

**MAXIMÁLIS OXIGÉNFELEVŐ-KÉPESSÉG BECSLÉSI MÓDSZEREINEK
KERESZTVALIDITÁSI VIZSGÁLATA MAGYAR ISKOLÁSKORÚ
GYEREKEKEN**

Doktori (PhD) értekezés

Kaj Mónika



Pécsi Tudományegyetem

Egészségtudományi Kar

Egészségtudományi Doktori Iskola

Doktori Iskola vezető: Prof. Dr. Bódis József egyetemi tanár, MTA doktora, rektor

Programvezető: Prof. Dr. Bódis József egyetemi tanár, MTA doktora, rektor

Témavezető: Dr. Wilhelm Márta egyetemi tanár, PhD., intézetigazgató, PTE TTK

Sporttudományi és Testnevelési Intézet

Pécs, 2017

A kézirat a TÁMOP-3.1.13-12-2013-0001 azonosító számú „A testnevelés új stratégiájának és fizikai állapot új mérési rendszerének kialakítása és az önkéntes részvétel ösztönzése a komplex iskolai testmozgásprogramok szervezésében” című kiemelt projekt és a Magyar Diáksport Szövetség támogatásával készült el.

Készítette: Kaj Mónika

Kézirat lezárva: 2017. augusztus 26.

Tartalomjegyzék

<i>Rövidítések jegyzéke</i>	<i>4</i>
<i>Táblázatok jegyzéke</i>	<i>5</i>
<i>Ábrák jegyzéke</i>	<i>6</i>
1. Bevezetés.....	8
1.1. Témaválasztás indoklása	8
1.2. Probléma felvetés	9
1.3. Vizsgálati cél, kérdésfeltevések.....	11
2. Szakirodalmi áttekintés.....	13
2.1. Az aerob fittség fogalma, mérésének jelentősége.....	13
2.2. Az aerob fittség mérése – különbségek a felnőttek és gyermekek terhelésre adott élettani válaszai között.....	16
2.2.1. Vita maxima terhelés – a gold standard	16
2.2.2. Predikciós módszerek a VO_{2peak} meghatározására	19
3. Hipotézisek	28
4. Vizsgálati anyag és módszer	29
4.1. A mintaválasztás módja	29
4.2. Elemszám	30
4.3. Adatgyűjtési módszerek és eszközök	31
4.3.1. 20 méteres állóképességi ingafutás	31
4.3.2. Laboratóriumi vizsgálat	32
4.4. Minőség-ellenőrzés	36
4.5. Statisztikai analízis.....	37
4.5.1. 20 méteres állóképességi ingafutás teszt új képletének validálása.....	38
4.5.2. NETFIT® kritérium-orientált fitsségi zónákba sorolás egyezőségének vizsgálata a tényleges és a 20 méteres ingafutás tesztből becsült VO_{2peak} érték alapján.....	39
4.5.3. NHANES futószalagos terheléses protokoll becslő módszerének validálása	40
5. Vizsgálati eredmények	42
5.1. Vizsgált minta jellemzése	42
5.2. 20 méteres állóképességi ingafutás teszt	46
5.3. NETFIT® kritérium-orientált fitsségi zónákba sorolás egyezőségének vizsgálata a mért és a 20 méteres ingafutás tesztből becsült VO_{2peak} érték alapján.....	51
5.4. A NHANES szubmaximális gyalogló teszt validitási vizsgálatának eredményei	54
6. Megbeszélés.....	61
7. Legfontosabb megállapítások és eredmények.....	69

8.	<i>Összefoglalás.....</i>	71
9.	<i>Summary</i>	73
10.	<i>Köszönetnyilvánítás.....</i>	74
11.	<i>Irodalomjegyzék.....</i>	75
12.	<i>Mellékletek.....</i>	85
1.	sz. melléklet - A 20 méteres állóképességi ingafutás tesztprotokollja	85
2.	sz. melléklet – A kutatásba bevont iskolák listája	86
3.	sz. melléklet - Szülői hozzájáruló nyilatkozat egészségdiagnosztikai vizsgálatához	87
4.	sz. melléklet – Laboratóriumi mérések adatlapja	89
5.	sz. melléklet -- A vizsgálatban használt terheléses protokoll variációi	90
6.	sz. melléklet – Terheléses protokoll számának meghatározása (NHANES – 2007)	91
7.	sz. melléklet - Physical Activity Recode (PAR) kérdőív	92
8.	sz. melléklet - ANOVA eredmények a VO_{2peak} nemenkénti és korcsoportonkénti összehasonlítására	93
9.	sz. melléklet - ANOVA eredmények az NHANES protokoll alapján becsült és mért VO_{2peak} különbségek nemenkénti és korcsoportonkénti összehasonlítására	95
13.	<i>Tudományos közlemények és konferencia előadások jegyzéke.....</i>	98
	DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÁSA ÉS NYILATKOZAT A DOLGOZAT EREDETISÉGÉRŐL	103

Rövidítések jegyzéke

BMI (Body Mass Index) – Testtömegindex

BMR (Basic Metabolic Rate) – alapanyagcsere

BP (blood pressure) - vérnyomás

CDC (Centers for Disease Control and Prevention) – Járványkezelési- és Megelőzési Központ

EUROFIT – Európai Fittségi Tesztrendszer

HDL (high density lipoprotein) – nagy sűrűségű zsírfehérje („jó koleszterin”)

HR (heart rate) – pulzusszám

HR_{rest} (resting heart rate) – nyugalmi pulzusszám

HR_{peak} (peak heart rate) – terhelés végén mért pulzusérték

IOM (Institute of Medicine) – Orvostani Intézet, USA

KSH – Központi Statisztikai Hivatal

LOA (Limits of Agreement) – egyezés határértéke; Bland & Altman, 1986

NETFIT[®] – Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt

NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) – Nemzeti Egészség és Táplálkozási Állapotfelmérés (USA)

PACER (Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run)

PAR (Physical Activity Readiness) code – Kérdőív által meghatározott fizikai aktivitási szint (0-7)

PHV (Peak height velocity) – csúcsnövekedési lökés

PMHR (Predicted Maximal Heart Rate) – várható maximális pulzusszám (220-életkor)

SEE (Standard Error of Estimates) – a becslések sztenderd hibája

VO_{2max} – maximális oxigénfelvevő-képesség

VO_{2peak} – legnagyobb mért oxigénfelvevő-képesség érték

WHO (World Health Organization) – Egészségügyi Világszervezet

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt reliabilitás vizsgálatai gyermekeknél
2. táblázat: A 20 méteres állóképességi ingafutás eredményekből fejlesztett predikciós modellek a VO_{2max} becslésére gyermekeknél
3. táblázat: A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt validitási vizsgálatainak eredményei gyermekeknél
4. táblázat: A vizsgált minta jellemzése nem és életkor szerint (n=482)
5. táblázat: Az analízisbe bevont minta laboratóriumi helyszínek szerinti megoszlása (N=354)
6. táblázat: Leíró statisztika (átlag $\pm$ szórás) a vizsgált változókra vonatkozólag nemenkénti bontásban
7. táblázat: Kétváltozós korreláció-analízis eredményei a mért maximális oxigénfelvevőképesség, néhány antropometriai adat, valamint a tesztben nyújtott teljesítmény között
8. táblázat: Leíró statisztika (átlag $\pm$ szórás) a 20 méteres ingafutás teszt eredmények alapján becsült és a futószalagos protokoll során mért VO_{2peak} értékekre vonatkozólag korcsoportonkénti és nemenkénti bontásban
9. táblázat: A vizsgált minta referencia és a 20 m ingafutásból becsült VO_{2peak} értékeinek eloszlása a NETFIT® aerob fittsági profil sztenderdek alapján besorolt fittségi zónákban
10. táblázat: Fiúk (fenn) és lányok (lenn) fittségi kategorizálás egyezőségének vizsgálati eredményei a Kappa statisztika alapján
11. táblázat: Szenzitivitás és specificitás a NETFIT® fittségi zónákra vonatkoztatva
12. táblázat: A vizsgált minta laboratóriumi vita maxima terheléses protokoll során mért nyugalmi paraméterei és terheléses élettani válaszai
13. táblázat: Leíró statisztika (átlag $\pm$ szórás) a vita maxima terhelés során mért és a NHANES alapján becsült VO_{2peak} értékekre vonatkozólag korcsoportonkénti és nemenkénti bontásban
14. táblázat: Kétváltozós korreláció-analízis eredményei a kor és BMI, a fizikai aktivitási szint, valamint a mért és becsült HR és VO_{2max} értékek között

Ábrák jegyzéke

1. ábra: A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt illusztrációja
2. ábra: Példa az alfabetikus sorrendbe állított tanulói névsorból egyszerű véletlen kiválasztással azonosított tanulók kódjaira
3. ábra: Futószalagos terheléses vizsgálat a Pécsi Tudományegyetem Sportélettani Oktató-kutató Laboratóriumában
4. ábra: A laboratóriumi helyszíneken használt futószalagos terheléses protokoll sematikus ábrája
5. ábra: A laboratóriumban mért VO_{2peak} (referencia) átlagértékek alakulása korcsoportonkénti bontásban nemek szerint
6. ábra: A NETFIT® fittségi zónák százalékos megoszlása korcsoportonként fiúknál (jobb) és lányoknál (bal) a referencia VO_{2peak} értékek kategorizálása alapján. Megjegyzés: EZ: Egészségzóna, FSZ: Fejlesztés Szükséges Zóna, FFSZ: *Fokozott Fejlesztés Szükséges Zóna*
7. ábra: A 20 méteres állóképességi ingafutásban megtett távok és a futószalagos teszt végén elért sebesség (fent), valamint a mért VO_{2peak} értékek kapcsolata (lent)
8. ábra: A futószalagos teszt végén mért és a 20 méteres állóképességi ingafutásból becsült VO_{2peak} értékek kapcsolata fiúknál (fent) és lányoknál (lent).
9. ábra: Mért és a 20 méteres ingafutás eredményéből becsült VO_{2peak} átlagértékek fiúknál és lányoknál. Az átlag referencia (mért) VO_{2peak} értékeken a hibasáv a 10%-os ekvivalencia tartományt jelöli, míg a becsült átlagértékeken feltüntetett hibasáv az átlagok különbségének 90%-os kétoldali konfidencia intervallumát jelöli. Ahogy látható, lányoknál mind az alsó és felső 90%-os konfidencia intervallumérték a 10%-os egyezőségi tartományon belül található, míg fiúknál nem.
10. ábra: Fiúk (bal) és Lányok (jobb) százalékos megoszlása a különböző fittségi zónákban a laboratóriumban mért VO_{2peak} (referencia) és a 20 méteres állóképességi ingafutásból becsült VO_{2peak} érték alapján. Megjegyzés: EZ: Egészségzóna; FSZ: Fejlesztés szükséges zóna; FFSZ: Fokozott Fejlesztés Szükséges Zóna
11. ábra: A vita maxima terhelés végén mért és a NHANES alapján becsült VO_{2peak} értékek kapcsolata fiúknál (fent) és lányoknál (lent)

12. ábra: Bland-Altman plot a NHANES alapján becsült és a mért VO_{2peak} értékek különbözőségére vonatkoztatva fiúknál (fent) és lányoknál (lent)
13. ábra: Mért és a NHANES alapján becsült VO_{2peak} átlagértékek fiúknál és lányoknál. Az átlag referencia (mért) VO_{2peak} értékeken a hibásáv a 10%-os ekvivalencia tartományt jelöli, míg a becsült átlagértékeken feltüntetett hibásáv az átlagok különbségének 90%-os kétoldali konfidencia intervallumát jelöli. Ahogy látható, lányoknál mind az alsó és felső 90%-os konfidencia intervallumérték a 10%-os egyezőségi tartományon belül található, míg fiúknál nem.

1. Bevezetés

1.1. Témaválasztás indoklása

2013-ban a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség Humán Erőforrás Programok Irányító Hatósága meghirdett egy a közoktatási rendszerben megvalósítandó „fizikai állapot új mérési rendszerének kialakítása” elnevezésű programot, mely program megvalósításának lehetőségét nyilvános pályázati eljárás lefolytatása után a Magyar Diáksport Szövetség kapta. Magyarország kormánya a projektet kiemelt projektnek nyilvánította¹. A Magyar Diáksport Szövetség a projekt megvalósítása érdekében létrehozott egy szakértői csoportot, mely csoport feladata volt a projekt tudományos kritériumoknak megfelelő, magas szintű kidolgozása a közoktatásban bevezetésre kerülő, fizikai fittséget megalapozott feltételek alapján mérő és értékelő tesztrendszer kidolgozása. Tanulmányaim és kutatási tapasztalataim alapján felkértek a „Mérés-Értékelés” elnevezésű kutatócsoportba való részvételre, így munkámmal közreműködhettem a projekt lebonyolításában. A Nemzeti Egységes Tanulói Fitsségi Teszt (NETFIT®) egészségközpontú fitsségi tesztrendszert a 2014/15-ös tanévben vezették be kötelező jelleggel valamennyi oktatási-nevelési intézményben 5. évfolyamtól kezdődően, minden további felsőbb évfolyamon².

A projekt keretein belül lebonyolított kutatásunk célja az volt, hogy tudományos módszerek alkalmazásával dolgozzunk ki egy a tanulók fizikai fittségének mérésére alkalmas komplex teszt és értékelési rendszert, mely összhangban áll a projekt kiírója által megfogalmazott célokkal, a testnevelés és sporttudomány területén elvárt tudományos kritériumokkal, a testnevelés tantárgyat tanító pedagógusok szakmai igényével, valamint a témában érintett további résztvevők által megfogalmazott elvárásokkal. Jelen doktori értekezésem fókuszába az aerob fittséget mérő teszteket helyeztem, mivel egészséggel való kapcsolatának jelentőségéből adódóan ez a fitsségi összetevő (és az azt mérő teszt(ek)) áll leginkább a szakmai érdeklődés középpontjában, valamint több vitatott kérdés megválaszolásra vár. A globálisan megfigyelt negatív

¹ TÁMOP-3.1.13-12-2013-0001 azonosító számú „A testnevelés új stratégiájának és fizikai állapot új mérési rendszerének kialakítása és az önkéntes részvétel ösztönzése a komplex iskolai testmozgásprogramok szervezésében” című kiemelt projekt

² a nevelési-oktatási intézmények működéséről és a köznevelési intézmények névhasználatáról szóló 20/2012. (VIII. 31.) EMMI rendelet 2014. október 27-i módosítása
<http://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/MK14145.pdf>

tendencia az aerob fitsségi szintet illetően arra figyelmeztet, hogy a fiatalok fitsségi állapotát folyamatosan mérni és monitorozni szükséges, hogy a szükséges intervenciók intézkedéseket képesek legyünk adekvát módon alkalmazni (Tomkinson és mtsai., 2003, 2007, 2016).

1.2. Probléma felvetés

A fitsségi állapot egyik legmeghatározóbb összetevője a kardiovaszkuláris más néven aerob fittség, melyet a testsúlykilogrammmra számított percenkénti maximális oxigénfelvételi értékkel jellemzünk (relatív VO_{2max} – ml/kg/perc³). Az aerob fitsségi szint szoros összefüggést mutat az aktuális egészségi állapottal, valamint a különböző szív-, és keringési megbetegedések kialakulásának kockázatával (Caspersen és mtsai., 1985; Janssen és Cramp, 2007; Buchan és mtsai., 2015). A rel VO_{2max} értékének meghatározása nemcsak a sportszakemberek számára szolgál hasznos információval az edzéstervezés és teljesítményfelmérés céljából, hanem az egészségügyben dolgozó szakemberek számára is nagy jelentőséggel bír az egészségdiagnosztikai, epidemiológiai vizsgálatok során. A maximális oxigénfelvétel-képesség direkt megállapítására számos módszer áll rendelkezésre, melyek közül a legpontosabb és legmegbízhatóbb eredményt a laboratóriumi körülmények között, maximális terhelésintenzitás eléréséig történő közvetlen mérés biztosítja (vita maxima terhelés). Ennek lebonyolítása azonban jelentős idő és költségfordítást igényel, a pontos mérések kivitelezéséhez speciális személyi és tárgyi feltételek szükségesek. A speciális feltételeket igénylő laboratóriumi tesztek alternatívájaként a sporttudomány és egészségtudomány területén dolgozó szakemberek kifejlesztettek egyszerű körülmények között lebonyolítható eljárásokat (pályatesztek), amelyek alapján a VO_{2max} jól becsülhető. A kifejlesztett eljárások alkalmazásának legfőbb kritériumai, hogy tudományos módszerekkel igazolhatóan megfeleljenek az érvényesség és megbízhatóság kritériumainak.

Doktori értekezésem első részének (5. *Eredmények 5.1. rész*) témája a testnevelés-, és sportszakemberek által használt 20 méteres állóképességi ingafutás teszt, a COOPER Intézet (Dallas, USA) szakértői által kidolgozott új, predikciós képletének⁴ validitásvizsgálata. Az említett számítási módszert a FITNESSGRAM és a NETFIT[®]

³ az egyszerűsítés kedvéért a doktori értekezésben a maximális oxigénfelvétel-képességet (VO_{2max}) minden esetben relatívként értelmezem

⁴ $VO_{2max}=45.619 + (0.353 \times \text{megtett távok száma}) - (1.121 \times \text{életkor})$

fittségi rendszerek 2014-től alkalmazzák (Burns és mtsai., 2015). Testnevelés óra keretében lebonyolított fittségmérések alkalmával az epidemiológiai szempontok miatt fontos adatok megismerése mellett jelentős szerepet kell betöltenie a pedagógiai szempontoknak is. A 20m-es állóképességi ingafutás teszt esetében a korábban alkalmazott bonyolult átszámítási képlet miatt az eredmények csak később váltak megismerhetővé, így a futás élménye és az eredmény ismerete nem kapcsolódhatott össze, mely szituáció csökkentette a pedagógiai szempontból kívánatos hatást. A teszt során teljesített távok száma az abszolút eredmény, és a $\text{relVO}_{2\text{max}}$ értéke között nem lineáris a kapcsolat, azt több tényező, elsősorban a BMI értéke és az életkor nagymértékben befolyásolja. A pedagógiai céloknak is megfelelő új számítási módszer megbízhatóságának nagy mintán történő ellenőrzésére idáig még nem került sor.

Doktori értekezésem első részében tehát arra keresem a választ, hogy a 20m ingafutás teszt NETFIT[®] által használt becselő módszere érvényes-e az aerob fittségi szint megállapítására. Az említett téma részletes feldolgozására egy statisztikai szempontból jelentősnek számító mintán kerítettem sort: N=482 (10-től 18 éves lány és fiú csoportok minden korosztálya életévenkénti bontásban) történt mérésorozat alapján.

Doktori értekezésem másik része (5. *Eredmények*, 5.3. *rész*) az elsődlegesen egészségügyi célból alkalmazott kvázilaboratóriumi terheléses mérés, a National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) futószalagos szubmaximális gyalogló teszt iskoláskorú gyermekek körében történő validálásának⁵ témájában íródott. A protokollt 1999-től használják rendszeresen az Egyesült Államokban egészségügyi szűrés céljából (Wang és mtsai., 2010), valamint a FITNESSGRAM[®] Tudományos Bizottsága szintén a NHANES vizsgálat eredményeit használta fel a FITNESSGRAM[®] kritériumorientált sztenderjeinek kialakításához, valamint annak 2011-es felülvizsgálatához (Welk és mtsai., 2011a).

A futószalagon végzett szubmaximális gyalogló teszt célja elérni a becsült (220-életkor) maximális pulzusszám 75%-át, majd az ezen a ponton a teszt során regisztrált pulzusszám értékek extrapolálásából megbecsülhető a maximális oxigénfelvevő-képesség értéke (NHANES, 2012). Az említett predikciós módszerrel nagy elemszámú szűrővizsgálatot bonyolítottak le iskoláskorú populációk bevonásával, azonban a becslés pontosságának igazolására tudomásunk szerint eddig nem került sor iskoláskorú

⁵ Validálás: az a tevékenység, mely rendszerezett vizsgálat segítségével bizonyítja egy módszer érvényességét

gyermekre vonatkozóan (Pate és mtsai., 2006). Felnőttek és gyermekek terhelésre adott válaszai eltérőek lehetnek különböző élettani paraméterek tekintetében. A növekedés-érés korszakában a szervek eltérő ütemben fejlődnek, az átmeneti különbségek a szervezet funkcionális működését jelentős mértékben befolyásolhatják, így a felnőttek esetében alkalmazott predikciós módszerek, ezen belül elsősorban a regressziós egyenletek paraméterei nem alkalmazhatóak minden korosztály esetében azonos módon. Az értekezés alapját képző vizsgálatok bemutatásával e probléma megvilágítását kívántam a fókuszba állítani.

1.3. Vizsgálati cél, kérdésfeltevések

A Magyar Diáksport Szövetség a TÁMOP-3.1.13 azonosító számú projekt keretén belül egy új, diagnosztikus pedagógiai értékelési és mérési fittségi rendszer kifejlesztését tűzte ki célul, amely az amerikai Cooper Intézet közreműködésével egy országosan reprezentatív kutatáson alapulva valósult meg. Ennek során 10-19 éves tanulók fittségi állapotát vizsgáltuk a NETFIT[®]-et alkotó antropometriai mérésekkel, pályatesztekkel, és laboratóriumi vizsgálatokkal (Karsai és mtsai., 2013). A rendszert megalapozó kutatás részeként a metabolikus szindróma tünetegyüttesének megjelenési valószínűségét vizsgáltuk, valamint a maximális oxigénfelvevő-képességet mértük komplex spiroergometriás terhelés során (Csányi és mtsai., 2015). A kutatás célja volt megállapítani többek között, hogy a hasonlóan egészségközpontú FITNESSGRAM[®]-ban használt kritériumsztenderd értékek milyen megbízhatósággal alkalmazhatóak a magyar populációra is. Ebben a kutatásban a tanulók terheléselettani mérését a NHANES által alkalmazott gyalogló teszt vita maxima terhelésig történő kibővített módosítását használtuk folyamatos szív és légzőszervrendszeri állapotmonitorozással, így lehetővé vált a maximális oxigénfelvevő-képességet becselő módszerek (20 méteres állóképességi ingafutás teszt és NHANES szubmaximális gyalogló teszt) érvényességének és pontosságának vizsgálata.

Disszertációmban azt vizsgálom, hogy:

- az életkor és nem alapján különválasztott csoportok VO_{2max} adatai milyen mértékben térnek el egymástól, illetve az adatok mennyire térnek el korábbi mérések eredményeitől

- a NETFIT[®] aerob fittségi profilját vizsgáló 20 méteres állóképességi ingafutás tesztben nyújtott teljesítményen alapuló predikciós modell megbízhatóan alkalmazható-e a magyar iskoláskorú populáción, a használt metodika alapján becsült VO_{2max} értékek mennyire pontosan tükrözik a ténylegesen mért VO_{2peak} értékek alakulását.
- A becsült és mért egyéni abszolút VO_{2max} értékek egybevágóságának megállapításán túl célunk volt megvizsgálni, hogy milyen mértékben áll fenn különbség a tanulói arányokban a NETFIT[®] által használt egészségközpontú fittségi kategóriákba történő minősítést követően, amennyiben a becsült és a mért VO_{2max} értékek alapján értékelünk.
- A kutatás részeként a vita maxima terheléses protokoll a NHANES szubmaximális gyalogló tesztprotokoll bővített változata volt. Célunk megállapítani, hogy a NHANES során mért pulzusértékekből extrapolációval becsült VO_{2max} értékek milyen egyezőséget mutatnak a terhelés végén mért tényleges VO_{2max} értékkel.
- célunk volt továbbá megállapítani, hogy a nemnek és az életkornak van-e hatása és ha igen, milyen hatása van a VO_{2max} értékek különbözőségére a két vizsgált predikciós módszer esetében.

2. Szakirodalmi áttekintés

A fejezetben kardiorespiratórikus fittség mérésével kapcsolatban megjelent számos publikáció közül azokat mutatom be, melyek szoros összefüggésben állnak doktori értekezésem témájával. Áttekintem az aerob fittség fogalmi háttérét és mérésének jelentőségét, majd részletesen vizsgálom mérésének legpontosabb módszerét, a laboratóriumi körülmények között vita maxima terhelés során történő közvetlen mérést. Különös tekintettel a gyermek és felnőtt korosztályok között meglévő különbségek bemutatásával áttekintem milyen különbségek jelentkeznek egy ilyen terhelés során adott élettani válaszokban gyermekek és felnőttek között, amely a felnőttekre kifejlesztett predikciós módszerek gyermekeken történő alkalmazását befolyásolhatják. Ezt követően a vizsgálatom alapját szolgáló NHANES szubmaximális futószalagos teszt és a 20 méteres állóképességi ingafutás tesztrel kapcsolatos publikációkat rendszerezem az értekezésem fókuszában álló szempontoknak megfelelően.

2.1. Az aerob fittség fogalma, mérésének jelentősége

A fittség szóval általános értelemben a testi-lelki, mentális és szociális állapotot jellemezzük, amely magában foglalja az egészségi állapotot és lehetővé teszi a jó közérzet megtartását. 1971-ben úgy fogalmazták meg, hogy a fitt ember nehézségek és fáradtság nélkül, gazdaságos energiafelhasználással képes a mindennapi feladatok ellátására. (President's Council on Physical Fitness and Sports: Physical Fitness Research Digest. Series 1, No. 1. Washington, DC, 1971.). Caspersen és mtsai. (1985) szerint a fittség az egyén olyan tulajdonságainak meglétét jelenti, amely segítségével képes fizikai aktivitást végezni. A fizikai fittséget alkotó komponensek alapján megkülönböztetünk egészségközpontú és teljesítményközpontú fittséget. Az egészségközpontú fittség azon komponensek összessége, melyek a jólléttel, egészséggel vannak kapcsolatban, így a testösszetétel, a kardiovaszkuláris fittség, hajlékonyság, állóképesség és izomerő tartozik ide. A teljesítményközpontú fittséget alkotják azon fittségi komponensek, amelyek elsősorban a sport- és mozgásos készségek teljesítményfokozásában játszanak szerepet. Ezek az agilitás, egyensúly, koordináció, teljesítőképesség, gyorsaság és reakcióidő. A teljesítményközpontú fittségi komponensek befolyásolják a magas szintű sportteljesítmény elérését, azonban csak indirekt módon állnak kapcsolatban az

egészséggel. Az utóbbi 40 évben nem tettek különbséget az egészség- illetve teljesítményközpontú fizikai fittség között (Corbin és mtsai., 2000).

A kardiovaszkuláris/kardiorespiratórikus fittség az egyik legmeghatározóbb tényezője az egészségközpontú fittségnek, hiszen közvetlen kapcsolata az egészségi állapottal számos tudományos kutatás alapján bizonyított. Corbin (1977) meghatározása alapján a keringési- és légzőszervrendszer azon képessége, amely energiát biztosít tartós fizikai aktivitás elvégzéséhez, valamint az energiafelhasználás után eliminálja a fáradtságból származó termékeket. Leggyakrabban a maximális oxigénfelvevő-képesség mérésével jellemzik, amely a test maximális oxigénszállító és oxigénfelhasználó képességét jelenti a fizikai aktivitás/terhelés során (Gordon és mtsai., 2006). Értékével jellemezhető a test aerob működőképességének felső határa, amely a leggyakrabban használt mutatója a központi idegrendszer, a kardiopulmonáris és metabolikus rendszer hatékony működésének (Coyle és mtsai., 1984; Gledhill, 1982.; Hickson és mtsai., 1977; Noakes és mtsai., 2001; Saltin, 1969, 1973.; Wagner, 1988; West és mtsai., 1983).

Az aerob teljesítőképesség felső határának megállapítása meghatározó jelentőséggel bír a sportolók állapotfelmérése, fejlesztése, teljesítményváltozásának nyomon követése céljából (Pollock és mtsai., 1998). Ezen túlmenően egészségügyi szűrés és epidemiológiai vizsgálatok részeként is hasznos információkat szolgáltat, tekintettel az egészségi állapottal való kapcsolatára. Számos tanulmány bizonyítja, hogy az aerob fitsségi szint a felnőttkorban számos egészségügyi tényezővel áll összefüggésben, csakúgy mint a szív-, és keringési megbetegedésekkel (Arraiz és mtsai., 1992; Blair és mtsai., 1989; Sandvik és mtsai., 1993), 2-es típusú cukorbetegséggel (Colberg és mtsai., 2010), magas vérnyomással (Blair és mtsai., 1984), valamint egyes daganatos megbetegedések kialakulásával (Oliveria és mtsai., 1996). Egy húszéves longitudinális vizsgálatban 2994 egészséges 30-80 év közötti nő fitsségi értékeit követték nyomon a Lipid Research Clinics Prevalence Study-ban, és azt találták, hogy minden 1 MET (metabolikus ekvivalencia) növekedéssel a terhelhetőségben 17%-kal csökken a szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulási valószínűsége, valamint 11%-kal a mortalitás (Mora és mtsai., 2003). A gyermekkori gyenge kardiorespiratórikus fittség is bizonyíthatóan befolyásolja egyes betegségek, betegségcsoportok kialakulását, amely alapján annak mérése és fejlesztése már fiatal korban is javasolt. Longitudinális vizsgálatok mutatják, hogy a gyermekkori gyenge aerob fittség negatívan befolyásolja a fiatal felnőttkori testösszetételt és összkoleszterin szintet (Eisenmann és mtsai., 2005; Twisk és mtsai., 2000). Twisk és mtsai (2000) vizsgálatában a VO_{2max} emelkedése a

serdülőkorban pozitív összefüggést mutatott a felnőttkori kardiovaszkuláris állapotjellemzőkkel (összcholeszterin, HDL, szisztolés/diasztolés vérnyomás, négy bőrredő összege). Bouchard (2000) szerint a gyermek nagyon gyenge kardiorespiratorikus állóképessége ugyanolyan súlyú rizikó-tényező, mint a túlsúly vagy éppen az elhízottság. Kim és mtsai (2016) vizsgálata (n=843) alapján arra a következtetésre jutott, hogy a gyermekkori kardiovaszkuláris fittség fejlesztése a rendszeres fizikai aktivitáson keresztül csökkenti a gyermekkori obezitás metabolikus kockázati tényezőinek a kialakulását. Vella és mtsai (2016) pedig tanulmányukban a gyermekkori aerob fittségi szintet fontos mutatóként azonosították a cukorbetegség kialakulásában is.

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján a 2003-2013-ig tartó időszakban a 0-18 éves korosztályokban, a cukorbetegség előfordulási aránya majdnem megduplázódott (189%), míg a diagnosztizált magas vérnyomás betegség több mint másfélszeresére (151%) emelkedett. Ugyanezen időintervallumban, a felnőtt lakosság (19 éves és idősebb) esetében a cukorbetegségek száma szintén majdnem megduplázódott (80%-kal nőtt), a magas vérnyomással küzdők száma pedig a 0-18 éves korosztályhoz hasonlóan másfélszeresére (57%-kal), míg az ischaemiás szívbetegségben szenvedők száma 65%-kal emelkedett (KSH, 2015). 2013-ban a férfiak valamivel több, mint egy harmada (37%-a), míg a nők közel fele (42%-a) valamely szív- és érrendszeri megbetegedésben halt meg. Ugyanígy bontásban a daganatos megbetegedések előfordulási aránya 29% a férfiak és 23% a nők között (KSH, 2015⁶).

Az Európai Bizottság Egészségért felelős főtitkársága által meghatározott európai alapvető egészségindikátorok (European Core Health Indicators), a Heidi adatelemző program segítségével⁷ betekintést engednek az európai országok közegészségügyi adatbázisaiba, mely szerint 2008-ban a cukorbetegségben szenvedők száma 7,9%-ra nőtt Magyarországon, s ezzel régiós összehasonlításban első helyen vagyunk az európai országok között. Ugyancsak elkeserítő egészségmutató, hogy Magyarország szintén vezető helyen állt a 2008-as évben a magas vérnyomásban szenvedők számát illetően (a betegek mintegy 35,4%-a). A BMI eredmények tekintetében, a megmért egyének 20%-a az obez kategóriába tartozik. A fenti elszomorító egészségügyi adatok mellett az ezzel összefüggésbe hozható aerob fittségi szint is romló tendenciát mutat az utóbbi években.

⁶ http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_wnh001.htm

⁷ http://ec.europa.eu/health/indicators/echi/list/index_en.htm

Korábbi vizsgálatunkban (Kaj és mtsai, 2015) megállapítottuk, hogy a magyar 19-24 éves fiatal felnőttek (N=432) általános fittségi állapota szignifikánsan rosszabb mint a 15 évvel korábbi hasonló korú társaiké volt. Az aerob fittségi állapotban bekövetkező negatív tendencia már a gyermekkorban elkezdődik és az 1970-es évek óta megfigyelhető szekuláris változás (Tonkinson és Olds, 2007).

A fenti tények ismeretében megállapítható, hogy az aerob fittséget kifejező VO_{2max} mint kvantitatív mutató, nagyon fontos a kardiovaszkuláris rendszer állapotának meghatározása szempontjából, segít az elsődleges prevencióban (gyermekeknél és felnőtteknél egyaránt), csakúgy, mint az egészségügyi szakpolitikai intézkedések kidolgozásában.

