

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI KAR
EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető: Prof. Dr. Kiss István az MTA doktora, egyetemi tanár

Programvezető: Dr. Rétsági Erzsébet

Témavezető: Dr. Ács Pongrác

Társ témavezető: Dr. Tóth Miklós

Az extrém fizikai és pszichés stressz vegetatív szabályozásra kifejtett hatása a
szívfrekvencia variabilitás (HRV) paraméterek tükrében

Doktori (Ph.D.) értekezés

Móra Ákos



Pécs, 2024

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az 1900-as évek elején, a homeosztázis fogalmának meghatározása után kialakult az a nézőpont, hogy az emberi szervezet sejtjei a belső környezetükben teljes állandóságot, steady-state állapotot tartanak fent. Azonban a század második felében a technológia fejlődésével lehetővé vált a jelfeldolgozás vizsgálata, amely során kiderült, hogy a biológiai állandóság része a folyamatosan fennálló változékonyság. Az emberi szervezet szabályozásában fennálló optimális mértékű, folyamatos és dinamikus variabilitás szükséges ahhoz, hogy a szervezet rugalmasan tudjon alkalmazkodni a körülmények változásához, és azok kedvezőtlen alakulása ellenére képes legyen fenntartani a szükséges homeosztázist. Ugyanakkor a túlzottan kis- vagy nagymértékű variabilitás nem egészséges, a szív és a keringési rendszer nem megfelelő működése mellett kimerülést, betegséget, pszichés problémákat, szellemi fogyatékoságot is jelezhet. A homeosztázis és a környezeti ingerekre kiváltott keringési adaptáció szabályozása a vegetatív idegrendszer feladata, amelyben a szimpatikus és a paraszimpatikus hatások is megjelennek.

Az egészséges, a környezeti hatásokra megfelelően reagálni képes szívműködés folyamatosan változó szívfrekvenciát feltételez, az egészséges szívműködés nyugalmi EKG eredményén az egymást követő R hullámok közötti időbeli távolságok (R-R) nem egyenlők, ezt a jelenséget nevezik szívfrekvencia változékonyságnak (Heart rate variability, HRV).

HRV PARAMÉTEREK

Time-domain paraméterek

A time domain mutatók számítása az egyik legalapvetőbb kutatási módszer használatával történik, a megfelelő fiziológiai mutatók változását az idő függvényében vizsgálják.

R-R: Két, egymást követő R hullám között eltelt idő ms-ban kifejezve. Az R-R távolságok sorozata egyszerűen, non-invázív módon mérhető, de az aritmiaik, és a különféle mérési hibák miatt ez az adat nem használható további számítások alapjaként.

N-N: Normal-to-normal szív ciklus. Két, egymást követő ektópia mentes R hullám között eltelt idő ms-ban kifejezve. Ez a mutató jelenti a további time-domain és frequency domain paraméterek számításának alapját.

SDNN: A normál szív ciklusok szórása, mértékegysége a ms. Az SDNN mutató nagyon érzékeny az adatrögzítés időtartamára, így eltérő hosszúságú mérések összehasonlítására nem alkalmas.

rMSSD: Az egymást követő szív ciklusok hosszának négyzetátlaga. A HRV-ben megmutatózó, a vagális tónus által okozott változások elsődleges mutatója. Az rMSSD esetében a nagyobb érték a magasabb paraszimpatikus hatások jelzője, ennek megfelelően szoros összefüggést mutat a HF értékével.

pNN50: Azon egymást követő szív ciklus párok aránya a teljes mintában, amelyek között az időbeli eltérés legalább 50 ms. Erős korrelációt mutat a paraszimpatikus aktivitással, így az rMSSD és a HF mutatókkal.

Frequency domain paraméterek

A szívfrekvencia variabilitás neurális háttere, hogy a szimpatikus és a paraszimpatikus vegetatív tónus periodikusan, különféle frekvenciával változik. A frequency domain mutatók elemzésének a célja ennek a változékonyságnak az értékelése.

HF: A HF mutató a 0,15 és a 0,4 Hz közötti frekvencia tartományt értjük, a paraszimpatikus dominanciát és a vegetatív tónust jellemző mutató.

