

**MAXIMÁLIS OXIGÉN FELVEVŐ-KÉPESSÉG BECSLÉSI MÓDSZEREINEK  
KERESZTVALIDITÁSI VIZSGÁLATA MAGYAR ISKOLÁSKORÚ GYEREKEKEN**

DOKTORI (Ph.D) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

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

## BEVEZETÉS

A fittségi állapot egyik legmeghatározóbb összetevője a kardiovaszkuláris más néven aerob fittség, melyet a testsúlykilogramra számított percenkénti maximális oxigénfelvételi értékkel jellemzünk (relatív  $VO_{2max}$  – ml/kg/perc<sup>1</sup>). Az aerob fittségi 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 költségáfordítást igényel, a pontos mérések kivitelezéséhez speciális személyi és tárgyi feltételek szükségesek. A speciális feltételeket igénylő laboratóriumi tesztek alternatívájaként a sporttudomány és egészségügy 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 témája a testnevelés-, és sportszakemberek által használt 20 méteres állóképességi ingafutás teszt, a COOPER Intézet (Dallas, USA) szakértői által kidolgozott új, predikciós képletének<sup>2</sup> validitásvizsgálata. Az említett számítási módszert a FITNESSGRAM és a NETFIT<sup>®</sup> 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 rel $VO_{2max}$  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<sup>®</sup> által használt becslő 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 mérésorozatot alapján.

Doktori értekezésem másik az elsődlegesen egészségügyi célból alkalmazott kvázilaboratóriumi terheléses mérés, a National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) futószalagos szubmaximális gyalogló teszt iskoláskorú gyermekek körében történő validálásának<sup>3</sup> témájában íródott. A protokollt 1999-től használják rendszeresen az Egyesült Államokban egészségügyi szűrés céljából (Wang és mtsai., 2010), valamint a FITNESSGRAM<sup>®</sup> Tudományos Bizottsága szintén a NHANES vizsgálat eredményeit használta fel a FITNESSGRAM<sup>®</sup> kritériumorientált sztenderjeinek kialakításához, valamint annak 2011-es felülvizsgálatához (Welk és mtsai., 2011a).

---

<sup>1</sup> az egyszerűsítés kedvéért a doktori értekezésben a maximális oxigénfelvétel-képességet ( $VO_{2max}$ ) minden esetben relatívként értelmezem

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

<sup>3</sup> Validálás: az a tevékenység, mely rendszerezett vizsgálat segítségével bizonyítja egy módszer érvényességét

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 gyermekekre 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 problémát kívántam a fókuszba állítani.

## 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<sup>®</sup>-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<sup>®</sup>-ban használt kritériumsztenderd értékek milyen megbízhatósággal alkalmazhatóak a magyar populációra is. Ebben a kutatásban a tanulók terhelésélettani mérését a NHANES által alkalmazott gyalogló teszt vita maxima terhelésig történő kibővített változatát használtuk folyamatos szív és légzőszervrendszeri állapotmonitorozással, így lehetővé vált a maximális oxigénfelvevő-képességet becsülő 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 különböznek a korábbi mérések eredményeitől
- a NETFIT<sup>®</sup> 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  $VO_{2peak}$  értékeket
- A becsült és mért egyéni abszolút  $VO_{2max}$  értékek egybevágóságának megállapításán túl célunk volt megvizsgálni, hogy milyen mértékben tapasztalható különbség a NETFIT<sup>®</sup> által használt egészségközpontú fittségi kategóriákba történő tanulói besorolást követően, amennyiben a becsült és a mért  $VO_{2max}$  értékek alapján kategorizálunk.
- A kutatás részeként a vita maxima terheléses protokoll a NHANES szubmaximális gyalogló tesztprotokoll bővített változata volt. Célunk volt 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, hogy megállapítsuk a nemnek és az életkornak van-e hatása és ha igen, milyen hatása van a  $VO_{2max}$  értékek különbözőségére a két vizsgált predikációs módszer esetében.

## SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A kardiovaszkuláris/kardiorespiratórikus fittség az egyik legmeghatározóbb tényezője az egészségközpontú fittségnek, hiszen közvetlen kapcsolata az egészségi állapottal számos tudományos kutatás alapján bizonyított. 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). 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). A legmegbízhatóbb és legpontosabb eljárás az aerob fittség megállapítására a maximális oxigénfelvétel-képesség meghatározása. 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 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. A legszélesebb körben a 20 méteres állóképességi ingafutás teszt alkalmazása terjedt el a maximális oxigénfelvétel-képesség becslésére, egyszerű használata, kis eszközigénye és megbízhatósága miatt. A hazánkban a 2014/2015. tanévben bevezetett NETFIT® tesztrendszer is ezt a pályatesztet használja az iskoláskorú tanulók aerob fitsségének 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). 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 (Léger és mtsai., 1988; Liu és mtsai., 1992; Mahar és mtsai., 1997; Beets és Pitetti, 2006). Mayorga-Vega és mtsai (2015) 57 tanulmányt feldolgozó összefoglaló elemzésében azt mutatták ki, hogy a 20 méteres állóképességi ingafutás teszt maximális oxigénfelvétel-képességet becslő kritériumvaliditás értéke közepesen-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 meta-analízis 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 fitsségi 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) predikációs 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 mindkét 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. 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 szinten 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 elérik-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.

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 oxigénfelvétel-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 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 FITNESSGRAM aerob fittségi sztenderdek hazánkban történő adaptálhatóságának vizsgálatakor (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 szubmaximális tesztprotokoll magyar mintán történő validációjára a „gold standard” figyelembevételével.

## HIPOTÉZISEK

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

1. Az aerob fittségi 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® fittségi 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.

## VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZER

### 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 rétegeképző 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.

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. Amennyiben az adott

tanuló nem volt alkalmas a tesztek elvégzésére (sérülés, felmentés, stb.), úgy mindig a soron következő tanulót 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.

## **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. 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).

## **Adatgyűjtési módszerek és eszközök**

### 20 méteres állóképességi ingafutás

A vizsgált személyek maximális oxigénfelvevő-képességének becslése először a 20 méteres állóképességi ingafutás teszt felmérése alapján történt. A pályateszt elvégzése 2013. január-áprilisban a kijelölt iskolák sportsarnokában/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. 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 teszt elvégzése után az alábbi képletet használtuk a maximális oxigénfelvevő-képesség becslésére:  $VO_{2peak} = 0.353 \times (\text{megtett távok száma}) - 1.121 \times (\text{életkor}) + 45.619$  (Burns és mtsai., 2015)

### Laboratóriumi vizsgálat

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

A tanulókat a különböző helyszíneken egységesen képzett és terheléselettani mérésekben jártas mérőszemélyzet vizsgálta sztenderd protokoll mentén, minden esetben gyermekorvosi jelenlét mellett. A tanulók együtt, szervezett keretek között érkeztek a laboratóriumi helyszínekre éhgyomorral, helyszínenként naponta 6-9 fő.

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 tesztsíkkal ellátott és mérésre kalibrált Multicare IN mérőkészülék segítségével.

- Ezt követően a tanulók átöltöztek könnyű sportruházatba az antropometriai paraméterek megállapításához. A vizsgált személyek testmagasságát milliméter pontossággal állapítottuk meg SECA 206 falra szerelhető sztenderd stadiométerrel. 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 futószalag dőlésszög illetve sebességemelkedés mértékében különböztek. 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.

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

A képletben szereplő PAR (Physical Activity Recode) érték megállapításához egy rövid, mindennapi fizikai aktivitási szint meghatározására szolgáló kérdőívet használtunk. A kérdések alapján a PAR érték 0-tól 7-ig terjedő szám lehetett.