2.2. Az aerob fittség mérése – különbségek a felnőttek és gyermekek terhelésre adott élettani válaszai között

2.2.1. Vita maxima terhelés – a gold standard

A legmegbízhatóbb és legpontosabb eljárás az aerob fittség megállapítására a maximális oxigénfelvevő-képesség meghatározása. A pontos és tényleges VO_{2max} érték meghatározása fiziológiai jelentőségű, amikor egyéneket vagy csoportokat hasonlítunk össze, longitudinálisan vizsgáljuk a személyek aerob fittségének változását, vagy különböző tesztelési módszereket alkalmazunk a becslésére. A legpontosabb értéket a laboratóriumi körülmények közti közvetlen mérés biztosítja a vizsgált személy teljes kifáradásáig történő tesztprotokoll során (Safrit és mtsai., 1988), ez az ún. vita maxima terhelés. A vizsgált személy terhelése valamilyen ergométeren történik, amely leggyakrabban kerékpárengométer vagy futószalag, de lehet lépcsőző pad, vagy evező ergométer is. Miközben a vizsgált személy terhelése történik specifikált tesztprotokoll szerint, a kibocsátott gázmennyiséget légvétenként monitorozzák egy gázanalizáló rendszerrel (spiroergometrikus rendszer). A teszt addig folytatódik, míg a vizsgált személy meg nem állítja a protokollt, illetve nem jelentkezik a teljes kifáradást jelző elsődleges (oxigénfelvétel eléri a platószakaszt és nem, vagy elenyésző mennyiségben növekszik tovább a terhelés hatására), illetve másodlagos élettani jelzők (RER, HR, laktát-szint). A VO_{2max} meghatározására legjobbnak ítélt kritériumjelző 1923. óta a VO_2 plató elérése (Hill és Lupton, 1923). Fontos azonban megjegyezni, hogy a VO_{2max} pontos meghatározása még ilyen laboratóriumi vizsgálat mellett is problematikus gyermekeknél,

hiszen egy rámpa vagy emelkedő tesztprotokoll használata eleve kizárhatja a VO_{2max} elérésének elsődleges kritériumjelzőjét, a VO_2 plató szakaszának kialakulását. Amennyiben a protokoll a tényleges kifáradásig tart, az oxigénfelvétel és terhelés kapcsolata lineáris marad végig a vizsgálat alatt a gyerekek kétharmada esetében (Barker és mtsai., 2011; Rowland és mtsai., 1992), vagy a nagy intenzitású terhelés hatására akár exponenciálisan is növekedhet a VO_2 plató szakasz megjelenése nélkül (Day és mtsai., 2003; Howley és mtsai., 1995; Poole és mtsai., 2008). Az elérhető adatok (pl. Howley és mtsai., 1995; Roca és Whipp, 1977; Saltin és Strange, 1992) alapján a teszt végén jelentkező platószakasz csak a növekvő terhelésintenzitású futószalagos tesztek kb. 50%-ánál jelentkezik egyértelműen. Day és mtsai (2003) ugyanazon személyeket vizsgálták (N=71) három különböző terheléses protokollal: 1. folyamatosan növekvő terhelésintenzitással, 2. állandó terhelés különböző intenzitáson, 3. állandó terhelés állandó intenzitáson. Megállapították, hogy teljes erőfeszítés mellett is a vizsgált személyek csupán 17%-a érte el az oxigénfelvétel platószakaszát az első fajta protokollal. Egy emelkedő intenzitású tesztprotokoll teljes kifáradásig történő alkalmazása mellett a mért VO_{2peak} érték általában megegyezik a tényleges, valid VO_{2max} értékkel, annak ellenére, hogy nem jelentkezik a stagnálás.

Az emelkedő intenzitású terhelés hatására adott kardiovaszkuláris válaszok mennyiségi és minőségi jelzői hasonlóak a felnőtteknél és gyerekeknél (Rowland, 2008). Habár a nyugalmi pulzusszám (HR_{rest}) csökken az életkor előrehaladtával (23%-kal csökken 6-16 éves kor között), ez a testméretre vonatkoztatott alapanyagcsere csökkenésével (basic metabolic rate - BMR) áll összefüggésben. Keresztmetszeti és hosszmetseti vizsgálatok is azt mutatják, hogy a progresszív terhelés során mért HR_{peak} érték változatlan marad a gyermekévek alatt egészen a tizes évek végéig (Gumming és mtsai., 1978; Washington és mtsai., 1988; Bar-Or, 1983), függetlenül az életkortól, érestől vagy nemtől (Armstrong és mtsai., 1991). Ezért a felnőtteken meghatározott maximális pulzusszámot prediktáló képletek, mint pl. a 220-életkor sem alkalmazható megbízhatóan gyermekeknél. A HR_{rest} csökkenése és a HR_{peak} állandósága az évek előrehaladtával a pulzustartalék növekedését eredményezi a fiataloknál (Bar-Or, 1983). Bar-Or (1983) szerint ez a trend - mely párhuzamba állítható a relatív VO_2 értékek alakulásával - okozhatja a teljesítménybeli különbséget a felnőttek és gyerekek között. A különbségek a pulzusszámban vagy a metabolikus tartalékban azonban nem bizonyítottan a maturációból erednek. A gyermekkorban a terhelés alatti pulzustérfogat szinte lineárisan nő az életkorral, amennyiben azonban az értéket a testméretekre

vonatkoztatjuk, úgy változatlan marad. Washington és mtsai (1988) vizsgálata szerint a gyermekek (7-12 évesek) nyugalmi és terhelés alatti pulzustérfogata is a testméretek növekedésével lineárisan változik ($r=0.88$). A gyermekek terhelés alatti pulzustérfogat növekedésének hátterében hasonló mechanizmusok állnak, mint a felnőtteknél, vagyis a szisztolét követő kisebb reziduális volumen és a fokozottabb szívizom kontraktilitás. Az idősebb gyermekeknél megjelenő nagyobb perctérfogat a viszonylag állandó maximális HR mellett a növekvő pulzustérfogat következménye (Rowland, 1966).

Armstrong és Welsman (1994) szakirodalmakból összegyűjtött több mint 10.000 8-16 éves edzetlen fiatal publikált VO_{2peak} értékét tanulmányozták. A review hosszmetzeti vizsgálatok mellett keresztmetzeti kutatások adatait is feldolgozza eltérő mintanagyságokon, illetve futószalagos ($n=4937$) és kerékpárergométeren mért értékeket is tartalmaz, amely az eredmények értelmezésénél óvatosságra int. Az összesített eredmények alapján a fiúk VO_{2peak} értéke közel lineárisan emelkedik az életkorral, hasonlóan a lányokéhoz, bár náluk nem annyira egyértelmű a lineáris kapcsolat. Néhány tanulmány 14 éves kortól VO_{2peak} értékek stagnálását jelzi (Nakagawa és Ishiko, 1970; Yoshizawa, 1972). A longitudinális tanulmányok a fiúknál mind egyértelműen azt mutatják, hogy 8-16 éves kor között több mint 120%-kal emelkedik a VO_{2peak} érték (Rutenfranz és mtsai., 1981; Kemper, 2004) és 11 éves korról 17-18 éves életkorra megduplázódik, a legintenzívebb éves növekedés pedig 13-15 éves kor között jelentkezik (Armstrong és Welsman, 2001); Pařízková és mtsai., 1987). Egyes vizsgálatok alapján a fiúknál a legintenzívebb VO_{2peak} növekedés a PHV megjelenésével egybeesik (Beunen és Malina, 1988), míg mások nem figyeltek meg növekedési csúcsot a PHV megjelenése előtti 3 és 2 évvel utáni időszakban (Cunningham és mtsai., 1984).

A VO_{2peak} erősen korrelál a testméretekkel, az aerob fittségben megfigyelhető életkorfüggő fejlődés visszavezethető az érési folyamatban megfigyelhető testmérnövekedésére. Ezért a VO_{2peak} értéket gyakran fejezik ki a testtömegre vonatkoztatva (relatív VO_{2peak} - testtömeg kilogrammonkénti oxigénfelvétel egy perc alatt, mértékegysége: ml/kg/min). A relatív VO_{2peak} értékek alakulása az életkor függvényében így teljesen más képet mutat mint az abszolút értékek (L/min). Fiúknál az értékek viszonylag állandóak maradnak 8-18 éves kor között (kb. 48-50 ml/kg/min), míg a lányoknál folyamatos csökkenés figyelhető meg (kb. 45-ről 35 ml/kg/min-re) ebben az életkori időszakban. Gyermekek-, és serdülőkorban is a fiúk értékei nagyobbak a lányokénál, a különbségek lányoknál a pubertáskorban megfigyelhető növekvő testszírmennyiséggel függnek össze.

2.2.2. Predikciós módszerek a VO_{2peak} meghatározására

A kritériummérésként is használt laboratóriumi vita maxima terhelés kevésbé alkalmazható eljárás az aerob fittség mérésére olyan helyeken, ahol az ehhez szükséges feltételek (drága eszközök, szakképzett mérőszemélyzet, időigény stb.) nem állnak rendelkezésre, mint pl. sportklubok, iskolák vagy nagy mintájú kutatások folyamán. Éppen ezért a gyakorlatban a VO_{2max} meghatározására a közvetlen mérés helyett különböző pályateszteket, és kvázilaboratóriumi méréseket alkalmaznak alternatívaként. Ezek legfőbb kritériuma, hogy a tényleges VO_{2max} értékhez validálva legyenek, azonban fontos megjegyezni, hogy a pályatesztekben elért eredményekből prediktált értékek minden esetben csak becslések, a pontos érték szükség szerinti meghatározásához laboratóriumi mérés javasolt.

2.2.2.1. 20 méteres állóképességi ingafutás teszt

A legszélesebb körben a 20 méteres állóképességi ingafutás teszt alkalmazása terjedt el a maximális oxigénfelvevő-képesség becslésére, egyszerű használata, kis eszközigénye és megbízhatósága miatt. A hazánkban a 2014/15. tanévben bevezetett NETFIT[®] tesztrendszer is ezt a pályatesztet használja az iskoláskorú tanulók aerob fittségének mérésére (Kaj és mtsai, 2014). Maga a pályateszt és az eljárás mód (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988) megegyezik a FITNESSGRAM-ben használt PACER (Progressive Aerobic Cardiovascular Endurance Run) teszttel (The Cooper Institute, 2010), számos nemzetközileg elfogadott fitsségi tesztrendszer részét is képezi (Eurofit, 1998; The Brockport Physical Fitness Test, 1999; Assessing Levels of Physical Activity (ALPHA), 2010), valamint széleskörű használata miatt az aerob fittség nemzetközi összehasonlításaiban is meghatározó szereppel bír (Tomkinson és Olds, 2007; Tomkinson és mtsai., 2016). A teszt során a vizsgált személynek percenként emelkedő intenzitással folyamatos futást kell végeznie egy 20 m-es szakaszon oda-vissza meghatározott hangjelzésre mindaddig, míg második alkalommal sem sikerül elérnie a jelzésre a táv végét jelző vonalat (1. ábra).



1. ábra A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt illusztrációja

A teszt 8,5 km/h-s sebességgel kezdődik és szintenként 0,5 km/h-val nő (1. számú melléklet). Fontos megjegyezni, hogy a Léger és mtsai által 1982-ben kidolgozott eredeti 20 méteres állóképességi ingafutás tesztprotokollja az idő során némi változtatáson esett át, így például az eredeti kétperces szintlépésről egypercesre módosították a protokollt, a megfelelő motiváció fenntartása érdekében (1989). Az Eurofit (1998), az Australian Coaching Council (1999), és a British National Coaching Foundation (1988) által használt tesztvariáció 8 km/h-s sebességgel kezdődik, a második szintnél 9 km/h, majd ugyanúgy 0,5 km/h-s sebességemelkedés van szintenként a protokollban. Infrastrukturális feltételrendszer hiányosságai esetén, kisiskoláskorban, illetve bizonyos fogyatékkal rendelkező csoportok esetén (Winnick és Short, 2014) a 20m-es variáció alternatívájaként a 15m-es állóképességi ingafutást javasolják. A 15m-es ingafutás teszt hasonlóan történik a 20m-es állóképességi ingafutás teszthez, mindössze a kimért szakasz hossza (15m), illetve a használt hanganyag különbözik. A megtett távok számából egy konvertáló táblázat segítségével megállapítható, hogy mennyi 20m-es távnak felel meg a tanuló teljesítménye, majd a VO_{2max} becslése ugyanolyan módszerrel történik, mint a 20m-es tesztvariáció esetén.

A 20m-es állóképességi ingafutás pályateszt pszichometria tulajdonságai lehetővé teszik a testnevelés órákon történő széleskörű használatát, a köznevelési

rendszerbe történő implementálását (Castro-Pinero és mtsai., 2009; Mahar és mtsai., 2011; Morrow és mtsai., 2010). A tesztet az IOM (Institute of Medicine) szakértői választották ki mint megbízható és iskolai keretek között is könnyen alkalmazható módszert a kardiovaszkuláris fitness mérésére, valamint különböző nemzeti fitness felmérések és vizsgálatok részeként (Pate és mtsai., 2013). Lényeges előnye a különböző futástávokat és időtartamot meghatározó pályatesztekkel szemben (pl. 800 m/1500 m futás, 1 mérföldes gyaloglás/futás, Cooper-teszt), hogy viszonylag kis helyigénnyel zárt helyiségben is elvégezhető, csökkentve ezzel a környezeti tényezők (pl. időjárás), vagy a távolság mérésének problémáiból adódó limitációját. A csupán időtartamot vagy távolságot meghatározó pályatesztekkel szemben a 20 méteres állóképességi ingafutás protokolljában a hangjelzés folyamatosan diktálja a futás tempóját, amely főleg fiatal korban és edzetlen egyéneknél fontos a tényleges maximális terhelésintenzitás elérése érdekében, ezzel egyidőben a teszt elvégzése motiválóbb helyzetet teremt a vizsgált személyek számára (Vincent és mtsai., 1999). A teszt progresszív jellegének következménye, hogy a legtöbb esetben viszonylag könnyen fenntartható szubmaximális terhelést eredményez a vizsgált személyek számára, csupán az utolsó szint igényel maximális erőfeszítést. A felsorolt tényezők segítenek csökkenteni a fitness tesztelés alkalmával gyakran kialakuló stresszt és motivációs gátat. Ezen túlmenően iskolai szintén alkalmazásakor, nagy elemszámú intézményi mérések esetén fontos szem előtt tartani a sérülésveszély kockázatát is egy teszt használata során. Ruiz és mtsai (2010) több mint 10.000 tanuló tesztelését figyelembe véve megállapította, hogy a teszt során felmerült sérülés elenyésző, összesen egy lábizom görcsről számoltak be.

Összesen négy tanulmány publikált eredményt a teszt megbízhatóságáról, miszerint a teszt reliabilitása közepes illetve magas, 0,64-nél nagyobb reliabilitási koefficiens értékkel és szignifikánsan nem különböző átlagértékekkel. A tanulmányok összefoglaló táblázatát az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat: A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt megbízhatósági vizsgálatainak eredményei gyermekeknél

Szerzők	Elemszám	Korosztály	Megbízhatósági koefficiens
Léger és mtsai. (1988)	n = 139	6 – 16 év	R = 0,89
Liu és mtsai. (1992)	n = 20	12 – 15 év	R = 0,93

Mahar és mtsai. (1997)	n = 241	10 - 11 év	R = 0,90
Beets és Pitetti (2006)	n = 185	13 - 18 év	R = 0,68 és 0,64

A megbízhatóságon túl számos metaanalízis áll rendelkezésre, amely a teszt kritériumvalidációs vizsgálatainak eredményét foglalja össze. Tomkinson és Olds (2007) egy 15 db reliabilitás és validitás vizsgálatot feldolgozó review anyaga szerint a pályateszt átlagos regressziós determinációs együtthatója (r^2) 0.51 a validitásra és 0.73 a megbízhatóságra vonatkoztatva.

Mayorga-Vega és mtsai (2015) 57 tanulmányt feldolgozó összefoglaló elemzésében azt mutatták ki, hogy a 20 méteres állóképességi ingafutás teszt maximális oxigénfelvevő-képességet becslő kritériumvaliditás értéke közepes-erős ($r^2=0,66-0,84$), továbbá, ha a tesztben nyújtott teljesítményt további változókkal kombinálták (pl. életkor, nem, testtömeg), akkor az érték még magasabb volt ($r^2= 0.78-0.95$). Ugyanezen metaanalízis szerint a Léger-protokoll validitása a felnőttek esetében statisztikailag magasabb ($r^2 = 0.94, 0.87-1.00$) mint gyermekeknél ($r^2 = 0.78, 0.72-0.85$), ugyanakkor a nem és az egyén aerob fitességi szintje nincs hatással a validitási értékre. Léger és mtsai által publikált formulát a VO_{2max} becslésére 188 tanuló (8-19 évesek) mintáján dolgozták ki. Ezt követően a teszt szélesebb körű elterjedésével egyre többen foglalkoztak a Léger-féle képlet pontosságának vizsgálatával más populációkon, illetve fejlesztettek újabb és pontosabb becslő modelleket. Barnett és mtsai (1993) predikciós modelljeit 12-17 éves fiatalok mintáján fejlesztették ki (55 fő), a képletek már a nemet, illetve a testtömeget is tartalmazták az életkoron és a tesztben elért maximális sebességen kívül. Matsuzaka és mtsai (2004) 132 japán 8-17 éves fiatalok adatainak felhasználásával fejlesztette ki regressziós modelljét a VO_{2max} becslésére a tesztben nyújtott teljesítmény (megtett távok száma vagy elért maximális sebesség), nem, életkor és BMI alapján. Mahar és mtsai (2006, 2011) a korábbi modelleket továbbfejlesztették, majd keresztvalidációs vizsgálatukban megállapították, hogy mindközül az a regressziós modell ad legpontosabb visszajelzést a tényleges VO_{2max} értékről, amely a megtett távok számát négyzetesen, a BMI-t, valamint a kor és nem interakciót is tartalmazza. A Léger és mtsai (1988) óta publikált gyermekeken fejlesztett különböző becslő modelleket összefoglalva a 2. táblázat tartalmazza. Ezen kívül számos modell létezik felnőttekre, sportolókra fejlesztve (St Clair Gibson és mtsai., 1988, Ramsbottom és mtsai, 1988; Ahmaidi és mtsai., 1992;

Stickland és mtsai., 2003; Flouris és mtsai., 2005), amelyek bemutatásától most eltekintek, mivel nem képezik a disszertációm közvetlen célcsoportját.

2. táblázat: A 20 méteres állóképességi ingafutás eredményekből fejlesztett predikciós modellek a VO_{2max} becslésére gyermekeknél

Szerzők	Predikciós modell	Használt változók	Elemzés	Korosztály
Léger és mtsai. (1988)	$VO_{2max} = 31,025 + (3,238 \times v_{max}) - (3,248 \times kor) + (0,1536 \times v_{max} \times kor)$	v_{max} , kor	n=188	8-19 év
Barnett és mtsai. (1993)	$VO_{2max} = 25,8 - (6,6 \times nem) - (0,2 \times TT) + (3,2 \times v_{max}); fiú=0, lány=1$	v_{max} , nem, testtömeg	n=55	12-17 év
	$VO_{2max} = 24,2 - (5 \times nem) - (0,8 \times kor) + (3,4 \times v_{max}); fiú=0, lány=1$	v_{max} , nem, kor		
	$VO_{2max} = 28,3 - (2,1 \times nem) - (0,7 \times triceps\ bőrredő) + (2,6 \times v_{max}); fiú=0, lány=1$	nem, bőrredő, v_{max}		
Matsuzaka és mtsai. (2004)	$VO_{2max} = 25,9 - (2,21 \times nem) - (0,449 \times kor) - (0,831 \times BMI) + (4,12 \times v_{max}); fiú=0, lány=1$	v_{max} , nem, kor, BMI	n=132	8-17 év
	$VO_{2max} = 61,1 - (2,20 \times nem) - (0,462 \times kor) - (0,862 \times BMI) + (0,192 \times megtett\ távok\ száma); fiú=0, lány=1$	megtett távok, nem, kor, BMI	n=155	18-23 év
	$VO_{2max} = -2,19 - (3,46 \times nem) - (0,416 \times BMI) + (5,22 \times v_{max}); fiú=0, lány=1$	nem, BMI, v_{max}		
	$VO_{2max} = 42,4 - (2,85 \times nem) - (0,488 \times BMI) + (0,247 \times megtett\ távok\ száma); fiú=1, lány=0$			
Mahar és mtsai. (2006)	$VO_{2max} = 50,945 + (0,126 \times megtett\ távok\ száma) + (4,946 \times nem) - (0,655 \times BMI); fiú=1, lány=0$	megtett távok, nem, BMI	n=135	12-14 év
	$VO_{2max} = 47,438 + (0,242 \times megtett\ távok\ száma) + (5,134 \times nem) - (0,197 \times testtömeg); fiú=1, lány=0$	nem, megtett távok, testtömeg		
Ruiz és mtsai. (2008)	$VO_{2max} (ml/(kg\ min)) = (1/(1 + \exp(-(1/(1 + \exp(-(A1 \times 0,8 + (-0,7)) \times (-1,03329) + (B1 \times 0,114285714286 + (-1,38571428571)) \times 0,54719 + (C1 \times 0,012213740458 + (-0,406870229008)) \times 0,61542 + (D1 \times 0,0195598978221 + (-2,76356892177)) \times -0,51381 + (E1 \times 0,0842105263158 + (-0,0684210526316)) \times (-0,92239) + (-0,34242)))) \times (-0,95905) + 1/(1 + \exp(-(A1 \times 0,8 + (-0,7)) \times (-1,19367) + (B1 \times 0,114285714286 + (-1,38571428571)) \times (-1,54924) +$	kor, nem, testmagasság, testtömeg, szint	n=193	13-19 év

	$(C1 \times 0.012213740458 + (-0.406870229008)) \times (-3.18931) + (D1 \times 0.0195598978221 + (-2.76356892177)) \times 0.77773 + (E1 \times 0.0842105263158 + (-0.0684210526316)) \times 3.31887 + (-0.55696)) \times 2.19501 + 1/(1 + \exp(-(A1 \times 0.8 + (-0.7)) \times 1.38191 + (B1 \times 0.114285714286 + (-1.38571428571)) \times (-2.14449) + (C1 \times 0.012213740458 + (-0.406870229008)) \times 0.0485 + (D1 \times 0.0195598978221 + (-2.76356892177)) \times 0.10879 + (E1 \times 0.0842105263158 + (-0.0684210526316)) \times (-4.90052) + 0.53905)) \times (-2.567) + (-0.05105)) - (-0.478945173945)/0.0204587840012;$			
	$A1 = \text{nem}(\text{fiú} = 1; \text{lány} = 2); \quad B1 = \text{kor}; \quad C1 = \text{testtömeg(kg)};$			
	$D1 = \text{testmagasság (cm)}; E1 = \text{szint (0.5)}.$			
	$VO_{2\max} = 41.76799 + (0.49261 \times \text{megtett távok száma}) - (0.00290 \times \text{megtett távok száma}^2) - (0.61613 \times \text{BMI}) + (0.34787 \times \text{nem} \times \text{kor}); \text{fiú}=1, \text{lány}=0$	megtett távok, nem, kor, BMI		
Mahar és mtsai. (2011)	$VO_{2\max} = 32.56941 + (0.27297 \times \text{megtett távok száma}) + (3.25225 \times \text{nem}) + (0.02961 \times \text{kor}); \text{fiú}=1, \text{lány}=0$	megtett távok, nem, kor	n=244	10-16 év
	$VO_{2\max} = 40.34533 + (0.21426 \times \text{megtett távok száma}) - (0.79472 \times \text{BMI}) + (4.27293 \times \text{nem}) + (0.79444 \times \text{kor}); \text{fiú}=1, \text{lány}=0$	megtett távok, nem, kor, BMI		
Burns és mtsai. (2015)	$VO_{2\max} = 45,619 + (0,353 \times \text{megtett távok száma}) - (1,121 \times \text{kor})$	megtett távok, kor	n=90	13-16 év

Megjegyzés: $v_{\max}$: a tesztben elért maximális sebesség km/h-ban; kor: decimális életkor, BMI: testtömeg index kg/m²-ben

Ahogy a fentiek alapján is látszik, számos predikciós módszer létezik a $VO_{2\max}$ becslésére a 20 méteres állóképességi ingafutás teszteredményeinek és egyéb demográfiai, antropometriai változók felhasználásával. Fontos szem előtt tartani, hogy az eredmények interpretálása előtt az adott regressziós modell érintett populáción való alkalmazhatóságát, adaptálhatóságát ellenőrizték keresztvalidációs eljárás során megfelelő számú minta alkalmazásával. Az alábbi összefoglaló táblázat (3. táblázat) prezentálja az eddigi validációs és keresztvalidációs vizsgálatok alapján a validitási együtthatók értékét illetve a Standard Error of Estimates (SEE) értékeket.

3. táblázat: A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt validitási vizsgálatainak eredményei gyermekeknél

Szerzők	Elemszám	Korosztály	Validitási koefficiens	SEE (ml/kg/min)
Armstrong és mtsai. (1988)	n=77 (fiúk)	11 – 14 év	0,54	5,3
Barnett és mtsai. (1993)	n = 55 (fiúk, lányok)	12 – 17 év	0,74 ^b	4,6
			0,82 ^c	4,0
			0,85 ^a	3,7
			0,72	5,4
Boreham és mtsai. (1990)	n = 23 (fiúk)	14 – 16 év	0,64	4,5
	n = 18 (lányok)		0,90	2,5
	n = 42 (fiúk és lányok)		0,87	3,9
Léger és mtsai (1988)	n = 188 (fiúk és lányok)	8 - 19 év	0,71	5,9
Liu és mtsai. (1992)	n = 22 (fiúk)	12 – 15 év	0,65	5,3
	n = 26 (lányok)		0,51	5,2
	n = 48 (fiúk, lányok)		0,69 ^a	5,5
			0,72	5,3
Mahar és mtsai. (2006)	n = 135 (fiúk, lányok)	12 – 14 év	0,65 ^d	6,4
Mahar és mtsai. (2011)	n = 174 (fiúk, lányok)	10 - 16 év	0,75 ^e	6,2
Matsuzaka és mtsai. (2004)	n = 132 (fiúk, lányok)	8 – 17 év	0,74 ^f	5,5
Ruiz és mtsai. (2008)	n = 193 (fiúk, lányok)	13 – 19 év	0,76 ^e	5,3
van Mechelen és mtsai. (1986)	n = 41 (fiúk)	12 – 14 év	0,68	4,0
	n = 41 (lányok)		0,69	6,5
	n = 82 (fiúk, lányok)		0,76	4,4

^a keresztviladációs vizsgálat Léger és mtsai. (1988) képlete alapján

^b predikció az életkor, nem, maximális végsebesség felhasználásával

^c predikció a triceps bőrredő, nem, maximális végsebesség felhasználásával

^d predikció a nem, testtömeg és megtett távok számának felhasználásával

^e predikció az életkor, nem, nem x életkor, BMI, megtett távok számának felhasználásával

^f predikció a nem, életkor, BMI, maximális végsebesség felhasználásával

^g predikció a nem, életkor, testtömeg, tesmagasság, és szint felhasználásával

Burns és mtsai 2015-ben publikált regressziós modelljét használja a FITNESSGRAM rendszer 2013. óta az aerob fittség megállapítására, valamint a magyar populáción történő keresztvalidációnkat követően (Saunt-Maurice és mtsai. 2015) a 2014/2015-ös tanévben országosan bevezetett Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt

(NETFIT[®]) is. A predikciós modellek pontosságát növelheti az újabb és újabb változók hozzáadása, azonban megnehezíti a vizsgálatot és csökkenti a pályateszt felhasználhatóságát. A FITNESSGRAM Tudományos Bizottságának célja az új képlet megalkotásával az volt, hogy egyszerűségénél fogva a teszt iskolai szintén történő alkalmazását, eredményének értékelését megkönnyítsék, azonnali visszajelzési lehetőséget biztosítsanak a tanulók számára a tesztben elért teljesítményről. A korábban használt módszerek (Mahar és mtsai. 2011) alkalmazásához szükség volt a BMI érték ismeretére is, hogy a tesztben elért teljesítményből a VO_{2max} értéket kalkulálni tudják, amely néhány gyakorlati problémát okozott a felhasználhatóságot illetően (Cureton és mtsai., 2014):

- nem megfelelő kapcsolatot eredményezett az egymérföldes gyalogló tesztből (Fitnessgramban a 20 m ingafutást helyettesítő alternatív teszt) és a 20 m ingafutás tesztből becsült VO_{2max} értékek között,
- kihangsúlyozta a testösszetétel szerepét a tanulók azon képességében, hogy elérjék-e a tesztben az egészségzónát vagy sem,
- kizárta azon tanulók eredményértékelésének lehetőségét, akik esetében nem mértek testmagasságot és testtömeget.

A jelenleg használt becslési modell csupán a megtett távok száma és az életkor alapján dolgozik.

2.2.2.2. NHANES futószalagos szubmaximális gyalogló teszt

A vita maxima terheléses laboratóriumi mérések pályateszteken kívüli alternatívái az úgynevezett kvázi-laboratóriumi tesztek, amelyek általában kerékpár, illetve futószalagos ergométeren történnek emelkedő terhelésadagolással szubmaximális intenzitásig, miközben a pulzusváltozást monitorozzák. Jól ismert, hogy a pulzusérték lineárisan nő az emelkedő intenzitású terhelés során a maximális terhelésintenzitás eléréséig (Astrand, 1955). A maximális oxigénfelvevő-képesség és a maximális pulzusszám megjelenése ugyanazon terhelésintenzitáskor jelentkezik és így egy bizonyos pulzusszám mellett mutatott teljesítmény szorosan korrelál a maximális terhelésintenzitáskor mért oxigénfelvétellel és teljesítménnyel. Ezen a kapcsolaton alapszanak a pulzusmonitorozással egybekötött emelkedő intenzitású, szubmaximális tesztek (legismertebb és legszélesebb körben elterjedt a Physical Working Capacity-170 ,

PWC-170 teszt; Wahlund, 1948), ahogy a National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) gyalogló tesztje is.

A NHANES egy nemzeti program, amelynek célja a felnőttek és gyermekek egészségi és táplálkozási állapotát vizsgálni az Amerikai Egyesült Államokban és adatot gyűjteni a National Center for Health Statistics (NCHS) számára a kedvezőtlen kardiovaszkuláris fittségi állapot és más egészségügyi kockázati tényezők összefüggésének vizsgálatára (12-49 évesek között). A felmérés több összetevőből áll, interjúkat, kérdőíves és különböző fizikai vizsgálatokat is tartalmaz. A program az 1960-as években indult útjára, kb 5000 fős reprezentatív minta (15 különböző állam) mérése történik meg évről-évre. A FITNESSGRAM egészségközpontú fittségi tesztrendszer a NHANES adatait használta fel a kritériumsztenderdjeinek felállításához (Cooper Institute, 1992), valamint azok 2011-es felülvizsgálatakor (Welk et al, 2011a) is, így a 20 méteres állóképességi ingafutás eredményeinek kritérium-orientált értékelését meghatározó új sztenderdek megállapításához. A NHANES program az 1999-2002 év során 12-18 évesek reprezentatív mintáján (N=1966) becsülte a fiatalok kardiovaszkuláris fittségét szubmaximális futószalagos gyalogló teszt során mért pulzusértékek alapján. A Fitnessgram Tudományos Testülete ezen értékek és a metabolikus szindróma tünetegyüttesének megjelenési valószínűsége alapján állapította meg a VO_{2max} értékelésére vonatkozó sztenderdeket, mely három fittségi kategóriát különít el az eredmények egészségközpontú minősítéséhez: Egészségzóna („Healthy Fitness Zone”), Fejlesztés Szükséges Zóna („Need Improvement Zone”), Fokozott Fejlesztés Szükséges Zóna („Needs Improvement – Health at Risk Zone”) (Welk et al, 2011b). A NHANES szubmaximális teszt egy kétperces bemelegítő szakaszból, majd kétszer három perces terheléses szakaszból és egy perces levezetésből áll. Célja, hogy a második szint végére a vizsgált személy elérje a maximális pulzusszám 75%-át. Az ezen a ponton mért pulzusérték szerint a fentebb leírt HR- VO_2 lineáris kapcsolaton alapulva becsli a vizsgált személy VO_{2max} értékét⁸. A FITNESSGRAM aerob fittségi sztenderdek hazánkban történő adaptálhatóságának vizsgálatok (Csányi et al, 2015), így a NETFIT[®] aerob fittségi profil felállításához is a vita maxima terheléses teszt során mért VO_{2max} eredményeket használtuk fel. A terheléses protokoll a NHANES gyalogló teszt két szintjének teljes kifáradásig történő bővített változatát jelentette, így lehetőségünk nyílt a

⁸ a protokoll részletes leírása a Vizsgálati anyag és módszerek 4.3.2. részében olvasható

szubmaximális tesztprotokoll magyar mintán történő validációjára a „gold standard” figyelembevételével.