LF: Az LF mutató a 0,04 és 0,15 Hz közötti frekvencia tartományt értjük. Bár korábban úgy vélték, hogy az LF mutató a szimpatikus tónus jelzője, ma már bizonyított, hogy az LF értékére a szimpatikus és a paraszimpatikus tónus is hatással van.

LF/HF: Korábban a vegetatív tónus legjobb jelzőjének tartották, azonban az LF mutató vitatott élettani jelentősége miatt jelenleg a hányados értékének interpretálása sem egyértelmű.

A STRESSZ HATÁSA A HRV-RE

Selye János szerint a stressz a szervezet nem specifikus válasza a szervezetre ért ingerekre. A stressz definíciója esetén megkülönböztetjük a kiváltó ingert (stresszor), valamint a szervezet arra adott válaszát (stressz), azaz a stressz a szervezet megküzdése bármilyen külső vagy belső fenyegetettség vagy veszélyérzet esetén. Stresszes helyzetben a vegetatív idegrendszer szimpatikus része válik dominánssá, amely a stressz hormonok (például: kortizol, adrenalin) fokozott elválasztásán keresztül igyekszik a szervezetben elérhető legtöbb energiát mozgósítani a hatékony védekezés érdekében.

A nemzetközi szakirodalomban a stressz mérését elsősorban validált kérdőívek segítségével mérik, azonban az utóbbi évtizedekben a kérdőíves felmérés mellett egyre inkább szükségessé vált egy olyan élettani mutató, vagy vizsgálati módszernek az alkalmazása, ami képes számszerűsíteni azt, hogy a szervezetnek milyen mértékben kellett a homeosztázisát jelentő variabilitás határokon átlépnie a külső körülményekkel való megküzdés során. A leginkább

elterjedt a szívfrekvencia variabilitás elemzése vált, aminek az oka, hogy a HRV a legérzékenyebb a vegetatív idegrendszerben bekövetkező változásokra.

Fizikai stressz

A paraszimpatikus hatásokat jelző mutatók (rMSSD, pNN50, HF) mindegyike csökken az edzés hatására az edzés előtti kiindulási értékekhez képest, amelyet a szimpatikus dominancia emelkedését és a paraszimpatikus hatások csökkenését mutatja, valamint a szívfrekvencia fokozódását eredményezi, azonban ennek mértéke már az egyéni tulajdonságok függvénye. A fizikai stressz hatására a paraszimpatikus hatások folyamatosan csökkennek az első ventilációs küszöbig, azonban kis mértékű vagális kontroll még maximális intenzitás esetén is detektálható. Az eltérő edzéstípusok HRV-re kifejtett hatását több alkalommal is vizsgálták és összehasonlították, melyek során arra jutottak, hogy az egyéni maximális pulzusszám 80%-a feletti intenzitás hatást gyakorolt a frequency domain mutatókra, a 80% alatti intenzitású edzés viszont nem.

Pszichés stressz

Több kutató is vizsgálta a pszichés stressz és a HRV összefüggéseit, amely kutatások eredménye leggyakrabban az alacsony paraszimpatikus, illetve emelkedett szimpatikus aktivitás megfigyelése és detektálása volt, amelynek eredményeképpen csökkenő HF értékekről számoltak be. Pszichés stressz esetén a tapasztalat jelentősége kiemelkedő, a tapasztalt személyek pszichés modelleket és automatizmusokat alakítanak ki az információ feldolgozására, így rendelkeznek egy tartalék kognitív kapacitással, amelyet a váratlan helyzetek megoldására tudnak fordítani, ugyanakkor ennek a mentális kapacitásnak meg kell jelennie a vagális úton szabályozott HRV mutatókban is, hiszen azok erős összefüggést mutatnak a kognitív teljesítménnyel és a prefrontális idegi aktivitással.

KÉRDÉSFELTEVÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az első, longitudinális vizsgálat célja az volt, hogy igazoljuk, hogy a HRV alkalmas a szervezetet ért stresszhatások kimutatására, valamint eltérő stresszhatások között a különbségek megjelenítésére.

1. Feltételeztük, hogy a HRV értékek már egy 5 napos edzőtábor alatt is szignifikáns változásokat mutatnak.
2. Feltételeztük, hogy azonos edzettségű sportolók eltérő jellegű terhelése eltérő mértékű változásokat generál a résztvevők HRV mutatóiban.