A terheléses vizsgálatához SCHILLER AT-104 komplett spiroergométert használtunk három helyszínen, illetve Sensormedic Vmax Encore spirométert két helyszínen.

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  $VO_{2\text{peak}}$  értéket használtuk az aerob fittség kritériumértékeként a validitási vizsgálatokhoz. A terhelés során folyamatosan monitoroztuk a szív működést 12 elvezetéses EKG segítségével (pulzusszám, HR), illetve 10 másodpercenként regisztráltuk a ventillációt (VE), oxigénfelvételt ( $VO_2$ ) és szén-dioxid leadást ( $VCO_2$ ), oxigénpulzust ( $O_2$  pulzus), respirációs hányadost (RQ), terhelés idejét (t) stb.

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 egyvel alacsonyabb protokoll számon indítottuk el a vizsgált személyt, amennyiben a várható maximális HR 50%-nál alacsonyabb volt a mért HR, úgy egyvel nagyobb protokollszámmal 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 terhelés 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. 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.

### Statisztikai analízis

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). 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-teszttel végeztem el. Kétféle változós 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.

#### A 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 kétféle változós 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.

Az analízis második lépésében meghatároztuk a két módszer egyezőségét bioekvivalenciai vizsgálati eljárással (Schuirmann, 1987). Két egy-oldalú teszt használatával, előre meghatározott elfogadási tartomány felállításával vizsgáljuk, hogy a becült 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.

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 esnek.

### NETFIT® kritérium-orientált fitsségi zónákba sorolás egyezőségének vizsgálata a tényleges és a 20 méteres ingafutás tesztből becült $VO_{2peak}$ érték alapján

A NETFIT®-ben használt nemre és életkorra vonatkoztatott egészségközpontú, kritériumorientált töréspontok felhasználásával fitsségi zónákba soroltuk a két különböző módszerrel nyert  $VO_{2peak}$  értékeket: Egészségzóna (EZ), Fejlesztés szükséges zóna (FSZ), Fokozott fejlesztés szükséges zóna (FFSZ). A fitsségi 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 specifikitási értéket, hogy meghatározzuk a hibatípust a becült  $VO_{2max}$  fitsségi zónába kategorizálása esetén. Vizsgálatom esetében a szenzitivitás azt mutatja, hogy mi a százalékos aránya annak, hogy a becült érték a referencia értéknek megfelelő fitsségi kategóriába esik, tehát a tanuló valóban a NETFIT® rendszer által visszajelzett fitsségi zónába tartozik. Számolást követően illusztráltam a fiúk és lányok százalékos eloszlását a különböző fitsségi zónákban, hogy közvetlen összehasonlítást biztosítsak a két módszer eredménye között.

### NHANES futószalagos terheléses protokoll becslő módszerének validálása

A maximális oxigénfelvétel becslése a NHANES alapján rögzített 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).

Azon tanulók becült  $VO_{2max}$  értékeit, akik az extrapolációból adódóan irreálisan magas becült  $VO_{2max}$  értékkel rendelkeztek,  $80 \text{ ml/kg/min}$  értéknél maximalizáltuk. Kizártuk azokat a vizsgált személyeket az elemzésből, akiknél a mért és becült érték között több mint  $20 \text{ ml/kg/min}$ -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 becült 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 becült 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.

## EREDMÉNYEK

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 analizisből, miután nem teljesítették az elvárt kritériumértékek valamelyikét, így összesen az analizisbe bevont minta elemszáma 354.

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 O<sub>2</sub>pulzus, 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<sub>2peak</sub> 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. A VO<sub>2max</sub> 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.

### A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt új képletének validálása

A 20 méteres állóképességi ingafutás teszt és a laboratóriumi futószalagos teszt során mért VO<sub>2max</sub> eredmények 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. A pályatesztben megtett távok száma középérősen korrelál a futószalagos tesztben elért végső sebességgel,  $r(354) = 0,503$ ,  $p < 0,001$ ), valamint a mért VO<sub>2peak</sub> értékekkel,  $r(354) = 0,563$ ,  $p < 0,001$ ).