3. Hipotézisek

Az irodalmi áttekintés során hivatkozott szakirodalmi adatok és eredmények ismeretében az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg:

1. Az aerob fitsségi értékek eltérő mintázatot mutatnak mintámban fiúknál és lányoknál az életkor függvényében.
2. A 20 méteres állóképességi ingafutás tesztben nyújtott teljesítmény alapján a NETFIT[®] által használt regressziós modellel (Burns és mtsai, 2015) becsült VO_{2max} és az aktuálisan mért VO_{2peak} érték között **nincsen** szignifikáns **különbség**
3. a 20 méteres állóképességi ingafutás új képletének használatával becsült, illetve az aktuálisan mért VO_{2peak} érték alapján a NETFIT[®] fitsségi zónákba sorolás tanulói aránya **nem különbözik** statisztikailag szignifikánsan egymástól
4. a NHANES gyalogló tesztprotokoll során mért pulzusértékek alapján becsült VO_{2max} és az aktuálisan mért VO_{2peak} értékek között **nincs** lényegi **különbség**, így a teszt megbízható módon alkalmazható magyar iskoláskorú gyermekek esetében is
5. a VO_2 értékek különbözőségére a két vizsgált predikciós módszer esetében a nemnek és az életkornak **hatása van** egyéni szinten, azonban csoport szinten ez a hatás nem érzékelhető.

4. Vizsgálati anyag és módszer

A vizsgálat a TÁMOP-3.1.13-12-2013-0001 azonosító számú „A testnevelés új stratégiájának és fizikai állapot új mérési rendszerének kialakítása és az önkéntes részvétel ösztönzése a komplex iskolai testmozgásprogramok szervezésében” című kiemelt projekt és a Magyar Diáksport Szövetség támogatásával készült el.

4.1. A mintaválasztás módja

A minta a Magyar Diáksport Szövetség és Cooper Intézet együttműködésével lebonyolított, a NETFIT[®] megalapozását szolgáló kutatási protokoll során került kiválasztásra egy gazdaságkutató intézet közreműködésével. A minta kiválasztása többlépcsős rétegzett mintavételi eljárás során történt. Első lépésként összesen 53 iskolát jelöltünk meg az ország 7 különböző régiójából, amelyek kiválasztása a következő rétegekhez ismérvek alapján történt: a település mérete (község, nagyközség, város), iskolaméret/tanulói létszám (< 200, 200-400, 400-800, 800 <), iskolatípus (állami fenntartású, alapítványi, egyházi, egyéb). A kijelölt 53 intézményt hivatalos levél formájában tájékoztattuk a kutatásról és felkértük őket a részvételre. A visszajelzések alapján összesen 3 utasította el a vizsgálatban való részvételt, így a részvételi arány 94,4 %-os volt. A kutatásba bevont iskolákat az 2. sz. melléklet tartalmazza.

Második lépésként egyszerű, véletlenszerű kiválasztással történt a tanulók vizsgálatban való kijelölése a már azonosított iskolákban. Az iskolai adminisztrátorok a korábban kiképzett mérési személyek segítségével az évfolyamonként alfabetikus sorrendbe állított tanulói névsorból az előre megjelölt mérési kódok alapján azonosították a vizsgálatba bevont tanulókat (2. ábra). Amennyiben az adott tanuló nem volt alkalmas a tesztek elvégzésére (sérülés, felmentés, stb.), úgy mindig a soron következő tanulókat vontuk be a vizsgálatba. Eltérő színnel jelöltük azokat a kódokat, amelyek azokat a tanulókat jelölték, akik a pályateszt elvégzésén kívül laboratóriumi vizsgálaton is részt vettek, így ezen értekezés mintáját szolgáltatták.

Helység	Iskola neve	5. évfolyam		6. évfolyam		7. évfolyam		8. évfolyam	
Szolnok (Észak-Alföld)	SZANDASZŐLŐSI ÁLTALÁNOS ISKOLA ÉS ALAPFOKÚ MŰVÉSZETOKTATÁSI INTÉZMÉNY	21	010501	1	010601	2	010701	5	010801
		22	010502	2	010602	10	010702	6	010802
		29	010503	3	010603	23	010703	19	010803
		30	010504	7	010604	24	010704	20	010804
		31	010505	9	010605	25	010705	29	010805
		32	010506	11	010606	26	010706	32	010806
		40	010507	15	010607	28	010707	33	010807
		44	010508	17	010608	33	010708	34	010808
		46	010509	24	010609	40	010709	63	010809
		53	010510	37	010610	41	010710	65	010810
		58	010511	43	010611	43	010711	68	010811
		62	010512	52	010612	46	010712	69	010812
		77	010513	54	010613	61	010713	73	010813
		80	010514	60	010614	68	010714	75	010814
		90	010515	74	010615	74	010715	82	010815
		95	010516	80	010616	80	010716	84	010816

2. ábra: Példa az alfabetikus sorrendbe állított tanulói névsorból egyszerű véletlen kiválasztással azonosított tanulók kódjaira

4.2. Elemszám

A NETFIT[®] báziskutatását szolgáló minta összesen 2686 fő, 11-19 éves tanulót tartalmazott (5-12. évfolyam). Ebből a mintából 578 tanulót jelöltünk ki arra, hogy a pályatesztek elvégzésén túl laboratóriumi méréseken is részt vegyenek. A vizsgálatba bevont tanulók törvényes képviselőit tájékoztattuk a vizsgálatról, és írásbeli hozzájáruló nyilatkozatot tettek a gyermek felmérésébe (3. számú melléklet). Összesen 96 tanuló utasította vissza a részvételt, így összesen 482 tanuló vett részt a pályateszteken túl a laboratóriumi vizsgálatokon is (55,6% fiú és 44,4% lány, 4. táblázat).

4. táblázat: A vizsgált minta jellemzése nem és életkor szerint (n=482)

Korcsoport*	Fiúk		Lányok		Összes		Decimális életkor (átlag±SD)
	N	%	N	%	N	%	
11	33	55.0	27	45.0	60	12.4	11.54 ± 0.38
12	39	54.1	33	45.9	72	14.9	12.53 ± 0.31
13	21	39.6	32	61.4	53	11.0	13.54 ± 0.30
14	25	46.3	29	53.7	54	11.2	14.47 ± 0.29
15	41	62.1	25	37.9	66	13.7	15.51 ± 0.35
16	32	47.0	36	53.0	68	14.1	16.56 ± 0.32
17	39	70.1	16	29.9	55	11.4	17.49 ± 0.25
18+	38	70.3	16	29.7	54	11.2	18.73 ± 0.76
Összes	268	55.6	214	44.4	482	100.0	14.97 ± 2.34

*Megjegyzés: a korcsoportok kategorizálásánál a NETFIT® eredmények összehasonlíthatóságának lehetősége miatt az amerikai Fitnessgram® során használt módszert követtük: 11 évesek: 11.00-11.99 év; 12 évesek: 12.00-12.99 év stb.

4.3. Adatgyűjtési módszerek és eszközök

4.3.1. 20 méteres állóképességi ingafutás

A vizsgált személyek maximális oxigénfelvő-képességének becslése először a 20 méteres állóképességi ingafutás teszt felmérése alapján történt. A pályateszt elvégzése 2013. január-áprilisban a kijelölt iskolák sportcsarnokában/tornatermében történt egységesen képzett mérőszemélyzet segítségével, a délelőtti órákban, egy standard, 10 perces bemelegítést és a NETFIT® rendszert alkotó egyéb pályateszt elvégzését követően. Minden esetben a pályateszt elvégzése előtt a tanulók részletes tájékoztatást kaptak a vizsgálat menetéről és céljáról.

A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt elvégzése sztenderd protokoll alapján történt (1. sz. melléklet). A vizsgált személyeknek egy kijelölt 20 méteres szakaszt folyamatos futással kellett teljesíteniük hangjelzés által diktált ütemre, amely percenként gyorsult. A teszt mindaddig folytatódott, amíg a vizsgált személy második alkalommal is hibát nem vétett, vagyis nem érte el a hangjelre a táv végét jelölő vonalat. A teljesített távok számát (beleszámítva az első hibás teljesítést is) a mérőszemélyzet jegyezte fel. A mérő személyek szóban, folyamatos biztatással ösztönözték a tanulókat a próba teljes kifáradásig történő elvégzésére.

A teszt elvégzése után az alábbi képletet használtuk a maximális oxigénfelvevőképesség becslésére (Burns és mtsai., 2015):

$$VO_{2peak} = 0.353 \times (\text{megtett távok száma}) - 1.121 \times (\text{életkor}) + 45.619$$

4.3.2. Laboratóriumi vizsgálat

A vizsgálatba bevont tanulók antropometriai és nyugalmi illetve terhelésre adott élettani paramétereit az ország 5 különböző terhelésélettani laboratóriumában vizsgáltuk 2013. május és június hónapban a laboratóriumi vezetők bevonásával:

1. Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, Sporttudományi és Testnevelési Intézet, Sportélettani Oktató-kutató Laboratórium, Pécs (Dr. Wilhelm Márta)
2. Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kar Testnevelési és Sporttudományi Intézet Sportélettani Laboratóriuma, Szeged (Dr. Balogh László)
3. Nyíregyházi Főiskola Testnevelés és Sporttudományi Intézet Laboratóriuma, Nyíregyháza (Dr. Vajda Ildikó)
4. Nyugat-Magyarországi Egyetem Apáczai Csere János Kar, Sporttudományi Intézet és Testnevelési Intézeti Tanszék, Egészségtudományi Laboratórium, Győr (Dr. Ihász Ferenc)
5. Nemzeti Sportközpontok, Sporttudományi és Diagnosztikai Központ, Budapest (Dr. Szabó Tamás)

A tanulókat a különböző helyszíneken egységesen képzett és terhelésélettani mérésekben jártas mérőszemélyzet vizsgálta sztenderd protokoll mentén, minden esetben gyermekorvosi jelenlét mellett. A tanulók együtt, szervezett keretek között érkeztek a laboratóriumi helyszínekre éhgyomorra, helyszínenként naponta 6-9 fő. Miközben egyik tanuló a vizsgálatokra elkülönített helyszínen tartózkodott, a többiek pedagógusi felügyelet mellett videót néztek, beszélgettek.

A vizsgálat menete a következő szerint zajlott:

- Érkezés után 3 perces ülést követően az orvos laboratóriumi helyszíntől függően manuálisan auszkultációs módszerrel, illetve automata vérnyomásmérő készülékkel (OMRON M2) megmérte a tanulók nyugalmi vérnyomását (szisztolé/diasztolé, Hgmm).

- Ezután a tanulókat átkísérték egy vérvételre kialakított helyiségbe, ahol megvizsgálták az éhgyomri vérparamétereiket (glükóz-, koleszterin-, triglicerid szint). Az éhgyomri glükóz-, koleszterin-, és triglicerid szint mérése fertőtlenítést követően ujjbegyből, egy csepp vérből történt 3 db, megfelelő tesztcsíkkal ellátott és mérésre kalibrált Multicare IN mérőkészülék segítségével. Az eredményeket minden esetben a technikai asszisztens rögzítette (4. sz. melléklet).
- Ezt követően a tanulók átöltöztek könnyű sportruházatba az antropometriai paraméterek megállapításához. Az antropometriai vizsgálatokat a képzett mérőszemélyek egységes módszertan szerint végezték minden vizsgálati helyszínen. A vizsgált személyek testmagasságát milliméter pontossággal állapítottuk meg SECA 206 falra szerelhető sztenderd stadiométerrel. A mérés során a tanulók a fejüket a Frankfurti vízszintes pozícióban tartották és mezítláb voltak. A csípő-, és derékkerület, valamint a bőrredők (biceps, triceps, subscapula, suprailiaca, pectoralis, abdomen, mid-axilla, comb, vádli) megállapítása a NHANES protokoll (2012) szerint történt. A bőrredők méréséhez sztenderd Lange kalipert használtunk. Ezt követően a vizsgált személyek testtömegének és testösszetételének mérésére InBody 720 típusú bioimpedancia-analizátort használtunk. A testtömeg és testmagasság értékekből Cole és mtsai (2012) alapján testtömeg-indexet (BMI) számoltunk.
- A futószalagos spiroergometriás terheléses vizsgálat megkezdése előtt a vizsgálatra érkező személyeket kikérdezték és megvizsgálták az esetleges, a terhelés megkezdését kizáró tényezők feltárása céljából (gyógyszeres kezelés, fizikai sérülés, magas vérnyomás, szabálytalan szívverés stb.)

Összesen 7 automatikusan beállított protokoll egyikével kezdték meg a terheléses vizsgálatot a tanulók. A protokollok a kezdeti terhelésintenzitásban, valamint a szintek a futószalag dőlésszög illetve sebességemelkedés mértékében különböztek. A protokollok részletes leírását a 5. sz. melléklet tartalmazza. A protokoll kiválasztása Jackson és mtsai. (1990) módszere nyomán a becsült maximális oxigénfelvevő-képesség érték alapján történt nemnek, életkornak, BMI-nek és fizikai aktivitási szintnek megfelelően (6. sz. melléklet):

$$\text{becsült } \text{VO}_{2\text{max}} = 56.363 + [1.921 * (\text{PAR})] - [0.38 * (\text{decimális kor})] - [0.754 * (\text{BMI})] + [10.987 * (\text{lány}=0, \text{fiú}=1)]$$

PAR kód (fizikai aktivitási szint kérdőív alapján) 0 – 7

Decimális életkor: a kérdőív készítésének pillanatában

BMI = testtömeg (kg)/testmagasság négyzet (m) (kg/m^2)

A képletben szereplő PAR (Physical Activity Recode) érték megállapításához egy rövid, mindennapi fizikai aktivitási szint meghatározására szolgáló kérdőívet használtunk (7. sz. melléklet). Amennyiben a kérdésben szereplő fogalmak nem voltak egyértelműek a tanulók számára (pl. rekreációs tevékenység, nehéz fizikai aktivitás, rendszeres stb.), a kérdező elmagyarázta azt. A kérdések alapján a PAR érték 0-tól 7-ig terjedő szám lehetett. Példának okán 0 értéket kapott az a résztvevő, aki bevallása szerint semmilyen rendszeres fizikai aktivitásban, sem rekreációs sem sport jelleggel nem vesz részt, míg 7-est kapott az a tanuló, aki hetente rendszeresen több mint 3 órát nagy intenzitású mozgással tölt.

A terheléses vizsgálathoz SCHILLER AT-104 komplett spiroergométert használtunk három helyszínen, illetve Sensormedic Vmax Encore spirométert két helyszínen. Minden második megkezdett vizsgálat előtt megtörtént a készülékek kalibrációja.

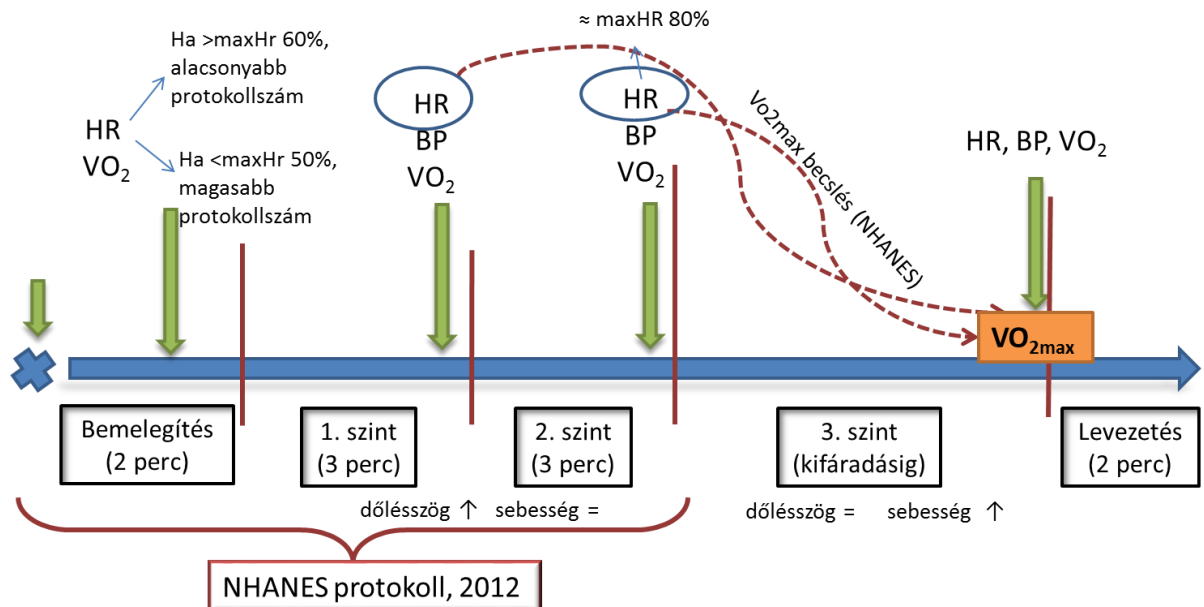
A terhelés a National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) National Youth Fitness Survey futószalagos gyalogló tesztjét követte a második terheléses szintig (2 perc bemelegítés, kétszer három perc terhelés). Ezt a protokollt úgy fejlesztették, hogy a második szint végére a vizsgált személy az életkorból prediktált maximális pulzusszám 75-80%-át érje el. Vizsgálatunk esetében a tesztet további percenkénti intenzitásnöveléssel folytattuk a vizsgált személyek teljes kifáradásáig. Az aktuálisan mért $\text{VO}_{2\text{peak}}$ értéket használtuk az aerob fittség kritériumértékeként a validitási vizsgálatokhoz. A terhelés során folyamatosan monitoroztuk a szív működését 12 elvezetéses EKG segítségével (pulzusszám, HR), illetve 10 másodpercenként regisztráltuk a ventilációt (VE), oxigénfelvételt (VO_2) és szén-dioxid leadást (VCO_2), oxigénpulzust (O_2 pulzus), respirációs hányadost (RQ), terhelés idejét (t) stb. (3. ábra).



3. ábra Futószalagos terheléses vizsgálat a Pécsi Tudományegyetem Sportélettani Oktató-kutató Laboratóriumában

A NHANES protokoll alapján a kiválasztott terheléses protokoll akkor megfelelő, ha a kétperces bemelegítő szakaszának végén a mért pulzusszám a várható maximális HR (220-életkor) 50-60%-a között van. Amennyiben a HR magasabb volt mint a várható HRmax 60%-a, úgy eggyel alacsonyabb protokoll számon indítottuk el a vizsgált személyt, amennyiben a várható maximális HR 50%-nál alacsonyabb volt a mért HR, úgy eggyel nagyobb protokollszám indításával, nagyobb intenzitású terhelésen kezdték meg a tesztet a tanulók. A kétperces bemelegítő szakaszt a NHANES protokoll kétszer három perces szintje követte, mely során állandó sebesség mellett a dőlésszög emelkedett. Mindkét terheléses szakasz végén a folyamatosan regisztrált adatok mellett vérnyomást mértünk, majd a második szint végét jellemző dőlésszög mellett percenkénti sebességemeléssel növeltük a terhelést a maximális intenzitás eléréséig, a teljes kifáradásig. A teszt során a vizsgált személyeket folyamatosan verbálisan ösztönözték a teljes kifáradásig történő munkára. Az intenzitás növelése (percenkénti sebességemelkedés) mindaddig tartott, míg a vizsgált személy nem jelezte a befejezési szándékát, mivel már nem volt képes tartani tovább a futószalag által diktált sebességet, jelentkeztek a teljes kifáradás külső tünetei, illetve a metabolikus válaszok

megközelítették a serdülők által adott várható értékeket (oxigénfelvétel már nem növekedett tovább (plató szakasz), RQ nagyobb mint 1.00 (Rowland, 1996). A maximális oxigénfelvevő-képesség elérése után egy kétperces levezető szakasz következett, melynek során folyamatosan vizsgáltuk a megnyugvás folyamatát. A terheléses protokollok általános sematikus vázát a 4. ábra mutatja, illetve részletes leírásukat az 5. sz. melléklet tartalmazza.



4. ábra: A laboratóriumi helyszíneken használt futószalagos terheléses protokoll sematikus ábrája

4.4. Minőség-ellenőrzés

A mérések minőségének ellenőrzéséért az amerikai Cooper Intézet nemzetközi szakértője, prof. dr. Kevin J. Finn (University of Northern Iowa, USA) felelt, aki minden pályatesztet levezető mérőcsapatot megfigyelt és minden laboratóriumi helyszínen látogatást tett a vizsgálatok egységes és megfelelő módon történő lebonyolításának ellenőrzése céljából.

A vizsgálatokat egységesen képzett mérőszemélyzet vezette minden kutatásba bevont iskolában és laboratóriumi helyszínen. A minőségkontrollőr néhány eltérést talált a laboratóriumi helyszínek között a vérnyomás mérés esetében (manuális vs. automata) és a bőrredőmérések kivitelezésében (kis különbség a comb bőrredő mérés esetén). Továbbá kisebb variancia eltérést okozhat, hogy eltérő típusú biopedancia-analizátor készüléket használtak a laboratóriumok a testösszetétel mérésére (Biospace InBody 720 vs. 520). A

leírt kisebb eltérésektől eltekintve a független vizsgáló véleménye alapján a méréseket sztenderdizált módszer alapján, megfelelő módon kiviteleztek a személyzet tagjai. Megállapítása szerint a laboratóriumi személyzet a terheléses mérésekben nagy gyakorlattal rendelkezett, amely biztosította a belső konzisztenciát (Finn és mtsai., 2013, Csányi és mtsai., 2015).

4.5. Statisztikai analízis

A különböző helyszíneken felvett adatokat a Magyar Diáksport Szövetség központjában gyűjtöttük össze és egységes módszer mentén dolgoztuk fel őket. Az adatokat megosztottuk a Cooper Intézet illetékes munkatársaival is további adatfeldolgozás céljából. (A kutatásból származó eredmények a NETFIT® tudományos hátterét leíró összefoglaló kiadványban, a Research Quarterly for Exercise and Sport 2015. 86-os különszámában olvashatók.)

Az adattisztítás során első lépésben kinyertük és kódoltuk a nyers adatbázist majd kiszűrtük azokat az eseteket, ahol nem történt adatrögzítés (demográfiai adatok – pl. nem és életkor, mért VO_{2max} és/vagy 20 méteres állóképességi ingafutás tesztben elért távok száma). Amennyiben valamelyik adat hiányzott, illetve abnormális (tartományon kívüli) mért vagy becsült VO_{2peak} értéket/ megtett távot tartalmazott az adatbázis, úgy azokat az eseteket kitöröltük és nem használtuk fel az adatfeldolgozáshoz. A laboratóriumi mérőszemélyzet megjelölte azokat a tanulókat, akik nem teljesítették végig a futószalagos terheléses tesztet, így az ő adataikat sem tartalmazza a feldolgozott adatállomány. Kizártuk a 10 évesnél fiatalabb és a 18,99 évesnél idősebb tanulókat, majd életkori csoportokba soroltuk őket (10 évesek: 10,00-10,99 év, 11 évesek: 11,00-11,99 év stb.) Az adatfeldolgozás kritériumaként jelöltük meg, hogy a vizsgált személy a teljes kimerülésig hajtotta-e végre a tesztet (nehéz légzés, arcpír, izzadás), valamint a mért VO_{2peak} értéket akkor tekintettük validnak, ha a légzési hányados 1.0 vagy annál nagyobb értéket vett fel a terhelés végén (Welsman és mtsai., 2005). A harmadik lépésben kizártuk az elemzésből az esetlegesen előforduló extrém értékeket, valamint azokat az eseteket, amikor a becsült és mért VO_{2peak} érték között több mint 20 ml/kg/min különbség volt.

A kiválasztott változók (mért és becsült VO_{2max} értékek, futószalag végsebessége, megtett távok száma a 20 méteres ingafutásban) normalitásvizsgálatát Kolmogorov-Smirnov teszttel végeztem. Az egyes változók nemek közti különbségét független kétmintás t-próbával elemeztem. A mért maximális oxigénfelvevő-képesség nemenkénti és

életkorcsoportonkénti összehasonlítását Univariate ANOVA-tesztel végeztem el. Kétváltozós korreláció-analízis során a korrelációs együtthatókkal jellemeztem a mért maximális oxigénfelvevő-képesség valamint néhány antropometriai adat, és a 20 m állóképességi ingafutás tesztben nyújtott teljesítmény (megtett távok száma) közti kapcsolatot.

4.5.1. 20 méteres állóképességi ingafutás teszt új képletének validálása

Első lépésben az ingafutás teszt validitását lineáris regressziós együtthatókkal vizsgáltuk, amelyet a laboratóriumi futószalagos terhelés végén mért maximális sebesség és VO_{2peak} értékből, valamint a tesztben megtett távok számából kalkuláltunk az alábbi képlet alapján:

$$\text{becsült}VO_{2peak} = 45.619 + (0.353 * \text{megtett távok száma}) - (1.121 * \text{életkor})$$

Standardizált és nem-standardizált béta együtthatókat számoltunk mindegyik kétváltozós kapcsolat esetén (mért és becsült VO_{2max}). Minden kalkulációt külön elvégeztük fiúkra és lányokra vonatkozóan. A statisztikailag szignifikáns nem-standardizált béta együtthatóval ($\beta > 0$; $p < 0.05$) jellemeztük a mért és becsült VO_2 érték közti kapcsolatot. A módszerek közötti egyezőség mértékét lineáris regressziós együttható (R^2 értékkel) és a Bland & Altman modell (átlagkülönbségek $\pm 1.96 * \text{szórás}$; Bland és Altman, 1986, 1999) szerint jelölt 95%-os egyezési határ alsó és felső értéke (Limits of Agreement, LOA) alapján elemeztük. Kiszámoltuk a becslés sztenderd hibáját (SEE; Standard error of Estimates), amely szintén informatív a módszerek közti hasonlóság vizsgálata szempontjából:

$$SEE = SD_y \sqrt{(1-R^2_{yy'})}$$

,ahol SD a becsült VO_{2max} szórásértéke, $R^2_{yy'}$ korrelációs érték a mért és becsült VO_{2max} között

Az analízis második lépésében meghatároztuk a két módszer egyezőségét bioekvivalenciai vizsgálati eljárással (Schuirmann, 1987), amelyet kifejezetten arra fejlesztettek ki, hogy alternatív mérések és megközelítések egyezőségét vizsgálják. A hagyományos statisztikai eljárások azt vizsgálják, hogy van-e különbség a két módszer során mért értékek között. Validitási vizsgálat esetében pedig az a fontos, hogy az értékek egyezőségét vizsgáljuk. Két egy-oldalú teszt használatával, a nullhipotézist megfordítjuk

(nullhipotézis: az alternatív módszer nem valid; alternatív hipotézis: az alternatív módszer valid, tehát nincs különbség az értékek között) és előre meghatározott elfogadási tartomány felállításával vizsgáljuk, hogy a becsült értékek a mért értékekkel egyenértékűek-e, az előre meghatározott tartományon belül vannak-e az átlagkülönbségek. (Robinson és Robert, 2004; Walker és Nowacki, 2011). Jelen tanulmányban szakértői döntés alapján 10%-nál jelöltük meg az ekvivalencia lehetséges tartományát. Ennek meghatározása szubjektív, mégis fontos megjegyezni, hogy a tanulmányban megjelölt határ sokkal szigorúbb, mint a Food and Drug Administration által jelölt útmutatóban használt érték (Midha és McKay, 2009).

Összességében tehát kutatásunkban akkor beszélünk ekvivalenciáról, ha az átlagkülönbségek a két egyoldalas teszt 95%-os konfidencia intervallumán a mért VO_2 érték $\pm 10\%$ -a közé esik.

4.5.2. NETFIT® kritérium-orientált fittségi zónákba sorolás egyezőségének vizsgálata a tényleges és a 20 méteres ingafutás tesztből becsült VO_{2peak} érték alapján

A NETFIT®-ben használt nemre és életkorra vonatkoztatott egészségközpontú, kritériumorientált töréspontok felhasználásával fittségi zónákba soroltuk a két különböző módszerrel nyert VO_{2peak} értékeket: Egészségzóna (EZ), Fejlesztés szükséges zóna (FSZ), Fokozott fejlesztés szükséges zóna (FFSZ). A fittségi zónákba sorolás egyezőségét Cohen Kappa asszociációs együtthatóval elemeztük, az értékelésnél Altman (1990) kategorizációját vettük figyelembe (nagyon gyenge: $K \leq 0,20$; gyenge: $0,20 - 0,40$; közepes: $0,40 - 0,60$; jó: $0,60 - 0,80$; kiváló: $K \geq 0,80$).

Kiszámoltuk a szenzitivitási és specificitási értéket, hogy meghatározzuk a hibátípust a becsült VO_{2max} fittségi zónába kategorizálása esetén. Vizsgálatom esetében a szenzitivitás azt mutatja, hogy mi a százalékos aránya annak, hogy a becsült érték a referencia értéknek megfelelő fittségi kategóriába esik, tehát a tanuló valóban a NETFIT® rendszer által visszajelzett fittségi zónába tartozik. Amennyiben a szenzitivitási érték 100% az Egészségzónára vonatkoztatva, úgy a 20 méteres állóképességi ingafutás eredmény alapján Egészségzónába került tanulók 100%-a helyesen lett kategorizálva a referencia VO_{2max} alapján. Másrésről a 100%-os specificitási érték azt jelzi, hogy azon tanulók 100%-a, akik nem teljesítették az egészséghez szükséges minimum értéket a referencia alapján, a becslés szerint sem

kerültek az Egészségzónába. Számolást követően illusztráltam a fiúk és lányok százalékos eloszlását a különböző fittségi zónákban, hogy közvetlen összehasonlítást biztosítsak a két módszer eredménye között.

4.5.3. NHANES futószalagos terheléses protokoll becslő módszerének validálása

A maximális oxigénfelvétel becslése a NHANES alapján az alábbi algoritmusnak megfelelően a NHANES protokoll első két szintje végén mért pulzusértékek extrapolációjából történt. A terhelésre adott pulzusválasz és oxigénfelvétel párhuzamosan lineárisan növekszik a terhelés során, így a szubmaximális terhelési szint ismeretében a pulzusérték monitorozásával megbecsülhető a VO_{2max} érték (ACSM, 2009). A kapcsolat összegezhető az alábbi lineáris függvényképlettel:

$y = mx + b$, ahol y = pulzusszám, m = meredekség, x = VO_2 , b = intercept

ebből adódóan:

becsült $VO_{2max} = (PMHR - intercept) / meredekség$

ahol

PMHR (Predicted maximal heart rate – várható HR_{max}) = $220 - életkor$

meredekség = $(n \sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i) / (n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)$

intercept = $Y - bX$

ahol

Y = az 1. és 2. szint végén mért pulzusérték átlaga

X = az 1. és 2. szint végén prediktált VO_2 érték átlaga

$x_i = x_1, x_2$

x_1 = 1. szint végén prediktált submax VO_2 érték (lsd. 4. számú melléklet)

x_2 = 2. szint végén prediktált submax VO_2 érték (lsd. 4. számú melléklet)

$y_i = y_1, y_2$

y_1 = 1. szint végén mért HR érték

y_2 = 2. szint végén mért HR érték

Azon tanulók becsült VO_{2max} értékeit, akik az extrapolációból adódóan irreálisan magas becsült VO_{2max} értékkel rendelkeztek, 80 ml/kg/min értéknél maximalizáltuk. Kizártuk azokat a vizsgált személyeket az elemzésből, akiknél a mért és becsült érték között több mint 20 ml/kg/min-es eltérés volt, illetve a becslés negatív előjelű lett.

Az elemzés során a 20 méteres ingafutás teszt becslési módszerének keresztvalidálása során alkalmazott statisztikai eljárásokat alkalmaztam. A becsült és mért VO_{2max} értékek átlagkülönbségeinek eltérését a korcsoportok és nemek között Univariate ANOVA teszttel elemeztem. Standardizált és nem standardizált béta együtthatókat használtam a kétváltozós kapcsolatok jellemzésére, valamint lineáris regressziós analízissel vizsgáltam a NHANES alapján becsült és mért VO_{2max} értékek közti összefüggéseket. A módszerek közti eltéréseket Bland-Altman plot modellel elemeztem és vizualizáltam. A korábban leírt módon az ekvivalencia teszt eredményei alapján állapítottam meg, hogy az átlagkülönbség értékek a mért VO_{2max} értékek $\pm 10\%$ -os egyezőségi tartományán belül találhatóak-e, ezáltal egyenértékűnek minősíthetőek-e a két egyoldalas teszt 95%-os konfidencia intervallumán.

5. Vizsgálati eredmények

5.1. Vizsgált minta jellemzése

Összesen 482 tanuló vett részt a laboratóriumi és pályateszt vizsgálatokon is, akik közül 45 tanuló esetében jeleztek olyan rendellenességet, amely a futószalagos terhelésen való részvételt kizárta, vagy a terhelés megszakítását eredményezte (abnormális nyugalmi EKG, magas vérnyomásérték, kamrai septum defectus, tonsillitis follicularis, diarrhoea, korábbi sérülés, chondromalacia patellae vagy gyógyszeres kezelés alatt állt). További 78 tanuló esett ki a statisztikai analízisből, miután nem teljesítették az elvárt kritériumértékek valamelyikét. Az analízisbe bevont minta (N=354) laboratóriumi helyszíneken való megoszlását az alábbi 5. táblázat mutatja:

5. táblázat: Az analízisbe bevont minta laboratóriumi helyszínek szerinti megoszlása (N=354)

Laboratóriumi helyszín	Elemzés (N)	%
Budapest	77	21,8
Győr	44	12,4
Nyíregyháza	74	20,9
Szeged	66	18,6
Pécs	93	26,3

A tanulók demográfiai, nyugalmi és terhelésre adott élettani értékeit, valamint a pályateszt eredményeit a 6. táblázat mutatja.