3. Feltételeztük, hogy regeneráló edzések hatására a HRV mutatók változásának mértéke elmarad a regeneráló edzést nem végző résztvevők értékeinek változásától.

Összehasonlító vizsgálatunkban arra tettünk kísérletet, hogy a mindennapi életben a szervezet szabályozásában egyszerre szerepet játszó fizikális és pszichés hatásokat elkülönítsük, és így a fizikális és a pszichés stressz szervezetre gyakorolt hatásait egymástól elkülönítve értékeljük.

4. Feltételeztük, hogy a szervezet fizikális és a pszichés stresszre adott válaszadási szabályozásában különbséget tapasztalunk.
5. Feltételeztük, hogy az extrém stresszhatások miatt a HRV mutatók többsége szignifikáns változást mutat a nyugalmi állapothoz képest.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A disszertációban két, egymástól független kutatás adatainak értékelése került bemutatásra. A longitudinális kutatásban azt vizsgáltuk, hogy az eltérő terhelés hogyan befolyásolja a sportolók HRV értékeit egy rövid, 5 napos edzőtábor során. A második vizsgálatban igyekeztünk különválasztani a sportolókat érő fizikai és pszichés stresszt annak érdekében, hogy az adott stressztípus szervezetre kifejtett hatását szeparáltan tudjuk elemezni.

RÉSZTVEVŐK

A longitudinális kutatásban 15 egészséges, első osztályú, férfi kézilabdázó ($18,9 \pm 0,8$ év) vett részt. A sportolókat véletlenszerűen három csoportba osztottuk: az 1-es csoport tagjai naponta egy intenzív edzésen vettek részt (1; $n=5$), az 1+1 csoport tagjai napi egy intenzív, valamint egy regeneráló (1+1; $n=5$), a 2-es csoport tagjai pedig napi két intenzív edzésen vettek részt (2; $n=5$) 5 napon keresztül. A két különböző stresszor összehasonlító vizsgálatában 63 egészséges, másodosztályú férfi labdarúgó vett részt ($25,14 \pm 5,81$ év). A résztvevők két, egymástól független teszt protokollt teljesítettek néhány nap eltéréssel. Az első teszt egy extrém fizikai, a második teszt egy extrém pszichés stresszt okozó próba volt.

VIZSGÁLATI PROTOKOLL

A longitudinális vizsgálatban a sportolónak intenzív, illetve a csoportba sorolástól függően regeneráló edzéseken kellett részt venniük. Az intenzív edzések komplex futó, erőfejlesztő, funkcionális, valamint sportági edzéseket tartalmaztak az egyesület erőnléti edzőjének vezetésével. Az intenzív edzések követelménye az volt, hogy az edzés intenzitását a sportolók átlagosan legalább 15-ös értékkel jellemezzék az észlelt erő kifejtést, szubjektív terhelés-

intenzitást leíró Borg skálán. A regeneráló edzések követelménye az volt, hogy a pulzusszámuk ne emelkedjen saját maximális pulzusértékük 79%-a fölé, illetve, hogy a szívfrekvencia a teljes edzésidő 90%-ában a saját maximális pulzusszámuk 60 és 79%-a között maradjon.

Az összehasonlító vizsgálat extrém fizikai stressz tesztje során a résztvevők egy önkéntes, teljes fáradásig tartó, fokozatosan nehezedő futóprogramot hajtottak végre futópadon, módosított Bruce protokoll alapján.

Az extrém pszichés stressz protokollt néhány nappal később teljesítették a résztvevők. A vizsgálati helységbe történő belépést követően a feladatuk az volt, hogy keresztülsétáljanak a helységen, azonban felhívtuk a figyelmüket arra, hogy váratlan helyzetek is előfordulhatnak, amelyről el kell dönteniük, hogy a kialakult szituáció rájuk nézve veszélyes, vagy sem. Bizonyos idő eltelével egy specialista lépett be a terembe egy oldalajtón, és kétszer elsütötte a fegyverét a résztvevő felé, szándékosan a résztvevő mellé célozva vaktölténnyel, amellyel a sérülés elkerülhető volt, de az intervenció elérte a vizsgálat céljában álló stressz hatást.

