



SZÉCHENYI  2020

A sportteljesítmény fizikai összetevőinek diagnosztikája

Szerkesztette:
Petridis Leonidas

Szerző:
Petridis Leonidas

Lektorálta: Dr. Pavlik Gábor

Felelős Kiadó: Campus Kiadó, Debrecen

Kézirat lezárva: 2015. november 20.

ISBN 978-963-473-898-5

A tananyag elkészítését a "3.misszió" Sport és tudomány a társadalomért Kelet-Magyarországon TÁMOP-4.1.2.E-15/1/Konv-2015-0001 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

SZÉCHENYI  2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE



TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	10
2. A TELJESÍTMÉNYDIAGNOSZTIKA	13
2.1 Az edzettség problematikája.....	13
2.2 A sportteljesítmény.....	16
2.3 A teljesítménydiagnosztika helye a mai sportban	18
2.4 A teljesítménydiagnosztikai vizsgálatok fajtái	19
2.5 Az ergometria fogalma	21
2.6 A mérések tudományos kritériumai.....	23
2.7 A fizikai teljesítmény összetevői.....	27
3. AZ ERŐ.....	30
3.1 Az erő fajtái	31
3.2 Az izomműködés munkamódjai	33
3.3 Az erőmérés.....	35
3.3.1 A maximális erő mérése	36
3.3.1.1 A maximális erő mérése laboratóriumi körülmények között	36
3.3.1.1.1 Izokinetikus dinamometria	36
3.3.1.1.2 Izometriás erőmérések.....	40
3.3.1.2 A maximális erő mérése pályavizsgálatokkal	42
3.3.1.2.1 Az egy ismétléses maximum becslése szubmaximális terhelésekkel.....	43
3.3.2 A gyorselő mérése	46
3.3.2.1 A gyorselő mérése laboratóriumi környezetben.....	46
3.3.2.2 A gyorselő mérése pályavizsgálatokkal	48
3.3.2.3 A izomtéljesítmény kiszámítása függőleges ugrások alapján	50
3.3.3 Az erő-állóképesség mérése	52
3.3.3.1 Az erő-állóképesség mérése laboratóriumi körülmények között.....	52
3.3.3.2 Az erő-állóképesség mérése pályavizsgálatokkal.....	52
3.3.4 A reaktív erő mérése.....	53
4. AZ ÁLLÓKÉPESSÉG	55
4.1 Az állóképesség felosztása	56
4.2 Az állóképes sportoló fő tulajdonságai.....	57



4.3 A maximális oxigénfelvevő képesség	58
4.3.1 A maximális oxigénfelvevő képesség mérése	61
4.3.1.1 A maximális oxigénfelvevő képesség mérése szubmaximális terhelésekkel	65
4.3.1.2 A maximális oxigénfelvétel mérése pályavizsgálatokkal	67
4.3.2 A laktát küszöb mérése	71
4.3.2.1 A laktát küszöb mérése pályavizsgálatokkal	75
4.3.3 A mozgásgazdaságosság mérése	76
4.3.4 A kritikus intenzitás	77
4.3.5 Anaerob kapacitás	78
4.3.5.1 Az anaerob kapacitás mérése	79
4.3.6 Felhalmozódott oxigénadósság	83
4.3.7 Az ismételt sprintek	84
5. A GYORSASÁG	86
5.1 A gyorsaságot meghatározó tényezők	87
5.2 A gyorsaság fajtáinak mérése	88
5.2.1 A reakcióidő mérése	88
5.2.2 A ciklikus gyorsaság mérése	89
5.2.3 Az aciklikus gyorsaság	92
5.2.4 Az agilitás	92
5.2.4.1 Az agilitás mérése pályavizsgálatokkal	95
5.2.4.2 Az agilitás mérése laboratóriumi vizsgálatokkal	99
5.2.4.3 Reaktív agilitás próbák	100
6. A HAJLÉKONYSÁG	103
6.1 A hajlékonysági teljesítményt meghatározó fő tényezők	104
6.2 A hajlékonyság mérése	105
6.2.1 A hajlékonyság mérése laboratóriumi vizsgálatokkal	105
6.2.2 A hajlékonyság mérése pályavizsgálatokkal	106
6.2.3 Az izom-ízületi egyensúly	109
IRODALOM	111



ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

a	gyorsulás (m/s^2)
A-VO ₂ diff	arteriovenózus oxigénkülönbség (ml/L) (<i>arteriovenous oxygen difference</i>)
BDJ	mélybeugrás (<i>bounce deep jump</i>)
CMDJ	ellenmozgásos mélybeugrás (<i>counter movement deep jump</i>)
CMJ	ellenmozgásos ugrás (<i>counter movement jump</i>)
CO	perctérfogat (ml/perc) (<i>cardiac output</i>)
CODS	előre megtervezett irányváltoztatás sebessége (<i>preplanned change of direction speeds</i>)
CP	kritikus intenzitás (<i>critical power</i>)
ECSS	Európai Sporttudományi Társaság (<i>European College of Sport Science</i>)
F	erő (N)
FI	fáradási index (<i>fatigue index</i>)
FMS	Funkcionális Mozgásminta Szűrés (<i>Functional Movement Screen</i>)
FTF	gyors izomrostok (<i>fast twitch fibers</i>)
g	nehézségi gyorsulás (m/s^2)
HR	szívfrekvencia (<i>heart rate</i>)
m	tömeg (Kg)
MAOD	maximális felhalmozódott oxigénadósság (<i>maximal accumulated oxygen deficit</i>)
MLSS	maximális laktát steady state (<i>maximal lactate steady state</i>)
P	teljesítmény (watt)
PD	szívfrekvencia küszöb (<i>pulse deflection</i>)
r	korrelációs együttható
RE	mozgásgazdaságosság (<i>running economy</i>)
RM	ismétléses maximum (<i>repetition maximum</i>)
ROM	mozgásterjedelem (<i>range of motion</i>)
RQ	respirációs kvóciens (<i>respiratory quotient</i>)
RSI	reaktív erő index (<i>reactive strength index</i>)
s	távolság (m)
SJ	guggolásból felugrás (<i>squat jump</i>)
STF	lassú izomrostok (<i>slow twitch fibers</i>)
t	idő (s)
VD	sebesség küszöb (<i>velocity deflection</i>)
VO ₂ max	maximális oxigénfelvevő képesség (L/perc; ml/kg/perc)
W	munka (joule)



TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

2.1 táblázat:	A validitás, a megbízhatóság és az objektivitás ellenőrzése a korrelációs együttható (r) értékei alapján.	26
3.1 táblázat:	Bal illetve jobb oldali térdfesztők erőaránya.	38
3.2 táblázat:	Jobb illetve bal láb térdhajlítók/térdfesztők erőaránya koncentrikus próbák során (%).	39
3.3 táblázat:	Az egy ismétléses maximum (1 RM) kiszámításához alkalmazott szorzók a Lombardi formula alapján.	45
3.4 táblázat:	A helyből távolugrás referencia értékei.	49
3.5 táblázat:	A függőleges súlypontemelkedés (Sargent próba) referencia értékei.	50
4.1 táblázat:	A maximális oxigénfelvevő képesség normatív adatai átlag populációnál.	59
4.2 táblázat:	A maximális oxigénfelvevő képesség normatív adatai sportolóknál.	59
4.3 táblázat:	Legmagasabb mért egyéni értékek.	60
4.4 táblázat:	A Bruce protokoll szakaszai.	64
4.5 táblázat:	Az Astrand protokoll szakaszai.	64
4.6 táblázat:	A Conconi teszt 200 méteres részidői.	76
4.7 táblázat:	Normatív adatok a Wingate teszt során elért maximális teljesítményre.	81
4.8 táblázat:	Normatív adatok a Wingate teszt során elért testtömegre vonatkoztatott maximális teljesítményre.	81



ÁBRÁK JEGYZÉKE

2.1 ábra:	A kondicionális képességek kölcsönhatásai.	29
2.2 ábra:	Sportágak domináns kondicionális képességei.	29
3.1 ábra:	Az erő felosztása a felkészülési célok, valamint megjelenési fajtái szerint.	33
4.1 ábra:	Az oxigénfelvevő képesség komponensei.	61
5.1 ábra:	Az L-próba ábrázolása.	96
5.2 ábra:	Az 5-0-5 próba ábrázolása.	97
5.3 ábra:	A hexagón próba ábrázolása.	97
5.4 ábra:	Az Edgren próba ábrázolása.	98
5.5 ábra:	Az Illinois agilitás próba ábrázolása.	99
5.6 ábra:	A reaktív agilitás próba ábrázolása.	101
6.1 ábra:	A sit-and-reach hajlékonysági próba.	107



1. BEVEZETÉS

Az utóbbi tizedekben szemtanúi lehettünk a versenysport és a sporttudományok folyamatos és dinamikus fejlődésének. 1980 és 2004 között a nyári olimpiai játékokon résztvevő sportolók száma megduplázódott (5.217-ről 11.099-ra), és ugyanezen időszak alatt az éremszerző országok száma is 27-ről 50-re emelkedett (DE BOSSCHER és *mtsai.*, 2008). Az élsportban a küzdelem a sikerért (éremszerzés) szélesebb körű és összességében nehezebb lett.

A versenysport mellett a sporttudományokban is hasonló trendeket figyelhetünk meg. Példaként érdemes az Európai Sporttudományi Társaság (ECSS) éves konferenciáinak az adatait tanulmányoznunk. Ez a konferencia talán a világ egyik legjelentősebb sporttudományi rendezvénye. Bár egy európai szervezet hirdeti meg, a világ minden tájáról érkeznek résztvevők. 1996-ban a rendezők 457 résztvevőt regisztráltak összesen 33 országból; 2014-ben a résztvevők száma már 2.706 volt (492%-os növekedés), a képviselt országok száma pedig 75-re emelkedett (127%-os növekedés) (ECSS, 2014). A résztvevő országok bázisának ilyen mértékű kiszélesedése egyértelműen mutatja, hogy a sporttudományi kutatások egyre több országban és felsőoktatási intézményben vagy kutató központokban kapnak helyet. Művelésük olyan államokra is kiterjed, ahol addig egyáltalán nem, vagy csak alig, voltak jelen.

A sporttudományok már nem csak a versenysport és az élsport mindennapi gyakorlatában vannak jelen, de a tömegsport szintjén is egyre hangsúlyosabb a szerepük. A sporttudományok fejlődésére nagy hatással volt a sport fokozódó gazdasági jelentősége, ilyen irányú mutatóinak a javulása. Ma már a sporthoz kapcsolódó valamennyi iparág igen jelentős gazdasági tevékenységet folytat, a világ GDP-jének nem elhanyagolható részét képezik. Ez a tendencia tükröződik számos sportág nemzetközi versenyrendszerének és sportklubjának gazdasági mutatóiban is. Elég, ha a labdarúgásban a Bajnokok Ligájára, a kosárlabdázásban az Euroligára gondolunk, de megemlíthetjük az egyéni sportágak (pl. atlétika, torna, kerékpár) pénzdíjas versenyeit is. Bár nem általánosítható az összes sportágra, de a sport gazdasági szerepének megerősödését jól szemlélteti az amerikai profi kosárlabda ligában (NBA) átlagfizetések tendenciája. Míg 1988-ban egy játékos átlagfizetése 575.000 USD volt, addig 2010-ben ezen érték 6 millióra emelkedett, ami kb. 1000%-os növekedést jelent. Figyelembe véve, hogy



ugyanezen időszak alatt az infláció csak 90%-os volt, jól látszik, hogy itt a gazdasági növekedés jelentősen nagyobb volt. A fogyasztói társadalomban az élsport mellett a szabadidősport piacgazdasági megerősödése is megfigyelhető, elég a fitness iparág fejlődését példaként említeni.

Az élsport és a szabadidősport gazdasági mutatóinak növekedése szükségszerűen magával hozza a sporttudomány valamennyi területének fejlődését is, hiszen a teljesítmények fokozása és következésképpen a kedvező gazdasági eredmények növelése reményében az érintett szervezetek, klubok, csapatok, sportolók egyre több anyagi- és humán erőforrást mozgósítanak. Ez serkentően hat a sporttudományi kutatásokra, fejlesztésekre, innovációkra is. Az élsport, azon kívül, hogy a sporttudományi kutatások egyik fő területe, más tudományterületek fejlődését is szolgálhatja, hiszen az élsport tanulmányozása egy különleges, ugyanakkor magas színvonalú kutatási területet kínál, amelynek eredményei sok esetben nem csak a sportban, hanem az élet egyéb területein is hasznosíthatók.

A sporttudományi kutatások közel egyidősek az újkori olimpiákkal, az első vizsgálatok az orvostudományhoz – azon belül az élettanhoz, terhelésélettanhoz – kapcsolódtak. A sporttudományi kutatásoknak számos területe van, így alkalmazásuk is széleskörű. A fő tendenciák azonban az évek folyamán nem változtak: a sportoló ember tulajdonságainak megismerése és megértése, a versenysportban a teljesítményfokozás, a teljesítőképesség és az edzettségi állapot növelése; a szabadidősportban az egészségmegőrzés, a betegségek megelőzése, a testi-lelki egyensúly megteremtése a cél.

DE BOSSCHER és *mtsai* szerint (2008) a sporttudományi kutatások támogatása és fejlesztése a nemzetközi sportsikerek alappilléreinek egyike. Nélkülözhetetlen része a magas szintű versenysport tevékenység művelésének. Ezt a szemléletet jól tükrözi az ausztrál példa. Ausztrália az 1976-ban, Montrealban rendezett nyári olimpia játékokon nem nyert egyetlen arany érmet sem. A helyzet megváltoztatása érdekében az ausztrál kormány 1980-ban létrehozta az Ausztráliai Sport Intézetet (Australian Sports Institute). Az 1996-os atlantai nyári olimpia játékokon Ausztrália már kilenc aranyérmet, 2008-ban Pekingben pedig már 17 aranyérmet nyert, ami közel 100%-os növekedést jelent. Természetesen ezeket a sikereket nem lehet közvetlen kapcsolatba hozni az Ausztráliai Sport Intézet működésével, de vélhetően



jelentősen hozzájárult az új sporttudományi központ az ausztrál versenysport fejlődéséhez, döntően a teljesítménydiagnosztikai mérések standardizálásával és új mérési protokollok kidolgozásával (TANNER ÉS GORE, 2013).



2. A TELJESÍTMÉNYDIAGNOSZTIKA

2.1 Az edzettség problematikája

A sporttudományok örök kérdése a sportolók edzettségének és teljesítményének növelése. Ez csak rendszeres, céltudatos, jól tervezett és szervezett, hosszútávban gondolkodó edzőmunkával érhető el. A sporttudományi kutatások a tervezettség és a szervezettség szintjének emeléséhez, a megfelelő célok megválasztásához járulhatnak hozzá.

Az edzettség több komponensből összetevődő állapot, mely folyamatos edzés- és versenyterhelések hatására alakul ki. Az edzettség a szervezet alkalmazkodásának a következménye: tulajdonképpen nem más, mint védekező mechanizmus, amit a szervezet a terhelési ingerekkel szemben életbe léptet. A szervezet a terhelések kivédése érdekében morfológiai, szerkezeti és működési változásokat indukál, amelyeknek eredménye a szervezet magasabb funkcionális szintje, azaz magasabb edzettségi állapota. Bár tipikusan az edzettségről annak fizikai komponensei jutnak eszünkbe, az edzettség komplex állapot, a sportoló egész személyisége jelenik meg benne. DUBECZ (2009) nyomán az edzettséget összetevőkre bontjuk, így külön értelmezzük a motorikus, fiziológiai, alkati és pszichológiai változásokat.

- **Motorikus változások.** Ez alatt az izommunka optimalizálást értjük. Ide tartoznak a mozgásban résztvevő motoros egységek számának és feszülési mértékének az optimalizálása, valamint bekapcsolódási sorrendjük szinkronba hozása. Az optimális izommunka révén a mozgásoknak nemcsak a technikai végrehajtása tökéletesedik, hanem energiafelhasználásuk is gazdaságosabbá válik.
- **Fiziológiai változások.** Ide a szervezet élettani szabályozásban bekövetkező változások tartoznak. Ez magában foglalja a szervezet szerv és szervrendszerének jobb működését. Ennek következményeként az egyes szervek jobban tudják tolerálni a terhelést és magasabb alkalmazkodási kapacitást mutatnak. Javul a rendelkezésre álló oxigén kihasználtsága, az anyagcsere folyamatok hatékonysága és energia igénye, az energia raktárak feltöltése és mobilizálhatósága.



- **Alkati változások.** Ez alatt a szervezet különböző szerveiben létrejött morfológiai változásokat értjük. Leglátványosabb formában az izomrendszerben mutatkoznak meg ezek a változások (izom hipertrófia), de ide tartozik az izomsejteken belüli mitokondriumok számának növekedése, az érfal megvastagodása vagy az érhálózat bővülése.
- **Pszichés változások.** A magas versenyteljesítmények eléréséhez nélkülözhetetlen az optimális pszichikai állapot. Így szerves része az edzettségnek. A sportoló pszichikai tulajdonságainak összehangolása, a versenyre történő lelki felkészítése nélkül ma már nem értelmezhető az edzettség. A sportoló fejlesztésének és fejlődésének célja az edzésterhelés elviselésének növelése, a monotónia- és a fájdalomtűrő képesség fokozása; kudarcok és sikerek, emocionális ingadozások megfelelő kezelésének elsajátítása; a kognitív funkciók megőrzése terhelés alatt. A sportoló képes legyen erősségeit használni, érvényesíteni változó szituációkban (pl. téthelyzetekben).

Az edzettségi jelekhez hozzátartoznak a vegetatív szabályozás változásai is. A magasabb edzettségi állapot hatására a szervezet működése gazdaságosabb, takarékosabb lesz, így például alacsonyabb lesz a szívfrekvencia nyugalomban és szubmaximális terhelés során, alacsonyabb lesz a légzésszám és a vérnyomás (PAVLIK, 2011).

Az edzettség kialakításában az edzéseknek van a legnagyobb szerepük, azonban más tényezők is befolyásolhatják az edzettséget kedvező vagy kedvezőtlen irányba. Ez és a fent említett komplexitás jelenti a sporttudományi vizsgálatok egyik fő nehézségét. A gyakorlati szakembereknek, a sportolók elvárásainak megfelelően nagyon nehéz az edzettséget egy egyszerű számértékkel vagy indexszel kifejezni. A probléma összetettsége miatt szükség van eltérő és számos vizsgálatra ahhoz, hogy minél átfogóbb és pontosabb képünk legyen az edzettségi állapotról. Az eredmények együttes – nem az adatok egyszerű összeadásával keletkező – értékeléséből juthatunk el az edzettség korrekt meghatározásához. Az edzettségben bekövetkezett változások értékelése különösen bonyolult feladat fiatal sportolóknál, ahol nehéz objektív és mérhető módon szétválasztani a biológiai érsből származó fejlődést az edzésterhelések hatására létrejött változásoktól. Ugyancsak nehéz az edzettség alakulását közvetlen és egyértelmű kapcsolatba hozni az edzémunkával, az edzések jellegével és



minőségével. Az edzők sokszor gondolják, hogy sportolóik fejlődése bizonyos edzésformák és módszerek alkalmazásának az eredménye. Ez azonban inkább vélekedés, mert sohasem tudhatjuk pontosan, hogy egy adott edzettségi szinten érzékelt változások az aktuális edzés következményei, vagy korábbi edzések késleltetett hatásának megnyilvánulásai. Ugyanakkor nem tudjuk elkülöníteni a fiziológiai, a pszichikai és a szociális tényezőket sem, hogy ezek külön-külön milyen arányban indukálnak változásokat. Az edzettség meghatározásában nem csak az egyes komponensek önálló színvonala nagyon fontos, hanem azok kölcsönhatása is. Egy kivételes zenei előadás létrejöttéhez kétségtelenül szükséges az előadóművészek magas képzettsége, de játékuk összehangolása, összhangzattana nélkül mégsem jön létre zenei élmény. Ehhez hasonlóan működik a magas edzettségi szint is: fontos a részelemek önálló fejlesztése, de ezek egymáshoz való viszonya, összehangolása is elengedhetetlen.

Bizonyos életkor, teljesítmény szint vagy edzéskor elérése után az edzettségi állapot szinten tartása is lehet cél. Ha a fejlődés kritériumának azt tekintjük, hogy bizonyos értékek növekedő tendenciát mutassanak, akkor a szinten tartásra irányuló edzettség nem tekinthető fejlődésnek. Abból a szempontból viszont igen, hogy a biológiai folyamatoknak megfelelően törvényszerű az edzettség és a teljesítmény színvonalának csökkenése. Ekkor éppen a teljesítmény várható visszaesésének megállítása vagy fékezése jelenti magát a fejlődést. A szinten tartás ezekben az esetekben elfogadható cél, és elérése értékelendő teljesítmény. Az edzettségi állapot szinten tartása a sportolói pályafutás meghosszabbítását teszi lehetővé, ami a sportolói egzisztencia megteremtése szempontból sem elhanyagolható, de az egyes sportágak széles tömegbázisának megteremtéséhez is hozzájárul.

Az edzettséget feloszthatjuk általános és speciális edzettségre. Az általános edzettség a szervezet valamennyi tulajdonságában bekövetkezett általános változások összessége. A speciális edzettség pedig konkrét mozgásfeladatok és terhelési jellemzők hatására csak a fejleszteni szándékozott képességekben létrejött változások összessége. Nem kérdéses, hogy a magas teljesítmények eléréséhez speciális edzettségre van szükség, ugyanakkor a speciális edzettség nélkülözhetetlen előfeltétele a magas és jól megalapozott általános edzettség kialakítása.



Érvényesség szempontjából egy edzettségi szint talán legadekvátabb mutatója a versenyeken elért teljesítmény. A magas teljesítmény magas edzettségi állapotot feltételez, ennek ellenére a teljesítmény hiánya nem feltétlenül az edzettség hiányát jelenti. Edzettség és teljesítmény nem lineáris viszonyban áll egymással, de ennek ellenére kapcsolatuk igen szoros és van összefüggés közöttük. Tulajdonképpen az edzettség kialakítása az alapja a magas teljesítménynek, de az edzettség nem megfelelő színvonala egyben korlátozó tényezője is a teljesítménynek. A magas edzettségi állapot teljesítményben történő realizálása több tényező függvénye, amelyek a pillanatnyi aktuális állapot szintjéhez képest teljesítményingadozásokat is képesek generálni. Magas edzettségi szint mellett tulajdonképpen megnöveljük annak esélyét, hogy a pillanatnyi aktuális állapot kedvező hatással legyen a sportteljesítményre, illetve az egyéb tényezők teljesítményingadozást generáló hatását csökkentjük. Alacsony edzettségi szint esetén nagyobb annak a valószínűsége, hogy a pillanatnyi aktuális állapot alacsonyabb teljesítményt eredményezzen, illetve kisebb a negatív hatások korrigálásának esélye.

2.2 A sportteljesítmény

A fizikában a teljesítmény időegység alatt elvégzett munkamennyiség. Ezt az összefüggést az alábbi egyenlet fejezi ki:

$$P = W/t \quad (1.1)$$

ahol, P = a teljesítmény [watt], W = az elvégzett munka [Joule], t = az időegység [s]

Egy watt az a teljesítmény, amely egy Joule energia átalakulásához szükséges egy másodperc alatt. A sportban a teljesítményt nem tudjuk kizárólag a fizikai teljesítmény definíciójával és képletével értelmezni. A mechanikában a teljesítményt létrehozó erők azonos irányba hatnak, a sportmozgások során több, esetleg ellentétes irányú erő is megfigyelhető. Az edzéselmélettel foglalkozó szakirodalomban a sportteljesítményt komplex fogalomként fogadják el. Így DUBECZ (2009) szerint „*a sportteljesítmény egy sportterületen egyéni, illetve csapatszinten összegződő, valamilyen állandó viszonyítási alapon értékelhető személyiség-megnyilvánulás, cselekvésben vagy tevékenységben létrejött mérhető minőséget mutató megjelenése*”. HARSÁNYI (2000) szerint a sportteljesítmény „*az az összegező és kiegyenlítősi lehetőséget tartalmazó eszmei és/vagy anyagi értéket hordozó mozgásos eredmény, amelyet*



túlnyomó részt öröklött, kisebb részt a környezet – ezen belül elsősorban az edzés – hatásai határoznak meg, biológiai és pedagógiai módszerek eredményeként versenyen, mérkőzésen érhető el". Lényegében a sportteljesítmény tükrözi a szervezet munkavégző képességét; meghatározza, hogy adott időpontban és körülmények között mire lesz képes a sportoló; rámutat lehetőségeire és korlátaira. A sportteljesítmény sok tényező függvénye, biológiai és pszichikai folyamatok mellett szociális, gazdasági és egyéb környezeti tényezők is fontos szerepet vállalnak kialakításában. A magas sportteljesítmény létrejöttéhez az összes tényezőnek egységesen és összehangoltan kell hogy jelen legyen. Bármelyik tényező teljes hiánya vagy hiányos megjelenése a sportteljesítmény csökkenéséhez vezethet. A sportteljesítmény komponensei folyamatos kölcsönhatásban vannak egymással, így kiegészíthetik egymást.