Mintánk 14%-a volt túlsúlyos és 4,7%-a elhízott a Centers for Disease and Prevention (CDC) gyermekekre fejlesztett ajánlása alapján. A fiúk magasabbak, nehezebbek voltak, alacsonyabb testzsírszázalékkal rendelkeztek mint a lányok, valamint magasabb élettani paraméterértékek mellett (max VE, max O₂pulzus, max szisztolés BP) jobb teljesítményt értek el a pályatesztben, csakúgy mint a futószalagos terhelés során ($p < 0,001$). A metabolikus szindróma tünetegyüttese mintánk 6,7%-a esetében fordult elő (fiú: 5,7%, lány: 7,9%).

A fiúk referencia VO_{2peak} átlagértékei a korcsoportok között $52,54 \pm 5,86$ ml/kg/min (11 évesek) és $47,37 \pm 8,19$ ml/kg/min (12 évesek) között változik, fiúknál 12-

15 éves kor között viszonylagos stagnálás mutatkozik, majd 15 éves kortól az értékek egyre nagyobbak. Lányoknál $47,21 \pm 8,24$ ml/kg/min (12 évesek) és $36,28 \pm 9,14$ ml/kg/min (16 évesek) között változnak az értékek, a fiúkkal ellentétben 12 éves kortól visszaesés mutatkozik az átlagértékek tekintetében (5. ábra). A VO_{2max} értékek alakulását a nem és az életkorcsoport együttesen 31,6%-ban magyarázza ($p < 0,001$; $F_{(15)} = 10,395$; $R^2 = 0,316$). A nem ($p < 0,001$; $F_{(1)} = 110,801$, partial $\eta^2 = 0,247$) és korcsoport ($p = 0,43$; $F_{(7)} = 2,096$; partial $\eta^2 = 0,042$) külön-külön, valamint a kettő interakciója ($p < 0,001$; $F_{(7)} = 3,230$; partial $\eta^2 = 0,063$) is szignifikáns hatással van az értékek alakulására (8. sz melléklet tartalmazza a részletes statisztikai eredmény táblázatokat).

6. táblázat: Leíró statisztika (átlag $\pm$ szórás) a vizsgált változókra vonatkozólag nemenkénti bontásban

	<i>Totál (N=354)</i>	<i>Fiúk (N=193)</i>	<i>Lányok (N=161)</i>
<i>Demográfiai adatok</i>			
Decimális életkor	$15,2 \pm 2,3$	$15,7 \pm 2,3$	$14,8 \pm 2,2^*$
Testmagasság (cm)	$166,2 \pm 11,0$	$170,7 \pm 11,3$	$161,1 \pm 8,0^*$
Testtömeg (kg)	$58,4 \pm 13,6$	$61,5 \pm 14,9$	$54,5 \pm 10,4^*$
BMI (kg/m ²)	$20,9 \pm 3,6$	$20,9 \pm 3,7$	$20,9 \pm 3,3$
TZS%	$19,0 \pm 9,0$	$14,14 \pm 6,9$	$24,84 \pm 7,6^*$
Derékkerület (cm)	$76,3 \pm 9,9$	$76,5 \pm 9,8$	$76,0 \pm 9,9$
Csípőkerület (cm)	$88,5 \pm 10,1$	$88,0 \pm 9,2$	$89,0 \pm 11,1$
Túlsúlyos ^a	14	8,4	19,6
Obez ^b	4,7	7,2	2,1
<i>Labor adatok</i>			
Nyugalmi HR (bpm)	$79,4 \pm 14,7$	$76,0 \pm 13,6$	$82,7 \pm 14,9^*$
Nyugalmi szisztolés BP (Hgmm)	$120,5 \pm 16,1$	$123,5 \pm 17,1$	$116,7 \pm 13,7^*$
Nyugalmi diasztolés BP (Hgmm)	$71,4 \pm 9,8$	$72,0 \pm 9,9$	$70,5 \pm 9,7$
Vércukorszint (mmol/l)	$4,6 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,5$
Összkoleszterinszint (mmol/l)	$4,5 \pm 0,9$	$4,2 \pm 0,8$	$4,8 \pm 0,8^*$
Triglycerid szint (mmol/l)	$1,1 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,6$	$1,1 \pm 0,4$
Metabolikus szindróma ^c	6,7	5,7	7,9
maxRQ	$1,1 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$	$1,1 \pm 0,1$
maxHR (bpm)	$194,9 \pm 9,8$	$194,3 \pm 10,9$	$195,6 \pm 8,1$
%HRmax	$95,2 \pm 4,7$	$95,2 \pm 5,2$	$95,4 \pm 4,0$
maxVE (l)	$85,3 \pm 25,6$	$97,7 \pm 25,4$	$70,3 \pm 15,6^{**}$
max sebesség (km/h)	$9,8 \pm 1,9$	$10,5 \pm 1,9$	$9,0 \pm 1,6^*$
max szisztolés BP (Hgmm)	$154,4 \pm 24,3$	$160,2 \pm 24,7$	$147,0 \pm 21,2^*$

max diasztolés BP (Hgmm)	54,2 ± 28,7	56,1 ± 29,5	53,0 ± 27,1
max O ₂ pulzus	13,7 ± 4,1	15,7 ± 4,2	11,2 ± 2,5*
VO _{2peak} (ml/kg/min)	45,8 ± 8,9	49,8 ± 7,6	41,1 ± 8,0*
<i>Pályateszt</i>			
Megtett távok száma	45,8 ± 21,5	55,5 ± 21,6	34,1 ± 14,4*
VO _{2peak} (ml/kg/min)	44,7 ± 7,3	47,5 ± 7,2	41,3 ± 5,9*

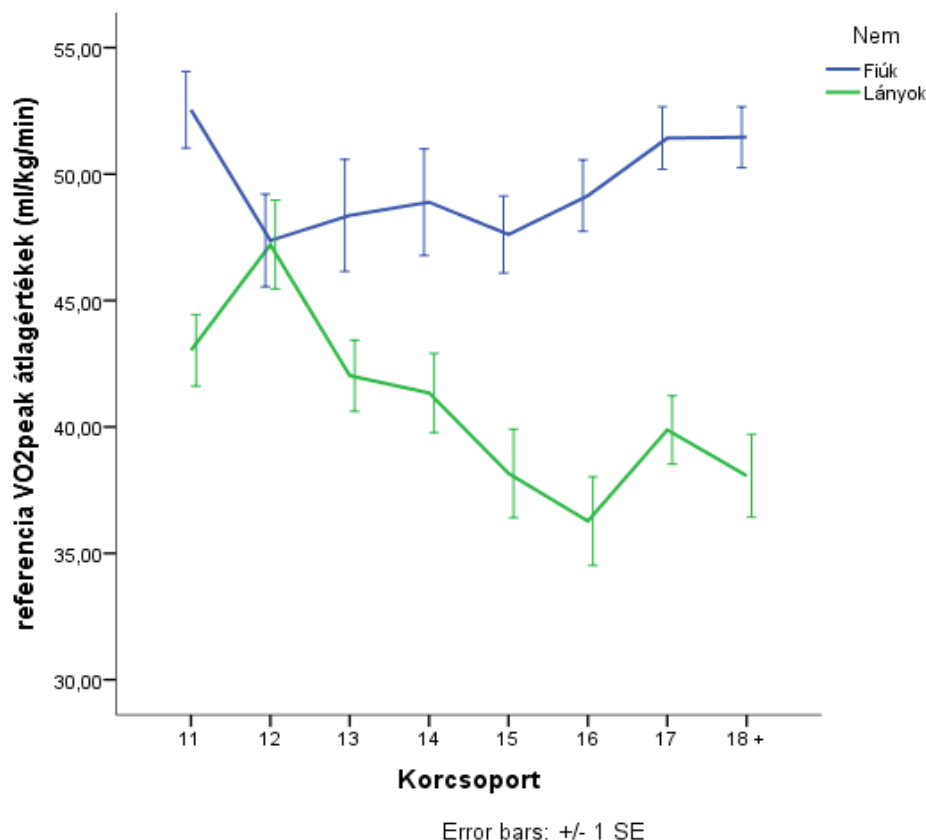
max RQ – a teszt végén mért respirációs hányados; max HR – a teszt végén mért pulzusszám; %HRmax – a prediktált maximális pulzusszám teszt végén mért százalékos értéke; max VE – a teszt végén mért ventiláció; VO_{2peak} – a teszt végén mért/becsült oxigénfelvétel értéke; max O₂pulzus – a teszt végén mért oxigénpulzus

^aCenters for Disease Control and Prevention (CDC) ajánlása alapján a BMI percentilis táblázat 85-95 percentilis érték közti tanulók százalékos aránya

^bCDC ajánlása alapján a BMI percentilis táblázat 95. percentilis érték feletti tanulók százalékos aránya

^ckategorizálás Jolliffe and Janssen (2007) gyermekekre vonatkozó metabolikus szindróma definíciója alapján, kivéve az összkoleszterinszintet, amelyhez Cook és mtsai. (2009) töréspontjait használtuk

* nemek között szignifikáns különbség, p<0,001



5. ábra A laboratóriumban mért VO_{2peak} (referencia) átlagértékek alakulása korcsoportonkénti bontásban nemek szerint. Megjegyzés: A hibasávok a standard hibát jelölik

A 7. táblázat mutatja, hogy mintánkban a mért VO_{2peak} értékek, és a becsülő modellekben leggyakrabban használt változók között milyen erős a kapcsolat. Fiúknál a

testmagasság és a decimális életkor nem mutatott szignifikáns összefüggést a VO_{2max} értékekre vonatkozólag, lányoknál viszont negatív szignifikáns kapcsolat látszik (TM: $R_{(161)} = -0,293$, $p < 0,001$; Kor: $R_{(161)} = -0,195$, $p < 0,001$). A testtömeg, BMI, testzsírszázalék és triceps bőrredő mindkét nem esetében fordított kapcsolatot mutatott a VO_{2max} értékekkel ($p < 0,001$), lányoknál a kapcsolatok erőssége mindegyik változó esetében nagyobb, mint fiúknál.

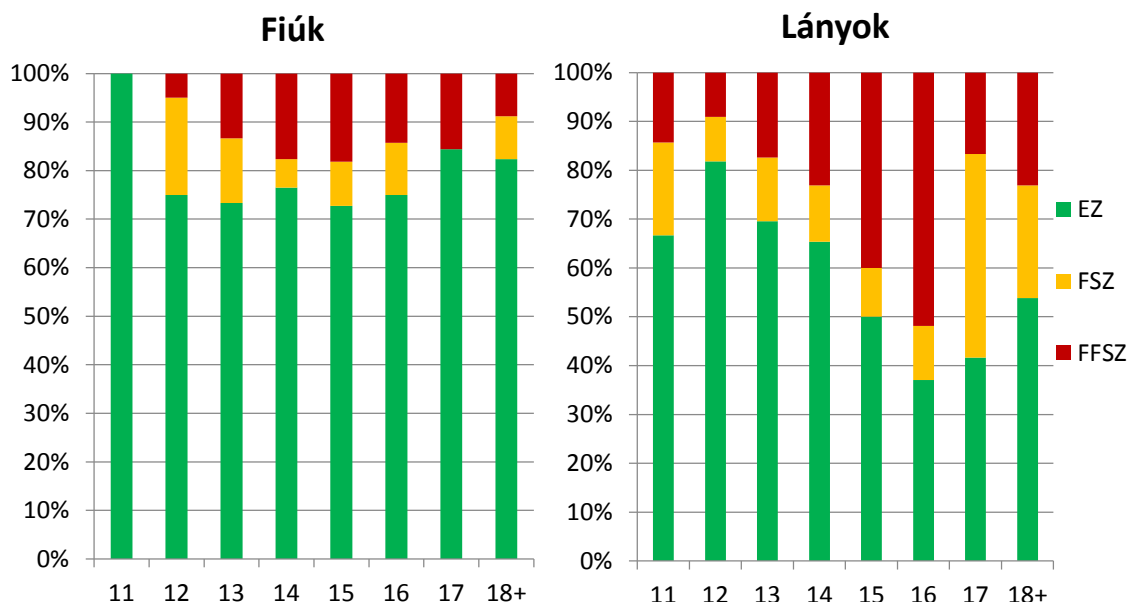
7. táblázat: Kétváltozós korreláció-analízis eredményei a mért maximális oxigénfelvevőképesség, néhány antropometriai adat, valamint a testben nyújtott teljesítmény között

	Kor	TM	TT	BMI	TZS%	Triceps	megtett táv
Fiúk							
VO_{2max}	0,095	-0,061	-0,282**	-0,343**	-0,509**	-0,551**	0,417**
Kor		0,683**	0,566**	0,334**	-0,171*	-0,160*	0,370**
TM			0,727**	0,337**	-0,139	-0,119	0,213*
TT				0,886**	0,424**	0,404**	0,444
BMI					0,678**	0,565**	-0,69
TZS%						0,763**	-0,428**
Triceps							-0,333**
Lányok							
VO_{2max}	-0,293**	-0,195*	-0,447**	-0,456**	-0,560**	-0,565**	0,458**
Kor		0,462**	0,516**	0,351**	0,338**	0,347**	-0,05
TM			0,587**	0,106	0,021	0,247*	0,037
TT				0,863**	0,707**	0,673**	-0,229**
BMI					0,864**	0,676**	-0,317**
TZS%						0,639**	-0,517**
Triceps							-0,303**

VO_{2max} A laboratóriumi vita maxima terhelés során mért maximális oxigénfelvevő-képesség (ml/kg/min); kor: decimális életkor (év); TM: testmagasság (cm); TT: testtömeg (kg); BMI: Testtömeg-index (kg/m²); TZS%: testzsírszázalék (%); Triceps: Tricepsz bőrredő (mm); * $p < 0,05$, ** $p < 0,001$

Mintánkban a NETFIT® fitness zónákban való eloszlás relatív gyakorisága is nemenként lényegesen eltérő mintázatot mutat. 73% (15 évesek) és 100% (11 évesek) között mozog azok aránya fiúknál, akik elérték az egészséghez szükséges minimum értéket. Lányoknál a 12 éves korosztályt kivéve minden esetben jóval kedvezőtlenebb a kép az Egészségzónában teljesítők aránya alapján, amely 16 éves korcsoport esetén

csupán 37%-ot jelent (6. ábra). A tendenciák alapján a fiúk viszonylag állandó EZ-arányt mutatnak az életkor növekedésével, míg a lányok egyre kisebb arányban érik el a nemre és életkorra meghatározott egészségsztenderd értékeket.



6. ábra A NETFIT® fitness zónák százalékos megoszlása korcsoportonként fiúknál (jobb) és lányoknál (bal) a referencia VO_{2peak} értékek kategorizálása alapján. Megjegyzés: EZ: Egészségzóna, FSZ: Fejlesztés Szükséges Zóna, FFSZ: Fokozott Fejlesztés Szükséges Zóna

5.2. 20 méteres állóképességi ingafutás teszt

A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt és a laboratóriumi futószalagos teszt eredményeit a 8. táblázat mutatja korcsoportonkénti és nemenkénti bontásban. A két módszer közti átlagkülönbségek 0,15 és 4,64 ml/kg/min között mozognak, a mért és becsült értékek különbsége a nemek között szignifikánsan eltért ($t_{(352)}=2,792$; CI: 0,66 – 3,91; $p < 0,01$). Fiúknál a mért értéket átlagosan 2,12 ml/kg/min értékkel alábecsülte a predikciós módszer, míg lányoknál 0,12 ml/kg/min értékkel többet becsült a modell. A különbségek a 17 ($t_{(31)}=2,428$, CI: 0,58-6,69 ml/kg/min; $p=0,02$) és 18+ éves fiúknál ($t_{(33)}=2,396$, CI: 0,55-6,69 ml/kg/min; $p=0,02$) voltak szignifikánsak.

8. táblázat: Leíró statisztika (átlag ± szórás) a 20 méteres ingafutás teszt eredményei alapján becsült és a futószalagos protokoll során mért VO_{2peak} értékekre vonatkozólag korcsoportonkénti és nemenkénti bontásban

	Korcsoport	N	Megtett távok száma	Mért VO _{2peak}	Becsült VO _{2peak} ^a	Különbség ^b
Fiúk	11	15	43,75 ± 16,80	50,33 ± 10,52	48,19 ± 5,95	-2,14
	12	20	39,30 ± 16,16	47,17 ± 8,04	45,55 ± 5,78	-1,62
	13	15	50,07 ± 15,02	48,37 ± 8,58	48,15 ± 5,28	-0,22
	14	17	50,82 ± 18,23	48,89 ± 8,70	47,30 ± 6,31	-1,59
	15	33	55,79 ± 17,43	48,67 ± 10,63	48,01 ± 6,18	-0,67
	16	28	57,83 ± 21,05	49,50 ± 7,59	47,56 ± 7,39	-1,94
	17	32	61,69 ± 26,41	51,43 ± 7,00	47,79 ± 9,43	-3,64*
	18+	34	65,89 ± 24,41	52,58 ± 8,80	47,94 ± 8,58	-4,64*
Lányok	11	21	32,62 ± 11,70	43,03 ± 6,47	44,24 ± 4,07	1,21
	12	22	40,64 ± 14,18	47,07 ± 8,08	45,87 ± 5,05	-1,19
	13	23	33,35 ± 13,03	42,03 ± 6,76	42,18 ± 4,61	0,15
	14	26	32,38 ± 15,01	41,34 ± 7,98	40,93 ± 5,33	-0,42
	15	20	34,91 ± 10,82	38,19 ± 10,50	40,62 ± 3,85	2,44
	16	27	33,82 ± 19,00	35,62 ± 9,61	39,03 ± 6,67	3,40
	17	12	38,42 ± 15,89	39,08 ± 5,34	39,65 ± 5,73	0,57
	18+	13	31,86 ± 17,11	38,07 ± 6,14	35,88 ± 6,17	-2,19

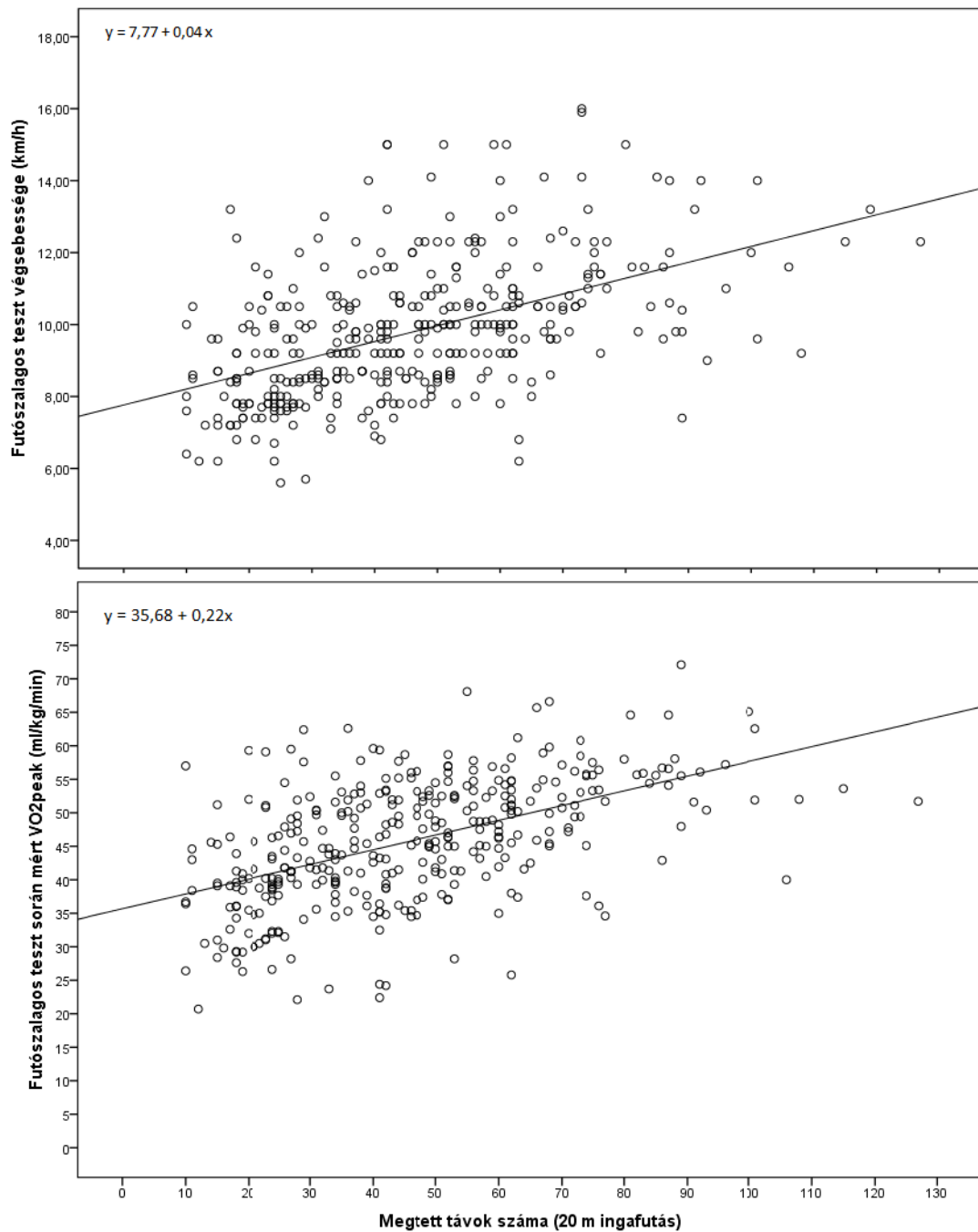
^a Burns és mtsai. (2015) alapján: VO_{2peak} = 0.353 * (megtett távok száma) – 1.121 * (életkor) + 45.619

^b Becsült VO_{2peak} – Mért VO_{2peak}

*szignifikáns eltérés a mért és becsült VO_{2max} értékek között, p<0,05

A pályatesztben megtett távok száma középerősen korrelál a futószalagos tesztben elért végső sebességgel, r(354) = 0,503, p < 0,001), valamint a mért VO_{2peak} értékekkel, r(354) = 0,563, p < 0,001 (7. ábra).

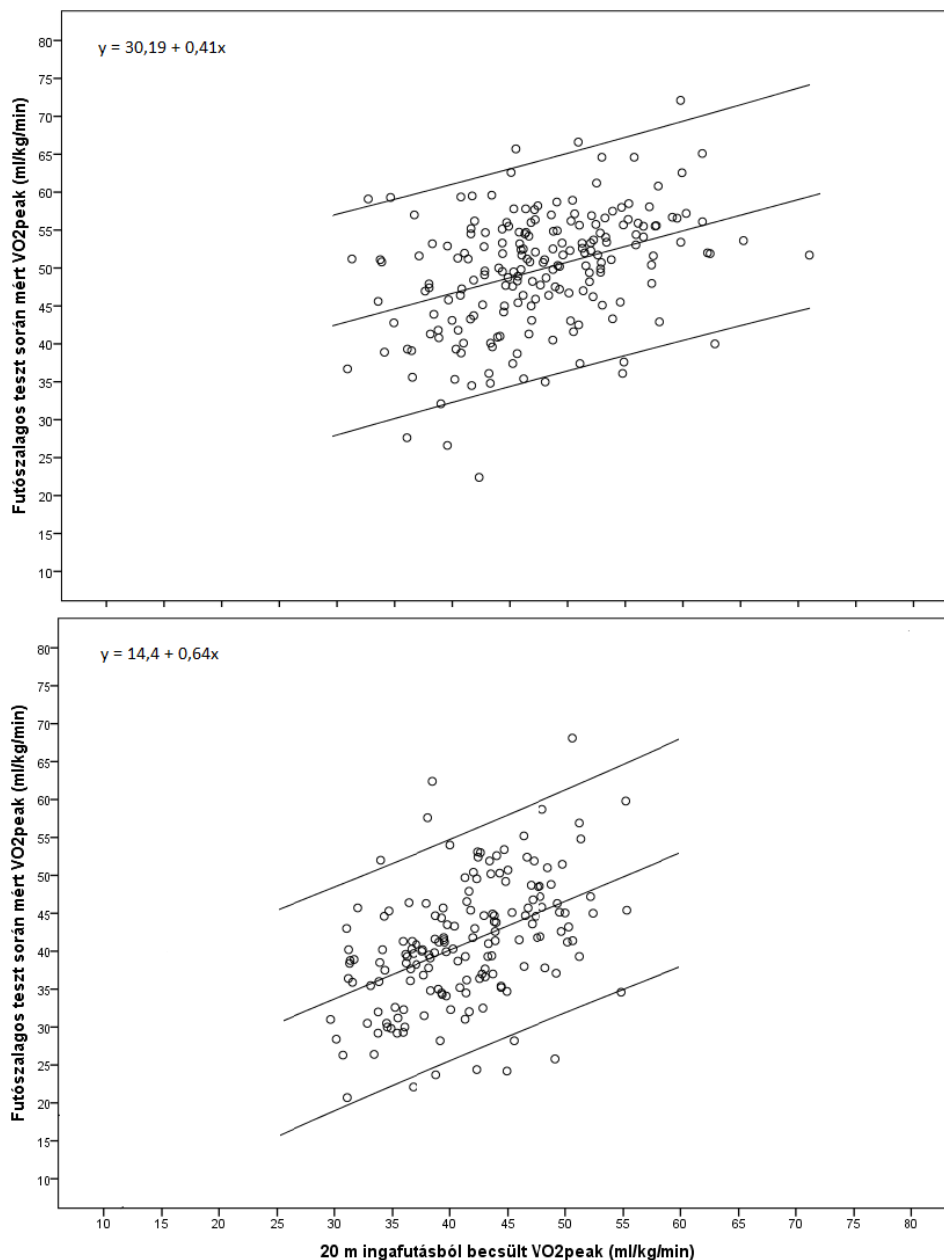
A 20 méteres állóképességi ingafutás tesztben megtett távokból becsült és a laboratóriumi teszt során mért VO_{2peak} értékek a teljes variancia 14,3%-át magyarázzák fiúknál illetve 20,9%-át lányoknál és közepesen gyenge korrelációt mutatnak egymással (fiúknál: r(197)=0,378, p<0,001); lányoknál: r(168)=0,457, p<0,001).



7. ábra A 20 méteres állóképességi ingafutás során megtett távok és a futószalagos teszt végén elért sebesség (fent), valamint a mért VO_{2peak} értékek kapcsolata (lent)

A becsült VO_{2peak} értékben 1 ml/kg/min emelkedéssel 0,41 ml/kg/min növekedés látszik a mért VO_{2peak} értékben fiúknál ($p < 0,001$) és 0,64 ml/kg/min a lányoknál ($p < 0,001$, 8. ábra). Fiúknál az egyezés alsó elfogadási határértéke (LOA) -14,16 ml/kg/min, lányoknál -15,28 ml/kg/min, míg a felső határérték +18,66 ml/kg/min volt fiúknál és a lányoknál +14,66 ml/kg/min. Az egyezőségi határértékek a mért VO_{2peak}

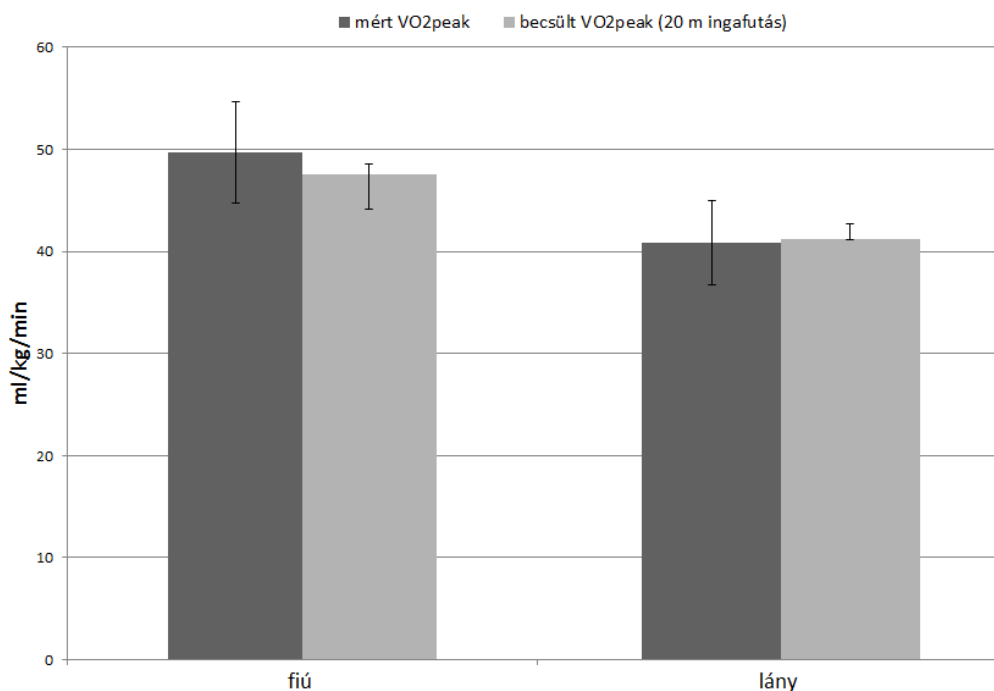
értékek 28,4 - 37,5%-os hibatarományát jelölik meg fiúknál, lányoknál pedig 33,2% - 34,7%-ot.



8. ábra A futószalagos teszt végén mért és a 20 méteres állóképességi ingafutásból becsült $\text{VO}_{2\text{peak}}$ értékek kapcsolata fiúknál (fent) és lányoknál (lent).

Az átlagos abszolút százalékos hibaérték (beleértve az alá és fölé becsléseket is) 13,6% volt fiúknál és 15,46% lányoknál. Mintánkban a SEE (standard error of estimation) 6,47 ml/kg/min a fiúknál és 4,91 ml/kg/min a lányoknál.

Fiúknál a laboratóriumban mért VO_{2peak} értékek átlaga $49,73 \pm 7,81$ ml/kg/min volt és az előre meghatározott 10%-os egyezőségi tartomány alsó határa 44,73 ml/kg/min, míg a felső 54,67 ml/kg/min. Az ingafutás eredménye alapján becsült VO_{2peak} átlagértéke fiúknál $47,51 \pm 7,18$ ml/kg/min, az átlag különbségek 95%-os konfidencia intervalluma (95% CI: 44,1; 48,61 ml/kg/min) részben mondható csak egyenértékűnek, mivel az alsó prediktált határérték nem volt a 10%-os régió alsó határán belül. Ugyanígy összehasonlításban a lányoknál elmondható, hogy az átlagos becsült VO_{2peak} érték ($41,28 \pm 5,86$ ml/kg/min) és az átlagkülönbségek 95%-os konfidencia intervalluma (95% CI: 41,34; 42,76 ml/kg/min) teljes mértékben a 10%-os tartományba (36,83 ml/kg/min - 45,01 ml/kg/min) esett, ezért statisztikailag elfogadható egyenértékűnek a mért VO_{2peak} értékekkel (9. ábra).



9. ábra: Mért és a 20 méteres ingafutás eredményéből becsült VO_{2peak} átlagértékek fiúknál és lányoknál. Az átlag referencia (mért) VO_{2peak} értékeken a hibasáv a 10%-os ekvivalencia tartományt jelöli, míg a becsült átlagértékeken feltüntetett hibasáv az átlagok különbségének 90%-os kétoldali konfidencia intervallumát jelöli. Ahogy látható, lányoknál mind az alsó és felső 90%-os konfidencia intervallumérték a 10%-os egyezőségi tartományon belül található, míg fiúknál nem.

5.3. NETFIT® kritérium-orientált fittségi zónákba sorolás egyezőségének vizsgálata a mért és a 20 méteres ingafutás tesztből becsült VO_{2peak} érték alapján

A mért és a 20 m ingafutásból becsült VO_{2max} értékeket miután a NETFIT® fittségi zónákba soroltuk (9. táblázat) a Kappa értékek alapján a kategorizálás egyezősége gyenge volt fiúknál és lányoknál is (fiúk: Kappa=0.23; lányok: Kappa=.24). A Kappa statisztika eredményei a 10. táblázatban láthatók. Az egyezés 72,0%-os volt fiúknál, míg lányoknál 57,1%-os, átlagosan 65,3%.

9. táblázat A vizsgált minta referencia és a 20 m ingafutásból becsült VO_{2peak} értékeinek eloszlása a NETFIT® aerob fittségi profil sztenderdek alapján besorolt fittségi zónákban

		referencia VO_{2peak} alapján							
		Fiúk				Lányok			
		EZ	FSZ	FFSZ	Total	EZ	FSZ	FFSZ	Total
becsült (20 m ingafutás) VO_{2peak} alapján	EZ	129	10	9	148	69	13	13	95
	FSZ	9	2	6	17	16	6	9	31
	FFSZ	16	4	8	28	12	6	17	35
Totál		154	16	23	193	97	25	39	161

Megjegyzés: EZ: Egészségóra; FSZ: Fejlesztés Szükséges Zóna; FFSZ: Fokozott Fejlesztés Szükséges

10. táblázat Fiúk (fenn) és lányok (lenn) fittségi kategorizálás egyezőségének vizsgálati eredményei a Kappa statisztika alapján

		Symmetric Measures ^a			
		Érték	Asymp. Std. Error ^b	Approx. T ^c	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,358			,000
	Cramer's V	,253			,000
Measure of Agreement	Kappa	,230	,064	4,157	,000
Valid esetek száma		193			

a. Nem = fiúk

b. Nem teljesül a nullhipotézis.

c. Asymptotic standard error alkalmazása, teljesül a nullhipotézis.

Symmetric Measures ^a					
		Érték	Asymp. Std. Error ^b	Approx. T ^c	Approx. Sig.
Nominal by Nominal	Phi	,357			,000
	Cramer's V	,252			,000
Measure of Agreement	Kappa	,237	,061	4,087	,000
Valid esetek száma		161			

a. Nem = lányok

b. Nem teljesül a nullhipotézis.

c. Asymptotic standard error alkalmazása, teljesül a nullhipotézis.

