényezők száma nagyon magas. Az alvásminőség fontos moderátora a kognitív teljesítmények is, egyik jól megfigyelhető tulajdonsága a reakcióidő.

Az akut aerob és az anaerob terhelés alvásra gyakorolt hatásaival viszonylag keveset foglalkoztak a szakirodalmak, ezért kutatási céljaink között megfogalmaztuk ezeknek a típusú igénybevételek hatásainak vizsgálatát a következő éjszakai alvás objektív paramétereivel, illetve szubjektív érzékelésével kapcsolatban, illetve ennek a következményeit a résztvevők

reakcióidejére. További célunk volt megfigyelni a két vizsgált időszak (tavasz és ősz) közötti lehetséges eltéréseket.

A vizsgálatban fiatal egyetemista férfiak vettek részt (n=8). A vizsgálat tavasszal és ősszel három egymást követő héten zajlott, egy héten egyetlen terhelést kaptak (sorrendben: kontrollalkalom, aerob, anaerob terhelés). A terheléseket a résztvevők pulzusszámahoz igazítottuk, hatását tejsavméréssel, és az RPE skálára adott értékekkel igazoltuk. Az alvás objektív adatait aktigráf készülékekkel vizsgáltuk, a szubjektív értékelés a Groningen SQS segítségével történt. Az adatokat a terhelést megelőző kettő, illetve a terhelést követő éjszakákról gyűjtöttük. A terhelés másnapján reakcióidő-vizsgálatot BlazePod készülékekkel végeztük. A szignifikancia szintjét $p < 0,05$ értékben határoztuk meg.

Az aerob és az anaerob edzéseket követő éjszakák adatai sem egymással, sem a kontrollalkalmat követő éjszakához képest nem mutattak szignifikáns különbséget (objektív és szubjektív tulajdonságok sem). A tavaszi és őszi eredmények között három objektív tulajdonság tekintetében (SOL, WASO, AL) találtunk szignifikáns különbséget, előbbi kettő ősszel, utóbbi pedig tavasszal volt kedvezőbb az alvásminőség szempontjából. A reakcióidő-vizsgálat eredményei során megfigyeltünk egy javuló tendenciát tavasszal, illetve egy szignifikáns különbséget a kontrollalkalmat, az aerob és az anaerob terheléseket követő eredmények között.

Következtetéseink szerint egyszeri edzés nem befolyásolja szignifikánsan az alvás objektív mérőszámait, sem a szubjektív értékelését. Az évszakok hatása azonban bizonyos tulajdonságokra szignifikanciát mutatott, ennek oka feltételezésünk szerint a nappalok hosszának változásában található. A reakcióidőben fellépő változásokat a tanulás mechanizmusával hoztuk összefüggésbe.

IX. Irodalomjegyzék:

- Atoui, S., Chevance, G., Romain, A. J., Kingsbury, C., Lachance, J. P., & Bernard, P. (2021). Daily associations between sleep and physical activity: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2021.101426>
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7154893>
- Cajochen, C., Kräuchi, K., & Wirz-Justice, A. (2003). Role of Melatonin in the Regulation of Human Circadian Rhythms and Sleep. *Journal of Neuroendocrinology*, 15(4), 432–437. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2826.2003.00989.x>
- Carneiro-Barrera, A., Amaro-Gahete, F. J., Acosta, F. M., & Ruiz, J. R. (2020). Body Composition Impact on Sleep in Young Adults: The Mediating Role of Sedentariness, Physical Activity, and Diet. *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/jcm9051560>