A sportteljesítményt két módon tudjuk értékelni. Egyrészt versenyeken elért, az adott sportág mértékszámával megadott eredmény alapján (perc, másodperc, méter, pontszám stb.). Ezt abszolút teljesítménynek nevezik, és érthetően a mérhető sportágakban alkalmazható. Másrészt értékelhető a teljesítmény a versenyeken elért helyezés szerint, a többi versenyző eredményéhez viszonyítva. Ez a relatív teljesítmény. A relatív teljesítmény jól alkalmazható nem mérhető sportágakban (pl. küzdősportok), de fiatal sportolók esetében is, ahol az abszolút teljesítmény többnyire egy természetes növekedési tendenciát követ. Ilyenkor a relatív teljesítmény alkalmazása kiváló lehetősége a sportolók fejlődésének értékelésére.

A teljesítménynek két nagy összetevője van. Az egyik összetevő a teljesítő képesség, mely a szervezet képességeit tartalmazza. Azokat a fizikai, szellemi, pszichikai tulajdonságokat, amelyeket az edzésen elvégzett munkával, a sportági felkészülés során fejlesztünk. A másik összetevő a teljesítőkészség, amely a sportoló adott, pillanatnyi érzelmi állapotát, magatartását foglalja magában. A teljesítőkészség a sportoló azon állapotát jelenti, amely az edzéseken, a felkészülés során megszerzett képességeket realizálni tudja mérkőzéseken, versenyeken, téthelyzetekben. Sokszor találkozunk a gyakorlatban jól képzett, nagyon edzett sportolókkal, akik azonban képességeiket nem tudják versenyeken érvényesíteni. Esetükben a teljesítőkészséget kell fejleszteni, mai felfogásunk szerint ez a sportpszichológia tárgya és feladata. A teljesítőkészség, a motoros képességekhez hasonlóan, szerzett és öröklött tulajdonságok mentén alakul ki, összetett pszichofizikai folyamatok eredményeként. NÁDORI



(1981) szerint a teljesítőkészség a sportoló személyiségétől, személyiségvonásaitól, mentális és szellemi beállítódásaitól, valamint a motivációktól függ.

2.3 A teljesítménydiagnosztika helye a mai sportban

Tekintettel arra, hogy az edzettség és a teljesítmény is összetett állapot, ezért sem az edző, sem a sportoló sohasem tudhatja pontosan meghatározni az egyes összetevők színvonalát, szintjét. Mint ahogy azt sem, hogy egyenként milyen arányt képviselnek a sportteljesítményen belül. Az edzettség és a teljesítmény maximalizálása (versenysportolók esetében) vagy optimalizálása (szabadidősportban) érdekében azonban, minél pontosabban meg kell tudnunk határozni az egyes részképességek állapotát. Például könnyen lehet, hogy egy sportoló nagy maximális erővel rendelkezik, de *explozív (lásd az erő fajtái, 23. oldal)*, ereje elmarad a sportági követelményektől. Ebben az esetben az *explozív erő* hiányosságai korlátozni fogják a sportoló teljesítményét. Jól megtervezett mérésekkel ezek a hiányosságok megállapíthatók, és a megfelelő edzésekkel korrigálhatók.

Ma a sporttudományi tevékenységek egyik fő iránya az új teljesítménymérési lehetőségek kidolgozása és fejlesztése, a sportolók teljesítőképességének minél pontosabb mérése és diagnosztizálása. Az így kapott adatok objektív kiindulási alapot adnak az edzettségi szint meghatározásához, ezek alapján értékelhető az edzőmunka, egy-egy felkészülési időszak eredményessége, segítségével meghatározhatjuk az edzési folyamat beavatkozási pontjait. A technológiai fejlesztéseknek és a mérési módszertan fejlődésének köszönhetően egyre több és egyre pontosabb, az edzettségben bekövetkezett változásokra érzékenyebb vizsgálati protokoll és próba került kidolgozásra. Ezek a próbák már nem csak az aktuális állapotok rögzítésére irányulnak, hanem a várható teljesítmény becslésére, a potenciálisan kialakítható edzettségi szintnek előrejelzésére is törekednek.

Az edzésfolyamat céltudatos megtervezése és előkészítése megköveteli a sportolók képességeinek monitorozását objektív, megbízható mérési módszerekkel. A sportolók képességeinek folyamatos nyomon követése nélkül nem beszélhetünk megalapozott, céltudatos felkészülésről, aminek fokozott jelentősége van az élsport felé haladva.



A fizikai teljesítmény összetevőinek értékelése különböző mérési protokollok segítségével valósul meg. Ezek alkalmazása már nemcsak az egyéni sportágakban elfogadott, az utóbbi időben a csapatsportágakban mutat látványos növekedést. Többek között azért, mert a fizikai képességek szerepe a csapatsportágakban is egyre nagyobb hangsúlyt kap a sportteljesítményben, így ennek fejlesztése egyre jobban előtérbe kerül. A mérésekből kapott eredmények és az abból levonható következtetések meghatározó és normatív szerepet töltenek be az edzésfolyamat megtervezésében és kivitelezésében.

A sportszakemberek az alábbi területeken kaphatnak információkat a megfelelő mérések elvégzése után:

- A sportolók aktuális edzettségi-, erőnléti állapota, az egyes összetevők színvonala, aránya.
- Objektíven kimutathatók a sportolók gyengeségei és erősségei.
- Visszajelzést kapnak egy felkészülési időszak, egy edzés program vagy rehabilitációs program hatékonyságáról, eredményességéről.
- Lehetővé válik csapatsportágakban is az egyénre szabott fejlesztési koncepció kidolgozása.
- Optimalizálhatóbb a terhelés adagolása.
- Támponokat kapnak a sportolók terhelhetőségi spektrumának meghatározásához.
- A túledzettség és a sérülések megelőzhetők.
- Utánpótlás-nevelésben a sportágválasztás, valamint a tehetségek kiválasztásának sikerességét növeli.

2.4 A teljesítménydiagnosztikai vizsgálatok fajtái

A sportteljesítmény diagnosztikájának két nagy csoportja van, a laboratóriumi vizsgálatok és a pályavizsgálatok. Ezek kiegészítik egymást, izoláltan egyik sem képes a fent felsorolt



elvárásoknak megfelelni. Valójában a két vizsgálati csoport eltérő jellegű információkat tud adni, ezért szakmai szempontból kombinációjuk indokolt.

A **laboratóriumi vizsgálatok** (terhelésélettani, biomechanikai) az erre a célra kialakított, megfelelően felszerelt laboratóriumokban végezhetőek el, szakképzett személyzet segítségével. A laboratóriumi vizsgálatok legfőbb előnye, a vizsgálati protokollok pontossága, megbízhatósága, a vizsgálati környezet kontrollált állandósága. A laboratóriumi vizsgálatok olyan paraméterekre adhatnak információkat, mind az aerob, illetve az anaerob kapacitás, az anyagcsere folyamatok, az izomerő mértéke, a testösszetétel. A mérések szerkezetének megfelelően a vizsgálandó teljesítményt elemeire tudjuk bontani és alkotórészeit külön is értékelni. A mérések pontossága ellenére ezeknek a vizsgálatoknak a legnagyobb hátránya, hogy az eredmények nem hozhatók közvetlen kapcsolatba a versenypályán elért teljesítménnyel. Csak általános képet adnak a sportoló állapotáról, de a sportág specifikus képességek megállapításához egyéb teszteket is célszerű alkalmazni, amelyek jobban fókuszálnak az adott sportág, mozgás- és terhelés jellemzőire. Ez főleg azokban a sportágakban fontos, ahol a sportteljesítmény több komponens együttes eredménye (pl. csapatjátékok, küzdősportok). Olyan sportágakban, ahol a vizsgálat mozgásszerkezete közel áll az adott sportág mozgásszerkezetéhez, az eredmények interpretálása és hasznosítása az edzői munkában nagyobb hatékonysággal valósulhat meg. Ennek feltétele természetesen az, hogy olyan vizsgálati protokollt, vagy mérőeszközt válasszunk, amely a legközelebb áll a mérni kívánt sportoló sportági profiljához. (Például futóknál a felső végtagok izomerejének mérése nem elsődleges szempont).

A laboratóriumi vizsgálatok másik hátránya, hogy időigényesek és költségesek. Ebből kifolyólag nem alkalmazhatók túl gyakran. Nagyobb számú sportoló esetében pedig (pl. csapatoknál) a mérés megszervezése, a végrehajtás lebonyolítása hátrányosan érintheti az edzőmunkát, az edzéstartást.

A **pályavizsgálatoknál** számos módszer és protokoll közül lehet választani, léteznek általános protokollok és sportág specifikus protokollok is. Legfontosabb előnyük a sportági profilnak megfelelő eredmények és értékek megszerzése. A vizsgálatok eredményei általában illeszkednek a pályán elért teljesítményhez, ezáltal jól hasznosíthatók az edzői munkában,



kiindulási alapot adhatnak az edzéstervezéshez. Másik jelentős előnyük, hogy esetükben alacsony az idő- és költséggráf fordítás, ezért gyakran és könnyen tudjuk őket alkalmazni. A csapatsportágak sem jelentenek akadályt, mert egyszerre, viszonylag rövid idő alatt több sportolót is le lehet mérni.

Hátrányuk megkérdőjelezett pontosságuk és megbízhatóságuk. Itt a környezet változékonysága miatt nagyon precízen és körültekintően kell előkészíteni a vizsgálat helyszínét, és legtöbbször elővizsgálatokkal kell ellenőrizni a vizsgálati protokollok megbízhatóságát. Továbbá, a környezeti tényezők esetleges ingadozásait is érdemes figyelembe kell venni az eredmények értékelése során (pl. hőmérséklet, páratartalom, szél erőssége). Az előkészítésnél gondoskodni kell a mérőszemély objektivitásáról is. Legjobb, ha a méréseket ugyanaz a személy végzi, amennyiben több személy is részt vesz a vizsgálatban, akkor ügyelni kell a módszertani és technikai részletek összehangoltságára, egységességére.

2.5 Az ergometria fogalma

Az ergometria az a tudományterület, amelyik az izommunka mérésével és értékelésével foglalkozik. Fizikai értelemben, ha erőhatásokat fejtünk ki egy testre és ennek hatására az elmozdul, akkor munkát végzünk. A munka jele W és mértékegysége a Joule.

$$W = F \times s \quad (2.1)$$

ahol, W = a munka [Joule], F = az erővektor [N], s = a távolság [m]

Az izommunka mérése ergometriás eszközökkel történik. Ezek az eszközök lehetővé teszik, hogy a vizsgált személy előre meghatározott izommunka mennyiséget végezzen, miközben mérik a szervezetben lejátszó élettani változásokat. Az egyik legkorábbi ergometriás eszköz a taposó ergométer volt, ahol egy zsámolyra kellett fellépni. A zsámoly magassága és a fellépések sebessége alapján volt kiszámolható az elvégzett munkamennyiség. Az ergométer egyéb formái még a futószalag, a kerékpár, az evezős, a kar vagy az úszó ergométer. A gyakorlatban azoknak az ergométereknek a használata terjedt el, amelyeknek mérési tevékenysége viszonylag nagy izomcsoportokra terjed ki, ugyanakkor egyszerűen kivitelezhető mozdulatokat alkalmaz (futószalag és kerékpár ergométerek). A kerékpár ergométerek a futószalagos vizsgálatokhoz



képest kisebb izomtömeget mozgatnak meg, és a terhelés természeténél fogva gyorsabban érhető vele el az anaerob zóna, ezért hamarabb vezetnek kimerüléshez. Ellenben jól alkalmazhatók az anaerob izommunka meghatározásához. Hatásfokuk hozzávetőlegesen 21%. Pozitívumuk még, hogy hordozhatók és költségkímélők. Legfőbb előnyük, hogy az elvégzett munka pontosan meghatározható. A futószalagos ergométerek nagy izomtömeget mozgósítanak, ebből kifolyólag jól alkalmazhatók az aerob izommunka meghatározásához. Hatásfokuk 25% körül van, nagyon nehezen transzferálhatók és viszonylag költséges eszközök.

Az izommunka méréséhez különféle protokollok léteznek. A kiválasztandó a protokoll típusát a mérés célja, a sportági profil és az elemezni kívánt mutatók jellege határozza meg. KLISOURAS (1991) nyomán az ergometriában alkalmazott protokollok négy alaptípusát különböztetjük meg:

- *Egy szakaszos szubmaximális állandó terhelési protokoll.* Itt egy szubmaximális terhelést alkalmaznak, amelyik nem változik a terhelés teljes időtartama alatt, és 3 – 20 perc között mozoghat. A változatlan terhelés a szervezetben stabil reakciókat és fiziológiás funkciókat indukál. Ez a protokoll kevésbé megterhelő, ezért eredendően a klinikai gyakorlatban alkalmazzák, de sportolóknál az aerob kapacitás indirekt mérésében is elfogadott.
- *Több szakaszos növekvő-állandó terhelési protokoll.* Ennél a protokollnál a terhelés előre meghatározott időközönként növekszik (általában 1 – 3 percenként), majd állandó marad egy szubmaximális szinten. A vizsgálat minimális időtartama legalább nyolc perc, maximuma pedig 12-14 perc között van. A terhelés fokozatos emelése a szervezet számára fokozatos alkalmazkodást tesz lehetővé, ezért széles körben alkalmazzák.
- *Több szakaszos növekvő-interval típusú terhelési protokoll.* Ez a protokoll abban különbözik az előzőtől, hogy a növekvő terhelésű szakaszok között pihenőidők vannak, amelyek alatt különféle mérésekre kerül sor (pl. tejsav). A szakaszok száma és a terhelés intenzitása függ a szervezet akkut alkalmazkodásának képességétől, amit a már teljesített szakaszokon mutatott. Elég időigényes és megterhelő.



- *Egy szakaszos supramaximális terhelési protokoll.* Az anaerob kapacitás meghatározásához alkalmazott protokoll. Jellemzője a rövid ideig tartó, de maximális fölötti (supramaximális) terhelések, ezért leginkább élsportolók esetében alkalmazzák.

Ahhoz, hogy a különböző laboratóriumokban végzett vizsgálatok világszerte elfogadhatók és összehasonlíthatók legyenek, a vizsgálati eszközöknek, az ergométereknek magas minőségi kritériumoknak, előírásoknak kell megfelelniük (KLISOURAS, 1991). Az egyik kritérium a mechanikai hibaszázalék minimalizálása. Ez akkor fogadható el, ha 2% körül mozog, de semmilyen esetben nem haladhatja meg az 5%-ot. Másik kritérium a mérések megismételhetősége. Ezt úgy szokták ellenőrizni, hogy ugyanazon személyeken többször végzik el a méréseket, természetesen más napokon, de lehetőleg megközelítően azonos vizsgálati körülmények között. Az eredmények ingadozása 2% körül még elfogadható, de itt sem haladhatja meg az 5%-ot. Harmadik kritérium a különböző laboratóriumokban elvégzett vizsgálatok összehasonlíthatósága. Az eredményeknek legalább 95%-ban kell megegyezniük. Végül a vizsgálatok gazdaságossága. Ez egyaránt vonatkozik az idő- és az anyagi ráfordítás mértékére. Mindig olyan protokollt kell választani, amelyik a legkisebb idő- és anyagi ráfordítás mellett felel meg a vizsgálat céljainak.

2.6 A mérések tudományos kritériumai

Ahhoz, hogy a mérések megbízható adatokat tudjanak nyújtani, az alábbi kritériumoknak kell megfelelniük.

A mérések *validitása* (validity). Ez alatt azt értjük, hogy a kiválasztott mérési módszer valójában azt mérje, amit hivatott mérni, amiről adatokat és információkat szeretnénk kapni. Ugyanis könnyen előfordulhat az, hogy egy új mérési protokoll vagy mérőeszköz tesztelésénél nem azt a képességet mérjük, vagy nem csak kizárólag azt a képességet, amit megcéloltunk.

A validitás megállapításának első lépése egy tesztkritérium meghatározása, melyet többnyire a mindennapi sportgyakorlat ismert feladataiból szoktak kiválasztani. Ilyenkor a tesztelni kívánt mérési protokoll eredményeit összevetik a tesztkritérium (ismert próba) eredményeivel. HARSÁNYI (2001) ezen összehasonlítást a súlypontemelkedésben és a



magasugrásban elért teljesítmény példáján szemlélteti. Itt a mérési protokoll a súlypontemelkedés próba, a tesztkritérium pedig a magasugrás próba. Tekintettel arra, hogy a két próba hasonló szerkezetű és hasonló képességeket is feltételez, a kapott eredményeknek is egyezniük kell, azaz a súlypontemelkedésben elért teljesítménynek vissza kell tükröznie a magasugrásban elért teljesítményt, illetve az eltérő szintű sportolók közötti különbségeket is. Ez azt fogja jelenteni, hogy a súlypontemelkedés próba valóban a mérni kívánt képességet méri.

A mérések **megbízhatósága** (reliability). A mérések megbízhatósága alatt a mérések megismételhetőségét értjük: újból elvégzett mérések esetében – változatlan külső körülmények mellett – ugyanazt az eredményt kapjuk. Természetesen, amikor embereken (sportolókon) végzünk méréseket, akkor nehezen tudjuk biztosítani a körülmények állandóságát. Még ha a külső körülmények változatlanok is (vizsgálati protokoll, a vizsgálat időpontja és helyszíne, vizsgáló személy), a belső körülmények, azaz a sportolók testi vagy pszichés állapota könnyen lehet, hogy eltér a korábbi időponthoz képest. Ilyen esetben minél több mérés elvégzése és minél homogénebb vizsgálati csoportok (pl. életkor, edzéskor, edzésterhelési adatok) kiválasztása megbízhatóbb eredményeket eredményezhet.

A megbízhatóságot leggyakrabban ismételt mérésekkel szokták ellenőrizni (*test-retest*). Két különböző időpontban végzik el ugyanazt a standardizált mérést, ugyanazon a vizsgálati személyeken, változatlan vizsgálati körülmények között és vizsgáló személy jelenlétével. Amennyiben a két mérés között magas összefüggést találunk, és az egymintás t-próba sem szignifikáns, akkor a mérési protokoll megbízhatósága elfogadottnak tekinthető (NÁDORI, és mtsai., 1989).

Az ismételt mérések alkalmazásánál figyelembe kell venni a fáradási tényezőt is. Amikor a mérések megbízhatóságát vizsgálják általában a méréseket 1-3 napon belül szokták megismételni (KLISOURAS, 1991), de amikor egy nagyon megterhelő protokollt alkalmazunk, akkor a két mérés között legalább egy hetet kell biztosítani a teljes regenerációhoz. Csak így kerülhető el, hogy a fáradás befolyásolja a mérések eredményeit. Ezen kívül figyelni kell még a próbák vagy a mozgások elsajátítására, az ismételt gyakorlásból eredő fejlődésre. Újból végrehajtott méréseknél számolni kell a szervezet alkalmazkodására, amely magasabb



teljesítőképeséget tesz lehetővé. Így az egymást követő méréseknél várhatóan javuló eredményeket kaphatunk.

A mérések **objektivitása** (objectivity). Az objektivitás alatt azt értjük, hogy sem a külső körülmények, sem a vizsgálatot végző személyek nem befolyásolják az eredményeket. A mérések eredményei minden külső tényezőtől függetlenek. Ugyanaz a mérés több vizsgálószemély esetében is azonos, vagy közel azonos eredményeket produkál. Minél magasabb egy mérés objektivitása, annál kevesebb a szubjektív tényező és így megbízhatóbb eredményeket kapunk.

A mérések tudományos kritériumait (validitás, megbízhatóság, objektivitás) statisztikailag a korrelációs (összefüggési) együtthatóval ellenőrzik (jele r). A korrelációs együttható két változó közti kapcsolatnak a minőségét mutatja meg. A tökéletes összefüggésnél $r = 1$ vagy fordított összefüggés esetében $r = -1$. Ez nagyon ritkán fordul elő, a gyakorlatban minél szorosabb az összefüggés két elem között, annál magasabb ez az érték, annál inkább közelít az egyhez. BARROW és MCGEE (1979) nyomán az r érték az alábbiak szerint csoportosítható (KLISOURAS, 1991) (2.1 táblázat).



2.1 táblázat: A validitás, a megbízhatóság és az objektivitás ellenőrzése a korrelációs együttható (r) értékei alapján.

korrelációs együttható	validitás	megbízhatóság és objektivitás
0,95 – 0,99		kiváló
0,90 – 0,94		nagyon jó
0,85 – 0,89	kiváló	elfogadható
0,80 – 0,84	jó	elfogadható
0,70 – 0,79	elfogadható	alacsony
0,60 – 0,69	megkérdőjelezhető	megkérdőjelezhető

Forrás: (KLISOURAS, 1991) után módosítva.

Mérési protokollok és mérőeszközök kiválasztásánál egyéb szempontokat is figyelembe kell venni. Elsősorban az idő és a költség tényezőket. Amennyiben a kiválasztott mérések túl sok időt vesznek igénybe vagy jelentős költségekkel járnak, úgy a mérések gyakori alkalmazása, megismétlése komoly nehézségekbe ütközhet. Főleg, ha a kapott eredmények gyakorlati haszna nincsen arányban a ráfordított idő és pénz mértékével. Ugyanúgy nehezen alkalmazhatók szélesebb körben azok a mérések, amelyek speciálisan képzett szakemberek bevonását igénylik. Amikor sportolókat mérünk, gyakran találkozunk kimerülésig tartó vizsgálatokkal (amikor a sportoló eléri egyéni határterhelését). Nem minden sportoló szereti, illetve vállalja az ilyen jellegű vizsgálatokat, valamint fiatal sportolók, nem élsportolók esetében egyéb kérdések (pl. egészségügyi, etikai) is felmerülnek. Ilyenkor célszerű más, kevésbé megterhelő vizsgálatokat alkalmazni, amelyek ugyanúgy objektíven és megbízhatóan tudják mérni a kiválasztott képességet.

A mérések alkalmazásának általános szabályai:

- A sportolót mindig pihent állapotban érdemes mérni. Ez vonatkozik a heti és a napi terhelésekre. A fáradás befolyásolhatja a mérések eredményeit.
- A kiválasztott tesztek előtt célszerű a sportolóknak bemelegíteniük.
- Amennyiben egy alkalommal több mérést alkalmazunk, akkor a legmegterhelőbb próbát a mérések végére tegyük. Általában először a nyugalmi méréseket kell elvégezni (testméretek, testösszetétel). Ezt követik az idegrendszer, a neuromuszkuláris rendszert megterhelő próbák (gyors-, robbanékony erő, agilitás), majd a maximális erő és a sprintek,



az erő-állóképesség, az anaerob próbák következnek, a sort a hosszú ideig tartó aerob próbák zárják.

- Ismételt mérések esetében ügyelni kell a próbák és a gyakorlatok azonos sorrendjére.

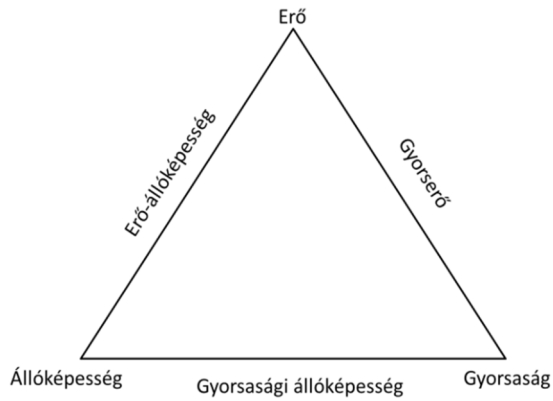
2.7 A fizikai teljesítmény összetevői

A sportteljesítmény fejlesztésének alapfeltétele a motoros képességek fejlesztése. Természetesen önmagukban a motoros képességeknek a fejlesztése még nem garantálja a sportteljesítmény fejlődését, ehhez egyéb támogató tényezők jelenléte is szükséges (pl. pszichés, szociális). Viszont motoros képességek rendszeres és céltudatos fejlesztése nélkül nem várható teljesítménynövekedés. A motoros képességek tehát a teljesítmény végrehajtásának alapfeltételei, amelyek tartalmazzák a genetikailag meghatározott, a mozgástanulás során szerzett képességek összetevőit. A sporttudomány jelenleg nem tudja meghatározni az öröklött, illetve a szerzett képességek befolyásának arányát a teljesítmény alakulásában. Valójában a magas szintű sportteljesítményhez a genetikai és a szerzett képességek egyaránt nélkülözhetetlenek. Általánosan elfogadott nézet az, hogy ez a két tényező szoros kölcsönhatásban áll egymással. A genetikai információ nem egy merev, állandó értékkel fejezhető ki, hanem egy spektrumon belül kerülhet megadásra. A környezeti tényezők – és annak véletlenszerű kombinációi – (esetünkben a sportági képzés) hatására az érték ezen a spektrumon belül mozoghat. Tehát az, aki rendszeres és tervszerű edzőmunkában vesz részt valószínűsíthető, hogy genetikai kapacitásának a maximumát tudja kiváltani. Ezzel nem csak a szerzett képességek minőségét és színvonalát tudja fejleszteni, hanem saját genotípusát is megerősítheti, amit megerősített formájában tud átadni saját utódainak.