HRV MÉRÉS

A longitudinális vizsgálatban Polar V800 pulzusmérő órát használtuk Polar H7 pulzusmérő jeladóval. A mérést minden reggel a délelőtti edzés előtt végezték a sportolók, fekvő testhelyzetben. A mérés 9 percig tartott, amelyből a megnyugvás utáni 265 ektópia mentes szív ciklust elemeztük. Az összehasonlító vizsgálatban laboratóriumi körülmények között volt lehetőségünk a HRV mutatók mérésére, ezért 12 elvezetéses EKG-t használtunk közvetlenül a teszt előtt (pre), valamint 30 perccel a teszt befejezését követően (post). A mérés fekvő testhelyzetben történt, a mért adatok közül 265 ektópia mentes szív ciklust választottunk ki.

EREDMÉNYEK

LONGITUDINÁLIS VIZSGÁLAT

A 2-es csoportba tartozó sportolók training load értékei szignifikánsan magasabbak voltak az első 3 nap során, mint a másik két csoport értékei (2 vs. 1+1 $p=0,0005$; 2 vs. 1 $p=0,0001$), ami abból adódott, hogy a két intenzív edzés TL mutatójának összege lényegesen magasabb értéket eredményezett, mint a másik két csoport tagjainak egy edzéséből adódó TL érték. A negyedik és ötödik napon szignifikáns különbséget csak a 2-es és az 1-es csoport tagjai között találtunk ($p=0,0191$). Az edzésterhelési mutató nagymértékű csökkenése miatt szignifikáns a 2-es csoport első három napja, valamint a negyedik és ötödik nap TL értéke közötti különbség is ($p=0,0078$). A 2-es csoport training load mutatójának nagymértékű csökkenését a fáradtság

fokozódásának tudjuk be (1. ábra). A TL értékek változásával párhuzamosan változott a sportolók maximális pulzusszámának 80%-a felett töltött edzésidő mértéke is.

Nem találtunk összefüggést a sportolók által vezetett szubjektív terhelés értékelés (Borg-skála), valamint az adott edzés training load értéke között ($r=0,091$), valamint nem tudtunk szignifikáns korrelációkat kimutatni a csoportokon belül sem (2-es csoportban $r=0,238$, 1+1 csoportban $r=-0,335$, 1-es csoportban $r=0,369$). Ezután a training load eredmények alapján elkülönítettük az első 3 nap adatait, azonban szignifikáns együttjárást itt sem találtunk (2-es csoportban $r=0,267$, 1+1 csoportban $r=-0,189$, 1-es csoportban $r=0,300$). Nem találtunk kapcsolatot az adott játékos posztja valamint a Borg skálán vezetett értékek ($r=0,022$), sem pedig a poszt és a training load értékek között ($r=-0,370$).

A 2-es csoport esetében az SDNN, illetve az átlagos R-R távolságok értékein jól látható, hogy az alapméréshez képest emelkedett értékek fokozatosan csökkennek, egészen a negyedik, illetve az ötödik napig, majd utána újra emelkedés látható. Az eredmények összhangban vannak a training load mutató változásával, ugyanis az első három nap elért magas TL értékkel párhuzamosan csökkentek a sportolók vizsgált time-domain adatai, ugyanakkor a fáradás miatt bekövetkezett TL csökkenése lehetővé tette a vizsgált adatok emelkedését. A megfigyelést tovább erősíti a pNN50 adatok változása, amely a második nap reggelén mért nagymértékű emelkedés után a negyedik nap érte el a legalacsonyabb értékét, majd a training load mutató csökkenésével fordítottan, azonban a többi HRV paraméter változásának megfelelően alakult, újra emelkedést mutatott.

A time-domain mutatókon kívül a frequency-domain mutatók is az előzőekben bemutatott mintázatot mutatják, a magas frekvenciát mutató HF, valamint az alacsony frekvenciát jelző LF esetében is az alapméréshez képest megemelkedett érték fokozatosan csökkent a negyedik napig, majd a hét második felében a training load mutatóval ellentétes változást mutatva emelkedett. Az LF/HF arány paraméter változásának dinamikája nem követte a fent tárgyalt mutatók mintázatát, változása nagymértékű egyéni variabilitást mutatott. Egységes tendenciát a csoportokon belül sem tudtunk megfigyelni. A vizsgálat megerősítette a nemzetközi szakirodalomban olvasható kapcsolatot az rMSSD (6. ábra) és a HF komponens között. A két, paraszimpatikus aktivitás mértékét mutató paraméter alakulásának dinamikája megegyezik mind a 3 csoport esetén.

ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLAT

Az extrém fizikális stressz teszt után minden HRV paraméter szignifikánsan emelkedett a nyugalmi értékekhez viszonyítva. Az extrém pszichés stressz teszt után a változók többsége

szintén szignifikáns változást mutatott, ugyanakkor a mutatók egy része csökkent. Mind a két teszt protokoll során szignifikáns változást figyeltünk meg az NNmax, az NNmean, a pNN50, az rMSSD, a HF, valamint az LF/HF mutatók esetében.

A fizikai és pszichés stressz tesztek minden HRV érték ellentétesen változott az LF mutató kivételével. Az NNmax (ms), NNmean (ms), SDNN (ms), pNN50 (%), rMSSD (ms), VLF (%), HF (%), és LF/HF hányados paraméterek változása erősen szignifikáns ($p < 0,001$) különbséget mutatott a teszt protokollok között. A relatív VO_2 peak értékek átlaga alapján elvégzett csoportosítás után szignifikáns különbséget találtunk az LF/HF hányados változásában a fizikai stressz teszt során, valamint a VLF paraméter változásában a pszichés stressz teszt során. A Pearson's korrelációs mátrix erős összefüggéseket mutatott ki bizonyos HRV mutatók változásának mértékei között a fizikai és a pszichés stressz protokoll esetében is.

MEGBESZÉLÉS

LONGITUDINÁLIS VIZSGÁLAT

A sportolóknál mért TL értékek alapján látható, hogy az első 3 nap során a 2-es csoportba tartozó sportolók edzés terhelési mutatója szignifikánsan különbözött a másik két csoport tagjaitól, aminek az volt az oka, hogy megközelítőleg kétszer annyi időt töltöttek intenzív edzéssel, mint a másik két csoport tagjai. A 4. és az 5. nap edzései során azonban ez a szignifikáns különbség eltűnt, a regeneráció nélküli, folyamatosan göngyöltetett fáradás miatt a szervezet nem engedte, hogy a sportolók továbbra is az azt megelőző mértékű edzőmunkát végezzenek. Ezt támasztja alá az is, hogy a sportolók egyéni maximális pulzusszámuk 80%-a felett végzett edzőmunka ideje nagymértékben csökkent a harmadik nap után, az első három nap, átlagosan a teljes edzésidő 60%-át töltötték a 80%-os pulzusérték felett, ez a szám 15% és 18%-ra csökkent a negyedik és az ötödik napra. Az egyes HRV paraméterek alakulása is megerősíti a fenti gondolatmenetet, a 2-es csoport tagjainál az átlagos R-R távolság, a pNN50 és a HF mutatók is folyamatos csökkentést mutatnak a 4. nap reggelén végzett mérésig, majd az 5. és 6. nap reggeli mérés során fokozatosan emelkednek. Az átlagos R-R távolságok csökkenése (azaz a pulzusszám emelkedése) szimpatikus, emelkedése paraszimpatikus dominanciát mutat. A pNN50 mutató változása is a fenti dinamikát követi, fokozatos csökkenése azt jelenti, hogy a 4. nap reggelén végzett mérésig fokozatosan emelkedett a szimpatikus tónus dominanciája, amikor viszont a fáradtság miatt a szervezet fokozta a vagus aktivitást a homeosztázishoz való visszatérés érdekében, és ez a pNN50 paraméter emelkedéséhez vezetett. A paraszimpatikus hatásokat jelző HF komponens hasonló dinamikájú változása önmagáért beszél, amelyet megerősít a HF paraméterrel erős korrelációt mutató