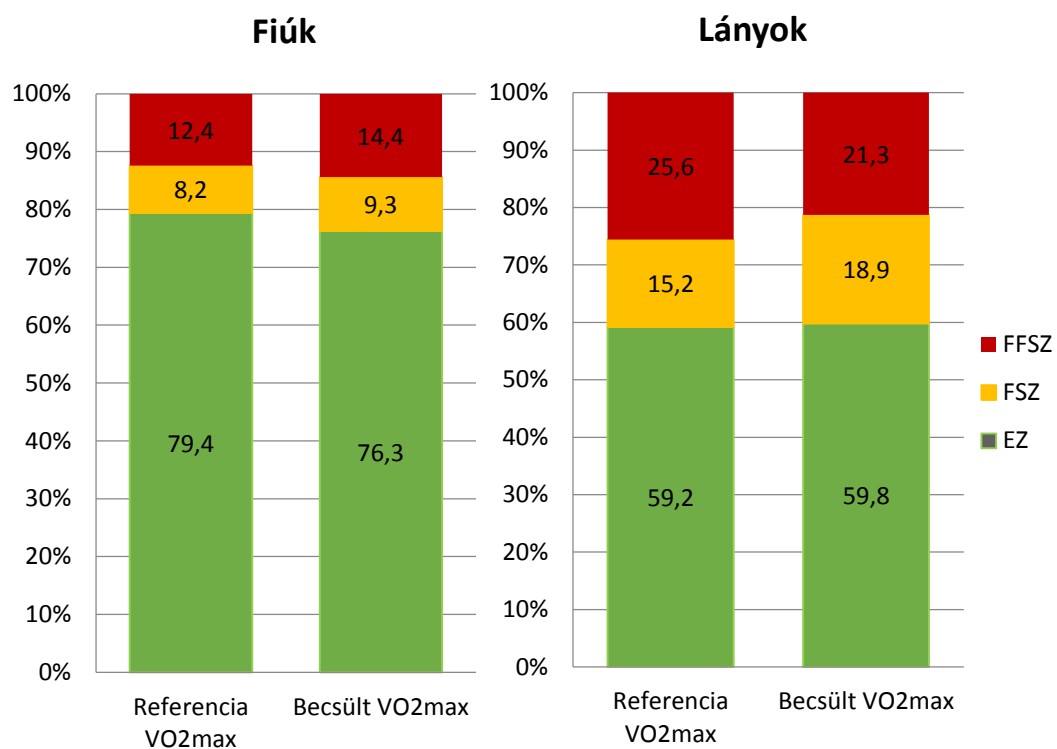
A 11. táblázat mutatja a szenzitivitás és specifikitási értékeket a különböző fittségi zónákban. A legnagyobb egyensúlyt a szenzitivitási és specifikitási értékek között az Egészségzóna vonatkozásában kaptuk fiúknál (szenzitivitás: 83,8%, specifikitás 51,3%) és lányoknál is (szenzitivitás: 71,1%, specifikitás: 59,4%).

11. táblázat: Szenzitivitás és specifikitás a NETFIT® fittségi zónákra vonatkoztatva

		Szenzitivitás	Specifikitás
fiúk	EZ	83,8	51,3
	FSZ	12,5	90,1
	FFSZ	34,8	88,2
lányok	EZ	71,1	59,4
	FSZ	24,0	81,6
	FFSZ	43,6	85,3

Megjegyzés: EZ: Egészségzóna; FSZ: Fejlesztés Szükséges Zóna; FFSZ: Fokozott Fejlesztés Szükséges

A 10. ábrán látható a fittségi zónákba kerülés százalékos megoszlása fiúknál és lányoknál. A laboratóriumban mért értékek alapján a fiúk 79,4% míg a lányok 59,2%-a érte el az egészséghez szükséges minimum fittségi értéket, míg a pályateszt alapján 76,3% és 59,8% fiúkra illetve lányokra vonatkoztatva.



10. ábra Fiúk (bal) és Lányok (jobb) százalékos megoszlása a különböző fitességi zónákban a laboratóriumban mért VO_{2peak} (referencia) és a 20 méteres állóképességi ingafutásból becsült VO_{2peak} érték alapján. Megjegyzés: EZ: Egészségzóna; FSZ: Fejlesztés szükséges zóna; FFSZ: Fokozott Fejlesztés Szükséges Zóna

5.4. A NHANES szubmaximális gyalogló teszt validitási vizsgálatának eredményei

A tanulók vita maxima terhelése a NHANES szubmaximális gyalogló teszt szerint zajlott az első kétszer háromperces szint végéig, majd a kiválasztott protokollnak megfelelően a terhelésadagolás folyamatosan növekedett állandó dőlésszög mellett percenkénti sebességemelkedéssel a teljes kifáradásig. A predikció a NHANES protokollt követve az első két szint végén mért pulzuszám extrapolációjából történt. 7 olyan tanuló volt, akinek a második szint végén alacsonyabb pulzusszámot mértünk mint az első szint végén, így a NHANES alapján becsült VO_{2max} érték negatív előjelet kapott, ezáltal kizártuk az elemzésből. 22 olyan tanuló volt, akiknek a két szint közti nagy HR különbség miatt a VO_{2peak} értéke 80 ml/kg/min felett volt, esetükben az értéket maximalizáltuk 80-nál. 31 tanuló esetében 20 ml/kg/min-nél nagyobb differencia jelentkezett a becsült és mért VO_{2peak} értékek között, így ők szintén az elemzésből kimaradtak, összesen tehát 316 tanuló eredményét használtuk fel (171 fiú és 145 lány).

A tanulók terhelés előtti nyugalmi élettani paramétereit és prediktált értékeit, a NHANES szintek utolsó 10 másodperceiben valamint a terhelés legvégén mért élettani paraméterek átlag és szórásértékeit a 12. táblázat mutatja.

12. táblázat: A vizsgált minta laboratóriumi vita maxima terheléses protokoll során mért nyugalmi paramétereit és terheléses élettani válaszait

	<i>Totál (N=316)</i>	<i>Fiúk (N=171)</i>	<i>Lányok (N=145)</i>
<i>Nyugalmi adatok</i>			
Nyugalmi HR (bpm)	79,4 ± 14,7	76,0 ± 13,6	82,7 ± 14,9*
Nyugalmi szisztolés BP (Hgmm)	120,5 ± 16,1	123,5 ± 17,1	116,7 ± 13,7*
Nyugalmi diasztolés BP (Hgmm)	71,4 ± 9,8	72,0 ± 9,9	70,5 ± 9,7
PAR code ^a	4,6 ± 1,7	4,8 ± 1,8	4,4 ± 1,7*
Protokoll száma ^b	4,8 ± 1,4	5,5 ± 1,1	3,9 ± 1,3**
prediktált HRmax (bpm) ^c	204,7 ± 2,4	204,2 ± 2,3	205,2 ± 2,3
prediktált VO_{2max} (ml/kg/min) ^d	49,6 ± 7,7	54,7 ± 5,6	43,4 ± 5,0**
<i>NHANES protokoll 1. szint vége</i>			
VE (l/min)	30,2 ± 9,1	34,6 ± 8,1	25,0 ± 6,5*
RQ	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1*
HR (bpm)	137,7 ± 13,9	137,4 ± 13,8	138,0 ± 14,1
VO_2 (ml/kg/min)	22,2 ± 5,5	24,6 ± 5,0	19,3 ± 4,7*

<i>NHANES protokoll 2. szint vége</i>			
VE (l/min)	39,2 ± 12,3	44,8 ± 12,1	32,4 ± 8,5**
RQ	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,9 ± 1*
HR (bpm)	155,2 ± 14,4	155,0 ± 14,6	155,4 ± 14,0
VO ₂ (ml/kg/min)	27,6 ± 6,5	30,4 ± 5,8	24,1 ± 5,6*
predVO _{2peak} (ml/kg/min) ^e	43,6 ± 10,3	47,1 ± 9,7	39,5 ± 9,4**
<i>Terhelés vége</i>			
Max szisztolés BP (Hgmm)	154,4 ± 24,3	160,2 ± 24,7	147,0 ± 21,2**
Max diasztolés BP (Hgmm)	54,2 ± 28,7	56,1 ± 29,5	53,0 ± 27,1
Max sebesség (km/h)	9,8 ± 1,9	10,5 ± 9,0	9,0 ± 1,6**
Max idő (s)	836,4 ± 133,0	835,8 ± 135,0	837,2 ± 131,0
Max teljesítmény (W)	215,5 ± 68,4	247,3 ± 70,1	177,2 ± 41,7**
Max VE (l/min)	85,3 ± 25,6	97,7 ± 25,4	70,3 ± 15,6**
Max RQ	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1
Max HR (bpm)	194,9 ± 9,8	194,3 ± 10,9	195,6 ± 8,1
%HR _{rmax}	95,2 ± 4,7	95,1 ± 5,3	95,3 ± 4,0
Max O ₂ pulzus	13,7 ± 4,1	15,7 ± 4,2	11,2 ± 2,5**
VO _{2peak} (ml/kg/min)	45,8 ± 8,9	50,1 ± 7,3	41,2 ± 7,8**
^a fizikai aktivitási szint kérdőív alapján, értéke 0 – 7			
^b NHANES protokoll alapján a becsült VO _{2max} érték szerint lett kiválasztva (VO _{2max} = 56.363 + [1.921 * (PAR)] – [0.38 * (decimális kor)] – [0.754 * (BMI)] + [10.987 * (lány=0, fiú=1)])			
^c predHR _{max} = 220-életkor			
^d predVO _{2max} = 56.363 + [1.921 * (PAR)] – [0.38 * (decimális kor)] – [0.754 * (BMI)] + [10.987 * (lány=0, fiú=1)] (Jackson és mtsai., 1990)			
^e NHANES protokoll alapján a szintek végén mért HR értékek extrapolációjából			
nemek közti szignifikáns különbség: * p < 0,05; ** p < 0,001			

A mindennapos fizikai aktivitást vizsgáló kérdőív alapján a vizsgálatba bevont fiú tanulók fizikai aktivitás szintje szignifikánsan nagyobb volt mint a lányoké (p < 0,001), továbbá a terhelés végén mért élettani értékek és teljesítmény mellett, a NHANES szint végén mért élettani paraméterek is (VE, RQ, VO₂) szignifikánsan nagyobbak voltak a fiúknál mint a lányoknál (p < 0,05).

A mért és a pulzusszámokból becsült VO_{2peak} értékeket és azok különbségét a 13. táblázat mutatja nemenkénti és életkorcsoportonkénti bontásban. Az átlagkülönbségek 0,24 és 6,96 között mozogtak, fiúknál a különbségek átlaga -2,96, míg lányoknál -1,77. A különbségek alakulására az életkorcsoport (F₍₇₎=2,402, partial η² = 0,053), valamint az életkorcsoport és nem interakciója (F₍₇₎=2,223, partial η² = 0,049) bár gyenge, de szignifikáns (p < 0,05) hatással bír a mintánkban, együttesen 10,5%-ban határozzák meg az eltéréseket (9. számú melléklet tartalmazza a részletes statisztikai adattáblázatokat).

13. táblázat: Leíró statisztika (átlag ± szórás) a vita maxima terhelés végén mért és a NHANES alapján becsült VO_{2peak} értékekre vonatkozólag korcsoportonkénti és nemenkénti bontásban

	Korcsoport	N	Jackson alapján VO _{2peak}	Mért VO _{2peak}	NHANES alapján becsült VO _{2peak} ^b	Különbség ^c
Fiúk	11	13	56,42 ± 6,38	53,21 ± 5,66	46,25 ± 9,36	-6,96
	12	17	55,82 ± 5,3	48,29 ± 6,71	45,07 ± 9,25	-3,21
	13	14	56,99 ± 4,39	49,29 ± 8,09	47,84 ± 13,03	-1,45
	14	16	56,57 ± 5,29	48,85 ± 8,98	50,42 ± 11,30	1,57
	15	29	54,89 ± 4,19	48,42 ± 7,57	48,85 ± 8,77	0,43
	16	25	53,51 ± 3,77	49,20 ± 7,15	42,97 ± 8,33	-6,22
	17	27	55,44 ± 8,23	51,23 ± 6,93	46,47 ± 9,10	-4,75
	18+	30	52,53 ± 4,61	52,19 ± 6,93	49,01 ± 9,10	-3,17
Lányok	11	18	46,97 ± 3,99	42,38 ± 5,52	42,84 ± 7,48	0,46
	12	22	46,26 ± 4,57	47,21 ± 8,24	46,97 ± 9,90	-0,24
	13	21	45,14 ± 3,34	42,15 ± 7,07	38,19 ± 8,13	-3,96
	14	24	42,65 ± 5,12	40,58 ± 7,81	41,67 ± 9,03	1,09
	15	18	43,68 ± 4,84	38,54 ± 7,39	34,83 ± 10,59	-3,71
	16	21	40,96 ± 4,74	38,60 ± 8,71	36,34 ± 8,34	-2,25
	17	10	42,77 ± 3,15	39,61 ± 4,87	34,71 ± 4,40	-4,91
	18+	11	38,32 ± 3,55	38,01 ± 6,98	34,41 ± 6,27	-3,60

^a becsült VO_{2max} = 56.363 + [1.921 * (PAR)] – [0.38 * (decimális kor)] – [0.754 * (BMI)] + [10.987 * (lány=0, fiú=1)]

^b NHANES protokoll alapján a szintek végén mért HR értékek extrapolációjából

^c NHANES alapján becsült VO_{2peak} – Mért VO_{2peak}

A NHANES protokoll alapján történő VO_{2max} predikció során használt változók és a terhelés végén mért értékek korrelációs együttható értékeit a 14. táblázat mutatja fiúknál és lányoknál külön-külön.

14. táblázat: Kétváltozós korreláció-analízis eredményei a kor, BMI, a fizikai aktivitási szint, valamint a mért és becsült HR és VO_{2max} értékek között

	BMI	PAR kód ^a	HR összeg ^b	pred HR _{max} ^c	mért HR _{max}	becsült VO _{2max} (Jackson) ^d	becsült VO _{2max} (NHANES) ^e	mért VO _{2max}
Fiúk								
Kor	,311**	,032	-,220**	-,930**	-,125	-,203**	,027	,084
BMI		-,045	-,046	-,283**	-,102	-,566**	,129	-,343
PAR kód			-,141	-,073	-,051	,688**	,175*	,213**
HR összeg ^b				,276**	,305**	-,061	-0,266**	-,048
predHR _{max}					,142	,157*	,012	-,055
mért HR _{max}						,021	-,179*	,110
becsült VO _{2max} (Jackson)							,187*	,302**
becsült VO _{2max} (NHANES)								,568**
Lányok								
Kor	,350**	-,195*	-,131	-,981**	-0,093	-,479**	-,370**	-,268**
BMI		-,184*	,025	-,329**	-0,083	-,664**	-,291**	-,476**
PAR kód			,180*	,166*	-0,032	,774**	,189*	,309**
HR összeg ^b				,164*	,253**	,099	-,259**	-,050
pred HR _{max}					,098	,447**	,376**	,294**
mért HR _{max}						0,016	-0,153	0,065
becsült VO _{2max} (Jackson)							,337**	,495**
becsült VO _{2max} (NHANES)								,658**

kor: decimális életkor (év); BMI: Testtömeg-index (kg/m²);

^a PAR: Physical Activity Readiness code; Kérdőív által meghatározott fizikai aktivitási szint (0-7)

^b A NHANES protokoll első és második szintje végén mért pulzusszám összege

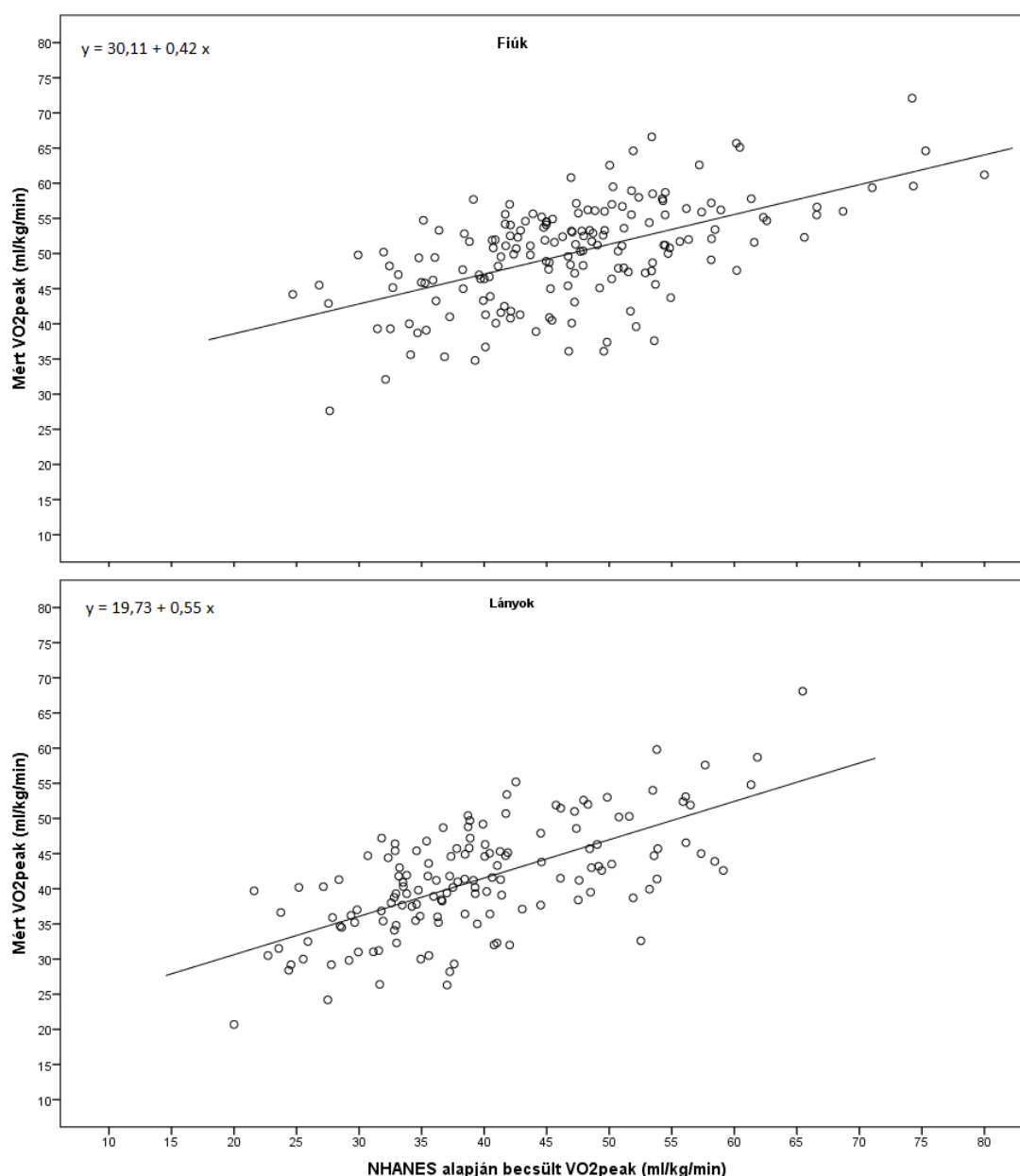
^c predHR_{max} = 220-életkor (bpm)

^d becsült VO_{2max} = 56.363 + [1.921 * (PAR)] – [0.38 * (decimális kor)] – [0.754 * (BMI)] + [10.987 * (lány=0, fiú=1)]

^e NHANES protokoll alapján a szintek végén mért HR értékek extrapolációjából becsült VO_{2max}

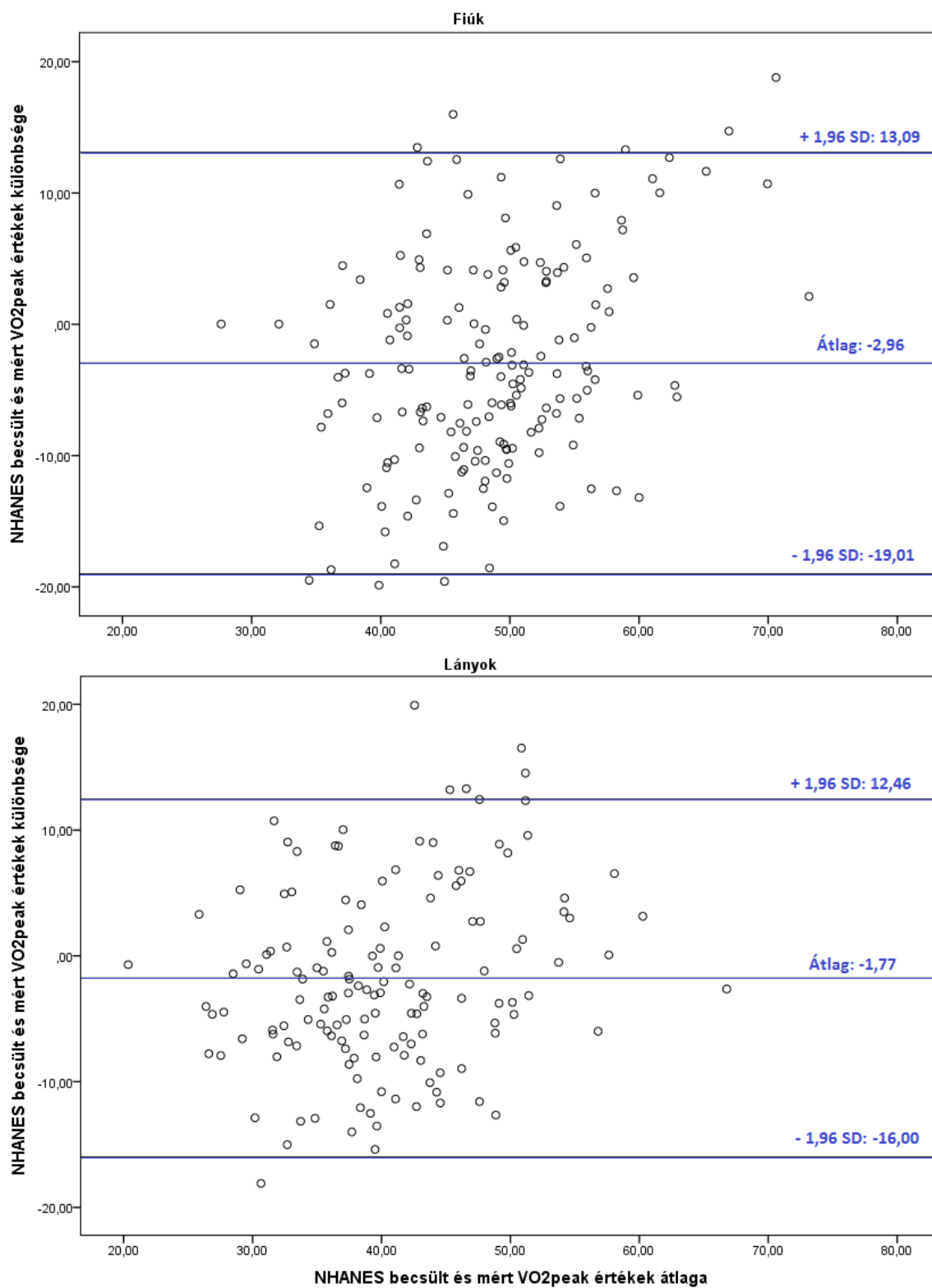
* p < 0,05, **p < 0,001

A becsült VO_{2peak} értékek közepesen erős korrelációt mutatnak a laboratóriumban mért értékekkel mindkét nemnél (fiúk: R₍₁₇₁₎ = 0,568, p < 0,001; lányok: R₍₁₄₅₎ = 0,658, p < 0,001). A becsült és mért VO_{2peak} értékek kapcsolatát összegző lineáris regressziós egyenes a fiúknál a teljes szórás 32,2%-át magyarázza (F₍₁₎=80,354, p < 0,001), lányoknál a 43,3%-át (F₍₁₎=109,35; p < 0,001). 1 ml/kg/min értékű emelkedés a becsült VO_{2peak} értékben 0,42 ml/kg/min növekedést jelent a mért VO_{2peak} értékekben fiúknál és 0,55 ml/kg/min-t a lányoknál (11. ábra). Az SEE értéke 8,03 ml/kg/min volt fiúknál, míg 7,11 ml/kg/min lányoknál.



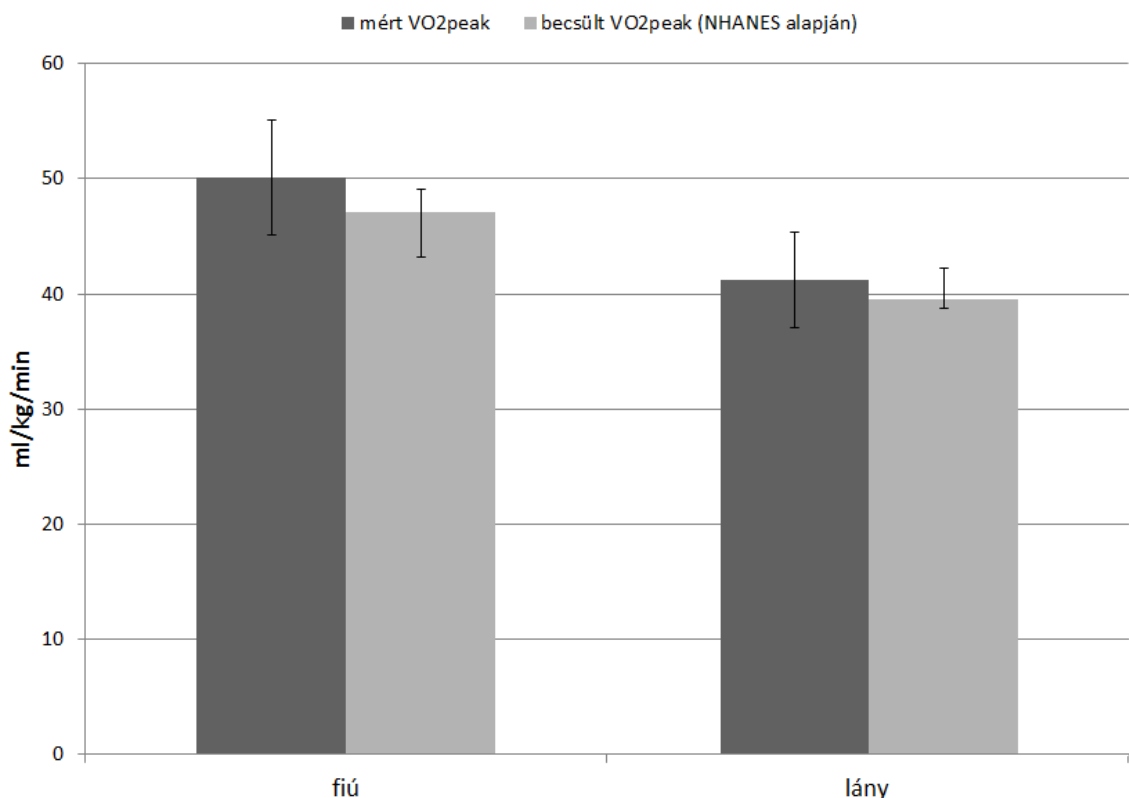
10. ábra: A vita maxima terhelés végén mért és a NHANES alapján becsült VO₂peak értékek kapcsolata fiúknál (fent) és lányoknál (lent)

A Bland-Altman plotokat a 12. ábra mutatja nemenként. A módszert követve az egyezőségi tartomány (LOA) alsó és felső határa fiúknál -19,01 ml/kg/min illetve +13,09 ml/kg/min, lányoknál -16,00 ml/kg/min és +12,46 ml/kg/min, amely a mért VO₂peak értékek 26% - 38%-os (fiúknál), valamint 30,2% - 38,8%-os (lányoknál) hibatarományát jelöli. Az átlagos százalékos hibaérték az alá- és felébecsléseket is beleértve 14,44% fiúknál és 15,12% lányoknál.



11. ábra Bland-Altman plot a NHANES alaján becsült és a mért VO_{2peak} értékek különbözőségére vonatkoztatva fiúknál (fent) és lányoknál (lent)

A vita maxima terhelés végén mért VO_{2peak} átlagérték fiúknál $50,1 \pm 7,3$ ml/kg/min, a 10%-os egyezőségi tartomány határértékei pedig 45,1 és 55,1 ml/kg/min voltak. A NHANES szintek végén mért HR értékekből becsült VO_{2peak} értékek átlaga $47,1 \pm 9,7$ ml/kg/min, és az átlagkülönbségek 95%-os intervalluma (95% CI: 43,14 – 49,07 ml/kg/min) csak részben volt egyenértékű a mért VO_{2peak} érték 10%-os egyezőségi tartományával, mivel a becsült átlagérték megbízhatósági tartományának alsó határértéke a 10%-os tartományon kívülre esett. Lányoknál a mért VO_{2peak} érték $39,5 \pm 9,4$ ml/kg/min, melynek a 10%-os tartománya 35,6 és 43,5 ml/kg/min. A becsült átlagértékek ($39,5 \pm 9,4$ ml/kg/min) esetükben egyenértékűnek állapítható meg a mért értékekkel, ugyanis az alsó és felső konfidencia intervallumérték (95% CI: 36,73 – 40,27 ml/kg/min) a 10%-os egyezőségi tartományon belül volt (13. ábra).



13. ábra: Mért és a NHANES alapján becsült VO_{2peak} átlagértékek fiúknál és lányoknál. Az átlag referencia (mért) VO_{2peak} értékeken a hibasáv a 10%-os ekvivalencia tartományt jelöli, míg a becsült átlagértékeken feltüntetett hibasáv az átlagok különbségének 90%-os kétoldali konfidencia intervallumát jelöli. Ahogy látható, lányoknál mind az alsó és felső 90%-os konfidencia intervallumérték a 10%-os egyezőségi tartományon belül található, míg fiúknál nem.

6. Megbeszélés

A maximális oxigénfelvevő-képesség mérése régóta alkalmazott eljárás az aerob fittségi szint meghatározására. Számos pályatesztet, kvázilaboratóriumi mérést és melléjük predikciós modellt fejlesztettek ki és validáltak különböző populációkon, hogy így módon a pontos, ám viszonylag drága és feltételigényes laboratóriumi spiroergometriás terheléses vizsgálatot széles körben és könnyen alkalmazható eljárasmódokkal kiváltsák.

Disszertációm első részében a testnevelés- és sportgyakorlatban legszélesebb körben használt 20 méteres állóképességi ingafutás teszt egy nemrég kialakított predikciós modelljének (Burns és mtsai., 2015) becslési pontosságát elemzem magyar iskoláskorú gyerekeken, amelyen az országosan bevezetett Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt (NETFIT®) aerob fittségi profiljának becslési metodikája is alapszik. Vizsgálatomhoz a NETFIT® egészségközpontú kritériumorientált sztenderdjeinek kialakítását megalapozó kutatás (2013) országosan reprezentatív mintájának egy véletlenszerűen kiválasztott almintá adatait használtam fel. A kutatás során 11-19 éves tanulók körében a metabolikus szindróma tünetegyüttesének megjelenési valószínűségét, valamint a fittségi állapotot vizsgáltuk a NETFIT® pályatesztjeit kiegészítve egy laboratóriumi vita maxima futószalagos terheléssel (Csányi és mtsai., 2015). Az ehhez kapcsolódó epidemiológiai tanulmányok mutatják, hogy a magyar mintán a FITNESSGRAM aerob kapacitásra vonatkozó egészségsztenderdjei hasonlóan jól alkalmazhatóak a metabolikus szindróma tünetegyüttesének azonosítására mint az amerikai populáción (Laurson et al, 2015). A NETFIT® kritériumorientált értékelési rendszerének kialakítása mellett a kutatás lehetőséget teremtett arra, hogy a NETFIT® aerob fittségi profilját képező 20 méteres állóképességi ingafutás teszt 2014-ben kialakított új, a FITNESSGRAM® és NETFIT® által is használt maximális oxigénfelvevő-képességet becselő képletét (Burns és mtsai., 2015) validálni tudjuk a tényleges VO_{2max} ellenében. A kutatás során használt futószalagos terheléses protokoll ugyanakkor a FITNESSGRAM® egészségsztenderdjeinek felállításához használt NHANES futószalagos szubmaximális gyalogló teszt maximális terhelésintenzitásig bővített variációja volt, amely lehetőséget teremtett a NHANES aerob teszt VO_{2max} becslési metodika pontosságának meghatározására, amely a disszertációm másik fő részét képezi.