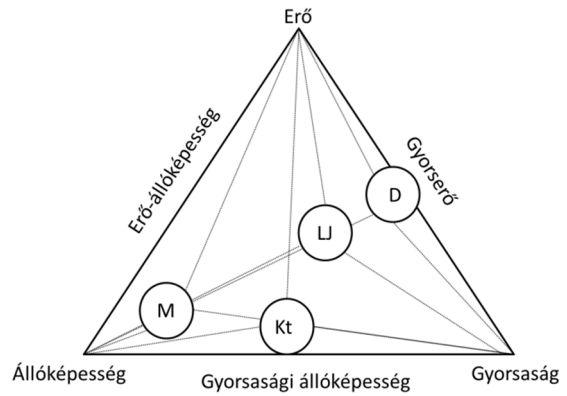
A motoros képességeket két nagy csoportra osztjuk: a koordinációs és a kondicionális képességekre. A koordinációs képességek a mozgásvégrehajtás minőségében, a célszerű és gazdaságos szabályozásban töltenek be meghatározó szerepet. Jelen munkának célja és feladata a kondicionális képességek diagnosztikájának a tanulmányozása, ezért a továbbiakban azok részletes tárgyalásával foglalkozunk.



A kondicionális képességek a mozgásvégrehajtás fizikai feltételeit jelentik. MARTIN és mtsai (1993) szerint a mozgás energetikai tényezőit tartalmazzák. A kondicionális szó eredete a latin "conditio" szóból származik, ami a sportterminológiában feltételt jelent, azaz, a kondicionális képességek a mozgásvégrehajtás alapfeltételei (HARSÁNYI, 2000). Más elnevezései: fizikai képességek, pszichofizikai tulajdonságok, fizikai teljesítmény-összetevők (HARSÁNYI, 2000), testi képességek, motoros képességek vagy alap motoros képességek (MARTIN, 1993). A kondicionális képességek csoportjába tartoznak az erő, a gyorsaság, az állóképesség és a hajlékonyság. A kondicionális képességek a sportban és a mindennapi életben nem elkülönülten, hanem általában együttesen jelentkeznek, a sportági terhelési jellemzőinek megfelelően eltérő arányban. A kondicionális képességek folyamatos kölcsönhatásban vannak. A kölcsönhatások eredményeként az alapképességek mellett megjelennek az összekapcsolt képességek is, gyorsasági állóképesség, erő-állóképesség. A 2.1. ábra szemlélteti ezen kölcsönhatásokat; a háromszög csúcsain az erő, a gyorsaság és az állóképesség láthatók, a háromszög belsejében pedig létrehozható a különféle sportágak kondicionális képességek szerinti profilja a domináns képesség függvényében. Példaként megemlítünk néhány sportágat (2.2 ábra).



2.1 ábra: A kondicionális képességek kölcsönhatásai.



2.2 ábra: Sportágak domináns kondicionális képességei.

D = atlétikai dobások; Lj = labdajátékok; Kt = atlétika középtávjai; M = maratoni futás

BOMPA után módosítva. –In: Strength, Muscular Endurance, and Power in Sports; http://www.coachr.org/strength_muscular_endurance_and_power_in_sports.htm



3. AZ ERŐ

NÁDORI (1981) klasszikus edzésméleti értelmezése szerint az izomerő a külső erők és a mozgás közben fellépő erők, ellenállások legyőzésének képessége az izomzat aktív erő kifejtésének segítségével. A fizikában az erő egyenlő a tömeg (kg) és a gyorsulás (m/s^2) szorzatával:

$$F = m \times a \quad (3.1)$$

ahol, F = az erő [N], m = a tömeg [kg], a = a gyorsulás [m/s^2]

A sportban a külső ellenállás lehet saját testsúlyunk legyőzése (pl. torna), saját testsúlyunk vagy külső szerek gyorsítása (pl. atlétikai ugrások, dobások, súlyemelés), a légellenállás, közegellenállás leküzdése (pl. futás, úszás, evezés), az ellenfél erejének legyőzése (pl. küzdősportok), párosan végzendő feladatoknál a partner testsúlyának mozgatása, legyőzése (pl. páros műkorcsolya, sport akrobatika, tánc) vagy különböző szerek elasztikus erejének a legyőzése (pl. gumikötél) (GROSSER és STARISCHKA, 1998). Bármilyen formában is jelenik meg a külső ellenállás, az erő színvonala és minősége fő tényezője a teljesítménynek, így fejlesztése alap edzéstervezési feladat. Az erőfejlesztés mértéke és jellege függ a sportág és a versenyszám tulajdonságaitól. Fejlesztésének jelentősége szinte valamennyi sportágnál növekszik, ennek jellemző példája az erőedzések egyre nagyobb hangsúlya és szerepe a labdajátékokban. Az erőfejlesztése nem csak a versenysportban tölt be fontos szerepet, hanem a szabadidősportban is. Legfőbb eleme a fitnesznek és a testépítésnek, de egyre nagyobb hangsúlyt kap a sérülések megelőzésében és a rehabilitációban, a krónikus betegségben szenvedők kezelésében (CAUZA, és mtsai., 2005; CORNELISSEN és SMART, 2013), vagy akár az idősek sportjában is (AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE, 1998).

Az izommunkában az erő kifejtés egy olyan összetett rendszer aktivitásának az eredménye, amelyik több ízületből és izomcsoportból áll. A legtöbb mozgásban általában egyszerre több ízület és izomcsoport vesz részt. Bizonyos izomcsoportok a szándékolt erő kifejtéssel egy irányba hatnak (szinergisták), más izomcsoportok pedig ellentétes hatásúak (antagonisták).



Az erő kifejtés szorosan összefügg az izomrostok rövidülés sebességével. Alacsony külső ellenállás esetén az izom kontraktilitási sebessége magas, a külső ellenállás növekedésével pedig a kontraktilitási sebesség csökken. Amikor az izom által kifejtett erő megegyezik a külső ellenállás mértékével, a rövidülési sebesség 0 m/s és az izom maximális feszülést ér el.

Az izom egy kemomechanikai gép, mely a szervezet kémiai energiáját mechanikai energiává alakítja át. Az emberi izomzat nem egy „hibátlan” mechanikai szerkezet, tehát nem tudja a kémiai energia 100%-át mechanikai energiává átalakítani. A kémiai energia csak a kisebbik része lesz mechanikai energia, legnagyobb része hő formában szabadul fel, tehát a kémiai energia felhasználása mindig nagyobb az előállított izommunka mértékénél (KATICS ÉS LŐRINCZY, 2010). A megtermelt hő egy részét a szervezet a fiziológiás testhőmérséklet (37°C) megtartására fordítja, a fennmaradó részt pedig kibocsátja a levegőbe. Ezt elvesztett energiának tekintjük.

Bármilyen energia átalakítása vagy átvitele munkavégzést feltételez, amit egységnyi idő alatt teljesítménynek nevezünk. Az izomműködés szempontjából az erő kifejtés mértékét és a megtermelt hő mennyiségét, melyet az izomzat megtermel egységnyi idő alatt izomteljesítménynek nevezünk. A versenysportban, főleg az élsportban, az erő mértékének növelésén túl, az erőfejlesztésnek leginkább az izomteljesítmény növelését kell megcéloznia, azaz az izom minél rövidebb idő alatt, minél nagyobb erő kifejtést legyen képes elérni.

Az egyes mozgásformáknak, így a vizsgálati protokolloknak is különböző az izommunka hatásfoka, vagyis annak mértéke, hogy a rendelkezésre álló kémiai energiából ténylegesen mennyi energiát tud hasznosítani az izom mechanikai munkájához. Futásban és kerékpározásban az izommunka hatásfoka 25% körül mozog, míg úszásban alig éri el az 5%-ot (KLISOURAS, 1991).

3.1 Az erő fajtái

Az erőt a felkészülési célok szempontjából elkülönítjük általános vagy alap és speciális erőre. Az általános erő nem kapcsolódik konkrét sportágakhoz vagy versenyfeladatokhoz, több mozgásformában és gyakorlatban, valamint a hétköznapi tevékenységek során is megjelenik.



A speciális erő szerkezete és tulajdonságai konkrét sportág vagy versenyfeladat specifikusak, megnyilvánulása adott mozdulatokhoz vagy testhelyzetekhez és konkrét izomcsoportokhoz kötődik.

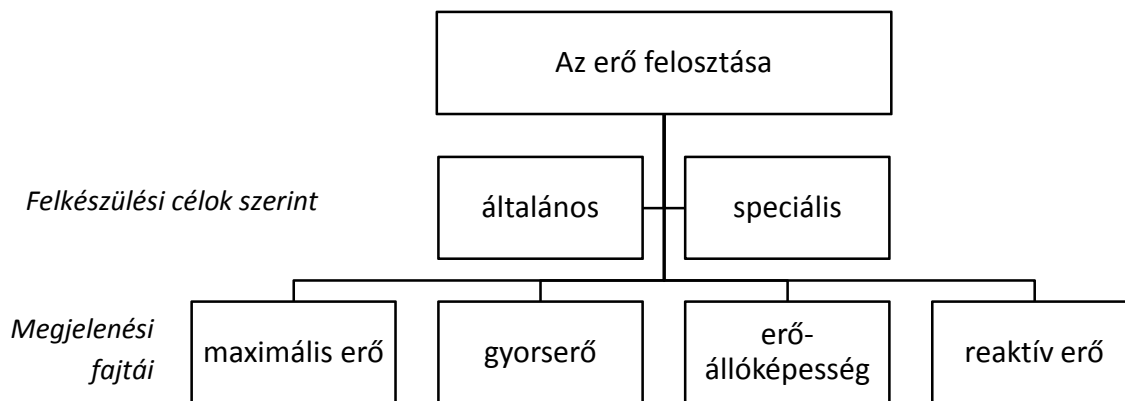
Az erő megjelenési fajtái szerint megkülönböztetjük a maximális erőt, a gyorserőt, ez erő-állóképességet és a reaktív erőt.

Maximális erő: adott edzettségi fokon az az izomerő, amelyet az ember akaratlagos izom összehúzódás révén statikusan tud kifejteni. A megfogalmazás egy korábbi felfogást tükröz. Ma már a maximális erő fogalma nem csak a statikus erő kifejtésre vonatkozik, hanem azt az izomerőt is értjük alatta, amelyet az ember akaratlagos izom összehúzódással, a lehető legtöbb motoros egység egyidejű bekapcsolódásával tud kifejteni. A legtöbb sportágban a maximális erő közvetlenül nem jelenik meg a teljesítményben, fejlesztése viszont alap edzésmódszertani feladat. A maximális erő színvonala meghatározza a sportteljesítmény szempontjából más fontos képességek fejlesztését is. Jelentősége a sprint távoknál jól ismert (ALEXANDER, 1989), de az utóbbi időben az úgynevezett nem erősportokban (az aerob állóképességi sportokban) is, egyre inkább elfogadott szerepének fontossága (HOFF, és mtsai., 2002). Általában véve a maximális erő az emberi izomzat keresztmetszetére lebontva 23-42 N/cm² tartományban mozog (PAVLIK, 2011).

Gyorserő: az izomzat azon képessége, amelyik a maximális statikus erő kb. 30-40%-át viszonylag nagy gyorsaságú összehúzódással képes legyőzni. A gyorserő színvonala a legtöbb sportágban a teljesítmény meghatározó tényezője, tehát fejlesztésére érdemes különös figyelmet fordítani.

Erő-állóképesség: izomzat azon képessége, amikor a fáradás ellenére, hosszan tartó és nagy erő kifejtést végez. Ez a képesség azokban a sportágokban fontos, amelyekben a lehető legmagasabb mértékű erő kifejtés szükséges ismétlődő mozgások vagy mozdulatsorok végrehajtásakor. Elsősorban a küzdősportok sorolhatók ide, de jelentős a szerepe a labdajátékokban és az atlétika vagy az úzás bizonyos versenyszámaiban is. Az izom erő-állóképessége nem csak sportolóknál fontos, hanem a helyes testtartás megtartásában, sérülések megelőzésében is szerepe van.

Reaktív erő: az izomzat azon képessége, ami tartalmazza az izom nyúlási-rövidülési ciklusát, amikor az összehúzódási fázist megelőzi az izom megnyúlása és egyidejű előfeszülése. Az izom megnyúlása és közvetlen összehúzódása az excentrikus és a koncentrikus izomműködések kombinációjából jön létre. A szökdelések, az ugrások, a mélyugrások tipikus képviselői a reaktív erő képességének. A gyors, robbanékony erőt igénylő sportágaknál találkozunk a leggyakrabban vele.



3.1 ábra: Az erő felosztása a felkészülési célok, valamint megjelenési fajtái szerint.

3.2 Az izomműködés munkamódjai

Az izom *izometriás*, *anizometriás* és *izokinetikus* működés során tud erőt kifejteni. Az *izometriás* (statikus) izomműködésnél (görög eredetű szó, izo + metria = állandó hossz) az izom ugyan megfeszül, tehát a feszülés mértéke változik, de az izom hossza ugyanaz marad. Ez a működés akkor lép fel, amikor az izom ereje és a külső ellenállás megegyeznek.

Anizometriás (dinamikus) izomműködés jön létre minden olyan esetben, amikor az izom hossza megváltozik (anizo + metria = nem állandó hossz). Ezen belül megkülönböztetjük a *koncentrikus* és az *excentrikus* munkamódot. Amikor az izomrostok hossza megrövidül, és ezért az adott izom eredési és tapadási pontjai közelednek egymáshoz, akkor *koncentrikus* munkamódról beszélünk. *Excentrikus* munkamód, esetében az izomrostok hossza megnyúlik, az izom eredési és tapadási pontjai távolodnak egymástól. *Koncentrikus* munkamódnál az izom



ereje (belső erő) nagyobb a külső erőnél, *excentrikus* munkamódnál pedig az izom ereje (belső erő) kisebb a külső erőnél.

Izokinetikus munkamódról akkor beszélünk, amikor az izom feszülése a mozgás állandó szögsebessége mellett jön létre (izo + kinetika = állandó mozgás sebesség). Az *izokinetikus* izomműködés is lehet koncentrikus és excentrikus. Ezzel a típusú izomműködéssel a mindennapi sportmozgásokban alig találkozunk, létrejöttéhez speciálisan megtervezett eszközök szükségesek. Sportolóknál elsősorban diagnosztikai célokra használják az izomerő állapotának meghatározásához, de a rehabilitációban kiváló módszere az erőfejlesztésnek, a teljesítmény fokozásának is.

A sportban az egyes izomműködési módok keverten és nem izoláltan jelentkeznek, természetesen előfordulásuk aránya a sportági profiltól függően változik. Nem kizárólagos szabály, de általánosan elmondható, hogy a koncentrikus erőfejlesztő módszerek a maximális erő és az erő-állóképesség fejlesztésében kapnak leginkább helyet. Az excentrikus erőfejlesztő módszerek a gyors, robbanékony erő fejlesztésében, míg az izometriás módszerek egyrészt kiegészítő módszerei a dinamikus erőfejlesztésnek, másrészt nagyon fontosak a rehabilitációban, sérült testrészek edzésében, valamint az ízületek stabilizációjában.

A három izomműködés közül a legnagyobb erő kifejtést az excentrikus, majd az izometriás és végül a koncentrikus izomműködéskor lehet elérni (GROSSER ÉS STARISCHKA, 1998). Az excentrikus izomműködés során elérhető maximális erő kifejtés az izom potenciális maximumát fejezi ki. Az ilyen módon elérhető maximális erő kifejtés izomélettani alapja főleg az izom energiatároló tulajdonságának tulajdonítható. A megnyúlási fázis során energia tárolódik az izomrostokban, amely a koncentrikus fázis során lökésszerűen felszabadul. Ennél az izomműködési módnál az erő kifejtésben az izom kontraktilis elemeinek munkájához hozzájárulnak az izom elasztikus elemei is (GROSSER ÉS STARISCHKA, 1998).



3.3 Az erőmérés

Az erőmérés legfontosabb céljai:

- Az erőkomponens szerepe egy adott teljesítményen belül. Meg lehet határozni az erő hozzájárulásának mértékét a teljesítmény alakulásában.
- Sportolók vagy sportági profilok meghatározása az erő szempontjából. Ez iránymutató lehet az edzéstervezéshez, kiemelhetők a sportolók erősségei, gyengeségei.
- Normatív adatok felállítása, sportág, kor és nem szerint.
- Erőfejlesztő edzésprogramok hatékonyságának, eredményességének meghatározása.
- Sportolók számára minőségi kritériumok meghatározása az egyes versenyszintek figyelembe vételével.
- Utánpótláspontban tehetséges sportolók felismerése és kiválasztása.
- Rehabilitációs programok hatékonyságának értékelése. Ilyenkor összehasonlítják a sérülés előtti erőértékeket egy rehabilitációs időszak során vagy annak végén tapasztalt erőértékekkel a további terhelések megtervezése céljából.

Az erő mérése egyszerű és összetett gyakorlatokkal történik. Az egyszerű gyakorlatoknál izolálni tudjuk a mérni kívánt izomcsoport munkáját, így viszonylag megbízható eredményeket kaphatunk az adott izomcsoport erő kifejtésének mértékéről. Az összetett gyakorlatoknál mivel több ízület és izomcsoport is részt vesz a mozgás végrehajtásában, ezért a technikai kivitelezésnek, az intermuszkuláris (izomcsoportok közti) koordinációnak nagyobb szerepe van. Ezzel azonban megkérdőjeleződik az erőmérés validitása, mivel a külső ellenállás legyőzése nem csupán a mérni kívánt izomcsoportok erejének a függvénye.

Az erőmérő vizsgálatokat csoportosíthatjuk a próba időtartama szerint is. A rövid ideig tartó próbák 10 másodpercesek, a közép ideig tartó próbák a 20 – 60 mp közöttiek, a hosszú ideig tartó próbák pedig a 60 – 120 mp közöttiek. A vizsgálatok időtartama meghatározza az izommunka anyagcsere folyamatokat és az ATP regeneráló mechanizmusát. Ebből kifolyólag az erőn belül is eltérő képességet mérnek.



3.3.1 A maximális erő mérése

A maximális erőt több módon is mérhetjük: dinamikus, izometriás és izokinetikus módszerekkel. A kiválasztott módszer függ az adott sportág mozgásszerkezetétől, illetve a rendelkezésre álló eszköztől és finansziális forrásoktól. A maximális erő mérése különböző dinamométerek segítségével, a maximális forgatónyomaték mérése pedig számítógép vezérlésű izokinetikus mérőeszközök segítségével történik.

A maximális erő abszolút értékeit elektromos izom stimulációs módszerekkel lehet mérni. Az elektromos stimuláció a mozgató idegre vagy a mérni kívánt izomcsoport felszínére alkalmazható és egy maximális akaratlagos izometrikus izomkontrakció során mérik a kiváltott erő kifejtés mértékét (MILLET, és *mtsai.*, 2011). Ezzel a módszerrel kapott maximális értékek azonban nem feltétlenül egyenlők az izommunka során elérhető maximális értékekkel, így nagyobb hangsúlyt kapnak az elektromos stimuláció nélküli módszerek.

3.3.1.1 A maximális erő mérése laboratóriumi körülmények között

3.3.1.1.1 Izokinetikus dinamometria

Laboratóriumban az erőméréséhez elég gyakran az izokinetikus dinamometriát alkalmazzák, amely elsősorban a klinikai praxisban terjedt el (gyógytorna, rehabilitáció). Az izokinetikus dinamometria speciálisan megtervezett eszközök segítségével kivitelezhető. Ez lehetővé teszi, hogy stabil forgáspontok körül adott mozgás tartományon belül a mozgás szögsebessége állandó maradjon. A mérések legfőbb célja a maximális forgatónyomaték rögzítése. Léteznek hidraulikus vagy elektromágnes alapú izokinetikus dinamométerek. Legjobban az egyszerű, egy ízületet érintő, mérések terjedtek el, legtöbbször a térdhajlító és térdfeszítő izmok erejének méréseivel találkozunk.

Alkalmazásának legfőbb előnyei a következők (BALTZOPOULOS ÉS BRODIE, 1989):

1. Az izokinetikus dinamometria a mozgás szögsebességének beállításával nagyon pontos és megbízható eredményekkel tud szolgálni.



2. Az erő kifejtés mértéke – a mérőeszköz beállításainak köszönhetően – nem változik a teljes mozgástartományon belül. Tehát adott szögsebességnél az izom feszülése megmarad a mozdulat elejétől a végrehajtás végéig. Ellentétben az izokinetikus dinamométerekkel, egy dinamikus erőfejlesztő gyakorlat során az erő kifejtés mértéke változik a mozgás sebességének változásaival. Általában a mozgások gyorsuló tendenciát mutatnak. A mozdulat kezdeténél a külső ellenállást (pl. súly vagy szer) álló helyzetből kell felgyorsítani. A mozgástartomány második felében a megmozgatott külső ellenállás tehetetlenségénél fogva folytatja megkezdett mozgáspályáját, tehát itt az erő kifejtés mértéke csökken.
3. Az izokinetikus dinamometria kiváló eszköze az agonista és antagonisták izomcsoportok közötti erőegyenletlenségek megállapításának (pl. térdfeszítő és térdhajlító izmok között), valamint a jobb- illetve a baloldali izomcsoportok között kialakult eltéréseknek. Alapvetően a nem kontakt sérüléseket sok esetben az izmok erőegyenletlensége okozza. Ezek korrigálásával csökkenthetjük az ilyen sérülések előfordulásának esélyeit.
4. Az izokinetikus dinamometria az ellenállás és a terhelés teljes szabályozása, vagyis optimalizáltságának köszönhetően jól alkalmazható sérülések utáni rehabilitációban. Az erő kifejtés mértékében bekövetkezett legcsekélyebb változásokat is kimutatja, ezért hasznos eszköze az erőfejlesztő programok nyomon követésének és értékelésének, akár a klinikai gyakorlatban, akár a sportolóknál.

Az izokinetikus dinamometriából kapott eredményeket az alábbi példa szemlélteti. Egy sportoló izokinetikus dinamometria vizsgálaton vett részt, eredményeinek értékeléséhez a csoport (verseny-, csapattársak) átlagait használtuk, azokkal hasonlítottuk össze a sportoló értékeit.



3.1 táblázat: Bal illetve jobb oldali térdfesztők és térdhajlítók erőaránya.

	Erő deficit (%)			Erő deficit (%)	
	megvizsgált sportoló	csoportátlag		megvizsgált sportoló	csoportátlag
KONCHAJL 60	-15,79%	4,53%	EXCEHAJ L 60	-2,38%	4,25%
KONCHAJL1 80	-53,33%	4,22%	EXCEHAJ L180	19,32%	5,57%
KONCFESZ6 0	-1,83%	2,65%	EXCEFESZ 60	4,43%	2,54%
KONCFESZ1 80	-12,99%	1,93%	EXCEFESZ 180	6,92%	1,20%

KONC: koncentrikus; EXCE: Excentrikus; HAJL: térdhajlítók; FESZ: térdfesztők; 60: 60°/s (szögsebesség); 180: 180°/s (szögsebesség)

A 3.1 táblázatban a jobb, illetve bal oldali forgatónyomaték közti különbségek láthatók százalékos arányban kifejezve koncentrikus, illetve excentrikus izomműködés során két különböző szögsebesség mellett (60 és 180 °/s). A pozitív értékek az erősebbik oldal, míg a negatív értékek a gyengébbik oldal dominanciáját jelentik. Valamennyi próbában a csoportátlag értékeiből látható, hogy a bilaterális erőarány átlagértékei az elfogadottnak tartott 10% alatt van. A megvizsgált sportoló valamennyi koncentrikus mozgásban nagyobb forgatónyomaték értékeket mutatott a gyengébbik lábával (negatív értékek). Jelentős erődeficit látható a térdhajlító izmokban a koncentrikus (53,33%) és az excentrikus próbában (19,32%) is 180 °/s szögsebességnél. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a megvizsgált sportoló bilaterális erődeficitje az átlagértékek fölött van, tehát indokolt az erőfejlesztése, főleg a térdhajlító izmok esetében a nagyobb (180) szögsebességeknél.