- Carskadon, M.A., & Dement, W.C. (2011). Monitoring and staging human sleep. In M.H. Kryger, T. Roth, & W.C. Dement (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine*, 5th edition, (pp 16-26). St. Louis: Elsevier Saunders.
- Chaput, J. P., Dutil, C., & Sampasa-Kanyinga, H. (2018). Sleeping hours: What is the ideal number and how does age impact this? *Nature and Science of Sleep*, 10, 421–430. <https://doi.org/10.2147/NSS.S163071>
- de Souza, L., Benedito-Silva, A. A., Pires, M. L. N., Poyares, D., Tufik, S., & Calil, H. M. (2003). Further validation of actigraphy for sleep studies. *Sleep*, 26(1), 81–85. <https://doi.org/10.1093/sleep/26.1.81>
- Dolezal, B. A., Neufeld, E. V., Boland, D. M., Martin, J. L., & Cooper, C. B. (2017). Interrelationship between Sleep and Exercise: A Systematic Review. *Advances in Preventive Medicine*, 2017, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2017/1364387>
- Driller, M. W., & Dunican, I. C. (2021). No familiarization or ‘first-night effect’ evident when monitoring sleep using wrist actigraphy. *Journal of Sleep Research*, 30(4), 1–7. <https://doi.org/10.1111/jsr.13246>
- Ezati, M., Keshavarz, M., Barandouzi, Z. A., & Montazeri, A. (2020). The effect of regular aerobic exercise on sleep quality and fatigue among female student dormitory residents. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 12(1), 44. <https://doi.org/10.1186/s13102-020-00190-z>
- Garrow, J. S., & Summerbell, C. D. (1995). Meta-analysis: effect of exercise, with or without dieting, on the body composition of overweight subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49(1), 1–10. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7713045>
- Gastin, P. B. (2001). Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise. *Sports Medicine*, 31(10), 725–741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Goodwin, M. L., Harris, J. E., Hernández, A., & Gladden, L. B. (2007). Blood lactate measurements and analysis during exercise: A guide for clinicians. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 1(4), 558–569. <https://doi.org/10.1177/193229680700100414>
- Halson, S. L. (2014). Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Medicine*, 44(SUPPL.1), 13–23. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0147-0>
- Hauswirth, C., Louis, J., Aubry, A., Bonnet, G., Duffield, R., & Le Meur, Y. (2014). Evidence of disturbed sleep and increased illness in overreached endurance athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(5), 1036–1045. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000177>
- Hermann, R., Lay, D., Wahl, P., Roth, W. T., & Petrowski, K. (2019). Effects of psychosocial and physical stress on lactate and anxiety levels. *Stress*, 22(6), 664–669. <https://doi.org/10.1080/10253890.2019.1610743>
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35(3), 307–315. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13470504>
- Kölling, S., Wiewelhove, T., Raeder, C., Endler, S., Ferrauti, A., Meyer, T., & Kellmann, M. (2016). Sleep monitoring of a six-day microcycle in strength and high-intensity training. *European Journal of Sport Science*, 16(5), 507–515. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1041062>
- Kredlow, M. A., Capozzoli, M. C., Hearon, B. A., Calkins, A. W., & Otto, M. W. (2015). The effects of physical activity on sleep: a meta-analytic review. *Journal of Behavioral Medicine*, 38(3), 427–449. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9617-6>
- Lang, C., Kalak, N., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2016). The relationship between physical activity and sleep from mid adolescence to early adulthood. A systematic review of methodological approaches and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 28, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2015.07.004>
- Mah, C. D., Mah, K. E., Kezirian, E. J., & Dement, W. C. (2011). The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep*, 34(7), 942–950. <https://doi.org/10.5665/SLEEP.1132>
- Manber, R., & Bootzin, R. R. (1997). Sleep and the menstrual cycle. *Health Psychology*, 16(3), 209–214. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.16.3.209>