A vizsgált mintákban az aerob fitsségi szint alakulása (a mért maximális oxigénfelvétel értékek alapján) követi a korábbi tanulmányok által publikált eredményeket, miszerint a fiúk szignifikánsan jobb aerob fitsségi szinttel rendelkeznek, mint a lányok, amely az egészségzónát elérők relatív arányában is megmutatkozik (Bai és mtsai., 2015; Pate és mtsai., 2006; Welk és mtsai., 2010). A lányok esetében az ugyanolyan fizikai aktivitással rendelkező fiú kortársaikhoz képest tapasztalható alacsonyabb aerob fitsségi szintet a kisebb izomtömeggel és magasabb testzsírszázalék értékkel magyarázzák (Moreno és mtsai., 2006). Ezen túlmenően nagyintenzitású terhelés során (szubmaximális esetén is) a lányok légzőrendszer működése sokkal korlátozottabb mint a fiúké, amely valószínűsíthetően a reproduktív hormonok (ösztrogén, progeszteron) és az alacsonyabb tüdőkapacitás eredménye (Harms, 2006). Ezt támasztják alá mintánk eredményei is, miszerint a vita maxima terhelés végén a lányok ventilációs értéke jóval alacsonyabb volt mint a fiúké ($97,7 \pm 25,4$ vs $70,3 \pm 15,6$ l/min; $p < 0,001$), valamint testzsírszázalékuk nagyobb ($14,14 \pm 6,9\%$ vs $24,84 \pm 7,6\%$; ; $p < 0,001$). A fiúk 15,6%-a túlsúlyos vagy obesez, míg a lányoknál 21,7% ez az arány. Mintánkban a mindennapos fizikai aktivitási kérdőív alapján a fiúk szignifikánsan magasabb aktivitási szinttel rendelkeztek az 1-7 skálán, mint a lányok ($4,8 \pm 1,8$ vs. $4,4 \pm 1,7$), amely szintén magyarázhatja a fiúk jobb fitsségi értékét és nagyobb arányát az egészségzónában. A NETFIT-et megalapozó kutatás teljes mintájának becsült aerob kapacitás értékeihez viszonyítva ($n=2423$) jobban teljesítettek, valamint az EZ-arány is magasabb volt (Welk és mtsai., 2015). Ugyanez következtethető az első országos NETFIT® mérési időszak (2014/15. tanév) aerob fitsségi profil értékeiből ($n=430706$) is (Csányi és mtsai., 2016), tehát az analízisbe bevont tanulók magasabb aerob fitsségi szinttel rendelkeztek, mint a magyar tanulók átlagosan, kiváltképp a fiúk esetében (EZ-arány fiúknál 73,1% - 46,5% vs. 100% - 82%, lányoknál: 67,5% - 26,4% vs. 82% - 37% az 5-12. évfolyamra vonatkoztatva). Mintánkban kirajzolódik, de nem teljesen egyértelmű (főleg fiúknál) az a hazai és nemzetközi trend, amely a 10 éves korú gyermekek állóképességében bekövetkező EZ arány drasztikus csökkenését jelzi a 18. életév betöltéséig. Tomkinson és mtsai (2016) 50 ország 20 m ingafutás teljesítményét összegző vizsgálata alapján évente átlagosan 8%-kal csökken az EZ arány fiúknál 10 éves kortól 17 éves korig, míg a lányoknál 10%-kal. Ezek az adatok felhívják a figyelmet a kardiorespiratórikus állóképesség korai fejlesztésének fontosságára, hisz a nem megfelelő szint számos egészségügyi kockázattal jár (Caspersen és mtsai., 1985., LaMonte és mtsai., 2005; Janssen és Cramp, 2007; Buchan és mtsai., 2015; Myers és mtsai., 2015). Laurson és

mtsai (2015) NETFIT® pálya- és laborméréseken alapuló keresztvalidációs vizsgálatukban megállapították, hogy az aerob fittség tekintetében a Fejlesztés Szükséges Zónába kerülő fiúk 5,5-ször, míg a Fokozott Fejlesztés Szükséges Zónába kerülők 7-szer valószínűbben vannak kitéve a metabolikus szindróma kialakulási kockázatának, mint az Egészségzónába került társaik, míg lányoknál ezek az értékek 2,7 (FSZ) illetve 3,3 (FFSZ).

A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt az elsődlegesen használt módszer az aerob fittség kritériumorientált értékeléséhez (Fitnessgram®, NETFIT®). Az eddig fejlesztett becslési modellekben a leggyakrabban alkalmazott antropometriai értékek közül a fiúknál a testtömeg, BMI, testzsírszázalék, tricepsz bőrredő is inverz módon szignifikánsan korrelált a VO_{2max} értékek alakulásával. Lányoknál az előbbieken túl még a kor és testmagasság is hasonló módon szignifikáns összefüggést mutatott, és a kapcsolatok erőssége mindegyik változó esetében nagyobb volt mint fiúknál, ami azt mutatja, hogy a lányok maximális oxigénfelvevő-képességét a testalkati, testösszetételi jellemzők erősebben befolyásolják. A testzsírszázalék és tricepsz bőrredő vastagsága még a 20 méteres állóképességi ingafutás tesztben megtett távoknál is magasabb korrelációs értéket mutatott az aerob fitsségi szinttel, amely jelzi, hogy az aerob kapacitás alakulását számos, nem teljesítménybeli tényező is befolyásolja. Ezeket figyelembe kell venni mind a fejlesztésnél, mind az eredmények interpretálásakor.

A 20 méteres állóképességi ingafutásban megtett távok száma közepesen korrelált a laboratóriumi teszt során mért VO_2 indikátorokkal, így a futószalagos terhelés során elért maximális sebességgel $R_{(354)} = 0,503$) és a mért maximális oxigénfelvevő-képességgel ($R_{(354)} = 0,563$). Korábbi tanulmányok is publikáltak korrelációs együtthatót a megtett táv és a mért maximális oxigénfelvevő-képességre vonatkozólag, azonban az eltérő mintanagyságok és így a megbízhatóság széles skálán mozog. Boreham és mtsai. (1990) 14-16 éves serdülők esetén 0,87 korrelációs együtthatót állapítottak meg a két változó között ($R=0,64$ fiúknál, $n=23$; és $R=0,90$ lányoknál, $n=18$). Suminski és mtsai. (2004) tanulmányukban 10-12 éves fiúknál 0,63 ($n=58$) és lányoknál 0,58 ($n=67$) korrelációs együttható értéket publikált. Liu és mtsai (1992) amerikai 12-15 éves fiataloknál vizsgálták a 20 méteres ingafutás teszt validitását és megbízhatóságát, tanulmányukban 0,69 korrelációs együttható értéket találtak a megtett távok száma és a referencia VO_{2max} értékek között (fiúknál $R=0,65$, $n=22$; lányoknál $R=0,51$ $n=26$). Az egymérföldes gyalogló teszt időeredménye és a mért VO_{2max} érték között Cureton és mtsai (1995) -0,54 korrelációs együtthatót publikáltak ($n=758$, 8-25 évesek). Az

értékekből látszik, hogy annak ellenére, hogy szignifikánsak a korrelációs együtthatók a pályatesztekből kapott elsődleges indikátor (egymérföldes teszt/időeredmény, 20 m ingafutás teszt/megtett távok száma) és a mért VO_{2max} értékek között a kapcsolatok meglehetősen gyengék, így szükség van más változók bevonására is ahhoz, hogy pontos becslést adjunk a VO_{2max} értékre vonatkozólag.

A regresszió-analízis eredményei szerint a becsült és mért VO_{2max} értékek a teljes variancia 14,3%-át magyarázzák fiúknál, illetve 20,9%-át lányoknál, és a hibaértékek $\pm 40\%$ között mozognak az alapján, amit a laboratóriumban mért értékek figyelembe vételével kaptunk. Ennél informatívabb az átlagos abszolút százalékos hibaérték, mert összegezve a hibaértékeket ez alapján megállapítható, hogy egy egyén aerob fitsségi értéke átlagosan milyen pontossággal becsülhető a képlettel. Ezek az értékek a mintánk esetében 14% volt fiúknál és 16% lányoknál, amelyek hasonlóak azokhoz, amiket korábbi aerob fitsségi pályateszt vizsgálatok validációs tanulmányai mutattak (Plowman és Meredith, 2013).

A pályateszt és laboratóriumi teszteredmények egyezőségét számos faktor befolyásolja, amelyre feltétlenül ügyelni kell az eredmények interpretálásakor. Ilyen befolyásoló tényező a mérési hiba, a tesztkörnyezet, melyben a mérést végezzük, de talán ami a legfontosabb, a vizsgált személy motivációja (Freedson és mtsai., 2000). A különböző szintű aggregált riportok, - mint NETFIT® esetében osztály, évfolyam, intézmény, megye, régió és országos szintű – relatíve stabil, megbízható és hasznos indikátorai az intézményi mérések során kapott aerob fitsségi szintnek, mivel a nagyminta elérhetősége kiszűri az egyéni hibaértékeket és a néha nagyobb fokú egyéni eltéréseket. Ezt jól példázza a 20 méteres állóképességi ingafutás eredményeiből új algoritmus alapján történt becslés, hiszen az így kapott értékek látszólag megegyezők a mért VO_{2max} értékekkel fiúknál és lányoknál is, amennyiben a 10%-os egyezőségi tartományt vesszük alapul. Gyakorlatilag a 95%-os konfidencia intervallum alsó határértéke kissé kicsúszik a 10%-os egyezőségi tartományból fiúknál, ezzel kizárva esetükben a teljes ekvivalencia állapotot, de ez az érték csupán 0,6 ml/kg/min különbséget jelent a tartomány alsó határértékétől. Az ekvivalencia teszt eredménye csak a totál egyezőséget veszi alapul, tehát továbbra is fontos szem előtt tartani az egyéni eltérések lehetséges széles spektrumú megjelenését, amikor egy adott személy becsült értékét vizsgáljuk.

A NETFIT® részeként a 20 méteres állóképességi ingafutás (ahogy a többi NETFIT® pályatesztnek is) elsődleges szerepe a köznevelésben, hogy népszerűsítse a fitsségoktatás jelentőségét és egyéni visszajelzést biztosítson a tanulók és szüleik számára

az egészségközpontú fittségi állapot általános szintjéről. A NETFIT-et támogató informatikai rendszerben (www.netfit.eu) a NETFIT® eredmények értékelése és az ez alapján történő visszajelzés is a fittségi zónákba történő kategorizáláson alapszik és nem közvetlenül a teszteredményeken, esetünkben az aktuálisan becsült maximális oxigénfelvevő-képesség értéken. Így a NETFIT® részeként a pályateszt pontosságának meghatározásakor a legfontosabb szempont, a pontos kategorizálás. Azok a tanulók, akik a becsült VO_{2max} értékük alapján elérik a kritériumsztenderdet, az Egészségzónába kerülnek, míg azok, akik ez alatt vannak, Fejlesztés illetve Fokozott Fejlesztés Szükséges Zónába sorolódnak. Vizsgálatomban így elemeztem milyen szintű a lehetséges hibás kategorizálás akkor, amikor a 20 méteres állóképességi ingafutásból becsült VO_{2max} érték alapján történik az egészségközpontú fittségi zónákba sorolás (ahogy a NETFIT® esetében is). Az eredmények magas szenzitivitási értéket mutatnak az Egészségzónára vonatkoztatva (83,8% fiúknál és 71,1% lányoknál) és magas specifitási értéket a Fejlesztés és Fokozott Fejlesztés Szükséges Zóna esetén (FSZ: 90,1% fiúknál, 81,6% lányoknál; FFSZ: 88,2% fiúknál és 85,3% lányoknál).

Ezen jelzők alapján elmondható, hogy az új algoritmus, amely alapján a becslés történik, jól használható arra, hogy azonosítsuk azokat a tanulókat, akik elérik az egészséghez szükséges minimum értéket a tesztben, vagyis az Egészségzónába kerülnek. A magas specifitási érték a Fejlesztés és Fokozott Fejlesztés Szükséges Zónákban pedig csökkenti az alacsony specifitási érték hatását az Egészségzónában. Mahar és mtsai. (2011) hasonló eredményre jutottak tanulmányukban, amelyben többféle regressziós modell alapján becsült VO_{2max} értékek kritérium-orientált kategorizálását vizsgálták. Megközelítőleg mindegyik vizsgált becslési modell esetén 64-70%-os volt a helyesen kategorizált tanulók száma a mért VO_{2max} értékhez képest (három fittségi kategória esetén), így elmondhatjuk, hogy a pályateszt alapján a gyakorlatban átlagosan ilyen megbízhatósággal történik a kritériumreferált fittségi kategóriák szerinti minősítés, függetlenül attól, hogy melyik becslési modellt alkalmazzuk.

A NETFIT® által használt és a FITNESSGRAM rendszerből adaptált egyszerűsített becslési modellt az IOM javaslata alapján dolgozták ki, mely szerint a fókusz a funkcionális teljesítmény vizsgálata kell adja (Pate és mtsai., 2013). Számos egyéb változó is invesztálható volna még a képletbe, amellyel a becslés pontossága növelhető lenne (nem, végsebesség, szint, BMI stb.), azonban relatíve nem jelentene annyival többet az iskolai szinten alkalmazva, hogy megérné a becslési modellt további változókhoz kötnünk (Mahar és mtsai., 2011). Példának okán, a BMI érték

alkalmazásával pontosabb becslés érhető el, így több korábbi regressziós modell is alkalmazza (Matsuzaka és mtsai., 2004; Mahar és mtsai., 2006, 2011). Saint-Maurice és mtsai (2014) tanulmányukban a referencia (egymérföldes gyalogló teszt) és a 20 m ingafutásból becsült aerob kapacitás értékek közti különbségek 30-34%-t a BMI értékkel magyarázták, valamint azon 20 m ingafutás tesztre fejlesztett becselő modellek esetén, amelyek nem tartalmazták a BMI értéket, a kritériumorientált fittségi kategóriák megoszlásában is nagyobb fokú egyenlőtlenség volt kimutatható ($\kappa = 0,12 - 0,34$ vs. $0,59 - 0,81$). Fontos megjegyezni azonban, hogy a tesztek közti VO_{2max} eltérések fokozottabbak a nagyobb BMI értékkel rendelkező egyének (túlsúlyosok és obézek) esetén, akik aerob fittségi szintjét szisztematikusan alábecsli a modell, ugyanakkor a vékony egyének számára a ténylegesnél kedvezőbb aerob kapacitás értéket prediktál a regressziós modellek működésének természetéből adódóan (Cureton és mtsai., 2014, Burns és mtsai., 2015). Ezen kívül a BMI mérését a tanulók esetében néhány amerikai állam nem engedélyezi. A FITNESSGRAMM metodikájának adaptálása és a nemzetközi összehasonlíthatóság fenntarthatósága okán így a NETFIT® rendszer is az egyszerűsített (BMI érték nélküli) képlet használatát támogatja. Ahogy számíthattunk rá, mintánkban is szignifikáns különbségek voltak a fiúk és lányok között a VO_{2max} értékekben. Számos korábban publikált becslési modell figyelembe veszi a nemek közti különbséget a változó bevonásával (Barnett és mtsai., 1993; Matsuzaka és mtsai., 2004; Mahar és mtsai., 2006, 2011; Ruiz és mtsai., 2008). A NETFIT® kritériumorientált értékelőrendszerében használt sztenderdek azonban jól követik ezt a különbözőséget, a fiúknál magasabb VO_{2max} értékek jelentik az egészséghez szükséges minimum szintet, amely összefügg a metabolikus szindróma kialakulásának fokozott kockázatával (Welk és mtsai., 2011), így a képletben történő használatától eltekinthetünk.

A NHANES protokoll szubmaximális gyalogló teszt becslési metodikája a 20 méteres állóképességi ingafutás teszttel ellentétben nem különböző változók bevonásával kialakított regressziós modellen alapul, hanem a terhelés során mért pulzusszám és oxigénfelvétel lineáris kapcsolatán. A fizikai aktivitási szinten, életkoron, BMI-n és nemen alapuló képlet alapján prediktált maximális oxigénfelvétel segítségével választjuk ki azt a terhelési protokollt (1-7), amelyen a vizsgált személy elindul, majd a bemelegítésben mért pulzusszám értékek alapján (cél: becsült HR_{max} 50-60%-a között legyen) megbizonyosodunk arról, hogy a megfelelő terhelési szintet alkalmazzuk. Ezután a következő két szint végén mért pulzusértékek és becsült oxigénfelvétel alapján (1. szint várható VO_{2max} 55%-a, 2. szint a várható VO_{2max} 75%-a) extrapolációval becsüljük a

maximális oxigén felvevő-képességet. Az eredmények alapján a terhelés nélküli, fizikai aktivitási szinten alapuló Jackson-féle predikciós modell mintánkban a korábbi tanulmányokkal ellentétben (Heil és mtsai., 1995; Williford és mtsai., 1996; George és mtsai., 1997) a mért VO_{2max} értéket minden korcsoport esetében fölébecsülte. A HR értékek extrapolációjából becsült VO_{2max} értékek közepesen erős korrelációt mutatnak a laboratóriumban mért értékekkel ($R_{(316)} = 0,676$, $p < 0,001$), valamint a regresszió-analízis eredményei szerint a becsült és mért értékek a teljes variancia 32,2 %-át magyarázzák fiúknál és 43,3%-át lányoknál. Az átlagos százalékos hibaérték 14% fiúknál és 15% lányoknál. Csoport szinten a 10 %-os egyezőségi tartományt figyelembe véve a lányok számára a becslési metódus valid eredményt szolgáltatott, hiszen a 95%-os konfidencia intervallum az egyezőségi határértékeken belülre esett. A fiúknál azonban lényeges eltérés, 1,96 ml/kg/min különbség mutatkozik az egyezőségi tartomány alsó határa, valamint a konfidencia intervallum alsó határértéke között, ezáltal az ekvivalencia teszt alapján statisztikailag eltérőnek bizonyultak csoport szinten a becsült és mért VO_{2max} értékek. A mérési hibát nagymértékben fokozza, hogy a prediktált maximális pulzusszám (220-életkor) a mért értékekkel nem mutat szignifikáns kapcsolatot, tehát nem alkalmazható megbízhatóan ennél az életkori csoportnál, amelyet korábbi tanulmányok is bizonyítottak (Gumming és mtsai., 1978; Washington és mtsai., 1988; Bar-Or, 1983; Armstrong és mtsai., 1991), a predikciós VO_{2max} képlet, pedig ezen az értéken is alapszik. Ugyanakkor az önbevalláson alapuló fizikai aktivitási szint is csak gyenge összefüggést mutat a NHANES alapján becsült VO_{2max} értékekkel, habár a módszerrel nem tudjuk a vizsgált személyek tényleges fizikai aktivitási jellemzőit megbízhatóan megállapítani. Ezen túlmenően a NHANES szintek végén mért pulzusértékek nem mutatnak szignifikáns összefüggést a mért VO_{2max} értékkel se fiúknál, se lányoknál. Számos tanuló esett ki az analízisből az extrapoláció jellegéből adódó irreálisan magas becsült VO_{2max} értékek miatt. A becslési limitációk leküzdésére ajánlatos volna a jövőben a pályateszteknel használt regressziós becslési modellek mintájára kidolgozni egy olyan predikciós modellt, amely a NHANES protokoll szintjei végén mért pulzusszám értékek és egyéb faktorok bevonásával dolgozik.

Összességében elmondható, hogy a 20 méteres állóképességi ingafutás jelenlegi VO_{2max} értéket becselő regressziós modelljének használata esetén jelentkezik némi limitáció a becslés pontosságát illetően, azonban lehetőséget nyújt a tanulóknak az aktuális teljesítményük ismeretében megkapni az eredményt, és nem teszi lehetővé, hogy olyan külső tényezők befolyásolják azt, amelyekre lehet, hogy a vizsgált személynek

nincsen ráhatása. A NHANES protokoll szerint a pulzusszámokból történő extrapoláció önmagában szintén hordoz limitációkat már csak amiatt is, hogy a becslési metodika is a Jackson-féle terhelés nélküli modellen, valamint a becsült HRmax értékeken alapszik. A becsülő modellek számos olyan faktort nem vesznek figyelembe, amelyek a predikciós pontosságot befolyásolhatják, mint például a genetikai faktorok, aktuális pszichés állapot, motiváció a teszt során stb. A validációs folyamatok során használt egyezőségi teszt egy megbízható empirikus eljárás a két módszer által nyert értékek azonosságának vizsgálatára (Midha & McKay, 2009). Habár a fiúk értéke mindkét eljárás mód esetén kissé túlnyúlik az egyezőségi tartományon, elmondható, hogy az ingafutás esetén az átlag becslések a laboratóriumban mért maximális értékek 10%-án belül vannak, amely lehetővé teszi a széleskörű intézményi felhasználást. A NHANES protokoll esetén a lányok értékeinek egyezősége egyértelmű, fiúknál azonban már lényegesebb az eltérés. További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy megállapítsuk a relatíve nagyobb egyéni szintű hibaelterések okát mindkét módszer esetében. A testnevelő tanároknak és sportszakembereknek a gyakorlatban az ingafutás eredményeinek pedagógiai értékét szükséges hangsúlyozniuk és nem az egyének aerob kapacitásának pontos értékét tesztelni. Hasonlóan a főként epidemiológiai szakemberek által használt NHANES protokoll során kapott eredmények interpretálásakor - mint minden becslés esetén -, szükséges figyelembe venni a limitációkat és az eredményeket ennek megfelelően körütekintéssel felhasználni.

7. Legfontosabb megállapítások és eredmények

- Hazánkban egyedülálló módon egy országosan reprezentatív mintán mértük fel a 10-19 éves tanulók aerob fittségi állapotát pályateszttel és laboratóriumi futószalagos terhelés során.
- Komplex spiroergometriás terhelés során mért értékek alapján a maximális oxigénfelvevő-képesség értékek eltérő mintázatot mutatnak fiúknál és lányoknál az életkor függvényében, a fiúk aerob fittségi szintje szignifikánsan jobb, mint a lányoké. A lányok értékei 11-12 éves kortól jelentősen csökkennek a fiatal felnőttkorig, míg fiúknál az értékek viszonylagos stagnálást mutatnak a vizsgált életkori intervallumban.
- A NETFIT® nemre és korcsoportra specifikált kritériumsztenderjei alapján az Egészségzónát elérők aránya lényegesen kisebb a lányoknál mint a fiúknál.
- Elsőként keresztvalidáltuk a 20 m ingafutás teszt 2014-ben megalkotott (Cooper Intézet) új regressziós modelljét, amely a tesztben megtett távok számán és életkoron alapszik.
- Az átlagos százalékos hibaérték 15% a regressziós modell alkalmazásával a tanulók vita maxima terheléses vizsgálata során mért VO_{2max} értékeihez képest.
- Csoport szinten a becslésből származó átlagkülönbségek a mért VO_{2max} értékek 10%-os hibahatárán belül vannak, ezáltal egyenértékűnek tekinthetők a laboratóriumban mért adatokkal.
- A tanulók 20 m ingafutás teszt eredményeinek kategorizálása a használt becslési metodika alapján pontosan történik a NETFIT® egészségközpontú fittségi zónáiba.
- Az egyszerűsített regressziós modell alkalmazhatóságát igazoltuk a magyar iskoláskorú gyerekek esetében. További változók bevonása a képletbe nem javasolt a könnyű intézményi felhasználás érdekében.
- Az életkoron túl a nem is szignifikáns hatással bír a becslések pontosságára, ám a NETFIT® egészségközpontú kategorizálása a nemre és életkorra specifikált sztenderdek alapján történik, így a modellben használatától eltekinthetünk.
- Az eredmények interpretálásakor minden esetben figyelembe kell venni az egyéni hibalehetőségek fokozottabb mértékét és a becslésekből származó hibaértékek

ismeretében a pedagógiai üzenetet kell erősíteni és nem a tényleges értéket közvetíteni.

- A NETFIT® részét képező 20 méteres állóképességi ingafutás teszt és becslési modellje megbízható és intézményi keretek között megfelelő felhasználási lehetőséget biztosít az aerob fittségi szint egészségközpontú kategorizálásához a magyar iskoláskorú gyermekek esetében, de pontos egyéni érték tesztelése/megállapítása nem javasolt.
- Hiánypótló kutatásunkkal elsőként végeztünk validitási vizsgálatot gyermekeken a NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) szubmaximális gyalogló teszt protokolljával.
- A terhelés során a HR-VO₂ lineáris összefüggése alapján a NHANES szintek végén mért pulzusértékek extrapolációjából történő becslés átlagos százalékos hibaértéke 15%.
- Lányoknál csoport szinten a becslésből származó átlagkülönbségek a mért VO_{2max} értékek 10%-os hibahatárán belül vannak, ezáltal egyenértékűnek tekinthetők a laboratóriumban mért adatokkal. Fiúknál az alsó értékek között 1,96 ml/kg/min-es különbség van, amely miatt esetükben a módszer validitása statisztikailag nem elfogadható.
- Javasolt a NHANES szubmaximális gyalogló teszt protokoll esetében is többváltozós regressziós modell kidolgozása a gyermekek számára, amellyel a szintek végi pulzuszámokkal történő becslés pontosságát javítjuk majd.

8. Összefoglalás

Cél: A doktori értekezés célja megvizsgálni a magyar iskoláskorú gyerekek aerob fitsségi értékeit, valamint hogy a Nemzeti Egységes Tanulói Fitsségi Teszt (NETFIT®) által használt 20m-es állóképességi ingafutás teszt, illetve a NHANES szubmaximális gyalogló teszt maximális oxigénfelvevő-képességet (VO_{2max}) becselő módszerei alapján kapott, és a közvetlenül vita maxima terhelés során mért VO_{2max} értékek milyen szintű egyezőséget mutatnak, validnak tekinthetők-e az alkalmazott becslési eljárások.

Módszer: A NETFIT® kialakítását megalapozó kutatás országosan reprezentatív mintájából véletlen kiválasztással közel 500 tanuló (10-18 évesek) vett részt pályateszt és laboratóriumi méréseken, mely során antropometriai és egyéb élettani paraméterek mellett az aerob kapacitásukat vizsgáltuk. A becselő módszerek által kapott és a mért VO_{2max} értékek közti kapcsolatot lineáris regresszió analízissel, illetve kétoldali egyezőségi teszt technika alkalmazásával vizsgáltuk. A 20m-es ingafutás által becsült és a mért VO_{2max} értékek NETFIT® fitsségi zónákba sorolását követően Kappa-statisztika eljárással elemeztük a becsléssel történő helyes kategorizálás arányát.

Eredmények: Adattisztítást követően az analízisbe bevont minta 193 fiút és 161 lányt ($N=354$) tartalmazott. A becsült és mért VO_{2max} értékek kapcsolatát összegző lineáris egyenes a teljes varianciának 14,3-43,3%-át magyarázza és az egyezőségi határértékek tartománya fiúknál 32,82 ml/kg/min, lányoknál 29,94 ml/kg/min a 20m-es ingafutás esetében, továbbá 32,1 ml/kg/min, valamint 28,46 ml/kg/min a NHANES teszt esetében. Az átlagos abszolút hibaértékek 14% (fiúk) és 15% (lányok) volt a 20m-es inga és a NHANES teszt becslése alapján is. Csoport szinten a becslésekből származó átlagkülönbségek a mért VO_{2max} értékek 10%-os hibahatárán belül vannak mindkét becslési módszer esetében lányoknál, ezáltal egyenértékűnek tekinthetők a laboratóriumban mért adatokkal. A NHANES teszt esetében fiúknál az alsó értékek között 1,96 ml/kg/min-es különbség van, amely miatt esetükben a módszer validitása statisztikailag nem elfogadható. A 20m-ingafutás eredmények és a mért VO_{2max} értékek fitsségi zónákba történő kategorizálásának egyezősége gyenge volt mindkét nem esetében (fiúk: Kappa=0,23, lányok: Kappa=0,24)

Következtetés: A NETFIT® részét képező 20m-es állóképességi ingafutás teszt és becslési modellje megbízható és intézményi keretek között megfelelő felhasználási lehetőséget biztosít az aerob fitsségi szint egészségközpontú kategorizálására a magyar iskoláskorú gyermekek esetében, de pontos egyéni érték tesztelésére/megállapítására nem

javasolt. Az eredmények interpretálásakor minden esetben figyelembe kell venni az egyéni hibalehetőségek fokozottabb mértékét és a becslésekből származó hibaértékek ismeretében a pedagógiai üzenetet kell erősíteni és nem a tényleges értéket közvetíteni. Javasolt a NHANES szubmaximális gyalogló teszt protokoll esetében is többváltozós regressziós modell kidolgozása a gyermekek számára, amellyel a szintek végi pulzusszámokkal történő becslés pontosságát javíthatjuk.

9. Summary

Purpose: The purpose of this thesis was to evaluate the validity of the Progressive Aerobic Cardiovascular and Endurance Run (PACER) test used by the Hungarian National Student Fitness Test (NETFIT®) and the NHANES submaximal walking treadmill test in a sample of Hungarian youth.

Method: Approximately 500 participants (aged 10–18 years old) were randomly selected across Hungary to complete both laboratory (maximal treadmill protocol) and field assessments (PACER) of aerobic capacity. Agreement between lab- and PACER and NHANES-derived peak oxygen consumption (VO_2) was examined using linear regression and two-sided equivalence testing techniques, respectively. The impact of agreement on the classification accuracy of peak VO_2 estimates into NETFIT® fitness zones was determined with kappa statistics.

Results: After data cleaning The representative sample consisted of 193 boys and 161 girls (N=354). Analyses revealed that lab and estimated VO_2 values shared 14.3 to 43.3% of their variance, The limits of agreement ranged from 29.94 mL/kg/min to 32.86 mL/kg/min by the PACER test and 28.46 mL/kg/min to 32.1 mL/kg/min by the NHANES test depending on the gender. The absolute error values were 14% for boys and 16% for girls; however, the average peak VO_2 estimates from the PACER and NHANES were within the 10% equivalence region for girls, but not for boys. When lab and PACER VO_2 were categorized according to NETFIT® zones, agreement was fair for both sexes (boys, Kappa: 0.23, and girls, Kappa: 0.24).

Conclusions: Although the correlations between measured and predicted peak VO_2 were lower than expected, the magnitude of error observed in the PACER and NHANES is similar to past ranges of error observed in other studies (10%–15%), but the large individual error should be considered when interpreting individual results from this field-based measure of aerobic capacity. There was reasonable classification agreement between lab estimates and the PACER test for classification into the various fitness standards.

10. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom elsősorban Alma Materemnek, a Pécsi Tudományegyetemnek, és témavezetőmnek dr. Wilhelm Mártának, aki előadásaival megszerettette velem az Élettan és Sportélettan tárgyakat, hatására elindultam a tudományos élet felé, majd állandó segítségével, szakmai támogatásával és baráti szeretetével végigkísért és kísér a tudományos pályámon.

Köszönöm a Magyar Diáksport Szövetségnek, kiváltképp Rádics Baláznak, és Molnár Lászlónak, hogy a TÁMOP-3.1.13-12-2013-0001 projekt keretén belül lehetőséget teremtettek számomra, hogy a NETFIT® kialakításában részt vállalhassak, ezáltal a disszertációm elkészülhessen. Az ott szerzett tapasztalatokkal, valamint dr. Csányi Tamás szakmai vezető és dr. Karsai István csoportvezető iránymutatásaival mélyítettem a tudományos kutatás folytatásához szükséges ismereteimet. Köszönöm továbbá Pikó Zsuzsanna projektvezetőnek és Vass Zoltán kollégának az emberi támogatást, amely munkám befejezésében segített.

A Cooper Intézet szakértőinek, legfőképp Dr. Kevin J. Finn és dr. Pedro De Saint-Maurice Maduro magas színvonalú tudása és szakmai tapasztalata mindvégig biztos pontot jelentettek számomra szakmai kérdés esetén.

Végül, de nem utolsó sorban köszönettel tartozom Szüleimnek és Testvéreimnek, akik állandó támogatásukkal mindig mögöttem álltak, Férjemnek, akinek szeretetteljes segítsége mindig biztonságot nyújtott és Lányomnak, Emmának, akinek gyönyörű mosolya minden nehézségen átlendített.

11. Irodalomjegyzék

- Ahmaidi, S., Collomp, K., Caillaud, C., & Prefaut, C. (1992). Maximal and functional aerobic capacity as assessed by two graduated field methods in comparison to laboratory exercise testing in moderately trained subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 13(03), 243-248.
- Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. CRC press.
- American College of Sports Medicine (2009). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 8th. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins Company.
- Armstrong, N., Williams, J., & Ringham, D. (1988). Peak oxygen uptake and progressive shuttle run performance in boys aged 11–14 years. *British Journal of Physical Education*, 19(Suppl 4), 10-11.
- Armstrong, N., Williams, J., Balding, J., Gentle, P., & Kirby, B. (1991). The peak oxygen uptake of British children with reference to age, sex and sexual maturity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62(5), 369-375.
- Armstrong, N., & Welsman, J. R. (1994). Assessment and Interpretation of Aerobic Fitness in Children and Adolescents. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 22(1), 435-476.
- Armstrong, N., & Welsman, J. (2001). Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11-to 17-year-old humans. *European Journal of Applied Physiology*, 85(6), 546-551.
- Arraiz, G. A., Wigle, D. T., & Mao, Y. (1992). Risk assessment of physical activity and physical fitness in the Canada Health Survey mortality follow-up study. *Journal of Clinical Epidemiology*, 45(4), 419-428.
- Australian Sports Commission. (1999). 20m shuttle run test: a progressive shuttle run test for measuring aerobic fitness. *Belconnen (ACT): Australian Coaching Council*.
- Bai, Y., Saint-Maurice, P. F., Welk, G. J., Allums-Featherston, K., Candelaria, N., & Anderson, K. (2015). Prevalence of youth fitness in the United States: Baseline results from the NFL PLAY 60 FITNESSGRAM Partnership Project. *The Journal of Pediatrics*, 167(3), 662-668.
- Barker, A. R., Williams, C. A., Jones, A. M., & Armstrong, N. (2011). Establishing maximal oxygen uptake in young people during a ramp cycle test to exhaustion. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 498-503.
- Barnett, A., Chan, L., & Bruce, I. C. (1993). A Preliminary Study of the 20-m Multistage Shuttle Run as a Predictor of Peak VO₂ in Hong Kong Chinese Students. *Pediatric Exercise Science*, 5(1).
- Bar-Or, O. (1983). Physiologic responses to exercise of the healthy child. In *Pediatric Sports Medicine for the Practitioner* (pp. 1-65). Springer New York.