3.2 táblázat: Jobb illetve bal láb térdhajlítók/térdfeszítők erőaránya koncentrikus próbák során.

szögsebesség	Erősebbik láb (%)		Gyengébbik láb (%)	
	megvizsgált sportoló	csoporthatólag	megvizsgált sportoló	csoporthatólag
60°/s	52,29%	65,10%	59,46%	63,85%
180°/s	38,96%	67,68%	52,87%	66,10%

60: 60°/s (szögsebesség); 180: 180°/s (szögsebesség)

A 3.2 táblázatban a térdhajlító/térdfeszítő izmok erőaránya látható a koncentrikus próbáknál. Szakirodalmi adatok szerint a 60-65% körüli értékek számítanak elfogadhatónak, azaz a térdhajlító izmok erőmértéke a térdfeszítő izmok erőmértékének a 60-65%-ának felelnek meg. A táblázatban az látható, hogy a csoportátlag térdhajlító/térdfeszítő izmok erőaránya az általánosan elfogadott értékek körül mozog. A megvizsgált sportoló valamennyi próbában nagyobb erőaránytalanságot mutat, ez még szembetűnőbb nagyobb szögsebességeknél (180°/s). Az adatok a térdhajlító izmok gyengeségeire világítanak rá, főleg nagyobb szögsebesség mellett, ami növeli az esetleges sérülések esélyeit.

Ennek a módszernek az egyik hátránya, hogy a valódi sportági mozgásokhoz képest "pálya idegen" (MCGUIGAN, és mtsai., 2013). Egyrészt állandó mozgássebességgel nem találkozunk a sportmozgásokban, valamint számos esetben a mozgások szögsebessége jelentősen magasabb a mérések során beállítható értékekhez képest (MOIR, 2013). Másrészt a mérésben résztvevő izomcsoport izolált környezete miatt a vizsgálat csak egy ízület munkájára korlátozódik, így távol áll az összetett mozgásokra épülő sportoktól. Ezért sok esetben a sportolók és a szakemberek inkább a sportág specifikus méréseket részesítik előnyben. A módszer további hátránya, hogy a forgatónyomaték mérése szögsebesség függő, ezért az eredmények nem általánosíthatók más szögsebesség mellett kivitelezett mozgásokra. Ezen kívül viszonylag költséges módszer, mivel speciális eszköz állomány szükséges a mérések elvégzéséhez, aminek a működtetése általában szakképzett személyzet jelenlétét igényli.

Általános ajánlások szerint az izokinétkus dinamometria mérések validitásának biztosításához fontos megismertetni a vizsgálati protokollt és az eszközöket a vizsgált



személlyel. Hasznos egymás után többször elvégezni a méréseket, így maximális aktivitás érhető el és pontosabb képet kaphatunk a vizsgált személy erőtulajdonságairól (SVENSSON ÉS DRUST, 2005).

3.3.1.1.2 Izometriás erőmérések

A maximális erőmérésnek egy másik lehetősége az izometriás vagy anizometriás összehúzódással kifejtett erő mérése dinamométerek segítségével. Ilyenkor a vizsgált személy maximális akaratlagos izom összehúzódást végez, és a dinamométereken rögzítik a kifejtett erő mértékét. Ezekhez a mérésekhez többféle gyakorlatot és eltérő testhelyzetet használhatunk (pl. tolás, húzás, nyomás), természetesen a mérni kívánt izomcsoportok szerint választjuk ki közülük a megfelelőt. Leggyakrabban karhajlító, karfeszítő, vállöv izmok, térdfeszítő, térdhajlító, hasizmok és hátizmok méréseivel találkozunk (ÁNGYÁN, 1995). Dinamométeres vizsgálatokhoz figyelni kell arra, hogy a mérőműszer beállításánál az erővonal és az adott mozgás amplitúdójának az iránya egy vonalba essék (ÁNGYÁN, 1995). Dinamométerekkel tulajdonképpen bármilyen, a mindennapi sportolásban is alkalmazott erőgyakorlatok adaptálhatók, azonban ekkor nehezen tudjuk izolálni a mérni kívánt izom munkáját, az erő kifejtés eredményességében egyéb, külső tényezők is szerepet játszhatnak.

Az izometriás mérések statikus testhelyzetben történnek izometriás izom összehúzódás során. Az összehúzódást legalább három másodpercig meg kell tartani. Izometriás erőmérésekkel elég gyakran találkozunk a nemzetközi szakirodalomban, a kutatók körében ezek a mérések megbízható és jól követhető eredményeket mutatnak. Ugyanakkor egyes beszámolók szerint (MOIR, 2013) közvetlen hasznosításuk a valódi sportgyakorlatban a statikus és a dinamikus erőmérések közti alacsony összefüggések miatt megkérdőjelezett.

Egyik legelterjedtebb izometriás mérés a felhúzás állásban függőleges törzsszel, erőplató használatával. A megvizsgált személy két kezével megfogja az erőmérő fogantyúját, az erőmérő másik vége a talajhoz van rögzítve. A lábak egyidejű nyújtásával a vizsgált személy erőt fejt ki az erőmérőn, ami méri az erőplatón a talaj vertikális reakcióerejét, valamint az erő kifejtés felfutását. A teszt izometriás természete ellenére számos vizsgálatban (WEST, és *mtsai.*, 2011; MCGUIGAN, és *mtsai.*, 2010) szoros összefüggést találtak az erőpróbán elért



eredmények és a dinamikus sportágak sportteljesítménye között. Ez arra utal, hogy előbbi jól alkalmazható különböző sportolók erőállapotának mérésére. A teszt elvégzéséhez szükséges előkészületeket MCGUIGAN és *mtsai* (2013) az alábbiakban foglalta össze:

- Minden egyes használat előtt kalibrálni kell az erőplatót.
- A sportolónak az erőplaton úgy kell állnia, hogy kiinduló helyzetben a csípője 155° - 165° között, a térde pedig 125° - 135° között legyen behajlítva.
- Tenyérszíjak használata javasolt a biztonságosabb fogás érdekében.
- A gyakorlat kezdetén a sportolónak minél gyorsabban és erősebben kell megpróbálnia felhúzni az erőmérő fogantyúját, majd megtartani ezt a pozíciót 3-5 mp-ig.
- A gyakorlat teljes időtartalma alatt meg kell bizonyosodni arról, hogy a csípő és térd hajlítási szöge nem változik.

Talán a legismertebb és leggyakrabban alkalmazott teszt — egyszerűségének és hozzáférhetőségének köszönhetően — a szorító vagy markoló erő mérése. A szorító erőmérés több izomcsoport együttes munkájának az eredménye, sportszakmai körökben jó mutatónak tartják az általános erő megállapítására is. A mérések megbízhatóságának biztosítása érdekében fontos a méréseket standardizált testhelyzetben elvégezni, a műszert a vizsgált személy tenyérméreteihez beállítani, rendszeresen ellenőrizni és kalibrálni. A szorítást legalább két másodpercig meg kell tartani. A mérést állásban nyújtott könyökkel kell elvégezni, jobb és bal kézzel egyaránt két-két kísérlettel. Az eredményeket Newtonban (N) vagy kilopondban (Kp) adják meg. Az eredmények értékelésénél és interpretálásánál a kapott értékeket általában referencia értékekhez (normákhoz) viszonyítják. A teszt eredményei jól korrelálnak különböző sportágakban alkalmazott egyéb tesztekkel is (GERODIMOS, 2012). FARMOSI (1982) korábbi vizsgálatai nyomán 20-26 éves sportoló férfiak átlag értékei $548,3 \pm 91,8$ N között mozognak (NÁDORI, és *mtsai.*, 1989).



3.3.1.2 A maximális erő mérése pályavizsgálatokkal

A maximális erőt pályavizsgálatokkal az **egy ismétléses maximum** értékével fejezik ki ($1RM = \text{repetition maximum}$), mely a lehető legnagyobb ellenállás egyszeri legyőzését jelenti. A gyakorlatok elvégzése szabad súlyokkal vagy súlyzós gépekkel történik, az eredményt kilogrammban mérik. Mivel maximális erőről van szó, ezért az összehúzódas sebessége nem része a vizsgálatnak. A külső ellenállás és az összehúzódas sebessége közti kapcsolat törvényszerűségeiből adódóan a maximális erő elérése viszonylag lassú mozdulatokkal történik.

A maximális erő mérése különböző gyakorlatokkal végezhető el, jellemzően a több ízületet érintő, összetett gyakorlatok dominálnak (pl. fekvő nyomás, guggolás, lábnyomás, szakítás, felhúzás). RATAMESS (2011) javaslatai alapján a mérési protokollnak az alábbi lépéseket kell tartalmaznia:

- 5-10 ismétlés a vélt maximum 40%-60%-val
- Egy perc pihenő
- 3-5 ismétlés a vélt maximum 60%-80%-val
- Egy ismétlés megkísérlése a vélt maximumon
- Amennyiben a kísérlet sikeres volt, akkor három perc pihenőt követően egy következő kísérlet végrehajtása következik megnövelt ellenállással. Ez addig folytatódik, amíg a vizsgált személy nem tudja sikeresen végrehajtani a feladatot.
- Fontos a kísérletek között az elegendő pihenő idő biztosítása az elfáradás elkerülése miatt. A kísérletek időtartama ne haladja meg a 3-5 mp-et.

Az ausztrál módszertan szerint (MCGUIGAN, és *mtsai.*, 2013) az alábbi protokoll javasolt az egy ismétléses maximum méréséhez:

- általános bemelegítés
- 10 ismétlés 40%-60%-os intenzitással



- 2 perc pihenő
- 5 ismétlés 60%-80% intenzitással
- 2 percpihenő
- 1-3 ismétlés 90% intenzitással
- 5 percpihenő
- teszt-mérés

A vélt maximum és az ellenállás mértékének növelése korábbi mérések adataira támaszkodva, vagy empirikus módon, az edző illetve a sportoló tapasztalatai alapján kerül kiszámításra. A mérések előtt fontos a gyakorlatok megtanulása és a végrehajtáshoz szükséges technikai tudás megfelelő elsajátítása. A maximális terhelések miatt fontos a mérések időpontjának gondos kiválasztása. Ügyelni kell a felkészülési időszakba történő beillesztésére valamint arra is, hogy a vizsgált személy betegség és sérülésmentes legyen.

A maximum ismétlések száma nem csak az egy ismétléses maximumra terjed ki. Általában az 1-től 10-ig terjedő ismétléses maximum értékeket szokták alkalmazni, például a háromismétléses maximum alatt (3 RM) azt a külső ellenállást értjük, melyet szabályos technikával három ismétléssel, tízismétléses maximum alatt (10 RM) pedig azt, amelyet tíz ismétléssel vagyunk képesek megmozgatni. Értelemszerűen a több ismétléses maximum próbáknál szubmaximális terheléseket alkalmazunk.

3.3.1.2.1 Az egy ismétléses maximum becslése szubmaximális terhelésekkel

Az egy ismétléses maximum mérése objektív és megbízható eredményeket ad, ugyanakkor a maximális terhelésénél fogva sérülésveszélyes is lehet, főleg amennyiben a vizsgált személy nincsen hozzászokva a nagy súlyok mozgatásához. Ezen kívül, időigényes is a beiktatott, viszonylag hosszú pihenőidők miatt. Az egy ismétléses maximum megállapításának alternatív módszerei a **szubmaximális terhelések**. A szubmaximális terhelések módszerét kevésbé edzettek, fiatalok, idősek vagy nők vizsgálatára javasolják leginkább, de természetesen bárkinél, élsportolóknál is alkalmazhatók. A szubmaximális terhelésekkel természetesen nem



tudjuk közvetlenül mérni a maximális erőt, de a megmozgatott súlyok és az ismétlési szám alapján regressziós egyenletek segítségével becsülni tudjuk annak mértékét. A szubmaximális terheléseknél a gyakorlat a teljes kifáradásig tart, vagyis addig, amíg a vizsgált személy nem tudja szabályosan végrehajtani a feladatot. A maximális erő regressziós modellek segítségével kerül kiszámításra. A terhelés mértéke az 1 RM 60%-95%-a között mozog, általában 2-től 20 ismétlésszámg. Az alkalmazott egyenletek minta és gyakorlat specifikusak, tehát megbízhatóságuk csak akkor fogadható el, ha a vizsgálatot pontosan olyan módszerrel és olyan populációknál végeztetjük, ahogy azt eredetileg is validálták.

Bár a maximális erő becslése ezzel a módszerrel biztonságosnak tűnik, megbízhatósága megkérdőjelezhető. Az általános szabály az, hogy minél magasabb ismétlésszám alapján becsüljük meg a maximális erőmértékét, annál nagyobb a hibaszázalék; minél alacsonyabb az ismétlésszám, annál közelebb kerülünk a valódi maximális értékekhez. Amikor a szubmaximális terheléseket alkalmazzuk, akkor a 2-3 ismétléses módszer tűnik a ideálisnak. 10 alatti ismétlések esetén lineáris egyenleteket, míg 10 fölötti ismétlések esetén nemlineáris egyenleteket alkalmaznak (REYNOLDS, és *mtsai.*, 2006). A hibaszázalék függ az alkalmazott gyakorlattól, a mintától, az életkortól, az edzettségi állapottól. A gyakorlatok közül legmegbízhatóbbnak a fekvő nyomást tartják (RATAMESS, 2011). Néhány alkalmazott képlet a maximális erő becsléséhez JIMÉNEZ ÉS DE PAZ (2008) összefoglalása alapján:

$$1 \text{ RM} = w / (1,0278 - (0,0278 \times r)) \quad (\text{Brzycki formula}) \quad (3.2)$$

$$1 \text{ RM} = (1 + 0,0333 r) \times w \quad (\text{Epley formula}) \quad (3.3)$$

$$1 \text{ RM} = 100 \times w / (52,2 + 41,9 - 0,055 \times r) \quad (\text{Mayhew formula}) \quad (3.4)$$

$$1 \text{ RM} = w \times r^{0,10} \quad (\text{Lombardi formula}) \quad (3.5)$$

ahol w = a megemelt súly [Kg] és r = az elvégzett ismétlések száma.

Például, ha egy sportoló 80 kg-ot tud emelni öt ismétléssel, a Brzycki formula alapján a becsült egy ismétléses maximuma: $1 \text{ RM} = 80 / (1,0278 - (0,0278 \times 5)) = 90,01 \text{ kg}$.

LOMBARDI (1989) formula alapján az alábbi szorzók használata javasolt a maximális erő kiszámításához (3.3 táblázat).



3.3 táblázat: Az egy ismétléses maximum (1 RM) kiszámításához alkalmazott szorzók a Lombardi formula alapján.

Ismétlések	szorzó	% 1 RM
1	1,000	100%
2	1,072	93%
3	1,116	88%
4	1,149	85%
5	1,175	83%
6	1,196	80%
7	1,215	79%
8	1,231	77%
9	1,246	75%
10	1,259	74%

Forrás: LOMBARDI (1989)

Egy másik nagyon fontos szempont a maximális erő eredményeinek értékelésénél a vizsgált személy testtömege, amely alapján kiszámíthatjuk a *relatív erőt*, azaz a testtömeghez vonatkoztatott erő mértékét. Ez egyrészt azért fontos, mert bizonyos gyakorlatoknál (pl. tolások, húzások) az eredmények alul- vagy felülbecsülhetik a maximális erőértékeket; másrészt pedig azért, mert így megalapozottan összehasonlíthatjuk különböző testtömegű emberek adatait. Jól ismert tény, hogy általában a testtömeg növekedésével nő az izomerő is, ezért az összehasonlítások nem tükrözik az izomerő valódi különbségeit a vizsgált személyek között.

A legegyszerűbb módszer a relatív erő kiszámításra, ha elosztjuk a megmozgatott súly értékét a testtömeg értékével. Azonban az izomerő mértéke és a testtömeg közti kapcsolat nem lineáris. Kutatások rámutattak arra, hogy a maximális erő növekedése kisebb mértékű, mint a testtömeg növekedése (JARIC, 2002). Ennek korrigálására allometrikus összefüggések használata javasolt (RATAMESS, 2011). Az allometrikus összefüggés mértéke és típusa sportágfüggő, általánosan elfogadott képlet szerint a következő (JARIC, 2002):

$$\text{Relatív erő} = \text{Maximális erő (Kg)} / \text{Testtömeg (Kg}^{0,67}) \quad (3.6)$$



JARIC (2002) kutatásaiban különbséget talált az izomerő és a forgatónyomaték testtömegre vonatkoztatott allometrikus modellje között, így az erő esetében a 0,67 hatványkitevő javasolt, az izokinetikus dinamometriában használt forgatónyomaték esetében pedig a 1,00 kitevőt.

Fekve nyomásban RATAMESS (2011) az átlagos populációra vonatkozó normatív adatai alapján a 20-29 éves korosztályban a 30%-os percentilis sávban férfiaknál 0,93, míg nőknél 0,35; a 90%-os sávban férfiaknál 1,48, míg nőknél 0,54 relatív erő értékekkel találkozunk. Az életkor növekedésével nem csak az abszolút erő értékekben tapasztalható csökkenés, hanem a relatív erőben is. Így a 30-39 éves korosztályban a 30%-os percentilis sávban férfiaknál 0,83, míg nőknél 0,34; a 90%-os sávban férfiaknál 1,24, míg nőknél 0,49 relatív erő értékeket láthatunk. A 40-49 éves korosztályban viszont a 30%-os percentilis sávban a relatív erő értékek férfiaknál már 0,76-ra, míg nőknél 0,30-ra; a 90%-os sávban pedig férfiaknál 1,10-re, míg nőknél 0,46-ra csökkennek.

3.3.2 A gyorsaság mérése

A gyorsaság mérése (és fejlesztése) a legtöbb sportágban fontos része a sportolók felkészülésének. A gyorsaság mérésénél az erőfelfutás meredekségét mérjük dinamikus mozdulatok során. A gyorsaság méréséhez jellemzően izoinerciális (= állandó külső ellenállás) módszereket alkalmaznak, ahol a teljesítmény növeléséhez csak a sebesség tényező módosítható (mivel a külső ellenállás adott és változatlan). Az alsó végtagok izmainak gyorsaságát különböző típusú ugrásokkal, felugrásokkal mérik, a felső végtagokét pedig különböző dobásokkal (pl. medicinlabda, nehezített szerek). A gyorsaság mérések számos sportágban elég gyakran szerepelnek a motoros képességek értékelésében, a korrelációs vizsgálatok a mérések és a sportolók teljesítménye között, többnyire megbízható összefüggéseket mutatnak (MCGUIGAN, és *mtsai.*, 2013).

3.3.2.1 A gyorsaság mérése laboratóriumi környezetben

Laboratóriumi vizsgálatoknál az **erőplátós mérésekkel** találkozunk a leggyakrabban. Az erőplátók téglalap alakú fémlapok (0,4 x 0,6 m) piezoelektromos érzékeléssel. Az erőplátón a vizsgált személy függőleges felugrásokat végez, leggyakrabban az alábbi két ugrástípust



használatával találkozunk. A guggolásból felugrás, amelyiknél a vizsgált személy előre behajlított térddekl (90°-ban) csípőre tett kézzel áll az erőplatón, és ebből a testhelyzetből indítja a felugrást (*SJ= squat jump*). A másik az ellenmozgásos ugrás, amelyiknél alapállásból, csípőre tett kézzel, térdhajlítással indítja itt is az ugrást (*CMJ = counter movement jump*). Utóbbi felugrás karlendítéssel is elvégezhető. A lefelé irányuló fázis (excentrikus szakasz) a térd 90 fokos hajlításáig tart, majd ezután közvetlenül a felfelé irányuló (koncentrikus) szakasz következik az elrugaszkodásig. A SJ típusú ugrásoknál a térdfesztető izmok koncentrikus ereje, a CMJ típusú ugrásoknál pedig a megnyúlás-összehúzódás (excentrikus–koncentrikus) ciklus erő kifejtésének képessége mérhető. Általában a CMJ ugrásoknál nagyobb súlypontemelkedés érhető el, mint a SJ ugrásoknál. Előbbinél az izmok elasztikus energiatarolási képessége mutatkozik meg az előfeszülési fázisban. A mindennapi mozgásokban – a sportban is – inkább a CMJ ugrásokkal találkozunk, a legtöbb felugrás álló helyzetből, térdhajlítással történik. A SJ ugrások kevésbé jellemzőek a sportmozgások során, a ritka példák egyike a síugrásban a sánccról történő elrugaszkodás, vagy a rajtolás az atlétikában és az úzásban.

Az erőplató méri a vizsgált személynek a platóra kifejtett erejét, és Newton akció-reakció törvénye alapján a plató reakció erejét is. A talaj reakció erejéből és a repülési időből ki lehet számolni a súlypontemelkedés mértékét. Ugyanakkor rögzítésre kerülnek a test súlypontjának gyorsulási adatai, vertikális sebessége, elmozdulása, a maximális erő illetve a maximális erő felfutásának ideje. A maximális erő és a vertikális sebesség alapján számítják ki a maximális teljesítményt (P). A súlypontemelkedés kiszámításához a Bosco-formulát alkalmazta DI GIMINIANI ÉS SCRIMAGLIO (2006) a következő formában:

$$\text{súlypontemelkedés} = \text{repülési idő}^2 \times 1,226 \quad (3.7)$$

Egy másik módszer a lábizmok gyorserejének mérésére a **kontaktszönnyeges módszer**. Ennél a súlypontemelkedés mértéke egyszerűen a repülési idő alapján kerül kiszámításra, ami az elrugaszkodás pillanata és a landolás pillanata közti időintervallum. A számításokhoz itt is a Bosco egyenlet használható.



A felső végtagok gyors erejének mérésére leggyakrabban a fekvenyomás egyik változatát használják. Ez szabad súlyokkal is, de rögzített pályája miatt a Smith állvánnyal is elvégezhető, mert így elkerülhetők az oldalirányú elmozdulások és biztonságosabb a súlyzórúd elkapása is. Ennél a feladatnál a vizsgált személy hanyattfekvésben helyezkedik el a fekvenyomó padon, a mellkására engedett súlyzó rudat fekvenyomó mozdulattal ellöki magától, majd a karnyújtás pillanatában elengedi. A súlyzó rudat tanszducerekkel kötik össze az elmozdulás és az időadatok rögzítése céljából.

A gyorsító vizsgálatoknál, ellentétben az izoinerciális elvvel, sokszor eltérő mértékű ellenállásokat is alkalmaznak (MCGUIGAN, és *mtsai.*, 2013). Ugyanis ez a módszer megengedi a gyorsító tulajdonságainak tanulmányozását különböző ellenállások mellett, vagyis milyen mértékű ellenállással szemben a leghatékonyabb a mérni kívánt izom gyorsereje. Tehát, meghatározhatjuk vele az izom optimális teljesítményének küszöbét (MARTIN, és *mtsai.*, 1991). Utóbbi az optimális erő-sebesség kapcsolatot mutatja, amely hasznos információkat adhat az edzőknek, sportolóknak a külső ellenállás mértékének megállapítására. Ez a gyorsító edzésmódszereinek megtervezésénél lehet segítségünkre.

3.3.2.2 A gyorsító mérése pályavizsgálatokkal

A pályavizsgálatok közül az egyik legelterjedtebb próba a gyorsító mérésére a **helyből távolugrás** páros lábbal. A vizsgált személy alaphelyzetből, térdhajlítással és karlendítéssel minél messzebbre igyekszik elugrani. A próbát egyszerűsége, alap mozgásszerkezete és minimális eszközigénye miatt könnyű elvégezni bármilyen csoport esetében (versenysportolók, amatőr sportolók, utánpótlás korúak). A vizsgálatok lebonyolítása nem vesz igénybe sok időt, ezért nagy létszámú csoportok felmérésére is kiválóan alkalmasak. Az eredményeket általában méterben adják meg. A helyből távolugrás közkedvelt próba az iskolai sportban, megbízhatósági koefficiense iskoláskorú gyerekeknél: 12 év alatti gyerekekre 0,65 – 0,96; 13 – 18 évesekre 0,65-0,96 (NÁDORI, és *mtsai.*, 1989). Újabb vizsgálatok (VANHELST, és *mtsai.*, 2014) 0,97 koefficiens közöltek 8-16 évesekre.

3.4 táblázat: A helyből távolugrás referencia értékei.