A 20 méteres állóképességi ingafutás tesztben megtett távokból becsült és a laboratóriumi teszt során mért VO<sub>2peak</sub> 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:  $r(168)=0,457$ ,  $p<0,001$ ). A becsült VO<sub>2peak</sub> értékben 1 ml/kg/min emelkedéssel 0,41 ml/kg/min növekedés látszik a mért VO<sub>2peak</sub> értékben fiúknál ( $p < 0,001$ ) és 0,64 ml/kg/min a lányoknál ( $p < 0,001$ ). 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<sub>2peak</sub> értékek 28,4 - 37,5%-os hibatarományát jelölik meg fiúknál, lányoknál pedig 33,2% - 34,7%-ot. 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. Ugyanilyen 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.

### A 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 a Kappa értékek alapján a kategorizálás egyezősége gyenge volt fiúknál és lányoknál is (fiúk: Kappa=0.23; lányok: Kappa= 0.24). Az egyezés 72,0%-os volt fiúknál, míg lányoknál 57,1%-os, átlagosan 65,3%. A legnagyobb egyensúlyt a szenzitivitási és specificitási értékek között az Egészségzóna vonatkozásában kaptuk fiúknál (szenzitivitás: 83,8%, specificitás 51,3%) és lányoknál is (szenzitivitás: 71,1%, specificitás: 59,4%). 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.

### NHANES futószalagos terheléses protokoll becslő módszerének validálása

A mért és a pulzusszámokból becsült  $VO_{2peak}$  értékek átlagkülönbségei 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  $\eta^2 = 0,053$ ), valamint az életkorcsoport és nem interakciója ( $F_{(7)}=2,223$ , partial  $\eta^2 = 0,049$ ) bár gyenge, de szignifikáns ( $p < 0,05$ ) hatással bír a mintánkban, együttesen 10,5%-ban határozzák meg az eltéréseket. 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. Az SEE értéke 8,03 ml/kg/min volt fiúknál, míg 7,11 ml/kg/min lányoknál.

A Bland-Altman 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  $VO_{2peak}$  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.

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. Esetükben a becsült átlagértékek ( $39,5 \pm 9,4$  ml/kg/min) egyenértékűnek állapíthatók 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.

## LEGFONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSOK

- Hazánkban egyedülálló módon egy országosan reprezentatív mintán mértük fel a 10-19 éves tanulók aerob fitsségi állapotát pályatesztel 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 fitsségi 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 fitsségi 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 fitsségi 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-VO<sub>2</sub> 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<sub>2max</sub> 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.

## TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

(Összesített impact faktor: 12,2; Első szerzőként: 2,2)

**Kaj, M.**, Vass, Z., Király A., Hernádi, Á., & Csányi, T. (2017). *A magyar 10-18 éves tanulók egészségközpontú fizikai fitsségi állapota: Kutatási jelentés a Nemzeti Egységes Tanulói Fitsségi 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.

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)

Király, A., **Kaj, M.**, Vass, Z., Boronyai, Z., & Csányi, T. (2016) Köznevelési típusú sportiskolás tanulók egészségközpontú fitsségi 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 fitsségi állapota (2015): Kutatási jelentés a Nemzeti Egységes Tanulói Fitsségi Teszt (NETFIT®) 2014/2015. tanévi országos eredményeiről.* Magyar Diáksport Szövetség, Budapest, 2016.

Íhász, 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.

**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 VO<sub>2</sub>max 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 VO<sub>2</sub>max 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.

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.

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.

Váczai 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)**

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

**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.

Tékus, É., **Kaj, M.**, Szabó, E., Szénási, N. L., Kerepesi, I., Figler, M., Gábiel, 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)**.