rMSSD mutató változási dinamikája is. A szakirodalmi áttekintésben említésre került, hogy az LF komponens élettani alapja továbbra is vitatott, és ma már megdőlt az a korábban népszerű nézet, miszerint a mutató a szimpatikus hatások megjelenítésére alkalmas. Amennyiben a szimpatikus hatásokat jelezné, akkor a mérés során a fenti dinamikával ellentétesen kellett volna változni az értékének, azonban az edzőtábor során regisztrált mintázata megegyezett a fent említett paraméterek mintázatával. Az LF/HF hányados értékének alakulását mutató ábrán nem figyelhető meg egyértelmű, világos tendencia a vegetatív tónus alakulását illetően, a résztvevőknél mért értékek és az adatok egyéni változásai nagymértékű variabilitást, valamint a nagy szórás értékekből kiindulva erős heterogenitást mutattak a csoportokon belül is. Ez a megállapítás megerősíti, hogy az LF mutató nem, vagy nem kizárólag a szimpatikus tónus mértékének jelzője, amely alapján igazolást nyert, hogy az LF/HF hányados sem alkalmas a vegetatív szabályozási folyamatok bemutatására.

Az 1+1 csoport esetében kíváncsiak voltunk, hogy mekkora a regeneráló edzések jelentősége sorozatterhelés esetén. Az ebbe a csoportba tartozó résztvevők TL értéke nem mutatott különbséget az edzőtábor első három, valamint az utolsó két napja között, a sportolók egyéni maximális pulzusszámának 80%-a felett eltöltött idő nagysága pedig csupán kismértékben csökkent a 2-es csoportba besorolt sportolókhoz képest. A HRV mutatók, különösen az átlagos RR távolság, valamint az LF és a HF paraméterek értékelésekor látható, hogy a csoport tagjainak eredményei folyamatosan a kiinduló értékek közelében maradnak, nagymértékű változások nem figyelhetők meg.

ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLAT

Clemente-Suárez és Robles-Pérez (2013) eredményei szerint egy harci szituációban a résztvevők szimpatikus tónusa emelkedett, amit az átlagos R-R távolságok, valamint az SDNN mutató csökkenése jelez, azaz aktiválódott a “fight-or-flight” mechanizmus. Vizsgálatunk nem igazolta ezt az eredményt, sőt, résztvevőinknél emelkedő SDNN és átlagos R-R távolságot mértünk. Az eltérő eredmények magyarázata véleményünk szerint a résztvevők kiválasztási módszertanában keresendő, ugyanis Clemente-Suárez és Robles-Pérez kutatásában tapasztalt katonák vettek részt, míg mi másodosztályban versenyző labdarúgókat vizsgáltunk, akiknek már a pszichés teszt kezdete előtt, a fegyver átadásával emelkedett a stressz szintje. A fenti kutatásban a katonáknak egy komplex mentális feladatot is végre kellett hajtaniuk a teszt során (speciálisan katonák számára kifejlesztett teszt protokoll). Ezzel ellentétben vizsgálatunkban csak egy nagyon egyszerű feladatot adtunk a résztvevőknek (végig kellett sétálniuk a terem egyik végéből a másikba), amelyre azért volt szükség, hogy elkerüljük a hosszú távon

jelentkező pszichológiai tünetek megjelenését. A pszichés stressz protokoll eredményei alapján nem sikerült megerősíteni azokat a kutatási eredményeket, amelyek a verseny előtti izgalom mérésével foglalkoztak. Ezek a tanulmányok a szimpatikus dominancia emelkedéséről számoltak be (csökkenő SDNN és rMSSD). A fent említett katonai szituáció fiziológiai hatásait elemző kutatásokkal ellentétben, amelyben a katonák szimpatikus tónusa emelkedett, az általunk mért résztvevők mutatóinak változása ezeknek a vizsgálati eredményeknek az ellenkezőjét mutatta. A kutatásunkban részt vevő személyek életükben először találkoztak ezzel a szituációval, míg a fenti kutatások résztvevői tapasztaltak voltak a kutatási protokoll által meghatározott szituációval kapcsolatban.