Életkor (év)	Kiváló	Átlag fölötti	Átlagos	Átlag alatti	Gyenge
Férfiak					
14	>2,11 m	2,11 – 1,96 m	1,95 - 1,85 m	1,84 - 1,68 m	<1,68 m
15	>2,26 m	1,96 – 2,11 m	2,10 - 1,98 m	1,97 - 1,85 m	<1,85 m
16	>2,36 m	2,36 – 1,21 m	2,20 - 2,11 m	2,10 - 1,98 m	<1,98 m
>16	>2,44 m	2,44 – 1,29 m	2,28 - 2,16 m	2,15 - 1,98 m	<1,98 m
Nők					
14	>1,91m	1,91 - 1,73m	1,72 - 1,60m	1,59 - 1,47m	<1,47m
15	>1,85m	1,84 - 1,73m	1,72 - 1,60m	1,59 - 1,50m	<1,50m
16	>1,83m	1,83 - 1,68m	1,67 - 1,58m	1,57 - 1,45m	<1,45m
>16	>1,91m	1,91 - 1,78m	1,77 - 1,63m	1,62 - 1,50m	<1,50m

Forrás: <http://www.brianmac.co.uk/stndjump.htm#ref>

A helyből távolugrás mellett a másik legelterjedtebb módszer a **függőleges súlypontemelkedés** vagy **Sargent próba**. A próba elvégzéséhez falhoz rögzített súlypontemelkedés mérő szükséges. A vizsgált személy jobb vagy bal vállával fordul a súlypontemelkedés mérő felé, egyik karját magas tartásba megemeli, és azt jól kinyújtva megmérjük az érintő magasságát. Majd 90 fokos térdhajlítással és karlendítéssel páros lábbal függőleges felugrást végez. A legmagasabb ponton megmérjük a maximális érintési magasságát. A maximális és az érintő magasság közti különbség adja meg a súlypontemelkedés mértékét. Az eredményt centiméterben adják meg.

A függőleges súlypontemelkedés mérése gyorsan és könnyen elvégezhető. Főleg azokban a sportágakban érdemes alkalmazni versenysportolóknál is, ahol a vertikális ugrás alapeleme a sportág mozgásanyagának (kosárlabda, röplabda). Kosárlabdázóknál a próba eredményeiben megmutatkoznak a különbségek válogatott és alacsonyabb szintű sportolók között (DRINKWATER, és mtsai., 2007). Továbbá, szignifikáns összefüggéseket találtak a teszt eredményei és az egy mérkőzés alatt pályán töltött idővel is (HOFFMAN, és mtsai., 1996).

3.5 táblázat: A függőleges súlypontemelkedés (Sargent próba) referencia értékei.

Minősítés	Férfiak	Nők
kiváló	>70 cm	>60 cm



nagyon jó	61 – 70 cm	51 – 60 cm
átlag fölötti	51 – 60 cm	41 – 50 cm
átlagos	41 – 50 cm	31 – 40 cm
átlag alatti	31 – 40 cm	21 – 30 cm
gyenge	21 – 30 cm	11 – 20 cm
nagyon gyenge	<8 cm	<4 cm

Forrás: PAVLIK (2011)

A súlypontemelkedés másik ismert próbája az *Abalakov próba*. A próba elvégzéséhez szükséges az Abalakov mérőeszköz. A talajhoz rögzítjük az eszköz lapját, amin egy mérőszalag csúszik, amit a vizsgált személy derekára rögzítünk egy öv segítségével. Alapállásban a mérőszalag 0 értékének a talaj síkjával kell megegyeznie. Térdhajlítás és karlendítés segítségével páros lábbal függőleges felugrást végez a sportoló. Felugrás közben a mérőszalagon leolvasható a súlypontemelkedés mértéke. Fiatal labdarúgókkal végzett méréseknél a megbízhatósági koefficiens 0,96 volt (LAGO-PENAS, és mtsai., 2014).

3.3.2.3 A izomteljesítmény kiszámítása függőleges ugrások alapján

A függőleges ugrásteljesítmény szorosan összefügg a testtömeggel. Egyenlő súlypontemelkedése mellett a nagyobb testtömeggel rendelkező ember izomzatának több munkát kell végeznie, mint egy alacsonyabb testtömegűnek, mivel nagyobb tömeget kell megmozgatnia. Ezért a súlypontemelkedés eredmények mellett érdemes az izomteljesítményt is kiszámolni. Ez árnyaltabb információt adhat a vizsgált személy képességeiről és tulajdonságairól azoktól, mint amelyeket csak a súlypontemelkedés eredményeiből következtettünk ki. Ez esetleg fontos lehet utánpótlás-nevelésben a fiatal sportolók kiválasztásánál. Laboratóriumi vizsgálatoknál az izom teljesítményét az idő komponens ismeretében könnyen ki lehet számolni. Pályavizsgálatoknál viszont nem ismerjük a felugrás idejét, így a kutatók olyan képleteket dolgoztak ki, amelyek használatával a testtömeg és a súlypontemelkedés mértékéből kiszámolható az izom teljesítménye. A legismertebb egyenletek RATAMESS (2011) nyomán:

Sayers formula:



$$\begin{aligned} & \text{Maximális izometrijesítmény (W)} & (3.8) \\ & = 60,7 \times \text{súlypontemelkedés (cm)} + 45,3 \times \text{testtömeg (kg)} - 2055 \end{aligned}$$

Lewis formula:

$$\begin{aligned} & \text{Átlag izometrijesítmény (W)} & (3.9) \\ & = \sqrt{4,9 \times \text{testtömeg (kg)} \times \text{súlypontemelkedés (m)} \times 9,81} \end{aligned}$$

Harman formula:

$$\begin{aligned} & \text{Maximális izometrijesítmény (W)} & (3.10) \\ & = 61,9 \times \text{súlypontemelkedés (cm)} + 36,0 \times \text{testtömeg (kg)} + 1822 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Átlag izometrijesítmény (W)} & (3.11) \\ & = 21,2 \times \text{súlypontemelkedés (cm)} + 23,0 \times \text{testtömeg (kg)} - 1393 \end{aligned}$$

Johnson & Bahamonde formula:

$$\begin{aligned} & \text{Maximális izometrijesítmény (W)} & (3.12) \\ & = 78,6 \times \text{súlypontemelkedés (cm)} + 60,3 \times \text{testtömeg (kg)} + 15,3 \\ & \times \text{testmagasság (cm)} - 15,3 \times \text{testmagasság (cm)} - 1,308 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Átlag izometrijesítmény (W)} & = 43,8 \times \text{súlypontemelkedés (cm)} + 32,7 \times & (3.13) \\ & \text{testtömeg (kg)} - 16,8 \times \text{testmagasság (cm)} + 431 \end{aligned}$$

A maximális izometriás erő és a gyorselő eredményeinek kombinálásával kiszámolható a vizsgált személy **dinamikus erő indexe** ($DSI = \text{dynamic strength index}$) (MCGUIGAN, és mtsai., 2013). Például a maximális izometriás felhúzás összevethető a SJ típusú ugrások eredményével. Ebben az esetben az átlagos dinamikus erő index $50\% \pm 5\%$, azaz a SJ ugrás során mért erőérték a maximális izometriás próba során mért érték kb. 50%-a. Az erő index a sportoló erőállapotának esetleges hiányosságairól adhat mélyebb információkat, rámutatva arra, hogy a potenciális maximális erőből mennyit képes a sportoló a gyorselő aktivitására mozgósítani. Az előző példa szerint a sportoló dinamikus erő indexe az átlagértékek alatt van, ezért nagyobb hangsúlyt kaphat a gyorselő fejlesztése. Ellenkező esetben, ha az erő indexe az átlagértékek fölött van, akkor a maximális erő fejlesztése kerülhet előtérbe.



3.3.3 Az erő-állóképesség mérése

3.3.3.1 Az erő-állóképesség mérése laboratóriumi körülmények között

Laboratóriumban legtöbbször különféle dinamométerekkel mérik az erő-állóképességet (pl. izokinetikus, izometriás). A protokollok közül a *maximális illetve a szubmaximális összehúzódások* az ismertebbek. Maximális összehúzódásoknál a vizsgált személy többször végez izometriás vagy dinamikus kontrakciókat. Általában 8-12 maximális összehúzódást követően rögzítik az első három kontrakció erejének (vagy forgatónyomatékának) átlagát és az utolsó három kontrakció erejének (vagy forgatónyomatékának) átlagát, majd kiszámolják a két átlag közti különbséget. Ennek alapján értékelhető a mért izomcsoportok állóképessége. Természetesen a legtöbb embernél csökkenés látható az erőértékekben. Ugyanazt a protokollt alkalmazva WHITE, és mtsai (2013) 18%-os fáradási értéket találtak a térdfeszítő izmokra és 30%-os értéket a szorítóerő izmaira.

3.3.3.2 Az erő-állóképesség mérése pályavizsgálatokkal

Pályavizsgálatoknál általában saját testsúllyal végrehajtott gyakorlatokat (felülések, fekvőtámaszban karhajlítások-nyújtások, húzódkodások) végeztetnek két formában. Maximális számú ismétlést (teljes kifáradásig) vagy előre meghatározott időintervallumban elvégzett maximális ismétlésszámot mérnek. Ezen kívül súlyok is alkalmazhatók a maximális ismétlésszám eléréséig az egy ismétléses maximum (1 RM) egy adott százalékában, vagy izometrikus módon az izom kontrakció megtartása a lehető leghosszabb ideig.

Az erő-állóképesség vizsgálatában elkülönítjük az *abszolút erő-állóképességet*, amely a maximális ismétlésszámot jelenti egy adott külső ellenállás mellett (pl. 50 kg); és a *relatív erő-állóképességet*, amely a maximális ismétlésszámot jelenti az egy ismétléses maximum egy adott százalékában (pl. 1 RM 50%-ával). A relatív erő-állóképesség nem érzékeny az edzettség változásaira, ezért az abszolút erő-állóképességi tesztek inkább preferálandók. Az erő-állóképesség szorosan összefügg a maximális erő mértékével, az abszolút erő-állóképesség és a maximális erő között pozitív összefüggés van. A relatív erő-állóképesség és a maximális erő között pedig negatív összefüggés áll fenn (RATAMESS, 2011). Az erő-állóképesség mérések



alacsonyabb megbízhatóságot mutatnak, mint a maximális erőmérések, ezért a vizsgálatokat nagyon körültekintően és standardizált módon kell elvégezni. Különös figyelmet kell fordítani a tempóra, aminek standardizálása érdekében célszerű metronómot használni.

Az erő-állóképesség vizsgálatába a sorozatban végrehajtott horizontális vagy függőleges ugrások is beletartoznak. Az ismétlésszám 10-30 közötti számérték lehet. Ha az első ugrásnál elért teljesítményből kivonjuk az utolsó ugrásnál elért teljesítményt, akkor a különbségből megkapjuk a fáradási rátát, azaz az izom erő-állóképességének szintjét. Ennél a próbánál az eredményt centiméterben adják.

3.3.4 A reaktív erő mérése

A reaktív erőpróbák az erő kifejtés képességét mérik az excentrikus-koncentrikus ciklus során, azaz egy sportoló mennyire képes hasznosítani és aktivizálni az excentrikus kontrakció során tárolt elasztikus energiát. Ezt egyszerűen a korábban már említett SJ és CMJ típusú ugrások eredményessége közti különbségből kaphatjuk meg. A két adat különbségéből (CMJ – SJ súlypontemelkedés) kiszámítható a reaktív erő index ($RSI = \text{reactive strength index}$) (TUFANO, és *mtsai.*, 2013). Ennek használatából az edző hasznos információkat kaphat a sportoló reaktív erő képességének színvonaláról. Például, amennyiben a CMJ típusú ugrások teljesítménye azonos a SJ típusú ugrások teljesítményével – vagy esetleg gyengébb utóbbinál – akkor a sportoló alsó végtagjainak reaktív ereje gyengének mondható, tehát fejlesztésre szorul.

Amennyiben rendelkezésünkre áll erőplató, akkor mély ugrásokkal is kiszámítható a reaktív erő index: a súlypontemelkedés mértékét megszorozzuk a talajra érkezés kontaktidejével (MCGUIGAN, és *mtsai.*, 2013).

A legismertebb módja a reaktív erő mérésének a mélybeugrások. Ezek elvégezhetők kétféleképpen: az egyszerű mélybeugrás, amelyiknél a talaj kontaktideje a lehető legrövidebb; a talajérintéssel a vizsgált személy minimális térdhajlítással a bokaízület aktív munkájával minél hamarabb megkezdni a felugrást ($BDJ = \text{Bounce Deep Jump}$). A másik az ellenmozgásos mélybeugrás, amelyiknél a lefelé irányuló szakasz hosszabb, a vizsgált személy térdhajlítással jobban megnyújtja az excentrikus szakaszt, mielőtt megkezdni az elrugaszkodást ($CMDJ =$



Counter Movement Deep Jump) (hasonlóan a CMJ típusú ugrásokhoz). A kétjellegű ugrás között előbbinél 20%-kal kisebb volt a súlypontemelkedés mértéke, mely arra enged következtetni, hogy a reaktív erő mérésére megbízhatóbb eredményeket tud nyújtani (MCGUIGAN, és *mtsai.*, 2013).

A mélyugrások különféle magasságból végezhetők, ezzel lehetőség nyílik az edzők és sportolók számára változó körülmények között tanulmányozni az excentrikus-koncentrikus ciklus erő kifejtésének képességét. Így megállapítható az optimális magasság a mélyugrások edzéséhez. Míg az optimálisnál alacsonyabb magasság inadekvát edzésingert nyújt, addig a magasabb nehezebben tolerálható megterhelést jelent, mely könnyen sérülésveszélyes is lehet. Megfelelő edzéssel ugyanakkora magasságról végrehajtott mélyugrások reaktív erő indexe jellemzően növekszik.



4. AZ ÁLLÓKÉPESSÉG

A szakirodalomban az állóképességet többféle szempont felől közelítik meg, így értelmezése sem egyöntetű. Általánosan elfogadott definíció szerint az állóképesség az a tulajdonságunk, amelyik lehetővé teszi a viszonylag hosszan tartó terhelésekkel szembeni ellenállást, a tartós munkavégzést a színvonal csökkenése nélkül. Tovább bontva ezt a megközelítést, az állóképesség fogalmának három fő elemét kell kiemelni. A fáradással szembeni ellenálló képességet, a minél rövidebb és hatékonyabb regenerációs képességet, és a folyamatos edzésterhelésekkel szembeni tűrőképességet. A mai versenysportban a regenerációs képesség egyre nagyobb hangsúlyt kap. Ez egyaránt vonatkozik a verseny alatti interval típusú terhelések közti regenerációs képességre, és a versenyek, edzések közti regenerációs képességre. Számos sportágban a sportolók folyamatosan mérkőzéseknek, versenyeknek vannak kitéve, ahol maximális teljesítményt kell nyújtaniuk. Ezekben az esetekben a magas szintű állóképesség nemcsak a hosszú terhelésekkel szembeni ellenállást fogja jelenteni, hanem a gyors és hatékony regenerációt is, ami lehetővé teszi az újabb, magas intenzitású terhelések befogadását. Természetesen a hagyományosan állóképességi sportokban (pl. futás, úszás, kerékpár hosszú távjai) az állóképesség a teljesítmény egyik fő tényezője; a nem tipikusan állóképességi sportokban pedig megfelelő alapot nyújt a folyamatos edzésterhelések tolerálásához, magas teljesítmény eléréséhez. Az állóképesség fejlesztése, magas szintje a következőkhöz is hozzájárul: kritikus helyzetekben a kognitív képességek megőrzése, a finom koordináció és a technikai tudás érvényesítése. Hiányos aerob állóképességgel gondolkodásunk és döntési gyorsaságunk színvonala romlik, a mozgások technikai végrehajtásában is komoly hibák jelentkezhetnek, ezek pedig sorsdöntőek lehetnek a mérkőzés vagy a verseny kimenetele szempontjából.

Az állóképesség megfelelő edzőmunkával jól fejleszthető, a magas szintű teljesítménynek azonban – a többi kondicionális képességhez hasonlóan – előfeltétele a kedvező genetikai háttér. Az állóképesség a versenysport mellett nagyon fontos szerepet tölt be az amatőr és a szabadidősportban is. Jól ismertek jótékony hatásai az egészséges életmód megőrzésében és az akkut és krónikus betegségek megelőzésében (GARBER, és *mtsai.*, 2011), az elhízás kezelésében



(SWIFT, és *mtsai.*, 2014) vagy pszichoszomatikus állapotok javításában (PALUSKA ÉS SCHWENK, 2000).

4.1 Az állóképesség felosztása

Az izomműködés energia forrásai és időtartama alapján az állóképességet a szakirodalomban (MARTIN, és *mtsai.*, 1991; HARSÁNYI, 2000) az alábbiak szerint csoportosítják:

Anaerob alaktacid állóképesség: nagy intenzitású, rövid ideig tartó terheléséknél a szervezet anaerob módon (oxigén jelenléte nélkül) jut az izommunkához szükséges energiához. Azért alaktacid, mert nem képződik tejsav. Ennek időtartama általában 8-10 másodperc, ami a sprint versenyszámok vagy az ugró, dobó számok jellemzője.

Anaerob laktacid állóképesség: intenzitástól függően 40-60 másodpercig tartó magas intenzitású terheléseknél a szervezet jelentős oxigén felhasználás nélkül működik, ami ebben az esetben már tejsavképződést eredményez. Az atlétika 200-400 méteres távjai, az úszás 100 méteres vagy a gyorskorcsolyázás 500 méteres távjai tartoznak ide.

Aerob állóképesség: hosszú ideig tartó terhelés, ahol aerob módon (oxigén jelenléte mellett) jut a szervezet az izommunkához szükséges energiához. Ezen terhelések időtartama 1-2 perctől akár több órán át tarthatnak. Az energiát a szervezet elsősorban szénhidrátokból és zsírokból nyeri, de bizonyos esetekben fehérje lebontására is sor kerülhet. A versenytáv időtartama szerint az aerob állóképesség tovább osztható rövid idejű állóképességre (35 mp – 2 p), közepes idejű állóképességre (2 – 10 p) és hosszú idejű állóképességre (> 10 p) (MARTIN, és *mtsai.*, 1991). A hosszú idejű állóképesség további fajtái:

- hosszú idejű állóképesség I (versenytáv ideje 10 – 35 perc)
- hosszú idejű állóképesség II (versenytáv ideje 35 – 90 perc)
- hosszú idejű állóképesség III (versenytáv ideje 90 – 360 perc)
- hosszú idejű állóképesség IV (versenytáv ideje >360 perc)



4.2 Az állóképes sportoló fő tulajdonságai

Edzett szív. Az állóképességi edzés olyan kardiovaszkuláris alkalmazkodási folyamatokat vált ki, amelyek eredménye többek között az edzett szív kialakulása (PAVLIK, 2011). Az edzett szívnek meghatározott jelei vannak, amelyek a szív morfológiai, funkcionális és regulációs tulajdonságait is érintik. Az edzett szívet a vázizomzathoz hasonlóan hipertrófia (elsősorban bal kamra hipertrófiája) jellemzi. Gazdaságosabb lesz a szív működése, javulnak szisztolés és diasztolés funkciói, valamint hatékonyabb lesz szabályozása is, ami elsősorban az alacsonyabb pulzusszámban és a csökkent nyugalmi perctérfogatban mutatkozik meg (PAVLIK, 2011).

Magas hematokrit szint. Állóképességi edzés hatására megnő a vörösvérsejtek koncentrációja és ezáltal a hematokrit szintje. Ez megnöveli a vér oxigénszállító kapacitását, ami segíti a magasabb állóképességi teljesítmény elérését.

Több mitokondria. Állóképességi edzéssel megszorodnak a mitokondriumok, melyeknek fontos szerepük van az energia termelésben, az ATP molekulák képzésében.

Magas glikogén raktárak. Növekszik a raktározott glikogén mennyisége, ezzel a szervezet több energiát tud biztosítani a sportolónak a fizikai munkához.

Magas mozgásgazdaságosság. A mozgásgazdaságosság az a szubmaximális terheléshez szükséges energiamennyiségét jelenti. Állóképes sportolóknál általában ez a tulajdonság fejlettebb, azaz hasonló intenzitású munkát kevesebb energiával is képesek végrehajtani, mint kevésbé edzett társaik.

Lassú izomrostok. Az állóképes sportolók izomzatában a lassú izomrostok dominálnak. A lassú izomrostok az oxidatív folyamatokban, az aerob energiatermelésben játszanak fontos szerepet.

Hőleadó képesség. Az állóképes sportolóknak általában jobb a hőleadó képességük. Ez lehetővé teszi, hogy adott terhelést hosszabb ideig vagy esetleg nagyobb intenzitással tudjanak folytatni, ami végül magasabb teljesítményhez vezethet.



4.3 A maximális oxigénfelvevő képesség

A maximális oxigénfelvevő képesség ($VO_2\max$) az izomzat maximális oxigén felhasználásnak a képességét jelenti fizikai aktivitás során. A maximális oxigénfelvevő képességet az állóképesség egyik legfontosabb indikátorának tartják. Jelentősége nem csak a tipikusan állóképességi versenyszámokban mutatkozik meg, hanem a viszonylag rövidebb versenytávokban is meghatározó szerepet tölt. MARTIN és *mtsai* (1991) szerint egy hét perces evezős verseny alatt az oxigénfelvétel már a második percben a maximális érték 90%-át éri el, a negyedik percben pedig már 98% körül van.

A maximális oxigénfelvevő képesség kifejezhető abszolút értékekben a percenkénti oxigén fogyasztás mértékével literben mérve (L/perc), relatív értékekben a testtömeg kilogrammra vonatkoztatott percenkénti oxigén fogyasztás mértékével milliliterben mérve (ml/kg/perc), és relatív értékekben a zsírmentes testtömeg kilogrammra vonatkoztatott percenkénti oxigén fogyasztás mértékével milliliterben mérve (ml/zsírmentes testtömeg (kg)/perc). Az abszolút értékeket leginkább az evezős ergométereken használják, a relatív értékeket pedig akkor, amikor mozgás során a testsúly nincs alátámasztva (pl. futás).

A maximális oxigénfelvevő képesség széles értékek között mozoghat: fiatal felnőtt férfiak esetében (20-30 évesek) 30 – 80 ml/kg/pec, nőknél pedig 25 – 65 ml/kg/perc közötti érték lehet. Jól edzett sportolóknak, azon belül főleg állóképességi sportolóknál általában ez az érték még magasabb. Edzéssel kb. 50%-kal növelhető. Látványos javulást tapasztalhatunk edzetleneknél, szívbetegségben szenvedőknél, vagy olyan személyeknél, akik jelentős testsúly csökkenést értek el. A kedvező genetikai hajlamnak itt is nagy szerepe van. BOUCHARD és *mtsai* (2011) szerint a maximális oxigénfelvevő képesség variációjának közel 50%-a genetikai tényezőktől függ. A kor, a nem, az edzettségi állapot meghatározóak a maximális oxigénfelvevő képesség alakulásában.

A 4.1 – 4.3 táblázatok a maximális oxigénfelvevő képesség normatív adatait tartalmazzák sportoló és nem sportoló populációra.

4.1 táblázat: A maximális oxigénfelvevő képesség normatív adatai átlag populációnál.



Életkor (év)	Férfiak (ml/kg/perc)	Nők (ml/kg/perc)
10-19	47-56	38-46
20-29	43-52	33-42
30-39	39-48	30-38
40-49	36-44	26-35
50-59	34-41	24-33
60-69	31-38	22-30
70-79	28-35	20-27

Forrás: WILMORE ÉS COSTILL (1994)

4.2 táblázat: A maximális oxigénfelvevő képesség normatív adatai sportolóknál.

	Életkor (év)	Férfiak (ml/kg/perc)	Nők (ml/kg/perc)
Baseball	18-32	48-56	52-57
Kosárlabda	18-30	40-60	43-60
Kerékpár	18-26	62-74	47-57
Kajak- Kenu	22-28	55-67	48-52
Amerikai Football	20-36	42-60	
Torna	18-22	52-58	35-50
Jégkorong	10-30	50-63	
Tájékozódási futás	20-60	47-53	46-60
Evezés	20-35	60-72	58-65
Alpesi Síelés	18-30	57-68	50-55
Sífutás	20-28	65-94	60-75
Labdarúgás	22-28	54-64	50-60
Gyorskorcsolya	18-24	56-73	44-55
Úszás	10-25	50-70	40-60
Atlétika – Diszkoszvetés	22-30	42-55	
Atlétika – Futás	18-39	60-85	50-75
Atlétika – Futás	40-75	40-60	35-60
Atlétika – súlylökés	22-30	40-46	
Röplabda	18-22		40-56
Súlyemelés	20-30	38-52	
Birkózás	20-30	52-65	

Forrás: WILMORE ÉS COSTILL (1994)



4.3 táblázat: Tájékoztatás céljából néhány ismert sportoló egyéni értékei.