Beets, M. W., & Pitetti, K. H. (2006). Criterion-referenced reliability and equivalency between the PACER and 1-mile run/walk for high school students. *Journal of Physical Activity & Health*, 3, S21.

Beunen, G., & Malina, R. M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16(1), 503-540

Blair, S. N., Goodyear, N. N., Gibbons, L. W., & Cooper, K. H. (1984). Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *Jama*, 252(4), 487-490.

Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *Jama*, 262(17), 2395-2401.

Bland, J. M., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327(8476), 307-310.

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1999). Measuring agreement in method comparison studies. *Statistical Methods in Medical Research*, 8(2), 135-160.

Boreham, C. A., Paliczka, V. J., & Nichols, A. K. (1990). A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 30(1), 19-23.

Bouchard, C., & Katzmarzyk, P. (2000). *Physical activity and obesity*. Human kinetics.

Brewer, J., Ramsbottom, R., & Williams, C. (1988). *Multistage fitness test: a progressive shuttle-run test for the prediction of maximum oxygen uptake*. National Coaching Foundation.

Buchan, D. S., Boddy, L. M., Young, J. D., Cooper, S. M., Noakes, T. D., Mahoney, C., Shields JP, & Baker, J. S. (2015). Relationships between cardiorespiratory and muscular fitness with cardiometabolic risk in adolescents. *Research in Sports Medicine*, 23(3), 227-239.

Burns, R. D., Hannon, J. C., Brusseau, T. A., Eisenman, P. A., Saint-Maurice, P. F., Welk, G., & Mahar, M. T. (2015). Cross-validation of aerobic capacity prediction models in adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 27(3).

Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126.

Castro-Piñero, J., Artero, E. G., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., & Ruiz, J. R. (2009). Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*.

Colberg, S. R., Sigal, R. J., Fernhall, B., Regensteiner, J. G., Blissmer, B. J., Rubin, R. R., Chasan-Taber, L., Albright, A. L., & Braun, B. (2010). Exercise and type 2 diabetes the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*, 33(12), e147-e167.

Cooper Institute for Aerobics Research. (1992). The Prudential FITNESSGRAM® test administration manual.

Corbin, C. B. (1977). *Concepts in physical education with laboratories and experiments*, ERIC, Second Edition

Corbin, C. B., Pangrazi, R. P., & Franks, B. D. (2000). Definitions: Health, Fitness, and Physical Activity. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*.

COUNCIL, O. E. (1988). Handbook for the EUROFIT Test of Physical Fitness.

Coyle, E. F., Martin, W. 3., Sinacore, D. R., Joyner, M. J., Hagberg, J. M., & Holloszy, J. O. (1984). Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 57(6), 1857-1864.

Cunningham, D. A., Paterson, D. H., & Blimkie, C. J. (1984). The development of the cardiorespiratory system with growth and physical activity. *Advances in Pediatric Sport Sciences*, 1, 85-116.

Cureton, K. J., & Mahar, M. T. (2014). Critical measurement issues/challenges in assessing aerobic capacity in youth. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 85(2), 136-143.

Cureton, K. J., Sloniger, M. A., O'Bannon, J. P., Black, D. M., & McCORMACK, W. P. (1995). A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 445-51.

Csányi, T., Finn, K. J., Welk, G. J., Zhu, W., Karsai, I., Ihász, F., Vass, Z., & Molnár, L. (2015). Overview of the Hungarian National Youth Fitness Study. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(sup1), S3-S12.

Csányi, T., **Kaj, M.**, Vass, Z., Boronyai, Z., Király, A., Saint Maurice, P.F.: A magyar 10-18 éves tanulók egészségközpontú fizikai fittségi állapota (2015): Kutatási jelentés a Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt (NETFIT®) 2014/2015. tanévi országos eredményeiről. Magyar Diáksport Szövetség, Budapest, 2016.

Day, J. R., Rossiter, H. B., Coats, E. M., Skasick, A., & Whipp, B. J. (2003). The maximally attainable VO₂ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *Journal of Applied Physiology*, 95(5), 1901-1907.

Eisenmann, J. C., Wickel, E. E., Welk, G. J., & Blair, S. N. (2005). Relationship between adolescent fitness and fatness and cardiovascular disease risk factors in adulthood: the Aerobics Center Longitudinal Study (ACLS). *American Heart Journal*, 149(1), 46-53.

España-Romero, V., Artero, E. G., Jimenez-Pavon, D., Cuenca-Garcia, M., Ortega, F. B., Castro-Pinero, J., Sjöström, M., Castillo-Garzon, M. J., & Ruiz, J. R. (2010). Assessing health-related fitness tests in the school setting: reliability, feasibility and safety; the ALPHA Study. *International Journal of Sports Medicine*, 31(07), 490-497.

Finn K. J. Quality control for the Hungarian National Youth Fitness Testing Project. 2013. Unpublished manuscript, Cooper Institute, Dallas, TX.

- Flouris, A. D., Metsios, G. S., & Koutedakis, Y. (2005). Enhancing the efficacy of the 20 m multistage shuttle run test. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 166-170.
- Freedson, P. S., Cureton, K. J., & Heath, G. W. (2000). Status of field-based fitness testing in children and youth. *Preventive Medicine*, 31(2), S77-S85.
- George, J. D., Stone, W. J., & Burkett, L. N. (1997). Non-exercise VO₂max estimation for physically active college students. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(3), 415-423.
- Gledhill, N. (1981). Blood doping and related issues: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(3), 183-189.
- Gordon, R. S., Franklin, K. L., Baker, J. S., & Davies, B. (2006). Determination of aerobic work and power on a rope-braked cycle ergometer by direct measurement. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(4), 392-397.
- Gumming, G. R., Everatt, D., & Hastman, L. (1978). Bruce treadmill test in children: normal values in a clinic population. *The American Journal of Cardiology*, 41(1), 69-75.
- Harms, C. A. (2006). Does gender affect pulmonary function and exercise capacity?. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 151(2), 124-131.
- Heil, D. P., Freedson, P. S., Ahlquist, L. E., Price, J. A. N. E. T., & Rippe, J. M. (1995). Nonexercise regression models to estimate peak oxygen consumption. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(4), 599-606.
- Hickson, R. C., Bomze, H. A., & Holloszy, J. O. (1977). Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 42(3), 372-376.
- Hill, A. V., & Lupton, H. (1923). Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM*, (62), 135-171.
- Howley, E. T., Bassett, D. R., & Welch, H. G. (1995). Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(9), 1292-1301.
- Jackson, A. S., Blair, S. N., Mahar, M. T., Wier, L. T., Ross, R. M., & Stuteville, J. E. (1990). Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 863-870.
- Janssen, I., & Cramp, W. C. (2007). Cardiorespiratory fitness is strongly related to the metabolic syndrome in adolescents. *Diabetes Care*, 30(8), 2143-2144.
- Jolliffe, C. J., & Janssen, I. (2007). Development of age-specific adolescent metabolic syndrome criteria that are linked to the Adult Treatment Panel III and International Diabetes Federation criteria. *Journal of the American College of Cardiology*, 49(8), 891-898.
- Kaj, M.,** Csányi, T , Karsai, I., Marton, O. (2014): *Kézikönyv a Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt /NETFIT®/ alkalmazásához*. Budapest: Magyar Diáksport Szövetség.

Kaj, M., Tékus, É., Juhász, I., Stomp, K., & Wilhelm, M. (2015). Changes in physical fitness of Hungarian college students in the last fifteen years. *Acta Biologica Hungarica*, 66(3), 270-281.

Karsai, I., **Kaj, M.**, Csányi, T., Marton, O., Ihász, F., Vass, Z. (2013). Magyar 11-19 éves iskolások egészségközpontú fittségi állapotának keresztmetszeti vizsgálata – Első jelentés az Országos Reprezentatív Iskolai fittségmérési program eredményeiről. *Magyar Sporttudományi Szemle* 14. évf. 56:9-18.p.

Kemper, H. C. (Ed.). (2004). *Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study (AGAHLS): A 23-year Follow-up from Teenager to Adult about the Relationship Between Lifestyle and Health*. Karger Medical and Scientific Publishers.

Kim, H. J., Lee, K. J., Jeon, Y. J., Ahn, M. B., Jung, I. A., Kim, S. H., ... & Lee, J. H. (2016). Relationships of physical fitness and obesity with metabolic risk factors in children and adolescents: Chungju city cohort study. *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 21(1), 31-38.

Központi Statisztikai Hivatal (2015). A társadalmi haladás mutatószám rendszere. http://www.ksh.hu/thm/2/indi2_8_1.html

LaMonte, M. J., Barlow, C. E., Jurca, R., Kampert, J. B., Church, T. S., & Blair, S. N. (2005). Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome a prospective study of men and women. *Circulation*, 112(4), 505-512.

Laurson, K. R., Saint-Maurice, P. F., Karsai, I., Csányi, T. (2015). Cross-validation of FITNESSGRAM® health-related fitness standards in Hungarian youth. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86, S13-20.

Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict\ dot VO2 max. *European Journal of Applied Physiology and occupational physiology*, 49(1), 1-12.

Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93-101.

Leger, L., & Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO2max in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14(1), 21-26.

Liu, N. Y. S., Plowman, S. A., & Looney, M. A. (1992). The reliability and validity of the 20-meter shuttle test in American students 12 to 15 years old. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(4), 360-365.

Mahar, M. T., Welk, G. J., Rowe, D. A., Crotts, D. J., & McIver, K. L. (2006). Development and Validation of a Regression Model to Estimate VO₂ peak From PACER 20-m Shuttle Run Performance. *Journal of Physical Activity & Health*, 3, S34.

Mahar, M. T., Guerieri, A. M., Hanna, M. S., & Kemble, C. D. (2011). Estimation of aerobic fitness from 20-m multistage shuttle run test performance. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), S117-S123.

Mahar, M. T., Rowe, D. A., Parker, C. R., Mahar, F. J., Dawson, D. M., & Holt, J. E. (1997). Criterion-referenced and norm-referenced agreement between the mile

run/walk and PACER. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 1(4), 245-258.

Matsuzaka, A., Takahashi, Y., Yamazoe, M., Kumakura, N., Ikeda, A., Wilk, B., & Bar-Or, O. (2004). Validity of the multistage 20-m shuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. *Pediatric Exercise Science*, 113-125.

Mayorga-Vega, D., Aguilar-Soto, P., & Viciano, J. (2015). Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 536.

Midha, K. K., & McKay, G. (2009). Bioequivalence; its history, practice, and future. *The AAPS Journal*, 11(4), 664-670.

Mora, S., Redberg, R. F., Cui, Y., Whiteman, M. K., Flaws, J. A., Sharrett, A. R., & Blumenthal, R. S. (2003). Ability of exercise testing to predict cardiovascular and all-cause death in asymptomatic women: a 20-year follow-up of the lipid research clinics prevalence study. *Jama*, 290(12), 1600-1607.

Moreno, L. A., Mesana, M. I., González-Gross, M., Gil, C. M., Fleta, J., Wärnberg, J., ... & Bueno, M. (2006). Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents. The AVENA Study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60(2), 191-196.

Morrow Jr, J. R., Martin, S. B., & Jackson, A. W. (2010). Reliability and validity of the FITNESSGRAM®: Quality of teacher-collected health-related fitness surveillance data. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(sup3), S24-S30.

Myers, J., McAuley, P., Lavie, C. J., Despres, J. P., Arena, R., & Kokkinos, P. (2015). Physical activity and cardiorespiratory fitness as major markers of cardiovascular risk: their independent and interwoven importance to health status. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 57(4), 306-314.

National Center for Health Statistics Centers for Disease Control and Prevention. Cardiovascular Fitness Procedures Manual Hyattsville, MD; 2005. http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_05_06/CV.pdf [Accessed on: November 25 2013];

National Center for Health Statistics. The NHANES National Youth Fitness Survey (NYFS) Treadmill Examination Manual. Hyattsville, MD: National Center for Health Statistics, 2012. <http://www.cdc.gov/nchs/data/nyfs/Treadmill.pdf>

Nakagawa, A., Ishiko, T. (1970). Assessment of aerobic capacity with special reference to sex and age of junior and high school students in Japan. *Japanese Journal of Physiology*, 20(1), 118-29

Noakes, T. D., Peltonen, J. E., & Rusko, H. K. (2001). Evidence that a central governor regulates exercise performance during acute hypoxia and hyperoxia. *Journal of Experimental Biology*, 204(18), 3225-3234.

Oja, P., & Tuxworth, B. (Eds.). (1995). *Eurofit for adults: Assessment of health-related fitness*. Council of Europe.

Oliveria, S. A., Kohl 3rd, H. W., Trichopoulos, D. I. M. I. T. R. I. O. S., & Blair, S. N. (1996). The association between cardiorespiratory fitness and prostate cancer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(1), 97-104.

Pate, R. R., Wang, C. Y., Dowda, M., Farrell, S. W., & O'Neill, J. R. (2006). Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999-2002 National Health and Nutrition Examination Survey. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 160(10), 1005-1012.

Pate, R., Oria, M., & Pillsbury, L. (Eds.). (2013). *Fitness measures and health outcomes in youth*. National Academies Press.

Plowman, S. A., & Meredith, M. D. (2013). Fitnessgram/Activitygram reference guide. *The Cooper Institute, Dallas*. <http://www.cooperinstitute.org/reference-guide>

Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J. P., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 975-991.

Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403-410.

Ramsbottom, R., Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 141-144.

Robinson, A. P., & Froese, R. E. (2004). Model validation using equivalence tests. *Ecological Modelling*, 176(3), 349-358.

Roca, J., Whipp, B. J., Agusti, A. G. N., Anderson, S. D., Casaburi, R., Cotes, J. E., ... & Kilian, K. (1997). Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications, standardization and interpretation strategies.

Rowland, T. W., & Cunningham, L. N. (1992). Oxygen uptake plateau during maximal treadmill exercise in children. *CHEST Journal*, 101(2), 485-489.

Rowland, T. W. (2008). Cardiovascular function. In. *Paediatric exercise science and medicine*. Oxford University Press, Oxford, 255-267.

Rowland, T. W. (1996). *Developmental exercise physiology*. Human Kinetics Publishers.

Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., España-Romero, V., Artero, E. G., Ortega, F. B., Cuenca, M. M., ... & Gutiérrez, Á. (2010). Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery- for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 45(6), 518-524..

Ruiz, J. R., Ramirez-Lechuga, J., Ortega, F. B., Castro-Pinero, J., Benitez, J. M., Arauzo-Azofra, A., Sanchez, C., Sjöström, M., Castillo, M.J., Gutierrez, & Zabala, M. (2008). Artificial neural network-based equation for estimating VO₂max from the 20m shuttle run test in adolescents. *Artificial Intelligence in Medicine*, 44(3), 233-245.

- Rutenfranz, J., Andersen, K. L., Seliger, V., Klimmer, F., Berndt, I., & Ruppel, M. (1981). Maximum aerobic power and body composition during the puberty growth period: Similarities and differences between children of two European countries. *European Journal of Pediatrics*, 136(2), 123-133.
- Safrit, M. J., Glaucia, C. M., Hooper, L. M., Patterson, P., & Ehlert, S. A. (1988). The validity generalization of distance run tests. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 13(4), 188-196.
- Saltin, B. (1969). Physiological effects of physical conditioning. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1(1), 50-56.
- Saltin, B., & Strange, S. (1992). Maximal oxygen uptake: "old" and "new" arguments for a cardiovascular limitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1), 30-37.
- Saltin, B. (1973). Oxygen transport by the circulatory system during exercise in man. *Limiting Factors of Physical Performance*, 235-252.
- Sandvik, L., Erikssen, J., Thaulow, E., Erikssen, G., Mundal, R., & Rodahl, K. (1993). Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *New England Journal of Medicine*, 328(8), 533-537.
- Saint-Maurice, P. F., Welk, G. J., Finn, K. J., & **Kaj, M.** (2015). Cross-validation of a PACER prediction equation for assessing aerobic capacity in Hungarian youth. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(sup1), S66-S73.
- Saint-Maurice, P. F., Welk, G. J., Laurson, K. R., & Brown, D. D. (2014). Measurement agreement between estimates of aerobic fitness in youth: The impact of body mass index. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 85(1), 59-67.
- Schuirmann, D. J. (1987). A comparison of the two one-sided tests procedure and the power approach for assessing the equivalence of average bioavailability. *Journal of Pharmacokinetics and Biopharmaceutics*, 15(6), 657-680.
- Pařízková, J., & Bunc, V. (1987). Relationships between body dimensions and resting and working oxygen consumption in boys aged 11 to 18 years. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 725-736.
- St Clair Gibson, A., Broomhead, S., Lambert, M. I., & Hawley, J. A. (1998). Prediction of maximal oxygen uptake from a 20-m shuttle run as measured directly in runners and squash players. *Journal of Sports Sciences*, 16(4), 331-335.
- Stickland, M. K., Petersen, S. R., & Bouffard, M. (2003). Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 272-282.
- Suminski, R. R., Ryan, N. D., Poston, C. S., & Jackson, A. S. (2004). Measuring aerobic fitness of Hispanic youth 10 to 12 years of age. *International Journal of Sports Medicine*, 25(01), 61-67.
- Tomkinson, G. R., Léger, L. A., Olds, T. S., & Cazorla, G. (2003). Secular trends in the performance of children and adolescents (1980–2000). *Sports Medicine*, 33(4), 285-300.

Tomkinson, G. R., & Olds, T. S. (2007). *Secular changes in pediatric aerobic fitness test performance: the global picture* (Vol. 50, pp. 46-66). Karger Publishers.

Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Belanger, K., ... & Léger, L. (2016). International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2016.

Twisk, J. W. X. R., Kemper, H. C., & van MECHELEN, W. (2000). Tracking of activity and fitness and the relationship with cardiovascular disease risk factors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(8), 1455-1461.

Vella, C. A., Van Guilder, G. P., & Dalleck, L. C. (2016). Low Cardiorespiratory Fitness Is Associated with Markers of Insulin Resistance in Young, Normal Weight, Hispanic Women. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 14(5), 272-278.

Vincent, S. D., Barker, R., Clarke, M., & Harrison, J. (1999). A comparison of peak heart rates elicited by the 1-mile run/walk and the progressive aerobic cardiovascular endurance run. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(1), 75-78.

Wagner, P. D. (1988). An integrated view of the determinants of maximum oxygen uptake. In *Oxygen transfer from atmosphere to tissues* (pp. 245-256). Springer US.

Wahlund, H. (1948). Determination of the Physical Working Capacity. A Physiological and Clinical Study with special reference to Standardization of Cardio-Pulmonary Functional Tests. *Acta Medica Scandinavica*, 132(Suppl. 215).

Walker, E., & Nowacki, A. S. (2011). Understanding equivalence and noninferiority testing. *Journal of General Internal Medicine*, 26(2), 192-196.

Wang, C. Y., Haskell, W. L., Farrell, S. W., LaMonte, M. J., Blair, S. N., Curtin, L. R., Hughes, J.P., & Burt, V. L. (2010). Cardiorespiratory fitness levels among US adults 20–49 years of age: findings from the 1999–2004 National Health and Nutrition Examination Survey. *American Journal of Epidemiology*, 171(4), 426-435.

Washington, R. L., van Gundy, J. C., Cohen, C., Sondheimer, H. M., & Wolfe, R. R. (1988). Normal aerobic and anaerobic exercise data for North American school-age children. *The Journal of Pediatrics*, 112(2), 223-233.

Welk, G. J., Meredith, M. D., Ihmels, M., & Seeger, C. (2010). Distribution of health-related physical fitness in Texas youth: A demographic and geographic analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(sup3), S6-S15.

Welk, G. J., Saint-Maurice, F.P., Laurson, K. R., & Brown, D. D. (2011a). Field evaluation of the new FITNESSGRAM® criterion-referenced standards. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), S131-S142.

Welk, G. J., Laurson, K. R., Eisenmann, J. C., & Cureton, K. J. (2011b). Development of youth aerobic-capacity standards using receiver operating characteristic curves. *American Journal of Preventive Medicine*, 41(4), S111-S116.

Welk, G. J., Saint-Maurice, P. F., & Csányi, T. (2015). Health-related physical fitness in Hungarian youth: Age, sex, and regional profiles. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 86(sup1), S45-S57.

Welsman, J., Bywater, K., Farr, C., Welford, D., & Armstrong, N. (2005). Reliability of peak and maximal cardiac output assessed using thoracic bioimpedance in children. *European Journal of Applied Physiology*, 94(3), 228-234.

West, J. B., Boyer, S. J., Graber, D. J., Hackett, P. H., Maret, K. H., Milledge, J. S., ... & Sarnquist, F. H. (1983). Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest. *Journal of Applied Physiology*, 55(3), 688-698.

Williford, H. N., Scharff-Olson, M., Wang, N., Blessing, D. L., Smith, F. H., & Duey, W. J. (1996). Cross-validation of non-exercise predictions of VO₂peak in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(7), 926-930.

Winnick, J. P., & Short, F. (2014). *Brockport physical fitness test manual: a health-related assessment for youngsters with disabilities*. Human Kinetics.

Yoshizawa, S. (1972). A comparative study of aerobic work capacity in urban and rural adolescents. *Journal of Human Ergology*, 1(1), 45-65.

12. Mellékletek

1. sz. melléklet - A 20 méteres állóképességi ingafutás tesztprotokollja

Szint	Távok száma	Kumulatív távok száma	Sebesség (km/h)	Egy megtett táv ideje (s)	Szintidő (s)	Szint alatt megtett táv (m)	Kumulatív szinttávolság (m)	Kumulatív idő (mm:ss)
1	7	7	8,5	8,47	67,76	140	140	1:08
2	8	15	9	8	64	160	300	2:12
3	8	23	9,5	7,58	60,63	160	460	3:12
4	9	32	10	7,2	64,8	180	640	4:17
5	9	41	10,5	6,86	61,71	180	820	5:19
6	10	51	11	6,55	65,45	200	1020	6:24
7	10	61	11,5	6,26	62,61	200	1220	7:27
8	11	72	12	6	66	220	1440	8:27
9	11	83	12,5	5,76	63,36	220	1660	9:30
10	11	94	13	5,54	60,92	220	1880	10:31
11	12	106	13,5	5,33	64	240	2120	11:35
12	12	118	14	5,14	61,71	240	2360	12:37
13	13	131	14,5	4,97	64,55	260	2620	13:42
14	13	144	15	4,8	62,4	260	2880	14:44
15	13	157	15,5	4,65	60,39	260	3140	15:44
16	14	171	16	4,5	63	280	3420	16:47
17	14	185	16,5	4,36	61,09	280	3700	17:48
18	15	200	17	4,24	63,53	300	4000	18:52
19	15	215	17,5	4,11	61,71	300	4300	19:54
20	16	231	18	4	64	320	4620	20:54
21	16	247	18,5	3,89	62,27	320	4940	21:56

Léger, L.A., Mercier, D., Gadoury, C. and Lambert, J. (1988) The multistage 20 meter shuttle run test for aerobic fitness. Journal of Sports Sciences 6, 93-101.

2. sz. melléklet – A kutatásba bevont iskolák listája

1. Banai Jókai Mór Általános Iskola
2. Bártai Hunyadi János Általános Iskola
3. Békásmegyeri Veres Péter Gimnázium, Budapest
4. Békéscsabai Gépészeti és Számítástechnikai Szakközépiskola
5. Bessenyei György Szakközépiskola, Szakiskola, Speciális Szakiskola és Arany János Kollégium, Berettyóújfalu
6. Bethlen Gábor Szakközépiskola, Budapest
7. Budapest XIV. Kerületi Hunyadi János Általános Iskola » Budapest XVI. Kerületi Herman Ottó Általános Iskola
8. Budapest XVIII. Kerületi Táncsics Német Nemzetiségi Általános Iskola
9. Comenius Angol-Magyar Két Tanítási Nyelvi Általános Iskola, Gimnázium és Gazdasági Szakközépiskola és Kollégium
10. Dancs Lajos Ének-zenei Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola, Nagyecsed
11. Debreceni Vörösmarty Mihály Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola
12. Dunakeszi Széchenyi István Általános Iskola » Dunaújvárosi Arany János Általános Iskola
13. Egressy Gábor Két Tanítási Nyelvű Szakközépiskola, Budapest
14. Egri Bornemissza Gergely Szakközép-, Szakiskola és Kollégium
15. Egri Pásztoryölgyi Általános Iskola és Gimnázium
16. Emberi Erőforrások Minisztériuma Kalocsai Gyermekegthon, Általános Iskola és Szakiskola
17. Érdi Bolyai János Általános Iskola
18. Forrás Szakképző és Általános Iskola, Pécs
19. Füzesabonyi Remenyik Zsigmond Középiskola, Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola
20. Hámori András Szakközépiskola és Szakiskola
21. III. Béla Gimnázium, Művészeti Szakközépiskola és Alapfokú Művészeti Iskola, Zirc
22. Isaszegi Damjanich János Általános Iskola
23. Izsák Imre Általános Iskola, Zalaegerszeg
24. Keszthelyi Vendéglátó, Idegenforgalmi, Kereskedelmi Szakképző Iskola és Kollégium
25. Mohács Térségi Általános Iskola » Mohácsi Radnóti Miklós Szakképző Iskola és Kollégium
26. Mórlicz Zsigmond Református Kollégium, Gimnázium, Szakközépiskola és Általános Iskola, Kisújszállás
27. Orosházi Táncsics Mihály Tehetséggondozó Gimnázium, Szakközépiskola, Általános Iskola és Kollégium
28. Pétervárárai Tamási Áron Általános Iskola
29. Petzelt József Szakközépiskola és Szakiskola, Szentendre
30. Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr
31. Sajóbábonyi Deák Ferenc Általános Iskola » Sármelléki Általános Iskola
32. Szandaszőlősi Általános Iskola és Alapfokú Művészetoktatási Intézmény, Szolnok
33. Szegedi Bonifert Domonkos Általános Iskola
34. Szegedi Gábor Dénes Műszaki és Környezetvédelmi Középiskola és Szakiskola
35. Szent Imre Általános Iskola, Gimnázium és Szakközépiskola, Esztergom
36. Szent László Általános Művelődési Központ, Baja
37. Szentgyörgyi István Általános Iskola, Diósjenő
38. Talentum Angol Magyar Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola, Gimnázium és Művészeti Szakközépiskola, Tata
39. Thomas Mann Gymnasium-Deutsche Schule Budapest, Budapesti Német Általános Iskola és Gimnázium
40. Tiszaeszlári Általános Iskola
41. Tiszaújvárosi Eötvös József Gimnázium, Szakképző Iskola és Kollégium
42. Újhatvani Római Katolikus Általános Iskola » Újpesti Könyves Kálmán Gimnázium
43. Üllés, Forráskút, Csólyospálos Községi Általános Iskola és Alapfokú Művészeti Iskola
44. V. István Katolikus Szakközépiskola és Gimnázium, Árpád-házi Szent Margit Általános Iskola, Sátoraljaújhely
45. Zalaszentbalázi Petőfi Sándor Általános Iskola
46. Zöldsziget Körzeti Általános Iskola, Alapfokú Művészeti Iskola, Szigetmonostor

3. sz. melléklet - Szülői hozzájáruló nyilatkozat egészségdiagnosztikai vizsgálathoz



HOZZÁJÁRULÓ NYILATKOZAT EGÉSZSÉGGIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATHOZ

Gyermek neve: _____ TAJ-szám: _____

Születési hely és idő: _____

Lakcím és szülő telefonszáma: _____

Alulírott _____ mint a fent nevezett gyermek, tanuló szülői felügyeleti jogát gyakorló és törvényes képviselőjét ellátó szülő/közeli hozzátartozó

HOZZÁJÁRULOK

NEM JÁRULOK HOZZÁ

ahhoz, hogy gyermekem a Magyar Diáksport Szövetség (1146 Budapest, Istvánmezei út 1-3. tel: 00-36-1-273-3570) által szervezett, és a megjelölt regionális diagnosztikai központban – a jelen nyilatkozat elválaszthatatlan részét képező tájékoztató szerinti – egészségdiagnosztikai vizsgálaton részt vegyen.

Az egészségdiagnosztikai vizsgálatról szóló tájékoztatót elolvastam és az abban foglaltakat megértettem, mely alapján nyilatkozom, hogy tudomásom szerint

NINCSEN

VAN

olvan egészségügyi kizáró ok, amely miatt gyermekem nem vehet részt az egészségdiagnosztikai vizsgálaton.

Nyilatkozom továbbá, hogy gyermekemet az egészségdiagnosztikai mérésre (kérjük) karikázza be a megfelelőt):

ELKÍSÉREM

NEM KÍSÉREM EL

*Kérjük, hogy a bejegyző nyilatkozatot, abban az esetben is juttassa vissza gyermeke osztályfőnökéhez, amennyiben nem járul hozzá a vizsgálatban való részvételhez.

Kelt: _____, 2013.

.....
szülő/törvényes képviselő

Figyelem! A Magyar Diáksport Szövetség fenntartja magának a jogot, hogy a gyermek egészségdiagnosztikai vizsgálatára vonatkozó ajánlatát a szülő/törvényes képviselő hozzájárulása ellenére is, további jogkövetkezmények nélkül egyoldalúan lemondja. Erről a körülményről az MDSZ a szülőket minden esetben előzetesen telefonon értesíti.

MAGYAR DIÁKSZÖVETSÉG
1146 Budapest, Istvánmezei út 1-3.
mdszok@mdsz.hu
www.diaksport.eu
www.ujsechenyiterv.gov.hu



TÁJÉKOZTATÓ AZ EGÉSZSÉGDIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATRÓL

A gyermeket és egy hozzátartozóját előre egyeztetett időpontban az iskola elől busz szállítja a diagnosztikai központba. **Kérjük, hogy a mérés napjának reggelén a gyermek ne reggelizzen, illetve cukros italt ne igyon!** Erre az éhgyomri vércukorszint meghatározása miatt van szükség. **A megérkezés után a gyermekek tízórait fognak kapni!**

A vizsgálat első részében a helyszínen lévő gyermekorvos kivizsgál minden gyermeket (nyugalmi pulzus, vérnyomás, EKG). Ezt követően minimális fájdalommal járó, ujjbegyszúrással történő vérvizsgálatra kerül sor (vércukorszint, triglicerid és koleszterinszint meghatározása **egy csepp vérből**).

A továbbiakban, **kaliperes**² bőrredő és **bioimpedancia**³ alapú mérést végzünk, testösszetétel meghatározása céljából. Ezt követően **orvosi felügyelettel** egy futószalagos gyaloglóteszt terheléses vizsgálat kerül lebonyolításra. A kifáradásig történő járás és futás segítségével felmérhető a vizsgálati személy maximális oxigénfelvétel képessége. Ez az adat jól jellemzi a tüdő a szív és az érrendszer állapotát, mely fontos életminőség mutató érték. A vizsgálat közben folyamatosan figyelemmel kísérjük a gyermek élettani paramétereit (EKG, vérnyomás, oxigénfelvétel). A vizsgálat során elektródákat helyezünk el a mellkas bőrére és vérnyomásmérő mandzsettát a karjára. Az egyéni fizikai teherbírásnak megfelelően a terhelést a maximális teljesítőképesség eléréséig fenntartjuk. A teljes vizsgálat tervezett időtartama, mindhárom komponenst beleértve kb. 30-40 perc. A vizsgálatot nagy tapasztalattal és kellő végzettséggel rendelkező szakemberek, orvosok végzik. A szülő kezdeményezésére és számára a vizsgálat eredményeiről a helyszínen, vagy a vizsgálat **lezárta** követően telefonon tájékoztatást adunk.

A vizsgálaton való megjelenéshez tornacipő és kényelmes sportruházat szükséges!



Kaliperes mérés



Futószalagos mérés



Bioimpedancia mérés

² A **kaliperes** bőrredő mérés egy teljesen fájdalommentes **antropometriai** mérés.

³ A **bioimpedancia** mérés egy személyméréshez hasonló eszközön végzett mérés, amellyel meghatározható a testösszetétel.

4. sz. melléklet – Laboratóriumi mérések adatlapja



SZEMÉLYES ADATOK

Név Születési dátum:
 Adatfelvétel időpontja: Adatfelvétel helye:
 Iskola neve:

VÉRPARAMÉTEREK

Vércukor: mmol/l Koleszterin: mmol/l Triglicerid: mmol/l

TESTSZERKEZET

Testmagasság: cm Testtömeg: kg
 Derékkerület: cm Csípőkerület: cm
 Testzsírszázalék (Omron): % kg

KÉZI SZORÍTÓERŐ

jobb kar: kg bal kar: kg

BŐRREDŐK

Biceps: mm Mid-axilla: mm
 Triceps: mm Abdomen: mm
 Subscapula: mm Comb: mm
 Suprailiac: mm Vádli: mm
 Pectoralis: mm

TERHELÉSES VIZSGÁLAT ADATAI

PAR kód: Protokoll száma: várható VO_{2max}:
 várható HRmax: várható HRmax50%-60%:

	Pulzus (ütés/perc)	Vérnyomás (sys/dys mmHg)
Nyugalmi		
STAGE 1 végén		
STAGE 2 végén		
STAGE 3 végén		
Teljes protokoll végén		

MEGJEGYZÉS

.....