Adataink alapján egy ismeretlen veszélyhelyzetbe kerülés az első alkalommal nagyobb hatással van a HRV adatok változására, mint bármely más tényező. A kutatási protokoll által meghatározott szituáció egy extrém pszichés stresszt jelentett a résztvevőink számára, amely a stressz nagyságának megfelelően szignifikáns változásokat generált a HRV paraméterek túlnyomó többségében. Az általunk kiváltott pszichés stressz mértéke nagyban meghaladta a korábbi kutatásokban átélt stressz nagyságát, amit a protokoll jellegének, az abban való korábbi ismeretek hiányának, valamint a stressz hatását fokozó tényezőknek (pl. a résztvevőknek adott pisztoly) összessége adta, amely tényezők együttese magyarázza az irodalmi áttekintésben leírt tanulmányok eredményeitől való nagymértékű eltérést.

KÉRDÉSEKRE ADOTT VÁLASZOK

1. Feltételeztük, hogy a HRV értékek már egy 5 napos edzőtábor alatt is szignifikáns változásokat mutatnak.

Feltételezésünk igazolást nyert, az intenzív sorozatterhelés jelentős változásokat generált a szervezet vegetatív szabályozásában, amely változások megjelenítésére a HRV paraméterek megfelelően bizonyultak. Vizsgálati eredményeink alapján kijelenthető, hogy a HRV paraméterek képesek az akut stressz mellett a kumulatív, hosszabb távon fennálló stresszhatásokra adott vegetatív változások és tendenciák megjelenítésére is.

2. Feltételeztük, hogy azonos edzettségű sportolók eltérő jellegű terhelése eltérő mértékű változásokat generál a résztvevők HRV mutatóiban.

Feltételezésünk igazolást nyert, az eltérő edzésterhelés eltérő dinamikájú változásokat generált a szervezet vegetatív szabályozásában, amely eltérés a HRV paraméterekben is megmutatkozott. A különböző terhelésre adott eltérő vegetatív válasz

számszerűsíthetősége a sporttudományban dolgozó kutatók és a sportolók felkészítésén dolgozó sportszakemberek számára is hasznos információt jelenthet.

3. Feltételeztük, hogy regeneráló edzések hatására a HRV mutatók változásának mértéke elmarad a regeneráló edzést nem végző résztvevők értékeinek változásától.

Feltételezésünk igazolást nyert, a regeneráló edzést végző sportolók HRV paraméterei kisebb mértékben változtak az edzőtábor során, mint a regeneráló edzést nem végző sportolók mutatói.

4. Feltételeztük, hogy a szervezet fizikális és a pszichés stresszre adott válaszadási szabályozásában különbséget tapasztalunk.

Feltételezésünk nem, vagy csak részben nyert igazolást. Bár tapasztaltunk szabályozási különbségeket a két stressz protokoll között, de eredményeinket a nemzetközi szakirodalommal összehasonlítva arra a megállapításra jutottunk, hogy az adott szituációban szerzett korábbi tapasztalatnak nagyobb befolyásoló hatása van, mint a stresszhatás jellegének. A feltüntetett vizsgálatban a résztvevő sportolók csak az extrém fizikális stressz protokollal találkoztak korábban, az extrém pszichés protokoll új, ismeretlen stresszhatásként készítette alkalmazkodásra a vegetatív szabályozásukat. Ugyanakkor a szakirodalmi adatok alapján azoknál a résztvevőknél, akik rendszeresen találkoznak extrém pszichés stresszel (pl. katonák), ugyanolyan vegetatív változásokat, tendenciákat mértek a kutatók, mint kutatócsoportunk a sportolók esetében az extrém fizikális stressz protokoll során.

5. Feltételeztük, hogy az extrém stresszhatások miatt a HRV mutatók többsége szignifikáns változást mutat a nyugalmi állapothoz képest.

Feltételezésünk igazolást nyert, az extrém stresszhatások szignifikáns változásokat generáltak a HRV mutatók mindegyikénél, függetlenül attól, hogy a résztvevőknek volt korábban szerzett tapasztalata az adott szituációban, vagy sem. Az extrém intenzitású stressz nagymértékű változásokat generált a vegetatív szabályozásban, azonban ezen változások iránya az adott szituációban szerzett korábbi tapasztalatok meglétének, vagy hiányának függvénye.

ÚJ EREDMÉNYEK

A longitudinális kutatás igazolta, hogy a HRV paraméterek vizsgálata alkalmas a szervezetet ért stresszhatások elemzésére pályamérések esetében is. A vizsgálati módszer akkor is megbízható eredményt ad, amennyiben a sportolók eltérő jellegű, vagy intenzitású edzésen vesznek részt, ugyanis a csoportok között eltérő dinamikájú HRV változásokat figyeltünk meg, amely eltérések logikusak, szakmailag alátámaszthatók.