VO ₂ max (ml/kg/perc)	Sportoló	Nem	Sportág
96.0	Espen Harald Bjerke	férfi	sífutás
96.0	Bjorn Daehlie	férfi	sífutás
92.5	Greg LeMond	férfi	kerékpár
92.0	Matt Carpenter	férfi	maratón
92.0	Tore Ruud Hofstad	férfi	sífutás
91.0	Harri Kirvesniemi	férfi	sífutás
88.0	Miguel Indurain	férfi	kerékpár
87.4	Marius Bakken	férfi	5.000m futás
85.0	Dave Bedford	férfi	10.000m futás
85.0	John Ngugi	férfi	sífutás
73.5	Greta Waitz	nő	maratón
71.2	Ingrid Kristiansen	nő	maratón
67.2	Rosa Mota	nő	maratón

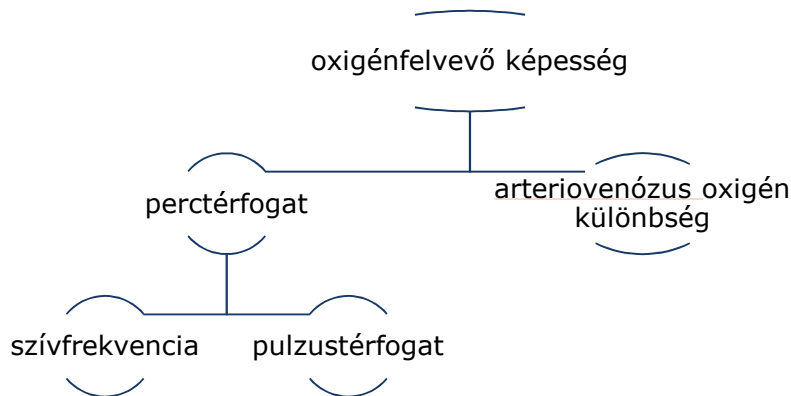
Forrás: WILMORE ÉS COSTILL (1994)

Az oxigénfelvevő képesség (VO₂) a perctérfogat és az arteriovenózus oxigénkülönbség szorzata.

$$VO_2 = CO \times AVO_2 \text{ diff} \quad (4.1)$$

ahol, VO₂ = az oxigénfelvevő képesség [L/perc], CO = perctérfogat [ml/min], AVO₂ diff = arteriovenózus oxigénkülönbség [ml/L].

A perctérfogat az oxigénfelvevő képesség központi komponensének a jellemzője, a szív munkájának mutatója. Kifejezi, hogy mennyi vért tud a szív kilökni az izmok felé egy perc alatt. A perctérfogat a pulzustérfogat (a szívizom egy összehúzódása által kilökött vér mennyisége) és a szívfrekvencia szorzata. Az oxigénfelvevő képesség szematikusan a 4.1 ábrán látható.



4.1 ábra: Az oxigénfelvevő képesség komponensei.

4.3.1 A maximális oxigénfelvevő képesség mérése

A maximális oxigénfelvevő képességet mérhetjük közvetlenül gázanalízátoros eszközökkel, vagy becsülhetjük regressziós egyenletek segítségével maximális vagy szubmaximális terheléses próbák alkalmazásával. Laboratóriumi környezetben ergométereken történő terheléses vizsgálokkal mérik. Ezek közül a legismertebbek a futószalag, a kerékpár, az evezős és a kajak ergométerek. Mivel a maximális oxigénfelvevő képesség sportspecifikus, ezért mérése meg kell hogy feleljen a sportági profilnak. A méréseknél figyelembe kell venni azt a tényezőt is, hogy a kiválasztott ergométer befolyásolhatja a kapott $VO_2\max$ értékeket. A kerékpár ergométerek például körülbelül 10%-kal alulbecsülik a $VO_2\max$ -ot a futószalag ergométerekhez képest (KLISOURAS, 1991). Mozgásanyaguk egyszerűsége miatt legjobban a futószalag és a kerékpár ergometriás vizsgálatok terjedtek el. A nem sportágspecifikus vizsgálatok esetében (pl. labdajátékosok, küzdősportolók) az eredmények egy általános képet adhatnak a sportolók kardiorespiratorikus állóképességéről, de ez nem hozható közvetlen kapcsolatba a vizsgált személy sportági teljesítményével.

Az oxigénfelvétel mérése közvetlenül gázanalízátorok segítségével történik. Speciális maszkon és szelepeken keresztül mérik a kilélegzett levegő mennyiségét és összetételét. A gázanalízis technológiája folyamatosan fejlődik. Korábban a Douglas típusú zsák volt a legelterjedtebb, amiben a kilélegzett levegőt gyűjtötték, és később elemezték annak oxigén és széndioxid koncentrációját. Legújabban a légzésről – légzésre technikát alkalmazzák (*breath*



to breath), amivel minden egyes kilégzés levegőmennyiségét és annak összetételét külön tudják mérni. Amennyiben a vizsgálat célja egyszerűen csak a maximális oxigénfelvevő képesség mérése, úgy bármilyen technika jól alkalmazható. Ha viszont a vizsgálat a terhelés függvényében szeretné követni az oxigénfogyasztás kinetikáját, akkor a légzésről-légzésre technikát célszerű alkalmazni (GORE, és *mtsai.*, 2013).

A vizsgálatokhoz alapvetően kétféle protokollt alkalmaznak, a maximális és a szubmaximális terheléses protokollok. A maximális protokolloknál direkt módon mérik a maximális oxigénfelvételt, a szubmaximális protokolloknál pedig néhány szubmaximális szinten mért értékek alapján (pl. oxigénfelvétel, szívfrekvencia, terhelés intenzitása) becsülik a maximális oxigénfelvételt. Mind a maximális, mind a szubmaximális protokollok jellemzően lépcsőzetes terhelést tartalmaznak, ahol megadott időintervallumokban emelik a terhelést (sebesség, futószalag meredeksége, kerékpár ergométerek esetén a fordulatszám és/vagy a watt teljesítmény növelése). A maximális protokolloknál a vizsgálat teljes kifáradásig tart, amíg a vizsgált személy bírja és tudja tartani az ergométer által diktált terhelést. Ezt a szintet „vita maxima” szintnek nevezik. Az oxigénfelvevő képesség lineárisan növekszik a terhelés növekedésével, egy szint után viszont az oxigénfelvétel stagnál, a terhelés növekedése ellenére az oxigénfelvételen további növekedés nem látható. Ezen a stagnáló szinten mért oxigénfelvételi értéket fogadják el a maximális oxigénfelvevő képességnek. Egészséges embereknél a maximális oxigénfelvevő képesség rövid (néhány hetes) időszakok alatt stabil és jól reprodukálható. A vizsgálatot legtöbbször a vizsgált személy állítja le, amikor úgy érzi, nem tudja folytatni. Mivel ez szubjektív megítélésen alapszik, nem biztos, hogy az oxigénfelvétel ekkor elérte a maximális potenciális értéket. Ennek kiküszöbölésére kritériumokat határoztak meg, a kritériumok elfogadásában eltérések figyelhetők meg a kutatók között (HOWLEY, és *mtsai.*, 1995):



- Az oxigénfelvétel a terhelés növekedése ellenére már ne emelkedjen tovább.
- A respirációs kvóciens ($RQ = CO_2/O_2$) érje el az 1,1 vagy annál nagyobb értéket.
- A vér tejsavkoncentrációja a regeneráció első öt percében ne legyen 8,0 mmol/L-nél kisebb.
- A pulzusszám érje el az életkorból adódóan elvárható maximális értéket (220-életkor).
- A terhelés időtartama legalább 5-6 perc legyen (PAVLIK, 2011).

Általánosan elfogadott nézet szerint a VO_2max vizsgálatoknál a legmegbízhatóbb eredményeket akkor kapjuk, ha a vizsgálat 8-12 perc között tart, ennél rövidebb vizsgálatok nagy intenzitási fokozatokat tartalmaznak, amelyek még a maximális oxigénfelvétel elérése előtt kimerüléshez vezetnek. A 16 percnél hosszabb vizsgálatok pedig legtöbbször a maximálisnál alacsonyabb oxigénfelvétel értékeket produkálnak (ROBERGS ÉS ROBERTS, 1997).

Számos spiroergometriás protokoll közül lehet választani, a vizsgáló személy, az edzővel és a sportolóval összhangban választhatja ki a legmegfelelőbb protokollt, az alapján, hogy a sportoló melyik protokollal tudja elérni aktuális maximális kapacitását, a „vita maxima” szintet.

Az alkalmazott protokollok közül talán a legismertebb a Bruce protokoll. Ez egy teljes kifáradásig tartó vizsgálat, ahol a futás sebessége és a futószalag meredeksége három percenként emelkedik. A vizsgálatot eredetileg kardiovaszkuláris betegségekben szenvedők fizikális állapotának vizsgálatára dolgozták ki, de jelentősen elterjedt sportolók körében is a maximális oxigénfelvétel megállapítására. A vizsgálat tíz szakaszból áll. A szakaszok terhelési jellemzőit a 4.4 táblázat mutatja.



4.4 táblázat: A Bruce protokoll szakaszai

Szakasz	Idő (perc)	Sebesség (km/h)	Meredekség (%)
Bemelegítés	10	-	-
1	0	2,74	10
2	3	4,02	12
3	6	5,47	14
4	9	6,76	16
5	12	8,05	18
6	15	8,85	20
7	18	9,65	22
8	21	10,46	24
9	24	11,26	26
10	27	12,07	28

A Bruce protokoll mellett az Astrand protokollt kell még kiemelni. Ez is teljes kifáradásig tartó vizsgálat, azonban a terhelési lépcsőkben csak a futószalag meredeksége növekszik, a sebesség állandó marad. A szakaszok terhelési jellemzőit a 4.5 táblázat mutatja.

4.5 táblázat: Az Astrand protokoll szakaszai

Szakasz	Idő (perc)	Sebesség (km/h)	Meredekség (%)
Bemelegítés	10		
1	0	8,05	0
2	3	8,05	2,5
3	5	8,05	5,0
4	7	8,05	7,5
5	9	8,05	10
6	11	8,05	12,5
7	13	8,05	15
8	15	8,05	17,5

Amennyiben nem áll rendelkezésre gázanalízis a maximális oxigénfelvétel indirekt meghatározásához STORER és mtsai (1990) kidolgoztak egy maximális terheléses tesztet kerékpár ergométeren 20 – 70 éves férfiakra és nőkre. A protokoll szerint az állandó fordulatszám mellett (70 fordulat/perc) percenként emelkedik az ellenállás mértéke 15 watt-tal. A kezdeti ellenállás 50 watt és a protokoll összesen 20 terhelési szintet tartalmaz. A maximális oxigénfelvétel kiszámítása az alábbi képletekkel történik:



Férfiak:

$$\begin{aligned} VO_2max \text{ (ml/kg/perc)} & \qquad \qquad \qquad (4.2) \\ & = (10,51 \times \text{elért watt teljesítmény}) + (6,35 \\ & \times \text{testtömeg (kg)}) - (10,49 \times \text{életkor}) \\ & + 519,3 \end{aligned}$$

Nők:

$$\begin{aligned} VO_2max \text{ (ml/kg/perc)} & \qquad \qquad \qquad (4.3) \\ & = (9,39 \times \text{elért watt teljesítmény}) + (7,7 \\ & \times \text{testtömeg (kg)}) - (5,88 \times \text{életkor}) + 136,0 \end{aligned}$$

A maximális oxigénfelvétel vizsgálatok kimerítőek és jelentősen megterhelik a vizsgált személyt. Megbízható adatokhoz teljes kifáradást kell elérni, ami igen nagy elszántságot, motiváltságot és a maximális terhelésekkel járó kellemetlen érzések tolerálását igényli. GORE és mtsai (2013) ajánlatai alapján, azokat, akik először vesznek részt ilyen vizsgálatokon, alaposan fel kell készíteni. El kell mondani a vizsgálat menetét, megmutatni az eszközöket, a légzős apparátust, azok működési elvét. Mindenképpen el kell magyarázni a vizsgált személynek, mit kell tennie, ha úgy érzi nem bírja tovább a terhelést, hogyan állíthatja le a vizsgálatot. Ez ideális esetben a vizsgálatot megelőző napokban történik. Ajánlatos továbbá pihent állapotban érkeznie a vizsgálatra, ami élsportolók esetében a sűrű edzések miatt sokszor nehezen kivitelezhető. Fontos továbbá a vizsgálat alatt a kommunikáció és a folyamatos biztatás, főleg fiatal sportolók esetében. Amennyiben a vizsgált személy igényli, akkor adható visszacsatolás a vizsgálat aktuális állapotáról, időtartamáról, a legfőbb paraméterekről.

4.3.1.1 A maximális oxigénfelvevő képesség mérése szubmaximális terhelésekkel

A teljes kifáradásig tartó protokollok megbízhatóságuk ellenére nehezebben alkalmazhatóak olyan személyeknél, akik nem kellően edzettek, vagy bármilyen okból nem vállalják egy maximális terhelés hatásait. Ennek megoldására a kutatók **szubmaximális protokollokat** dolgoztak ki, amelyek fokozott biztonsággal és könnyen végrehajthatók



idősebbeknél, az átlag populációnál, vagy akár a klinikai gyakorlatban is. A mérések után becsléssel állapítják meg a maximális oxigénfelvételt. Ezeknél a vizsgálatoknál általában rögzítik a szívfrekvencia és az oxigénfelvétel értékeit két vagy több terhelési szinten, a szinteken kapott értékek közti összefüggés valamint az életkor szerint várható maximális szívfrekvencia alapján becsülik meg a maximális oxigénfelvételt.

Az alkalmazott regressziós egyenletek legtöbbször protokoll és minta specifikusak, azaz validitásuk és megbízhatóságuk csak azoknál a protokolloknál és populációknál elfogadott, amelyeknél a mérések és a tesztelések történtek. A vizsgálati mintától függően bizonyos protokolloknak eltérő egyenleteik vannak. Olyan tényezők, mint például az életkor, a nem vagy akár az edzettségi állapot módosíthatják az egyenleteket. A becsléshez többféle mutatót is használnak. Például, a próbán elért teljesítményt (pl. sebesség, megtett távolság, időtartam, watt teljesítmény) a vizsgált személyek testméreteit és életkorukat, valamint élettani funkciókat (leggyakrabban a szívfrekvencia, illetve ha rendelkezésre áll az oxigénfelvétel értékei).

Az egyetlen protokoll, amelyik eltérő életkorú és edzettségi állapotú személyeknél is alkalmazható az EBBELING és *mtsai* (1991) által kidolgozott egy szakaszos szubmaximális gyalogló teszt. A teszt három darab négy perces szubmaximális 0%-5%-10%-os meredekségű és 3,22-4,83-6,44 km/h sebességű szakaszból áll. A szakaszok utolsó 30 másodpercében mérik a szívfrekvenciát. A maximális oxigénfelvétel az 5%-os meredekségi szakasz paraméterei szerint (sebesség, szívfrekvencia, vizsgált személy neme) a következő képlet alapján számítható ki:

$$\begin{aligned} VO_2max = & 15,1 + 21,8 \times \text{sebesség (ml/h)} - 0,327 \\ & \times \text{szívfrekvencia (ütés/perc)} - 0,263 \times \text{sebesség} \\ & \times \text{életkor (év)} + 0,00504 \times \text{szívfrekvencia} \\ & \times \text{életkor} + 5,98 \times \text{nem (nők = 0 férfiak = 1)} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Kerékpár ergométeren az Astrand-Rhyming próba és nomogram terjedt el (ROBERGS ÉS ROBERTS, 1997). A vizsgálat egyetlen hat perces szakaszból áll, ahol előre beállítják a kerékpár ergométer watt teljesítményét a vizsgált személy edzettségi állapotától függően: 1,5 kp (75 watt) edzetleneknél, 2 kp (100 watt) közepesen edzetteknel, 3 kp (150 watt) edzetteknel. A



pedálfordulat a vizsgálat teljes időtartama alatt 50 fordulat/perc értékben állapították meg. A szívfrekvenciának a 130-160 ütés/perc tartományon belül kell maradnia, amennyiben alatta van, emelni kell az ellenállást (50 watt-tal). Egy nomogram segítségével a mért szívfrekvencia és az életkor alapján becsülik meg a maximális oxigénfelvételt.

Egy másik szubmaximális próba a több szakaszos YMCA próba. A próba három perces szakaszokból áll, a szakaszok száma a célpulzus tartomány függvényében változik. A szívfrekvenciának 110-150 ütés/perc közti tartományon belül kell maradnia legalább két egymást követő szakaszon keresztül, amit minden szakasz utolsó percének második felében kell mérni. A szívfrekvencia nem emelkedhet az életkor szerinti (220-életkor) maximális érték 85%-a fölé. Ha ezt az értéket túlhaladja, akkor a vizsgálatot le kell állítani. A kezdő ellenállás 150kgm/perc és a kezdő pedálfordulat 50 fordulat/perc. A maximális oxigénfelvételt a két utolsó szakasz szívfrekvencia és watt teljesítmény adataiból számolják ki (ROBERGS ÉS ROBERTS, 1997).

4.3.1.2 A maximális oxigénfelvétel mérése pályavizsgálatokkal

Pályavizsgálatok közé azokat a vizsgálatokat soroljuk, amelyeket laboratóriumi környezetben kívül végzünk. Jellemzően, a pályavizsgálatokat kizárólag a sportolók mérésére használják, az átlagpopuláció vizsgálata során nem szoktak ilyen típusú vizsgálatokat alkalmazni.

Pályavizsgálatoknál számos protokoll közül lehet választani, maximális vagy szubmaximális terhelésekkel egyaránt. Az oxigénfelvétel mérése történhet telemetriás légzésmérő eszközökkel vagy kiszámítható a vizsgálat paramétereiből. A telemetriás légzésmérés hasonló elven működik, mint a laboratóriumi gázanalízis. Ugyanúgy tudja mérni a kilélegzett levegő mennyiségét és összetételét, és ezekből az oxigénfelvétel értékeire lehet következtetni. A 12 elvezetéses EKG segítségével a szív működését lehet követni, a beépített GPS rendszerek a megtett távolság és a sebesség adatait jelzik, amelyeket később szinkronizálnak a gázanyagcsere adatokkal. Az eszközök mérési hatótávolsága 800-1000 m között van, tehát a vizsgált személy a mérés során szabadon mozoghat az ennek megfelelő területen (pl. atlétika pálya). A telemetriás mérések legnagyobb előnye, hogy a sportolókat saját



környezetükben és saját mozgásanyaguk közben tudják mérni. Így az eredmények sportág- illetve versenyszám specifikusak lehetnek, és nagyobb biztonsággal használhatók az edzői munkában. Utóbbi nem vonatkozik azokra a sportágra, ahol a test-test elleni küzdelmek a terhelés jelentős elemei (pl. labdajátékosok, küzdősportok). Ezen sportágak reális gyakorlása közben a felszerelt eszközök zavarhatják a sportolót a mozgás kivitelezésében. A telemetriás oxigénfelvétel mérés jó összefüggést mutat a tipikus laboratóriumi mérésekkel.

A becslésekhez alkalmazott egyenletek esetén itt is figyelembe kell venni a vizsgálati minta jellemzőit, ugyanis a különböző egyenletek megbízhatóságát konkrét mintákon ellenőrizték, az egyenletek általánosítása vagy transzferálása más típusú vizsgálati minták esetén megkérdőjelezhető. A becslés általában olyan paraméterek felhasználásával történik, amelyek jól követik a maximális oxigénfelvétel kinetikáját (pl. szívfrekvencia, sebesség, a protokoll időtartama).

A maximális oxigénfelvétel mérése legtöbbször futópróbákkal történik, de bizonyos sportágakban más típusú próbákkal is találkozhatunk (pl. kerékpározás, úszás, sífutás). Nem sportág specifikus mérések esetén a futópróbák terjedtek el leginkább.

GEORGE és mtsai (1993) kidolgoztak egy 1,5 mérföld maximális futásra épülő tesztet a maximális oxigénfelvétel becslésére. A teszt egyetemista korú fiatalokra érvényes. A vizsgált személyeknek a lehető legnagyobb sebességgel kellett teljesíteniük a távot, miközben mérték az időeredményt és a szívfrekvenciát. A teszt könnyen, egyszerűen kivitelezhető, emellett nagy előnye, hogy időkímélő, egyszerre több embert is lehet mérni vele. A maximális oxigénfelvétel kiszámításához javasolt egyenlet:

$$VO_2max = 88,02 + (3,716 \times nem) - (0,0753 \times TT - (2,767 \times időeredmény)) \quad (4.5)$$

ahol, VO_2max = a maximális oxigénfelvétel [ml/kg/perc], TT = a testtömeg [font], nem : férfiak = 1, nők = 0, $időeredmény$ = a futás időeredménye [perc]

A maximális próba mellett GEORGE és mtsai (1993) egy szubmaximális próbát is kidolgoztak, az egy mérföldes futást (1-mile jog test). A próbát egyetemista korú fiatalokkal



végeztették. Kényelmes tempóban kellett lefutni az egy mérföldet, miközben mérték az időeredményt és közvetlenül a futás után a szívfrekvenciát. A maximális oxigénfelvétel kiszámításához alkalmazott képlet:

$$\begin{aligned} VO_2 \text{ max}(ml/kg/perc) & \quad (4.6) \\ & = 100,5 + (8,344 \times nem) \\ & - (0,0744 \times \text{testtömeg (font)}) - (1,438 \\ & \times \text{időeredmény (perc)} - (0,1928 \\ & \times \text{szívfrekvencia}) \end{aligned}$$

ahol, a nem: férfiak =1, nők =0

A kardiorespiratorikus állóképesség értékeléséhez tartoznak még a jól ismert Cooper teszt, Harvard step teszt, főleg a labdajátékosoknál használt 20 méteres ingafutás és a Yo-Yo teszt is. +Ezek eredményeiből is becsülhető a maximális oxigénfelvétel.

A **Cooper teszt** megbízható becslést tud nyújtani az aerob állóképességről, és nem mellesleg könnyen és költséges eszközök nélkül alkalmazható (COOPER, 1987). Korábbi vizsgálatok jó összefüggést találtak ($r=0,9$) az oxigénfogyasztással, tehát megbízhatóan alkalmazható az állóképesség mérésére (NÁDORI, és mtsai., 1989). A próba célja: sík terepen minél hosszabb távot teljesíteni 12 perc alatt. Az eredményt méterben adják meg. Az oxigénfelvétel kiszámolható:

$$VO_2 = \frac{\text{távolság} - 504,9}{44,73} \quad (4.7)$$

ahol, VO_2 = az oxigénfelvétel [L/perc], *távolság* = a 12 perc alatt megtett távolság [m].

A **Harvard step tesztet** 1943-ban dolgozták ki a Harvard Egyetemen az általános fittségi állapot értékelésére. Egy 50 cm magas zsámolyra kell folyamatosan fellépni öt percen keresztül, megadott tempóban (két másodpercenként egy fel- lelépés, azaz percenként 30-szor kell fellépni). A vizsgálat után mérjük a szívfrekvenciát a restitutionó első, második és harmadik percében. A fittségi index az alábbi képlet alapján számolható ki:



$$Index = \frac{30 \times 100}{HR1 + HR2 + HR3} \quad (4.8)$$

ahol, $HR1$ = a szívfrekvencia a restitúció első percében [ütés/perc], $HR2$ = a szívfrekvencia a restitúció második percében [ütés/perc], $HR3$ = a szívfrekvencia a restitúció harmadik percében [ütés/perc].

A **20 méteres ingafutást** 1982-ban dolgozták ki (LÉGER ÉS LAMBERT, 1982). Ennek a próbának az előnyei közé sorolható, hogy egyszerű, nem költséges és speciális mérőeszközök nélkül elvégezhető. Egy 20 méter hosszú futópálya is elég hozzá, és egyszerre több embert is lehet mérni vele. Az ingafutás az atlétika pályán való próbákkal szemben (pl. Cooper teszt) irányváltoztatásokat és fordulásokat tartalmaz, emiatt gyakran alkalmazzák labdajátékosok aerob állóképességének mérésére (SVENSSON ÉS DRUST, 2005; CHAOUACHI, és mtsai., 2009; DRINKWATER, és mtsai., 2007). A vizsgálat során két egymástól 20 méterre lévő határvonal között kell ingázni 8,5 km/h induló sebességgel. A sebesség percenként 0,5 km/h irammal emelkedik. Az iramot egy magnetofon diktálja. A vizsgált személynek a magnetofon jelére kereszteznie kell a határvonalat. A vizsgálat addig tart, amíg a vizsgált személy tudja tartani a magnetofon által diktált iramot. Amennyiben kétszer egymás után nem éri el a határvonalat a hangjel elhangzása előtt, akkor be kell fejeznie a vizsgálatot. A próba eredménye alapján viszonylag jó megbízhatósággal becsülhető az oxigénfelvétel ($r = 0,84$) (LÉGER ÉS LAMBERT, 1982). Az oxigénfelvétel becsüléséhez alkalmazott képlet:

$$VO_2 = 5,857 \times \text{maximális sebesség} - 19,458 \quad (4.9)$$

ahol, *maximális sebesség* = a próba utolsó teljesített távjának sebessége [km/h].