Dátum:

.....
 aláírás

MAGYAR DIÁKSPORT SZÖVETSÉG
 1146 Budapest, Istvánmezei út 1-3.
 mdszok@mdsz.hu
 www.diaksport.eu
 www.ujsechenyiterv.gov.hu



5. sz. melléklet -- A vizsgálatban használt terheléses protokoll variációi

		1. protokoll		2. protokoll		3. protokoll		4. protokoll		5. protokoll		6. protokoll		7. protokoll	
	Szintek	sebesség (km/h)	dőlés (%)	sebesség (km/h)	dőlés (%)	sebesség (km/h)	dőlés (%)	sebesség (km/h)	dőlés (%)	sebesség (km/h)	dőlés (%)	sebesség (km/h)	dőlés (%)	sebesség (km/h)	dőlés (%)
1.	Bemelegítés	3,2	1	3,5	2	4,3	2	4,8	3	5	3,5	5,2	5	5,8	5
2.		3,2	1	3,5	2	4,3	2	4,8	3	5	3,5	5,2	5	5,8	5
3.	NHANES 1. szint	3,7	2	4,4	3	5	4	6	4	6	5,5	6	7	6	8,5
4.		3,7	2	4,4	3	5	4	6	4	6	5,5	6	7	6	8,5
5.		3,7	2	4,4	3	5	4	6	4	6	5,5	6	7	6	8,5
6.	NHANES 2. szint	3,7	6,5	4,4	7,5	5	8,5	6	8	6	10	6	12,5	6	14,5
7.		3,7	6,5	4,4	7,5	5	8,5	6	8	6	10	6	12,5	6	14,5
8.		3,7	6,5	4,4	7,5	5	8,5	6	8	6	10	6	12,5	6	14,5
9.	plusz - 1	4,2	6,5	5	7,5	5,7	8,5	6,8	8	6,9	10	7	12,5	7,1	14,5
10.	plusz - 2	4,7	6,5	5,6	7,5	6,4	8,5	7,6	8	7,8	10	8	12,5	8,2	14,5
11.	plusz - 3	5,2	6,5	6,2	7,5	6,7	8,5	8,4	8	8,7	10	9	12,5	9,3	14,5
12.	plusz - 4	5,7	6,5	6,8	7,5	7,4	8,5	9,2	8	9,6	10	10	12,5	10,4	14,5
13.	plusz - 5	6,2	6,5	7,4	7,5	7,7	8,5	10	8	10,5	10	11	12,5	11,5	14,5
14.	plusz - 6	6,7	6,5	8	7,5	8,4	8,5	10,8	8	11,4	10	12	12,5	12,6	14,5
15.	plusz - 7	7,2	6,5	8,6	7,5	8,7	8,5	11,6	8	12,3	10	13	12,5	13,7	14,5
16.	plusz - 8	7,7	6,5	9,2	7,5	9,4	8,5	12,4	8	13,2	10	14	12,5	14,8	14,5
17.	plusz - 9	8,2	6,5	9,8	7,5	9,7	8,5	13,2	8	14,1	10	15	12,5	15,9	14,5
18.	plusz - 10	8,7	6,5	10,4	7,5	10,4	8,5	14	8	15	10	16	12,5	17	14,5

6. sz. melléklet – Terheléses protokoll számának meghatározása (NHANES – 2007)

Protokoll száma	Várható VO _{2max} (ml/kg/min)	Bemelegítés			1. szint			2. szint			Levezetés		
		Sebeség (km/h)	Dőlés szög	várható VO _{2max} százalékban	Sebeség (km/h)	Dőlésszög	várható VO _{2max} százalékban	Sebeség (km/h)	Dőlés szög	várható VO _{2max} százalékban	Sebeség (km/h)	Dőlés szög	várható VO _{2max} százalékban
1	<20	2,7	0%	45(8.1)	3,4	0.5%	55(9.6)	3,4	4.5%	75(13.6)	3,2	0	49(8.9)
2	20-24	3,2	1%	45(10)	3,7	2.0%	55(11.9)	3,7	6.5%	75(16.9)	3,2	0	41(8.9)
3	25-29	3,5	2%	45(11.5)	4,3	3.0%	55(14.6)	4,3	7.5%	75(20.6)	3,2	0	33(8.9)
4	30-34	4,4	2%	45(13.3)	5,0	4.0%	55(17.8)	5,0	8.5%	75(24.4)	3,2	0	28(8.9)
5	35-39	4,8	3%	45(16)	6,0	4.0%	55(20.6)	6,0	8.0%	75(27.8)	3,2	0	24(8.9)
6	40-44	5,0	3.5%	45(17)	6,0	5.5%	55 (23.3)	6,0	10%	75(31.4)	3,2	0	21(8.9)
7	45-49	5,2	5%	45(19.8)	6,0	7.0%	55(26.0)	6,0	12.5%	75(35.9)	3,2	0	19(8.9)
8	>50	5,8	5%	45(21.8)	6,0	8.5%	55(28.7)	6,0	14.5%	75(39.5)	3,2	0	17(8.9)

7. sz. melléklet - Physical Activity Recode (PAR) kérdőív

I. Rész: Kérdések első csoportja (a kérdések második csoportja a választól függ):

1. válasz	1. Az elmúlt egy évben, heti rendszerességgel nem, vagy csak csekély mértékben sportoltál, vettél részt rekreációs sporttevékenységben, illetve voltál fizikailag aktív?	amennyiben a válasz igen ugrás a II. Részhez
2. válasz	2. Részt vettél elmúlt egy évben, heti rendszerességgel mérsékelt megterhelést jelentő rekreációs tevékenységben, vagy a munkád igényelt mérsékelt fizikai aktivitást?	amennyiben a válasz igen ugrás a III. Részhez
3. válasz	3. Mondanád azt, hogy rendszeresen részt veszel nehéz fizikai aktivitásban?	amennyiben a válasz igen ugrás a IV. Részhez

Mérsékelt fizikai aktivitás: sétálás, gimnasztika, bowling, súlyemelés, kerti munka

Nehéz fizikai aktivitás: kocogás, úszás, kerékpározás, evezés, tenisz, kosárlabda

II. Rész: Ha az első kérdéskörben a válasz 1 (kis mértékű vagy nem rendszeres aktivitás), akkor a további kérdések:

1. válasz	1. Kerülsz a gyaloglást vagy bármilyen erő kifejtést, pl. inkább liftet vagy autót használsz a lépcsőzés, vagy séta helyett?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 0
2. válasz	2. Örömmel sétálsz, rendszeresen használsz lépcsőt, alkalomadtán végzel olyan testmozgást, amely nehézlégzést vagy izzadást okoz?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 1

III. Rész: Ha az első kérdéskörben a válasz 2 (mérsékelt fizikai aktivitásban rendszeresen részt vesz), akkor a további kérdések:

1. válasz	1. Rendszeresen veszel részt rekreációs tevékenységben, vagy mérsékelt fizikai aktivitásban heti 10 – 60 perces időtartamban?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 2
2. válasz	2. Rendszeresen veszel részt rekreációs tevékenységben, vagy mérsékelt fizikai aktivitásban hetente több mint 60 percen?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 3

IV. Rész: Ha az első kérdéskörben a válasz 3 (nehéz fizikai aktivitásban rendszeresen részt vesz), akkor a további kérdések:

1. válasz	1. Hetente 30 percnél kevesebb időt töltesz nehéz fizikai aktivitással?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 4
2. válasz	2. Hetente 30 – 60 perc időt töltesz: nehéz fizikai aktivitással?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 5
3. válasz	3. Hetente 1 – 3 órát töltesz nehéz fizikai aktivitással?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 6
4. válasz	4. Hetente több mint 3 órát töltesz nehéz fizikai aktivitással?	amennyiben a válasz igen PAR kód = 7

becsült VO₂ max = 56.363 + [1.921 * (PAR)] – [0.38 * (Kor)] – [0.754 * (BMI)] + [10.987 * (F=0, M=1)]

PAR kód (fent meghatározottak alapján) 0 – 7

Kor: években, a kérdőív készítésének pillanatában

Testtömeg: kg-ban mérve

Testmagasság: cm-ben mérve

BMI = testtömeg (kg)/testmagasság négyzet (m) (kg/m²)

8. sz. melléklet - ANOVA eredmények a VO_{2peak} nemenkénti és korcsoportonkénti összehasonlítására

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Max VO2 (ml/kg/min)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	8852,601 ^a	15	590,173	10,395	,000	,316
Intercept	658655,544	1	658655,544	11601,290	,000	,972
agegroups	833,098	7	119,014	2,096	,043	,042
gender	6290,639	1	6290,639	110,801	,000	,247
agegroups * gender	1283,537	7	183,362	3,230	,002	,063
Error	19189,727	338	56,774			
Total	771514,849	354				
Corrected Total	28042,328	353				

a. R Squared = ,316 (Adjusted R Squared = ,285)

Estimated Marginal Means

1. Age groups

Univariate Tests

Dependent Variable: Max VO2 (ml/kg/min)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Contrast	833,098	7	119,014	2,096	,043	,042
Error	19189,727	338	56,774			

The F tests the effect of Age groups. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. Gender

Estimates

Dependent Variable: Max VO2 (ml/kg/min)

Gender	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
boys	49,700	,573	48,573	50,827
girls	40,851	,615	39,640	42,061

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Max VO2 (ml/kg/min)

(I) Gender	(J) Gender	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
boys	girls	8,849 [*]	,841	,000	7,196	10,503
girls	boys	-8,849 [*]	,841	,000	-10,503	-7,196

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: Max VO2 (ml/kg/min)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Contrast	6290,639	1	6290,639	110,801	,000	,247
Error	19189,727	338	56,774			

The F tests the effect of Gender. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. Age groups * Gender

Dependent Variable: Max VO2 (ml/kg/min)

Age groups	Gender	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
11 and less years	boys	52,545	1,945	48,718	56,372
	girls	43,028	1,644	39,793	46,262
12 years	boys	47,373	1,685	44,059	50,687
	girls	47,212	1,606	44,052	50,372
13 years	boys	48,366	1,945	44,540	52,193
	girls	42,028	1,571	38,937	45,118
14 years	boys	48,888	1,827	45,293	52,483
	girls	41,343	1,478	38,436	44,249
15 years	boys	48,398	1,332	45,778	51,018
	girls	38,160	1,685	34,846	41,474
16 years	boys	49,146	1,424	46,345	51,947
	girls	37,118	1,538	34,093	40,144
17 years	boys	51,425	1,332	48,805	54,045
	girls	39,883	2,175	35,604	44,161
18 years and older	boys	51,458	1,292	48,916	54,000
	girls	38,035	2,090	33,924	42,146

**9. sz. melléklet - ANOVA eredmények az NHANES protokoll alapján
becsült és mért VO_{2peak} különbségek nemenkénti és korcsoportonkénti
összehasonlítására**

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: NHANES_kul

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2014,390 ^a	15	134,293	2,355	,003	,105
Intercept	1860,510	1	1860,510	32,620	,000	,098
agegroups	959,035	7	137,005	2,402	,021	,053
gender	49,033	1	49,033	,860	,355	,003
agegroups * gender	887,526	7	126,789	2,223	,032	,049
Error	17110,640	300	57,035			
Total	20971,136	316				
Corrected Total	19125,030	315				

a. R Squared = ,105 (Adjusted R Squared = ,061)

Estimated Marginal Means

1. Gender

Estimates

Dependent Variable: NHANES_kul

Gender	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
boys	-2,971	,608	-4,167	-1,775
girls	-2,141	,657	-3,434	-,848

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: NHANES_kul

(I) Gender	(J) Gender	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
boys	girls	-,830	,895	,355	-2,591	,931
girls	boys	,830	,895	,355	-,931	2,591

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: NHANES_kul

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Contrast	49,033	1	49,033	,860	,355	,003
Error	17110,640	300	57,035			

The F tests the effect of Gender. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. Age groups

Estimates

Dependent Variable: NHANES_kul

Age groups	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
11 and less years	-3,250	1,374	-5,954	-,545
12 years	-1,728	1,219	-4,127	,672
13 years	-2,707	1,303	-5,271	-,143
14 years	1,330	1,219	-1,069	3,728
15 years	-1,638	1,133	-3,867	,592
16 years	-4,240	1,118	-6,439	-2,040
17 years	-4,830	1,398	-7,580	-2,079
18 years and older	-3,386	1,331	-6,005	-,766

Univariate Tests

Dependent Variable: NHANES_kul

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Contrast	959,035	7	137,005	2,402	,021	,053
Error	17110,640	300	57,035			

The F tests the effect of Age groups. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. Age groups * Gender

Dependent Variable: NHANES_kul

Age groups	Gender	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
11 and less years	boys	-6,956	2,095	-11,078	-2,834
	girls	,457	1,780	-3,046	3,960
12 years	boys	-3,214	1,832	-6,818	,391
	girls	-,241	1,610	-3,410	2,927
13 years	boys	-1,450	2,018	-5,422	2,522
	girls	-3,964	1,648	-7,207	-,721

14 years	boys	1,571	1,888	-2,144	5,287
	girls	1,088	1,542	-1,946	4,122
15 years	boys	,432	1,402	-2,328	3,192
	girls	-3,707	1,780	-7,210	-,204
16 years	boys	-6,225	1,510	-9,197	-3,252
	girls	-2,255	1,648	-5,498	,988
17 years	boys	-4,754	1,453	-7,614	-1,894
	girls	-4,906	2,388	-9,605	-,206
18 years and older	boys	-3,172	1,379	-5,885	-,459
	girls	-3,599	2,277	-8,081	,882

13. Tudományos közlemények és konferencia előadások jegyzéke

(Összesített impakt faktor: 12,195; Első szerzőként: 2,171)

Kaj, M., Vass, Z., Király A., Hernádi, Á., & Csányi, T. (2017). *A magyar 10-18 éves tanulók egészségközpontú fizikai fittségi állapota: Kutatási jelentés a Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt (NETFIT®) 2015/2016. tanévi országos eredményeiről.* Magyar Diáksport Szövetség, 2017.

Kaj, M., Király A., Hernádi, Á., & Csányi, T. (2017) A NETFIT 2015/2016. tanév országos eredményeinek bemutatása. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18(70), 48-49.

Király, A., **Kaj, M.**, Tóthné Kälbli, K., Hernádi, Á., & Csányi, T. (2017) A NETFIT adaptálása enyhén értelmi fogyatékos gyermekekre - A pilot vizsgálat eredményei. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18(70), 51-52.

Tóthné Kälbli, K., **Kaj, M.**, Király, A., & Csányi, T. (2017) A NETFIT sajátos nevelési igényű gyermekekre történő adaptációjának és az ezzel összefüggő kutatási folyamat koncepciójának bemutatása. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18(70), 87-88.

Király, A., **Kaj, M.**, Kälbli, K., Hernádi, Á., & Csányi, T. (2017) Adaptation of NETFIT to children with intellectual disabilities - results of the pilot study. In Dr. Ács Kamilla, Bódog Ferenc, Dr. Mechler Mátyás Illés, Dr. Mészáros Orsolya (szerk.) *Book of Abstracts. Interdisciplinary Doctoral Conference*, 188.

Király, A., **Kaj, M.**, Vass, Z., Boronyai, Z., & Csányi, T.: *Comparison of sport and nonsport school students' physical fitness based on the NETFIT® measurements of the academic year 2014/15.* In: Népegészségügyi Képző- és Kutatóhelyek Országos Egyesületének X. Jubileumi Konferenciája. *Népegészségügy*, 94(3), 166.

Váczi, M., Tékus, É., Atlasz, T., Cselkó, A., Pintér, G., Balatincz, D., **Kaj, M.**, & Wilhelm, M. (2016) Ballroom dancing is more intensive for the female partners due to their unique hold technique. *Physiology International (Acta Physiologica Hungarica)*, 103(3), 392-401. (IF: 0,9)

Karsai, I., **Kaj, M.**, & Csányi, T.: *Association between hand grip strength and physical fitness test performance from a large sample (10-18 years) of Hungarian school children.* In: 21st Annual Congress of the European College of Sport Science, Vienna, 2016. Paper 1522. 1 p.

Király, A., **Kaj, M.**, Vass, Z., Boronyai, Z., & Csányi, T. (2016) Köznevelési típusú sportiskolás tanulók egészségközpontú fittségi állapota: Összehasonlító elemzés a 2014/15 tanévi NETFIT® mérések alapján. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 2, 1.

Csányi, T., **Kaj, M.**, Vass, Z., Boronyai, Z., & Saint-Maurice, P. F. (2016) Health-related Physical Fitness among 10-18 y Hungarian Students: Results of the 2015 Hungarian National Student Fitness Test (NETFIT®) survey. In: AIESEP International Conference, Laramie, USA, 2016. 1p.

Csányi, T., **Kaj, M.**, Vass, Z., Boronyai, Z., Király, A., & Saint-Maurice, P. F.: *A magyar 10-18 éves tanulók egészségközpontú fizikai fittségi állapota (2015): Kutatási*

jelentés a Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt (NETFIT®) 2014/2015. tanévi országos eredményeiről. Magyar Diáksport Szövetség, Budapest, 2016.

Ihász, F., Karsai, I., **Kaj, M.**, Marton, O., Finn, K. J., & Csányi, T. (2015) Characteristics of cardiorespiratory output determining factors among 11–19-year-old boys at rest and during maximal load: Its impact on systolic hypertension. *Acta Physiologica Hungarica*, 102(3), 263-273. (IF: 0,98)

Kaj, M., Tékus, É., Juhász, I., Stomp, K., & Wilhelm, M. (2015) Changes in physical fitness of Hungarian college students in the last fifteen years, *Acta Biologica Hungarica*, 66(3), 270-281. (IF: 0,605)

Laurson, K. R., Welk, J. G., Marton, O., **Kaj, M.**, & Csányi, T. (2015) Agreement and Diagnostic Performance of FITNESSGRAM®, International Obesity Task Force, and Hungarian National BMI Standards. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 86(S1), S21-S28. (IF: 1,566)

Kaj, M., Saint-Maurice, P. F., Karsai, I., Vass, Z., Csányi, T., Boronyai, Z. & Révész, L. (2015) Associations Between Attitudes Toward Physical Education and Aerobic Capacity in Hungarian High School Students. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 86(S1), S74-S81. (IF: 1,566)

Saint-Maurice, P. F., Welk, G.J., Finn K. J., & **Kaj, M.** (2015) Cross-Validation of a PACER Prediction Equation for Assessing Aerobic Capacity in Hungarian Youth. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 86(S1), S66-S73. (IF: 1,566)

Saint-Maurice, P. F., Laurson, K. R., **Kaj, M.**, & Csányi, T. (2015) Establishing Normative Reference Values for Standing Broad Jump Among Hungarian Youth. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 86(S1), S37-S44. (IF: 1,566)

Saint-Maurice, P. F., Laurson, K. R., Karsai, I., **Kaj, M.**, & Csányi, T. (2015) Establishing normative reference values for handgrip among Hungarian Youth. *Research Quarterly For Exercise And Sport*, 86(S1), S29-S36. (IF: 1,566)

Vowell, J., Welk, G. J., Saint-Maurice, P. F., Csányi, T., & **Kaj, M.** (2015) Distribution Of Health-related Physical Fitness In Hungarian Youth: An Examination With Fitnessgram Standards. *American College of Sports Medicine 62 nd Annual Meeting, 6 th World Congress on Exercise is Medicine and World Congress on the Basic Science of Exercise Fatigue: Medicine & Science In Sports & Exercise*, 46,5, S558.

Finn, K. J., **Kaj, M.**, Marton, O., Karsai, I., Saint-Maurice, P. F., & Csányi, T. (2015) Accuracy Of The NHANES Treadmill Test In Estimating Aerobic Fitness In Adolescents. *American College of Sports Medicine 62 nd Annual Meeting, 6 th World Congress on Exercise is Medicine and World Congress on the Basic Science of Exercise Fatigue: Medicine & Science In Sports & Exercise*, 46:5, S238.

Csányi, T., Laurson, K. R., **Kaj, M.**, Karsai, I., Saint-Maurice, P. F., & Finn, K. J. (2015) Prevalence of metabolic syndrome risk factors in Hungarian adolescents: Data from the Hungarian National Youth Fitness Study (HNYFS). In: 8th European Youth Heart Study Symposium. Oslo: pp. 23-24

Kaj, M., Csányi, T., Karsai, I., & Marton, O.: *Kézikönyv a Nemzeti Egységes Tanulói Fittségi Teszt /NETFIT®/ alkalmazásához.* Budapest: Magyar Diáksport Szövetség, 2014.

Kaj, M., Karsai, I., Marton, O., Ihász, F., Finn, K. J., Saint-Maurice, P. F., & Csányi, T. (2014) A NHANES futószalagos protokoll VO₂max predikciós módszerének

validitási vizsgálata magyar iskoláskorú gyermekeken. XI. Országos Sporttudományi Kongresszus, *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18, 11.

Ihász, F., **Kaj, M.**, Csányi, T., Karsai, I., Marton, O., & Vass, Z. (2014) Vérnyomásváltozások jellemzői (11-19 éves) fiúk körében nyugalomban és a terhelés maximumán. XI. Országos Sporttudományi Kongresszus, *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18, 11.

Csányi, T., Welk, G., Saint-Maurice, P. F., **Kaj, M.**, Marton, O., Ihász, F., Laurson, K., Zhu, W., Finn, K. J., & Karsai, I. (2014) Health-related Fitness among 10-18 y Hungarian Students: Results of a nationally representative study with the Hungarian National Student Fitness Test (NETFIT®). In: 10th Annual Meeting and 5th Conference of HEPA Europe, Zurich, Svájc. p. 45.

Csányi, T., **Kaj, M.**, Karsai, I., & Marton, O.: Oktatófilm a NETFIT® alkalmazásához. Budapest, Magyar Diáksport Szövetség, 2014.

Karsai, I., **Kaj, M.**, Marton, O., Saint-Maurice, P. F., Finn, K. J., Ihász, F., & Csányi, T. (2014). 20 m-es ingafutás teszt alapján VO₂max értéket becsülő regressziós modellek kritérium alapú validitásvizsgálata 11-18 éves magyar populáción. XI. Országos Sporttudományi Kongresszus, *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18, 9.

Marton, O., **Kaj, M.**, Karsai, I., Ihász, F., Finn, K. J., & Csányi, T. (2014) A metabolikus szindróma tüneteinek megjelenési gyakorisága és az aerob kapacitás vizsgálata 11-19 éves magyar tanulókon. XI. Országos Sporttudományi Kongresszus, *Magyar Sporttudományi Szemle*, 18, 9.

Váczi, M., Tékus, É., Atlasz, T., Cselkó, A., Pintér, G., Balatincz, D., **Kaj, M.**, & Wilhelm, M.: *Ballroom Dancing: Recreation or Performance Sport?* In: Kajos, A., Marton, G., Prisztóka, Gy., Wilhelm, M. (szerk.) COMPASS TO HEALTH: 1st International Conference on Leisure, Recreation and Tourism - Book of Abstracts. Harkány, 2014 p. 40.

Csányi, T., Karsai, I., **Kaj, M.**, Marton, O., Ihász, F., Welk, G., Zhu, W., Saint-Maurice, P. F., Laurson, K., & Finn, K. J.: *Assessment of health-related fitness in Hungary: the NETFIT, as the Hungarian Fitnessgram initiative.* In: Dragan Milanović, Goran Sporiš (szerk.) 7th International Scientific Conference on Kinesiology: Fundamental and Applied Kinesiology, Opatija, 2014. p. 330.

Csányi, T., Welk, G., Saint-Maurice, P. F., Marton, O., **Kaj, M.**, Zhu, W., & Karsai, I.: *Health-Related Physical Fitness achievement rates among Hungarian High School Students – Results from the Hungarian National Youth Fitness Study.* In: 9th FIEP European Congress and 7th International Scientific Congress "Sport, Stress, Adaptation", Sofia, Bulgária, 2014. p. 10.

Csányi, T., Révész, L., **Kaj, M.**, & Karsai, I.: *Quality Physical Education in Hungary.* In: Hungarian International Conference on Physical Education: HIPE 2014. Budapest, Magyar Diáksport Szövetség, 2014. pp. 8-9.

Bobály, V., Tékus, É., **Kaj, M.**, & Váczi, M. (2013). Testösszetétel, erő, egyensúly és hajlékonyság vizsgálata modern- és néptáncos nőknél. *Táncstudományi Közlemények*, 5(1), 18-26.

Csányi, T., Rétsági, E., Pignitzkyné Lugos, I., **Kaj, M.**, & Marton, O.: Távoktatási tananyag az „iskolai testnevelés az egészségfejlesztésben: módszertani megújulás és egységes fizikai fittségmérés (NETFIT) a gyakorlatban” című akkreditált

továbbképzéshez. In: Csányi, T. (szerk.) Távoktatási tananyag az „iskolai testnevelés az egészségfejlesztésben: módszertani megújulás és egységes fizikai fittségmérés (NETFIT) a gyakorlatban” című akkreditált továbbképzéshez. Budapest: Magyar Diáksport Szövetség, 2013. pp. 1-66.

Karsai, I., **Kaj, M.**, Csányi, T., Ihász, F., Marton, O., & Vass, Z. (2013). Magyar 11-19 éves iskolások egészségközpontú fittségi állapotának keresztmetszeti vizsgálata - Első jelentés az Országos Reprezentatív Iskolai Fittségmérési Program eredményeiről. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 14(56), 9-18.

Kaj, M., Németh, J., Tékus, É., & Wilhelm, M. (2013). Physique, body composition and physical fitness of Finish, Hungarian and American adolescents. *Exercise and Quality of Life*, 5(1), 19-29.

Pintér, G., Tékus, É., **Kaj, M.**, Váczi, M., Wilhelm, M., & Gallyas, F.: *Dohányzó és nem dohányzó fiatalok terheléselettani paraméterváltozásai β -alanin kiegészítést követően*. In: A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, p 108.

Pintér, G., Tékus, É., **Kaj, M.**, Váczi, M., Hegyhát-Végyvári, Á., Wilhelm, M., & Gallyas, F. (2013). Enzimaktivitás és fizikális paraméterváltozások, dohányzó és nem dohányzó fiatalokon, béta-alanin kiegészítést követően. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 14(56), 70-71.

Tékus, É., Váczi, M., Cselkó, A., Pintér, G., **Kaj, M.**, Figler, M., Kőszegi, T., & Wilhelm, M.: *A gelszolin mennyiségének vizsgálata excentrikus terhelést követően*. In: Magyar Élettani Társaság: A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, p. 270

Tékus, É., Szanka, K., **Kaj, M.**, Atlasz, T., & Wilhelm, M. (2013). Az elhízás hatása falvakban és városban élő 11-15 éves tanulók testösszetételére, fizikai teljesítőképességére és alapvető élettani paramétereire. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 14(56), 37.

Tékus, É., Váczi, M., Cselkó, A., Pintér, G., **Kaj, M.**, Kőszegi, T., & Wilhelm, M. (2013). Edzés indukálta mikrosérülések vizsgálata vérplazma markerek segítségével. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 14(56), 73.

Váczi M., Tékus, É., **Kaj, M.**, Kőszegi, T., Ambrus, M., Tollár, J., Atlasz, T., Szabadfi, K., & Karsai, I. (2013). Changes in metabolic and muscle damage indicators following a single bout of jump training on stair versus at level. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 445-456. (IF:1,06)

Wilhelm, M., **Kaj, M.**, Tékus, É., Németh, J., Schulteisz, N., Szanka, K., & Berki, T.: Az idősök egészséggel kapcsolatos fittsége Magyarországon. In: Magyar Élettani Társaság: A Magyar Élettani, Farmakológiai és Mikrocirkulációs Társaságok 2013. évi közös Tudományos Kongresszusa, Budapest, 2013.

Tékus, É., **Kaj, M.**, Szabó, E., Szénási, L. N., Kerepesi, I., Figler, M., Gábiel, R., & Wilhelm, M.: *The effect of the sympathetic nervous system and dehydration on salivary lactate concentration*. In: Szabó István (szerk.): 1st International Doctoral Workshop on Natural Sciences, Pécs, 2012, p. 52

Pintér, G., Tékus, É., **Kaj, M.**, Váczi, M., Wilhelm, M., & Gallyas, F.: *The effect of β -Alanine in smoker and non-smoker university students*. In: János Szentágothai Scholastic

Honorary Society (szerk.): János Szentágotthai Memorial Conference and Student Competition, 2012, p. 79

Kaj, M.: *Immobilitási stressz – Hogyan változik a fiatal felnőttek egészséggel kapcsolatos fittségi állapota Magyarországon?* In: 42. Mozgásbiológiai Konferencia, Budapest, 2012, p. 44-45.

Kaj, M.: *Changes in health-related fitness status of the Hungarian university students in the last decades.* In: 20th International Congress on Sports Sciences for Students, Budapest, 2012, p. 75.

Kaj, M., Tékus, É., Juhász, I., Stomp, K., & Wilhelm, M.: *Immobility Stress - How has the health-related fitness status changed in the Hungarian young adults in the last decades?* In: Szabó István (szerk.): 1st International Doctoral Workshop on Natural Sciences, Pécs, 2012, p. 22.

Pintér, G., Tékus, É., **Kaj, M.,** Váczi, M., Wilhelm, M., & Gallyas, F. (2012). A B-alanin és a rendszeres edzés együttes hatásának vizsgálata dohányzó- és nem dohányzó személyeken: Examination of the combined Effect of B-alanine and Regular Exercise with Smoking and Non-Smoking Subjects. *Egészség-Akadémia*, 3(3), 185-193.

Tékus, É., **Kaj, M.,** Szabó, E., Szénási, N. L., Kerepesi, I., Figler, M., Gábel, R., & Wilhelm, M. (2012). Comparison of blood and saliva lactate level after maximum intensity exercise. *Acta Biologica Hungarica*, 63(S1), 89-98. **(IF: 0,82)**

Tékus, É., **Kaj, M.,** Kerepesi, I., & Wilhelm, M. (2012). Különböző edzettségű csoportok maximális terhelést követő nyál- és vér tejsavszintjének vizsgálata. Analysis of blood and salivary lactate concentration of groups with different fitness level after maximal intensity exercise. *Egészség-Akadémia*, 3(2), 147-153.

Váczi, M., Tékus, É., **Kaj, M.,** Kőszegi, T., Ambrus, M., Tollár, J., Atlasz, T., Karsai, I., & Szabadfi, K. (2012). Mikrosérülést jelző és metabolikus markerek akut változása intenzív lépcsőedzés után. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 13(2), 73.

Kaj, M.: Egyetemi hallgatók fizikai fittségének vizsgálata Eurofit-tesztekkel In: XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencia (Ph.D alszekció), Budapest, 2011., p. 159.

Wilhelm, M., Tékus, É., **Kaj, M.,** Schulteisz, N., & Krucsó, J.: The health and fitness of Hungarian females between the age of 20 and 65 years. In: 2nd International Scientific Conference Exercise and Quality of Life, Novi Sad, Szerbia, 2011, pp. 41-45.

Tékus, É., **Kaj, M.,** Fodróczy, E., Kerepesi, I., & Wilhelm, M.: A tejsavszint változása vér- és nyálmintákban terhelést követően. In: Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs és Élettani (FAMÉ) társaságok 2011. évi közös tudományos konferenciája. Pécs, 2011, p. 286.

Váczi, M., Tékus, É., **Kaj, M.,** Kőszegi, T., Ambrus, M., Tollár, J., Atlasz, T., Karsai, I., & Szabadfi, K. (2011). Acute physiological effects of a single bout of stair versus level jump exercise in trained males. *Acta Physiologica Hungarica*, 202(Suppl. 684), 125.

Váczi, M., Tékus, É., **Kaj, M.,** Kőszegi, T., Ambrus, M., Tollár, J., Atlasz, T., Karsai, I., & Szabadfi, K.: Nagy intenzitású lépcsőn végrehajtott edzés akut izommechanikai és élettani hatása. In: Magyar Farmakológiai, Anatómus, Mikrocirkulációs és Élettani (FAMÉ) társaságok 2011. évi közös tudományos konferenciája. Pécs, 2011.

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÁSA ÉS NYILATKOZAT A
DOLGOZAT EREDETISÉGÉRŐL**

Alulírott Szabóné Kaj Mónika (születési név: Kaj Mónika; anyja neve: Szabó Edit Hedvig; születési hely, idő: Zalaegerszeg, 1987.05.16.)

MAXIMÁLIS OXIGÉNFELEVŐ-KÉPESSÉG BECSLÉSI MÓDSZEREINEK
KERESZTVALIDITÁSI VIZSGÁLATA MAGYAR ISKOLÁSKORÚ GYEREKEKEN

című doktori értekezésemet a mai napon benyújtom a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Doktori Iskola Egészségtudományok határterületei Programjához.

Témavezető(k) neve: dr. Wilhelm Márta

Egyúttal nyilatkozom, hogy jelen eljárás során benyújtott doktori értekezésemet

- korábban más doktori iskolába (sem hazai, sem külföldi egyetemen) nem nyújtottam be,
- fokozatszerzési eljárásra jelentkezésemet két éven belül nem utasították el,
- az elmúlt két esztendőben nem volt sikertelen doktori eljárásom,
- öt éven belül doktori fokozatom visszavonására nem került sor,
- értekezésem önálló munka, más szellemi alkotását sajátomként nem mutattam be,

az irodalmi hivatkozások egyértelműek és teljesek, az értekezés elkészítésénél hamis vagy hamisított adatokat nem használtam.

Dátum: 2017. augusztus 26.,

.....
doktorjelölt aláírása