Az összehasonlító kutatás eredeti célja az volt, hogy a sportolókat érő komplex stresszhatások két nagyobb alkotóelemét (fizikai, valamint pszichés stressz) elkülönítsük, majd ezek hatásait megpróbáljuk külön, a másiktól függetlenül megvizsgálni. Feltételezésünk az volt, hogy a két stresszhatás eltérő változásokat generál a vegetatív szabályozásban, azonban az eredmények alapján arra a megállapításra jutottunk, hogy a vegetatív szabályozás szempontjából a tapasztalatnak a befolyásoló hatása sokkal jelentősebb, mint a stresszhatás jellegének.

KULCSSZAVAK

stressz, fizikai stressz, pszichés stressz, HRV, vegetatív szabályozás

ÉRTEKEZÉS ALAPJÁUL SZOLGÁLÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Móra, Á.; Komka, Zs.; Végh, J.; Farkas, I.; Kocsisné Szilágyi, Gy.; Bosnyák, E.; Szmodis, M.; Ligetvári, R.; Csöndör, É.; Almási, G.; Oláh, A.; Kemper, H. C. G.; Tóth, M.; Ács, P.
Comparison of the Cardiovascular Effects of Extreme Psychological and Physical Stress Tests in Male Soccer Players

INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH 19: 2 Paper: 715, 12p. (2022)

Móra, Á.; Bosnyák, E.; Elek, L.; Betlehem, J.; Szmodis, M.; Ács, P.; Tóth, M.; Oláh, A.
Kézilabdázók szívfrekvencia változékonyságának alakulása eltérő edzésterhelés esetén ötnapos edzőtábor alatt - pilot study

MAGYAR SPORTTUDOMÁNYI SZEMLE 20: 1 (78) pp. S-41-S-45. (2019)

Móra, Á.; Bosnyák, E.; Elek, L.; Betlehem, J.; Szmodis, M.; Ács, P.; Tóth, M.; Oláh, A.
Eltérő edzésterhelésre adott vegetatív válasz ötnapos edzőtábor alatt - pilot study

MAGYAR SPORTTUDOMÁNYI SZEMLE 19: 75 pp. 67-67., 1 p. (2018)

Móra, Á.; Komka, Zs.; Szendrei, E.; Végh, J.; Farkas, I.; Szilágyi, Gy.; Bosnyák, E.; Ligetvári, R.; Csöndör, É.; Far, G.; Almási, G.; Szmodis, M.; Tóth, M.; Ács, P.; Oláh, A.
Extrém fizikai és mentális stresszre adott eltérő vegetatív válasz

MAGYAR SPORTTUDOMÁNYI SZEMLE 20: 2 (79) pp. 66-67., 2 p. (2019)

Móra, Á.; Komka, Zs.; Szendrei, E.; Végh, J.; Farkas, I.; Szilágyi, Gy.; Bosnyák, E.; Szmodis, M.; Ligetvári, R.; Csöndör, É.; Far, G.; Almási, G.; Ács, P.; Tóth, M.; Oláh, A.
Differences of autonomic nervous system regulation at physical and psychological stress

In: Heazlewood, IT Asia-Singapore Conference on Sport Science 2019 : Programme & Abstract Book

EAST ASIA RESEARCH (2019) 62 p. pp. 20-22., 3 p.

Móra, Á.; Bosnyák, E.; Elek, L.; Betlehem, J.; Szmodis, M.; Ács, P.; Tóth, M.; Oláh, A.
Kézilabdázók szívfrekvencia változékonyságának alakulása eltérő edzésterhelés esetén ötnapos edzőtábor alatt: pilot study

MAGYAR SPORTTUDOMÁNYI SZEMLE 19: 5 (77) p. 69 (2018)

Móra, Á.; Bosnyák, E.

A szívfrekvencia-változékonyság (HRV) adatainak értelmezése a sporttudományban

MAGYAR SPORTTUDOMÁNYI SZEMLE 17: 4 (68) pp. 72-73., 2 p. (2016)