A 20 méteres ingafutás próbát számos kritika érte abból a szempontból, hogy nem érzékeny az edzettség változásaira, és nem tudja visszaadni a különböző szintű játékosok közti minőségbeli különbségeket (SVENSSON ÉS DRUST, 2005).

A **Yo-Yo teszt** hasonlóságot mutat a 20 méteres ingafutással. Eredendően labdarúgók mérésére fejlesztették ki, de jól adaptálható más labdajátékosokra is. Ebben a próbában nem csak az ingafutások teljesítésének képességét mérik, hanem a gyors regenerációs képességet is.



A vizsgálat annyiban különbözik az előbb említett 20 méteres ingafutástól, hogy két ingafutást követően meghatározott pihenőidőt iktattak, így interval típusú terheléssé alakították a vizsgálatot, ami közelebb áll a labdajátékosok terhelési jellemzőihez. Itt is a megtett ingafutások számát és az utolsó teljesített táv sebességét regisztrálják. SVENSSON ÉS DUST (2005) szerint a Yo-Yo teszt labdarúgók esetében magasabb validitású és érzékenyebb mutatója az aerob állóképességnek, mint a maximális oxigénfelvétel direkt vagy indirekt mérései.

4.3.2 A laktát küszöb mérése

Az elmúlt években a kutatók a maximális oxigénfelvétel mellett más tényezők fontosságát is hangsúlyozzák az aerob képesség megítélésében. Ezek közül az egyik a laktát küszöb. Laktát küszöbnek nevezik azt a szintet, ahol a vértejsav koncentrációja a nyugalmi szint fölé emelkedik (PAVLIK, 2011). Ez a szint az aerob küszöbnek is megfelel. Tekintettel arra, hogy a legtöbb sportágban a sportolók sportolásuk alatt nem érik el a maximális oxigénfelvétel szintet, és leginkább a szubmaximális intenzitási zónában maradnak, a laktát küszöb meghatározása pontosabb mutatója a kardiorespiratorikus állóképességnek, mint a VO_2max (ROBERGS ÉS ROBERTS, 1997). Tulajdonképpen az 1.500 méternél hosszabb futó versenyszámokban a laktát küszöb szintjén elért egyéni intenzitás meghatározó mutató a teljesítmény szempontjából. Minél magasabb az elért intenzitás a laktát küszöbön, annál jobb teljesítmény érhető el. Természetesen a laktát küszöb szorosan összefügg a maximális oxigénfelvétellel, magas VO_2max értékek magasabb laktát küszöböt biztosíthatnak. A kardiorespiratorikus állóképesség értékeléséhez mindkét mutató meghatározása fontos.

Több kutató szerint a laktát küszöb érzékenyebben reagál a terhelés alatt zajló alkalmazkodási folyamatokra. Ezzel arra utalnak, hogy a laktát küszöb mérése erős indikátora az edzettség változásainak, az aktuális edzettségi állapot megállapításának. A vértejsav szintjének kinetikája különösen fontos lehet azonos maximális oxigénfelvétel értékekkel rendelkező sportolóknál, vagy olyan esetekben, ahol a teljesítmény változása mellett a maximális oxigénfelvétel nem változik. BOURDON (2013) és GORE és mtsai (2013) munkáiban középtávú futók fiziológiai paramétereit mérték két éven keresztül. Azt figyelték meg, hogy a maximális oxigénfelvétel nem változott meg a vizsgált időszak alatt, de a futóteljesítményük



javult, emelett a laktát küszöb is javult. Ebből arra a következtetésre juthatunk, hogy élsportolóknál a laktát küszöbnek a szerepe a teljesítményben nagyobb, mint a maximális oxigénfelvételé, valamint hogy edzés hatására a laktát küszöb képes emelkedni még akkor is, amikor a maximális oxigénfelvétel már nem emelkedik (BOURDON, 2013).

A laktát küszöb szoros összefüggésben áll az állóképességgel, mi több, az aerob állóképesség egyik kritériuma (FAUDE, és *mtsai.*, 2009). A laktát küszöb mérése tehát fontos egyrészt az állóképességi teljesítmény értékelése, másrészt az elvárható állóképességi teljesítmény predikciója szempontjából.

A laktát küszöb mérésénél figyelembe kell venni a protokoll típusát (folyamatos vagy interval terhelés), a terhelés teljes időtartamát és a környezeti hatásokat, mivel ezek a tényezők mind befolyasolhatják az eredményeket. Fontos a mérések körülményeinek standardizálása, hogy azok reprodukálhatók és összehasonlíthatók legyenek. BOURDON (2013) a laktát küszöb mérések alapelveit az alábbiak szerint foglalta össze:



- Amennyiben interval típusú terhelést alkalmazunk, akkor a pihenőidők ne legyenek egy percnél hosszabbak, a tejsav mérése pedig a pihenő idő 10. és 40. másodperce között történjen.
- A terhelés fokozatainak száma öt és hét között legyen.
- A terhelés fokozatainak intenzitását érdemes valamivel csökkenteni, így pontosabb lehet a laktát küszöb meghatározása.
- Akár az ergométer típusánál, akár a vizsgálati protokoll kiválasztásnál figyelembe kell venni a vizsgált személy sportágának vagy versenyszámának specifikumait.
- Pályavizsgálatok esetén a hőmérséklet is módosíthatja a laktát küszöb értékeit. Meleg időben a vértejsav koncentrációja nyugalomban és terhelés alatt is emelkedik, hasonló tapasztalhatunk a tengerszint feletti magasság növekedésénél, vagyis magaslaton is. Hideg időben a laktát küszöb magasabb intenzitásnál jelentkezik csak.
- A méréseket az edzések vagy a versenyek időpontjában javasolt megtervezni. Figyelembe kell venni a vizsgált személyek napi biológiai ritmusát, időbeosztását.
- A vértejsav koncentrációja összefügg a tápláltsági állapottal, a glikogén raktárak telítődésével. Amikor a glikogén raktárak kiürülnek, akkor alacsonyabb laktát értékeket kapunk, amiből megtévesztő következtetéseket vonhatunk le.

A laktát küszöb témaköréhez tartozik a maximális laktát steady state is (*MLSS = maximal lactate steady state*). Ez azt az intenzitási szintet tükrözi, mely még huzamosabb ideig fenntartható a vértejsav koncentráció jelentős emelkedése nélkül (1,0 mmol/L-nél kisebb mértékű emelkedés). Ez a szint az anaerob küszöbnek is megfelel, fölötte már az anaerob anyagcsere folyamatok dominálnak (PAVLIK, 2011) és jó összefüggést mutat az állóképességi teljesítménnyel (FAUDE, és mtsai., 2009; JONES ÉS CARTER, 2000). Általában az anaerob szint a 4 mmol/L vértejsav értéknél jelentkezik. Az állóképességi teljesítmény szempontjából meghatározó az az intenzitási szint, ahol az anaerob küszöb megjelenik. Edzetlen személyeknél ez a maximális intenzitás akár a 60-70%-ánál is megjelenhet, míg edzett személyeknél az intenzitási zóna 85-90%-át is elérheti. Az MLSS úgy is definiálható, hogy alatta a terhelés



intenzitása még tolerálható; fölötté a terhelés nem tartható fenn sokáig, és rövid időn belül a terhelés befejezésére kerül sor.

Ennek mérése általában úgy történik, hogy egy minimum 30 perces terhelést többször, eltérő intenzitással (a maximális oxigénfelvevő képesség 50-90%-os intenzitása között) kell elvégezni. Az egyes méréseket külön napokon kell megejteni. A vértejesav koncentrációját a terhelés különböző szakaszaiban kell megmérni (elején, 10. – 20. – 30. percben). Azt az intenzitási szintet, ahol a vértejesav koncentrációja a terhelés 10. és 30. perce között nem emelkedik 1 mmol/L-nél többet, azt elfogadjuk maximális laktát steady state szintnek vagy anaerob küszöbnek (FAUDE, és *mtsai.*, 2009). Amennyiben az anaerob küszöb mérését összehangoljuk a szívfrekvencia mérésével és az intenzitás mutatóival (pl. sebesség, watt teljesítmény, ellenállás mértéke) hasznos információkat kaphatunk a sportoló anaerob küszöb profiljáról, amely alapján a fejleszteni kívánt képesség függvényében tervezhető meg az edzések intenzitása.

A vérteljsav értékein kívül az aerob és az anaerob küszöbök a gázcsere adataiból is meghatározhatók. Ilyen például a respirációs kvóciens (RQ), amely az anaerob küszöb szintjén 0,95-1,0 fölé emelkedik, vagy az V-slope módszer, amely az O₂ és a CO₂ térfogat függvényét mutatja. Az anaerob küszöb alatt ez a görbe 45 fokos, fölötté pedig attól balra eltér (PAVLIK, 2011).

Az aerob és az anaerob küszöbök együttes használatával elemezni tudjuk az aerob – anaerob anyagcsere átmeneteit és kinetikáját, és ennek birtokában még pontosabban lehet megtervezni az állóképeségi edzéseket. Meg kell jegyezni azonban, hogy ezen küszöbök kapcsolata a teljesítménnyel nem minden sportágban egyforma. Legerősebb összefüggéseket a futóknál találtak, a többi sportágnál pedig nagy eltérések láthatóak, részben a mérések eltérő metodikája miatt. Jól tudjuk, hogy a csapatjátékoknál vagy a küzdősportoknál a sportágspecifikus teljesítmény szimulálása nem egyszerű feladat, hiszen ezen sportágakban a teljesítmény több komponenből áll össze. Például a kosárlabdázásban a játékterhelés nem csak a megtett futás mennyiségéből és intenzitásából áll, hanem vertikális mozgásokból (felugrások), irányváltoztatásokból, test-test elleni küzdelmekből is. Érdemes lenne tehát itt is olyan



sportágspecifikus tesztekkel mérni a laktát és az anaerob küszöb értékeit, amelyek a sportágra jellemző mozgásokat tartalmazzák, és lehetőleg minél több terhelési összetevőre kiterjednek.

4.3.2.1 A laktát küszöb mérése pályavizsgálatokkal

Az anaerob küszöb meghatározásához rendszerint vérvétel szükséges. Ez amellet, hogy sokak számára nem túl népszerű eljárás, még költséges is. Pályavizsgálatok segítségével, a szívfrekvencia folyamatos mérésével Conconi és mtsai 1982-ben kidolgozták a **Conconi tesztet**. Ez egy lépcsőzetes teszt, ahol az intenzitás (itt futósebességben mérve) szakaszonként emelkedik, minden szakasz végén rögzítik a szívfrekvencia értékeit (pulzusmérő eszközökkel). A terhelés első szakaszaiban az intenzitás és a szívfrekvencia lineáris összefüggést mutat, amely arra enged következtetni, hogy az energiaellátást az aerob anyagcsere biztosítja. Egy idő után azonban törés látható a szívfrekvencia és az intenzitás között: az intenzitás további emelkedését nem követi a szívfrekvencia emelkedése. Ezt a pontot töréspontnak nevezik, és arra utal, hogy az energiaellátásban jelentős mértékben az anaerob folyamatok aktivizálódnak. A törésponton mért sebességet sebesség eltérésnek (vagy sebesség küszöbnek) ($VD = velocity deflection$), a szívfrekvenciát pedig szívfrekvencia eltérésnek (vagy szívfrekvencia küszöbnek) nevezik ($PD = pulse deflection$). A töréspont megegyezik az anaerob küszöbvel.

A Conconi tesztet 400 méteres pályán szokták végrehajtani, mert 200 méteres szakaszokból tevődik össze. A bemelegítést követően a vizsgált személy egy állandó sebességgel (12km/h vagy 60mp/200m) kezdi meg az első 200 métert és minden következő 200 méteren úgy növeli a haladási sebességét, hogy annak lefutási ideje 3-4 másodperccel alacsonyabb legyen, mint az előzőé. Amikor a vizsgált személy már nem tudja tartani a sebességet, akkor abba kell hagyni a tesztet. Alacsonyabb állóképességgel rendelkező személyeknek a kezdő sebesség értéke alacsonyabbra is állítható (10-11 km/h). Fontos, hogy az elemzéshez 19-20 részadat álljon rendelkezésre (HARSÁNYI, 2000). A 200 méteres részidőket a 4.6 táblázat tartalmazza



4.6 táblázat: A Conconi teszt 200 méteres részidői.

200 méteres részidők (p:mp,0)			
1:00,0	5:27,0	9:12,3	12:27,1
1:57,5	6:15,0	9:53,4	13:03,1
2:52,5	7:01,4	10:33,4	13:38,2
3:45,8	7:46,4	11:12,3	14:12,5
4:37,2	8:30,0	11:50,2	14:46,0

Forrás: MARTIN, és *mtsai* (1991)

4.3.3 A mozgásgazdaságosság mérése

Az állóképességi teljesítménynek egy másik eleme és mutatója a mozgásgazdaságosság szubmaximális terhelés mellett. A mozgásgazdaságosság az energia felhasználásának a hatékonyságát jelenti és kifejezhető az oxigénfelvétel értékével szubmaximális terhelésnél (SAUNDERS, és *mtsai.*, 2004). A mozgásgazdaságosságot főleg futóknál tanulmányozták, erre utal az angol terminológia is (*RE= running economy*), de valamennyi állóképességi sportágra (pl. kerékpár, úszás, evezés, sífutás) érvényes. A laktát küszöbhez hasonlóan a mozgásgazdaságossági mutatót éltsportolóknál, (vagy hasonló maximális oxigénfelvétel értékekkel rendelkező sportolók között) az állóképességi teljesítmény jobb indikátorának tartják, mint a maximális oxigénfelvételt (SAUNDERS, és *mtsai.*, 2004). Ennek alapján az állóképességi teljesítmény fejlesztésének egyik módja a mozgásgazdaságosságának a javítása.

A mozgásgazdaságosság mérése tipikusan laboratóriumi környezetben történik. Ennek előnye – de egyben hátránya is – a körülmények állandósága és kontrollálhatósága. A mérések így megbízhatók, de nagy óvatosságot igényel az eredmények átvitele valódi sportági körülményekre. Ennek ellenére a laboratóriumi mozgásgazdaságosság vizsgálatok tükrözhetik az edzettség változásait; ugyanis vélhetően laboratóriumban mért változások a mozgásgazdaságosságában a valódi sportági körülményekben is megmutatkoznak. SAUNDERS és *mtsai* (2004) szerint éltsportolóknál a mozgásgazdaságosságot a maximális oxigénfelvétel 85%-ának megfelelő vagy annál kisebb terhelésintenzitási szinten kell mérni.



A mérési protokollokhoz steady state állapot elérése szükséges (BARKER ÉS ARMSTRONG, 2011). Például egy tipikus terheléses vizsgálatnál a három perces szakaszok során az oxigénfelvételt a szakasz második és harmadik perce között mérik. A terhelés intenzitásának a laktát küszöbhez tartozó intenzitás alatt kell maradnia. A terhelés oxigénigényének megállapításához hasznos információt adhat a haladási sebesség (vagy a watt teljesítmény kerékpárosoknál) a maximális oxigénfelvétel szintjén. Ebből lineáris regressziók segítségével kiszámítható az oxigénfelvétel szubmaximális sebességénél, ami jól hasznosítható az edzés vagy a versenyek intenzitásának megtervezésénél (BARKER ÉS ARMSTRONG, 2011).

A telemetriás oxigénfelvevő eszközök ebben az esetben is nagy segítséget nyújthatnak a pályavizsgálatokhoz. Versenyszám specifikus protokollokat alkalmazva közelebb kerülhetünk a vizsgált személy energiafelhasználásának kinetikájához, pontosabb edzés beavatkozásokat megengedve. Pályavizsgálatoknál ügyelni kell az időjárási viszonyokra (hőmérséklet, szélviszonyok, páratartalom), mivel ezekre az oxigénfelvételt meghatározó mozgásgazdaságossági tényező érzékenyen reagál. Az időjárási viszonyok viszonylagos stabilitása nagyon fontos az ismételt vizsgálatoknál.

4.3.4 A kritikus intenzitás

A kritikus intenzitás ($CP = critical\ power$) a nehéz és a nagyon nehéz intenzitási zónák közti határt jelenti (BARKER ÉS ARMSTRONG, 2011). Az állóképességhez úgy kapcsolódik, hogy tulajdonképpen azt az intenzitási szintet tükrözi, mely huzamosabb ideig még fenntartható. Lényegében megegyezik a maximális laktát steady state szinttel. A kritikus intenzitási szinten a szervezet még aerob módon tud energiához jutni, a CP a laktát küszöb és a maximális oxigénfelvétel szintje között található. A kritikus intenzitás összefügg a munkamennyiséggel, mely a teljes kifáradásig még elvégezhető. Ez az alábbi képlet alapján adható:

$$W = P \times T \quad (4.10)$$

ahol, W = a teljes kifáradásig elvégezhető munkamennyiség [KJ], P = adott terhelés intenzitása [Watt], T = a teljes kifáradásig eltelt időtartam [mp].



Clark (2014) számításai alapján a kritikus intenzitás fölött a sportoló meghatározott munkamennyiséget képes elvégezni (W'). Amikor ennek a munkamennyiségnek az energiataralékai elfogynak, akkor bekövetkezik a teljes kifáradás, vagyis a terhelés befejezése. A teljes kifáradás időtartama az alábbi képlettel számítható ki:

$$\text{Kifáradás időtartama} = W' / (P - CP) \quad (4.11)$$

ahol, W' = a kritikus intenzitás fölött elvégezhető munkamennyiség [KJ], P = adott terhelés intenzitása [Watt], CP = kritikus intenzitás [Watt].

A kritikus intenzitás megállapításához leggyakrabban a három perces maximális terheléses tesztek alkalmazását használják. Ezek futószalagon vagy kerékpár ergométeren is elvégezhetők. A kritikus intenzitás a teszt utolsó 30 másodpercének az átlag intenzitásából (vagy watt teljesítményéből kerékpáros vizsgálatoknál) számítható ki. A kritikus intenzitás fölötti munkamennyiség az előbbi képlet alapján:

$$W' = 150 \times (P150 - CP) \quad (4.12)$$

ahol, W' = a kritikus intenzitás fölött elvégezhető munkamennyiség [KJ], $P150$ = a teszt első 150 másodpercének átlagintenzitása [Watt], CP = a kritikus intenzitás [watt].

Az állóképességi teljesítmény szoros összefüggésben áll a kritikus intenzitás koncepcióval, állóképességi edzés hatására a kritikus intenzitás szintje emelkedik (BARKER ÉS ARMSTRONG, 2011; JONES ÉS CARTER, 2000).

4.3.5 Anaerob kapacitás

A teljesítménydiagnosztikai eljárások többségében az aerob kapacitás mérése szerepel. Azonban vannak olyan sportágak és versenyszámok (pl. sprintek, 400 m futás, 1 km pálya-kerékpár, ugró, dobó számok), ahol az aerob kapacitás mérése kevés információt adhat a sportági teljesítményről, így gyakorlati használhatósága alacsony. Ezekben a sportágakban a sportolók anaerob teljesítményének mérése fontosabb információkat adhat a



teljesítőképességről. Az anaerob anyagcsere során a szervezet oxigénadósság mellett tudja energiaigényét fedezni. Ez a nagy intenzitású, rövid ideig tartó terheléseknél fordul elő.

Az anaerob teljesítmény értékelésénél el kell különíteni a maximális anaerob teljesítményt (*anaerobic power*) az anaerob kapacitástól (*anaerobic capacity*). Az anaerob teljesítmény az anaerob módon elérhető maximális teljesítmény értékét jelenti a terhelés egy adott szakaszában. Az anaerob kapacitáson pedig az anaerob módon előállított teljes energia mennyiségét értjük. Így például az ugró számokban főleg a maximális anaerob teljesítmény, míg a 400 méteres futásban az anaerob kapacitás lesz a meghatározó tényező. Az anaerob anyagcsere során előállított energia mennyisége limitált, tehát maximális anaerob kapacitásunk is az.

4.3.5.1 Az anaerob kapacitás mérése

Az anaerob kapacitás mérése közvetlenül biopsziás eljárásokkal mérhető (PAVLIK, 2011; OSBORNE ÉS MINAHAN, 2013), emiatt mindennapos használata nem terjedt el. Míg a terheléses vizsgálatok jól tudják visszaadni az aerob anyagcsere kapacitását, az anaerob kapacitás mérése nem olyan egyszerű. Utóbbi mértékének megállapítása többek között az alábbi mutatók követésén keresztül történik (OSBORNE ÉS MINAHAN, 2013):

- Bizonyos metabolitok koncentrációjának változásai az izomban, ezek mérése izombiopsziás módszerrel.
- Vértejsav koncentrációjának mérése supramaximális intenzitású terheléseket követően.
- Az oxigénadósság mértéke supramaximális intenzitású terheléseket követően.
- A teljes munkamennyiség vagy az átlagteljesítmény rövid ideig tartó maximális terheléseknél.
- Az akkumulált oxigén adósság mértéke.

Supramaximális terhelésen azt a terhelést értjük, mely a maximális oxigénfelvétel szintjén mért terhelésnél magasabb. Supramaximális terhelést rövid ideig tartó 'teljes erőből' végrehajtott feladatoknál érünk el. An anaerob kapacitás megállapítása supramaximális terhelésekkel történik.



A legelterjedtebb próba az anaerob teljesítmény mérésére a *Wingate Anaerob Teszt*. A supramaximális intenzitású vizsgálat kerékpár vagy kar ergométeren történik és 30 másodpercig tart. A kerékpár ellenállása állandó és a testtömeg arányában fejezik ki. A legtöbbet használt Monark kerékpár ergométeren az ellenállás általában a testtömeg 7,5%-ának felel meg. A 30 másodperces terhelésből mérhető a legjobb öt másodperc teljesítménye, amely a maximális anaerob teljesítménynek felel meg (alaktacid terhelés), a 30 másodperc átlagteljesítménye, amely a teljes anaerob kapacitásnak felel meg (alaktacid és laktacid terhelés) és a teljesítmény csökkenés: a legjobb és a leggyengébb öt másodperc teljesítményének különbsége (fáradási index) (DRISS ÉS VANDEWALLE, 2013). Amennyiben a kapott maximális teljesítményértékeket a testtömegre vonatkoztatjuk, akkor megkapjuk a relatív maximális teljesítményt (P_{max}/Kg). A vizsgálat alacsony ellenállás és pedálfordulat mellett néhány perces bemelegítéssel kezdődik, majd rövid (2-3 másodperces) maximális intervallumok következnek, és egy rövid pihenőt követően kezdődik a 30 másodperces supramaximális szakasz. A Wingate teszt kimerítő és megterhelő, mellékhatásai közé sorolható a szédülés, a fejfájás és a hányinger (DRISS ÉS VANDEWALLE, 2013).

A Wingate teszt bírálói szerint az anaerob kapacitás megállapítása a teszt eredménye alapján nem teljesen megbízható, ugyanis a 30 másodperc nem elegendő az anaerob energiatartalékok kimerítésére. A vizsgálat időtartamának rövidege ellenére az energiaellátás jelentős része (9-40%) aerob úton történik, melyet az anaerob kapacitás megállapításánál nem vesznek figyelembe (OSBORNE ÉS MINAHAN, 2013). Ezen kívül, a fáradási index megbízhatósága is megkérdőjelezhető, tehát a legmegbízhatóbb mutató a maximális teljesítmény értéke (DRISS ÉS VANDEWALLE, 2013). BARKER ÉS ARMSTRONG (2011) szerint a Wingate teszt eredménye nehezen interpretálható a kerékpár sportágon kívül más sportágra.