- Mattingly, S. M., Grover, T., Martinez, G. J., Aledavood, T., Robles-Granda, P., Nies, K., Striegel, A., & Mark, G. (2021). The effects of seasons and weather on sleep patterns measured through longitudinal multimodal sensing. *Npj Digital Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00435-2>
- McIntyre, I. M., Norman, T. R., Burrows, G. D., & Armstrong, S. M. (1989). Human Melatonin Suppression by Light is Intensity Dependent. *Journal of Pineal Research*, 6(2), 149–156. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1989.tb00412.x>
- Memon, A. R., Gupta, C. C., Crowther, M. E., Ferguson, S. A., Tuckwell, G. A., & Vincent, G. E. (2021). Sleep and physical activity in university students: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, 58, 101482. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2021.101482>
- Miller, D. J., Sargent, C., Roach, G. D., Scanlan, A. T., Vincent, G. E., & Lastella, M. (2020). Moderate-intensity exercise performed in the evening does not impair sleep in healthy males. *European Journal of Sport Science*, 20(1), 80–89. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1611934>
- Natale, V., Plazzi, G., & Martoni, M. (2009). Actigraphy in the assessment of insomnia: A quantitative approach. *Sleep*, 32(6), 767–771. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.6.767>
- Nelson, K. L., Davis, J. E., & Corbett, C. F. (2022). Sleep quality: An evolutionary concept analysis. *Nursing Forum*, 57(1), 144–151. <https://doi.org/10.1111/nuf.12659>
- Newell, J., Higgins, D., Madden, N., Cruickshank, J., Einbeck, J., McMillan, K., & McDonald, R. (2007). Software for calculating blood lactate endurance markers. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1403–1409. <https://doi.org/10.1080/02640410601128922>
- Nguyen, C. N., Clements, R. N., Porter, L. A., Clements, N. E., Gray, M. D., Killian, D. J., & Baker, R. T. (2019). Examining Practice and Learning Effects With Serial Administration of the Clinical Reaction Time Test in Healthy Young Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 28(6), 558–563. <https://doi.org/10.1123/jsr.2017-0340>
- Okamoto-Mizuno, K., & Tsuzuki, K. (2010). Effects of season on sleep and skin temperature in the elderly. *International Journal of Biometeorology*, 54(4), 401–409. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0291-7>
- Postolache, T. T., Hung, T.-M., Rosenthal, R. N., Soriano, J. J., Montes, F., & Stiller, J. W. (2005). Sports Chronobiology Consultation: From the Lab to the Arena. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 415–456. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.001>
- Prentice, A. M., & Jebb, S. A. (2001). Beyond body mass index. *Obesity Reviews*, 2(3), 141–147. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2001.00031.x>
- Sadeh, A., Sharkey, M., & Carskadon, M. A. (1994). Activity-Based Sleep-Wake Identification: An Empirical Test of Methodological Issues. *Sleep*, 17(3), 201–207. <https://doi.org/10.1093/sleep/17.3.201>
- Saidi, O., Peyrel, P., del Sordo, G., Gabriel, B., Maso, F., Doré, É., & Duché, P. (2023). Is it wiser to train in the afternoon or the early evening to sleep better? The role of chronotype in young adolescent athletes. *Sleep*, 46(7), 1–13. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad099>
- Saif, A. Al, & Alsenany, S. (2015). Aerobic and anaerobic exercise training in obese adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(6), 1697–1700. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1697>
- Simor, P., Köteles, F., Bódizs, R., & Bárdos, G. (2009). A questionnaire based study of subjective sleep quality: The psychometric evaluation of the Hungarian version of the Groningen Sleep Quality Scale. *Mentálhigiéné És Pszichoszomatika*, 10(3), 249–261. <https://doi.org/10.1556/Mental.10.2009.3.5>
- Stutz, J., Eiholzer, R., & Spengler, C. M. (2019). Effects of Evening Exercise on Sleep in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(2), 269–287. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1015-0>
- Uchida, S., Shioda, K., Morita, Y., Kubota, C., Ganeko, M., & Takeda, N. (2012). Exercise effects on sleep physiology. *Frontiers in Neurology*, APR(April), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fneur.2012.00048>
- Withers, R. T., Sherman, W. M., Clark, D. G., Esselbach, P. C., Nolan, S. R., Mackay, M. H., & Brinkman, M. (1991). Muscle metabolism during 30, 60 and 90 s of maximal cycling on an air-braked ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 63(5), 354–362. <https://doi.org/10.1007/BF00364462>

- Yamanaka, Y., Hashimoto, S., Takasu, N. N., Tanahashi, Y., Nishide, S. Y., Honma, S., & Honma, K. I. (2015). Morning and evening physical exercise differentially regulate the autonomic nervous system during nocturnal sleep in humans. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 309(9), R1112–R1121. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00127.2015>
- Youngstedt, S. D. (2005). Effects of Exercise on Sleep. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2004.12.003>
- Zhao, H., Lu, C., & Yi, C. (2023). Physical Activity and Sleep Quality Association in Different Populations: A Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 1864. <https://doi.org/10.3390/ijerph20031864>