A Wingate teszt normatív értékeit a 4.7 – 4.8 táblázatok tartalmazzák:



4.7 táblázat: Normatív adatok a Wingate teszt során elért maximális teljesítményre.

percentilis sávok	Férfiak (watt)	Nők (watt)
90%	822	560
80%	777	527
70%	757	505
60%	721	480
50%	689	449
40%	671	432
30%	656	399
20%	618	376
10%	570	353

Forrás: <http://www.brianmac.co.uk> MAUD ÉS SHULTZ (1998) munkája alapján

4.8 táblázat: Normatív adatok a Wingate teszt során elért testtömegre vonatkoztatott maximális teljesítményre.

percentilis sávok	Férfiak (watt/Kg)	Nők (watt/Kg)
90%	10,89	9,02
80%	10,39	8,83
70%	10,20	8,53
60%	9,80	8,14
50%	9,22	7,65
40%	8,92	6,96
30%	8,53	6,86
20%	8,24	6,57
10%	7,06	5,98

Forrás: <http://www.brianmac.co.uk> MAUD ÉS SHULTZ (1998) munkája alapján

Az anaerob kapacitást a *Bosco próbával* is szokták mérni, ami 60 másodpercig tartó folyamatos felugrásokból áll. Erőplaton mérik a talaj kontaktidejét és elektronikus időméréssel a repülési időt. A Bosco próba magas megbízhatósági koefficienssel mutatott ($r = 0,95$) (ROBERGS ÉS ROBERTS, 1997). A teljesítmény kiszámolható (P) ROBERGS ÉS ROBERTS (1997) nyomán az alábbi egyenlet segítségével:



$$W = \frac{(9,8 \times Tf \times 60)}{4N (60 - Tf)} \quad (4.13)$$

ahol, W = a mechanikai teljesítmény [W/kg], Tf = az összes felugrás repülési idejének összege, N = a felugrások száma a 60 másodperc alatt, $9,8$ = a gravitációs gyorsulás [m/s^2]

A **Margaria próba** talán a legrégebbi próba az anaerob kapacitás megállapítására, az 1960-as években dolgozták ki. A próba rövidege miatt néhány évvel később Kalamen és munkatársai módosították az eredeti próbát (hosszabb nekifutást beiktatva) és így Margaria-Kalamen próba néven ment át a köztudatba. Ennél a próbánál a vizsgálati személynek lépcsőkön kell felfutnia (lépcsőfokok magassága 17,5 cm). A maximális anaerob teljesítményt a vertikális elmozdulás, az időtartam és a testtömeg alapján számítják ki. A vertikális elmozdulást az egyes lépcsőfokok magassága adja, a számításokban a 3. és 9. lépcsőfok közti vertikális elmozdulást veszik figyelembe. A futás az első lépcsőfoktól mért hat méteres nekifutással kezdődik. Összesen kilenc lépcsőfokra kell felfutni, de csak minden harmadik lépcsőfokra fellépve. A lépcsőfokokat, amire fel kell lépni, érdemes bójával megjelölni. Összesen tehát három lépcsőfokra kell fellépni (3. – 6. – 9.), miközben mérik a felfutás idejét. Az időtartamot a harmadik és a kilencedik lépcsőfokok között mérik. A próbát javasolt többször végrehajtani (2-3x), mire a vizsgált személy eléri egyéni maximumát.

Mivel a próba nagyon rövid ideig tart, ezért célszerű időmérő felületeket használni az időmérés elején (3. lépcsőfok) és végén (9. lépcsőfok). Az anaerob kapacitás az időeredményből számolható ki PETERSON (2012) nyomán az alábbi egyenlettel:

$$\text{Teljesítmény} = \frac{TT \times \text{vertikális elmozdulás}}{\text{idő}} \quad (4.14)$$

ahol, Teljesítmény = az alsó végtagok izomteljesítménye [Watt], TT = testtömeg [kg], $9,8$ = a gravitációs gyorsulás [m/s^2], idő = a próba időeredménye [s].



4.3.6 Felhalmozódott oxigénadósság

Az utóbbi két évtizedben az anaerob kapacitás mérésének fő mutatója a **maximális felhalmozódott oxigénadósság** volt (*MAOD = maximal accumulated oxygen deficit*) (NOORDHOF, és *mtsai.*, 2010). Ezt oxigén ekvivalensekkel fejezik ki. Egy tipikus szubmaximális terheléses vizsgálat során megállapítják az oxigénfelvétel és a sebesség – vagy a watt teljesítmény – közti összefüggés mértékét. Ezek viszonya egy bizonyos intenzitási tartományon belül lineáris. Ezt az összefüggést úgy vetítik ki supramaximális intenzitási szintekre, hogy regressziós modellek segítségével becsülik meg a supramaximális szinten az oxigénigényt. A becsült oxigénigény és a terhelés időtartamának szorzatából kiszámolható az akkumulált oxigénigény is. A mért oxigénfelvétel és a becsült felhalmozódott oxigénigény különbségéből pedig megkapjuk a maximális felhalmozódott oxigénadósság mértékét (NOORDHOF, és *mtsai.*, 2010).

A maximális felhalmozódott oxigénadósság méréséhez nincsen egységesen alkalmazott vizsgálati protokoll. A szubmaximális terhelés intenzitása, időtartama; a fokozatok száma és időtartama; a protokoll típusa (pl. állandó vagy lépcsőzetes) számos kutatásban eltérőek. A méréseket leggyakrabban futószalagon vagy kerékpár ergométeren végzik, de előfordulnak evezős-, kar ergométerek vagy dinamikus erőfejlesztő gyakorlatok is. A kiválasztott protokolltól függetlenül azonban két, változatlan alapelve van a módszernek (OSBORNE ÉS MINAHAN, 2013):

- Mechanikailag a supramaximális munka hatékonysági foka megegyezik a szubmaximális munkáéval.
- A supramaximális munka oxigénigénye becsülhető a szubmaximális terhelések során kapott teljesítmény és az oxigénfelvétel közti összefüggésből.

OSBORNE ÉS MINAHAN (2013) alapján egy tipikus futószalagos vizsgálati protokoll négy perces intervallumokat tartalmaz egy perc pihenővel. Minden szakaszban a sebesség 2 km/h-val növekszik, de a meredekség végig 1%-on marad. A szakaszok végén vérvétel történik a vértejsav szintjének megállapítására, illetve az oxigénfogyasztást a négy perces szakaszok



utolsó két percében érdemes rögzíteni, mert ennyi idő kell ahhoz, hogy a szervezet elérje a steady state állapotot.

4.3.7 Az ismételt sprintek

Az anaerob állóképességet értékelő vizsgálatokhoz tartoznak az *ismételt sprintek* protokolljai is, amelyek az ismételt sprintelés képességét mérik (*repeated sprint ability*). Az ismételt sprintek fontos szerepet töltenek be főleg a labdajátékokban, ahol a játék során a játékosoknak rövid pihenőidőkkel megszakítva maximális – vagy maximálisához közeli – intenzitással kell sprintelniük. Ez a terhelés viszonylag hosszú ideig áll fent: a mérkőzés idejétől függően 50-60 perctől akár több órán át is tarthat (pl. tenisz). Így az ismételt sprintelési képesség teljesítmény meghatározó tényező a labdajátékokban. Labdarúgásban az ismételt sprintek sebességének 0,8%-os csökkenése jelentősen megnöveli a labdabirtoklás elvesztésének esélyét (GIRARD, és mtsai., 2011). Az ismételt sprintek fejlesztése csökkenti a fáradást, vagy jobb fáradás elleni toleranciát biztosít, ami magasabb teljesítmény elérését tesz lehetővé. Az ismételt sprintek a gyorsasági állóképesség mutatója is, ami részben az aerob, részben az anaerob kapacitástól függ.

Jellemzően 6-8 sprintet végeztenek a vizsgált személyekkel, 35 méter körüli távon, a sprintek között 25 másodperc pihenőidőkkel. Az ismételt sprintek eredményeiből kiszámítható a fáradási index (FI) és a teljesítmény csökkenés százalékos pontszáma (S_{dec}) (GIRARD, és mtsai., 2011). Itt fontos megjegyezni azt, hogy a fáradási index megállapítása csak akkor tud megbízható eredményekkel szolgálni, ha a vizsgált személyek valamennyi sprint során maximális intenzitásra törekcsenek, teljes erőbedobással végzik azokat. A fáradási index a legjobb és a leggyengébb sprintek közti sebességcsökkenést mutatja és az alábbi képlettel lehet kiszámítani:

$$FI = 100 \times \frac{(\text{legjobb sprint} - \text{leggyengébb sprint})}{\text{legjobb sprint}} \quad (4.15)$$

ahol, FI = a fáradási index



Egy másik alkalmazott mutató a fáradási index mellett a teljesítménycsökkenés százalékos pontszáma. Utóbbi összehasonlítja a mért teljesítményt az ideális teljesítményhez. Az ideális teljesítmény azt feltételezi, hogy a legjobb sprintidő reprodukálható az összes sprint során. Ennek a mutatónak az előnye a fáradási index- szel szemben az, hogy figyelembe veszi az összes sprint idejét, míg az utóbbi csak a legjobb és a leggyengébb sprintidőkkel számol. A teljesítmény csökkenés százalékos pontszámának számítási képlete:

$$S_{dec}(\%) = \left\{ \frac{(S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_{utolsó})}{S_{legjobb} \times \text{sprintek száma}} - 1 \right\} \times 100 \quad (4.16)$$

ahol, S_{dec} = a teljesítmény csökkenés százalékos pontszáma, S = sprintek [mp]

A magas fáradási index gyenge regenerációs képességre utal. Labdarúgóknál megbízható indikátora a mérkőzésen nyújtott teljesítménynek ugyanakkor tükrözi a posztok és az eltérő szintű játékosok teljesítménye közti minőségbeli különbségeket is (SVENSSON ÉS DRUST, 2005).



5. A GYORSASÁG

A gyorsaság egy olyan komplex képesség, ami több komponensből áll. A gyorsaságon azt a képességet értjük, ami adott feltételek mellett, adott mozdulatnak, mozdulatsoroknak a lehető legnagyobb sebességgel való végrehajtását, vagy adott jelre, ingerre a lehető leggyorsabb reagálást teszi lehetővé. Alapvetően a gyorsaságnak három fő formáját különítjük el: a reakció gyorsaságot, az aciklikus gyorsaságot és a ciklikus gyorsaságot. A reakció gyorsaság egy ingerre vagy jelre adott válasz; az aciklikus gyorsaságon az egyszeri mozdulatok minél nagyobb mozgássebességgel való végrehajtását értjük; a ciklikus gyorsaság pedig a folyamatos mozgások vagy ismétlődő mozdulatsorok lehető legnagyobb sebességgel való végrehajtásáért felelős. Ezen kívül a gyorsaságnak más formáival is találkozhatunk (pl. választásos reakcióidő, reagálási gyorsaság, gyorsulási képesség, helyzetgyorsaság, gyorskoordináció), ezek részletes kifejtése azonban az edzésmélettel foglalkozó szakirodalom tárgya. A gyorsaság valamennyi formája a mai sportban teljesítmény meghatározó tényező. A legtöbb sport a gyorsaság, a dinamika, a robbanékonyság irányába fejlődik tovább, tehát várhatóan a gyorsaság még jobban a szakemberek látókörébe kerül a jövőben.

A gyorsasági képességnek az értékelésére a gyorsaság összetettsége miatt ajánlott a gyorsaság több komponensét is mérni. A gyorsasági teljesítmény magában foglalja a mozgások végrehajtásának, kivitelezésének gyorsaságát, de a gyorsító vagy a gyorsasági állóképesség is közreműködik az adott eredmény elérésében. Ez azért nehezíti meg a mérések interpretálását, mert amikor különböző gyorsaságot mérő próbákat alkalmazunk, akkor nem tudhatjuk, hogy a teljesítmény háttérében az egyén valódi gyorsasági képessége vagy inkább az izomműködéshez kötődő (pl. gyorsító, explozív erő) képességek húzódnak meg.

A korábbi szakirodalomban (GROSSER ÉS STARISCHKA, 1998) az alapgyorsasági képességet ciklikus és aciklikus gyorsaságra bontották, aminek méréséből kiszámolták a vizsgált személy gyorsasági hányadosát. A gyorsasági hányados megadja az egyén alapgyorsasági szintjét, aminek például a tehetségek kiválasztásában van fontos szerepe. Az alap ciklikusgyorsaságot a kutatók nem sportmozgásokhoz kötődő vizsgálatokkal mérik. Általában ülőpozícióban, egyszerű taposó mozdulatokat kell végezni, mérik az egy időegység alatti talajérintések számát.



Ezzel a vizsgált személy frekvenciagyorsaságát tudják megállapítani, amely független az erő, a technika vagy a testalkati tényezőktől. A teszt nagyon egyszerű és nem igényel speciális eszközöket. A 12 Hz fölötti értékek átlagfölötti eredménynek számítanak. Az aciklikus gyorsaság alapróbája egy 20 cm-es dobozról történő mélybeugrás, amit egy függőleges felugrás követ. A talajérintés kontaktidejét mérik: 170 ms alatti idők számítanak átlagfölöttinek.

5.1 A gyorsaságot meghatározó tényezők

A gyorsaság talán a legkevésbé fejleszthető képesség (az erőhöz és az állóképességhez viszonyítva), mivel nagymértékben genetikai tényezőktől függ. A gyorsaságot meghatározó legfőbb tényezők:

1. Az idegrendszer és a neuromuszkuláris rendszer minősége, mobilitása. Ez tartalmazza többek között az ingerátvitel sebességét, az ingerátvivő anyagok mobilitását, az izomrostok összehúzódási sebességét, az izomműködés gyorsaságát. Az izomrostok összehúzódási sebessége függ az izom rostösszetételtől. A gyors (*FTF = fast twitch fibers*) izomrostok nagyobb összehúzódási sebességre képesek, mint a lassú (*STF = slow twitch fibers*) izomrostok. Az izomtónus is befolyásolhatja a mozgások, mozdulatok végrehajtásának gyorsaságát. Az izomtónus csökkentése gyorsabb izom összehúzódást tesz lehetővé (DUBECZ, 2009).
2. A maximális erő mértéke. A maximális erő alapfeltétel az izomteljesítmény növeléséhez. A maximális erő növelésével lehetővé válik nagyobb összehúzódási sebesség elérése szubmaximális terheléseknél, amivel az egyes mozdulatok végrehajtásának sebessége is javul.
3. A technikai tudás. A magas technikai tudás elsajátítása automatizált mozgások kialakítását teszi lehetővé, így a mozgást irányító idegrendszeri központnak marad kapacitása felügyelni a mozgássebességet, amivel nagyobb gyorsaság érhető el. Ezen kívül ide tartozik még az intermuszkuláris koordináció minősége is. Ennek eredményeképpen egy adott mozgásban résztvevő izomrostok ideális sorrendben és dinamikával tudnak aktivizálódni. Ez kedvezően hat a mozgássebességre, valamint az



agonista-antagonista izomcsoportok működése is összhangba kerül, ami szintén segíti a nagyobb mozgásgyorsaságot.

Mivel a három tényező közül az első leginkább genetikai hajlam függvénye, így legfőképpen a második és a harmadik tényezőt tudjuk edzéssel fejleszteni a gyorsaság növeléséhez.

A gyorsaság méréseinél külön értékeli a reakció gyorsaságot, a ciklikus vagy lokomotorikus (sprintelési) gyorsaságot, az aciklikus gyorsaságot és még az agilitást is.

5.2 A gyorsaság fajtáinak mérése

5.2.1 A reakcióidő mérése

A *reakcióidő vizsgálatoknál* tipikusan egyszerű vizuális vagy akusztikus tesztek alkalmaznak az egyszerű vagy az összetett reakcióidő méréséhez is. Ezeket a tesztek gyakran egyéb pszichológiai tesztekkel is kombinálják, összekötve más kognitív funkciók értékelésével (WELLS, és mtsai., 2014). A legismertebb egyszerű reakcióidőt mérő teszt a vonalzós teszt. Ennek előnye, hogy nem igényel semmilyen előképzettséget vagy technikai tudást, így bárki elvégezheti, és viszonylag jól izolálható, azaz egyéb külső körülményektől függetlenül (pl. a technikai tudás, a próba mozgásanyagának ismerete, az izomerő színvonala és tulajdonságai) mérhető a reakcióidő. A vizsgálatához egy vonalzós szükséges. A vizsgált személy egy asztalnál ül és könyökét az asztalon pihenteti úgy, hogy kézfeje túllóg az asztal lapján. A vizsgáló a vonalzót (vagy mérő rudat) függőlegesen tartja a levegőben. Beállítjuk a vonalzót a 0 cm jelzésnél a vizsgálat személy ujjaihoz. Előrejelzés nélkül egy váratlan pillanatban a vizsgáló elengedi a vonalzót, a vizsgált személy pedig megpróbálja minél hamarabb elkapni azt ujjai összezárásával. A vonalzón leolvasható, hogy hány centiméternél sikerült elkapnia. Érdeemes többször (3-5) elvégeztetni a tesztet, és a legjobb eredményt rögzíteni. A vonalzós centiméteres értékéből kiszámolható a reakcióidő az alábbi képlet alapján:

$$t = \sqrt{(2d/g)} \quad (5.1)$$



ahol, t = a reakcióidő [ms], d = a távolság [cm], g = a nehézségi gyorsulás [m/s^2]

Laboratóriumban mérőeszközökkel is mérhetjük a reakcióidőt, amikor hangjelre, vagy különféle fényjelekre kell a vizsgált személynek minél hamarabb reagálnia. Ez gombnyomás vagy a készülék karjának elmozdítása is lehet. Az eredményt millisekundum (ms) pontossággal mérik. A vizsgálatot itt is többször érdemes bal és jobb kézzel elvégezteni. Bizonyos ajánlások szerint a legjobb időt érdemes rögzíteni (ÁNGYÁN, 1995), míg mások szerint a reakcióidő változékonysága miatt több kísérlet középértékét érdemes végső értéként elfogadni (NÁDORI, és mtsai., 1989). Sportolóknál a reakcióidő átlagosan 150 – 250 ms között mozog (NÁDORI, és mtsai., 1989).

Az összetett reakcióidő mérése is laboratóriumi környezetbe kötött. Itt a műszer többféle ingert ad (pl. eltérő színek), amelyekre különböző válaszok adhatók (pl. jobb vagy bal kéz érintése). Az összetett reakcióidő a nyílt mozgáskészségekben (= ahol a környezet kiszámíthatatlan) tölt be fontos szerepet, mint például a csapatjátékokban vagy a küzdősportokban. Itt a játék vagy a küzdelem során egyszerre többféle inger is érheti a versenyzőt az ellenfél, a csapattárs részéről, de inger lehet maga a labda mozgása is. Az ingerek minél hamarabbi felismerésének, majd erre a lehető legjobb reakció kiváltásának képessége erőteljesen befolyásolja a sportoló és következésképpen a csapat teljesítményét.

5.2.2 A ciklikus gyorsaság mérése

Kézenfekvő, hogy a ciklikus gyorsaság méréséhez leginkább ciklikus mozgásokat alkalmaznak a sportban. Ciklikus mozgásoknál a mozgás fázisai időközönként periodikusan ismétlődnek. Ide tartoznak például a futás, az úszás, a kerékpározás, az evezés, a kajak-kenu. A ciklikus gyorsasági mérések valamennyi ciklikus mozgásra adaptálhatók, ciklikus sportágat űzők esetében a mérések sportág specifikusak, más sportolók esetében (nem ciklikus sportágat űzők) (pl. labdajátékosok) a futó sprintelési próbák dominálnak. Mivel ezek a próbák előre meghatározott mozdulatsorokat tartalmaznak, ezért a végrehajtás technikája is befolyással bír a gyorsaságra. A ciklikus gyorsaságot másodpercben (s), sebességben (m/s), szögsebességben (rad/s) vagy frekvenciában mérhetjük. A sprint próbák általában megbízható eredményeket



mutatnak, szakirodalmi adatok szerint a mérések korrelációs koefficiense fiataloknál 0,90-0,97 között mozgott (RUMPF, 2012).

A sprintek (vágtafutások) hosszát 10 – 50 méter között adják meg. A sprinttávolság kiválasztásánál az adott sportág tulajdonságait kell figyelembe venni. Általános elv szerint az atlétáknál a hosszabb sprintek jellemzők (a maximális vágta sebesség elit sprintereknél 50-60 méternél van), míg labdajátékosoknál rövidebbek a sprinttávok. Rögbi játékosoknál inkább a 30-40 méter közti (BARR, és *mtsai.*, 2013), kosárlabdázóknál és kézilabdázóknál pedig a 20-30 méteres sprinteket alkalmazzák. Labdarúgásban a játék ritmusának felgyorsulásából adódóan a sprintek távolsága és intenzitása megváltozott. Labdarúgóknál is csökkenő tendenciát mutat a sprintpróbák távja (TUNER, 2011 nyomán BANGSBO, 1994).

Az időmérésre széles eszköztárat áll rendelkezésre: a kézi stopperórától az infravörös technológiáig. A legtöbb mérési hibát a kézi stopperórával mért sprintidőknél tapasztalták (RUMPF, 2012).

A vágtagyorsasági próbáknál mindenképpen figyelembe kell venni, hogy több mozgásfázist tartalmaznak (pl. rajt, felgyorsulás, maximális vágta sebesség elérése, maximális sebesség megtartása, lassulási fázis), tehát több képességet is magukban foglalnak. A próba jellege és a metodikai megvalósulás függvényében más-más képességek kerülnek előtérbe. Ezért érdemes külön bontani a vágta számok fázisait, vagy olyan eszközöket használni, amelyekkel a különböző fázisok külön is értékelhetők. A rajtolás módja (állórajt, térdelőrajt, repülőrajt) befolyásolja a kapott eredményeket, azaz a mérni kívánt képesség értékelését. Az álló- vagy térdelőrajttal induló sprintekhez elsősorban robbanékonyság, gyors-, explozív erő szükséges; így az ilyen típusú sprintek jól alkalmazhatók ezeknek a képességeknek a felmérésére. Labdajátékoknál a térdelőrajt alkalmazása nem célszerű, hiszen a játékosok egy mérkőzés alatt igen ritkán szoktak térdelő helyzetből sprintelni (SVENSSON ÉS DRUST, 2005). Ellenben náluk is ugyanolyan fontos a felgyorsulási képesség és a maximális vágta sebesség.

A maximális futógyorsaság mérése legjobban a repülőrajttal indító 10 – 15 méteres sprintekkel valósítható meg. Ilyenkor biztosítani kell a vizsgált személynek 15 – 30 méter nekifutást, tetszés szerinti indulással (magától indul és nem rajtjelre). A tényleges teszttávon



kell a maximális haladási sebességet elérnie (NÁDORI, *és mtsai.*, 1989). A repülőrajttal induló sprintek jól alkalmazhatók labdajátékosoknál, hiszen utóbbiaknak a legtöbb esetben mozgás közben kell felgyorsulniuk és sprintelniük. Természetesen ez azt is jelenti, hogy maximális sebességüket rövidebb idő alatt érik el, mint ha álló rajtból indulnák (TURNER, *és mtsai.*, 2011). Amennyiben álló- vagy térdelő rajtot alkalmazunk, akkor a maximális vágatsebességet jellemzően a táv utolsó két harmadában érik el. Ezért érdemes a távot szakaszokra bontani, és a mérés szempontjából fontos szakaszt külön rögzíteni (TURNER, *és mtsai.*, 2011; BARR, *és mtsai.*, 2013).

Amennyiben lehetőségünk van több időmérő eszköz használatára, akkor pontos és megbízható részidőket tudunk mérni a vágtapróba minden egyes szakaszában. Ilyenkor több lézeres érzékelő szettet állítunk be a táv különböző pontjain, így mérni tudjuk a gyorsulási képességet a táv első szakaszában, valamint a maximális vágatsebességet a táv második felében. Az érzékelőket a táv elején 2,5 méterenként, majd 5 és 10 méterenként érdemes elhelyezni.

Az észak-amerikai mérési módszertanban legjobban a 40 yard ($\approx 36,6$ m) sprintpróba terjedt el. Általában állórajttal indul, a vizsgált személyek két kísérletet hajtanak végre, azok átlagideje kerül rögzítésre. A két kísérlet között legalább öt perc pihenőidőt kell biztosítani. Fiatal amerikai focisták átlagideje 5,54 mp (14-15 évesek) vagy 5,41 mp (16-18 évesek) körül alakul (RATAMESS, 2011).

A vágatsebesség méréseinél a sebességdimenziókon túlmenően célszerű regisztrálni még a lépésfrekvenciát, a lépéshosszt és a talaj kontaktidejét. Ezzel jobban rá tudunk világítani a sportolók esetleges technikai gyengeségeire, és megtervezhetjük a megfelelő edzési beavatkozásokat. A sprintteljesítmény minőségi kritérium labdajátékosoknál, megkülönbözteti a magasabb és az alacsonyabb szinteken versenyzőket.

A robbanékonyság és a felgyorsulási képesség értékeléséhez az 5 – 10 méter közti sprintek terjedtek el: atlétáknál térdelőrajttal, labdajátékosoknál leginkább állórajttal.



5.2.3 Az *aciklikus gyorsaság*

Az aciklikus gyorsaság megállapításánál egy-egy mozdulatnak a gyorsaságát mérjük. Ez szorosan összefügg az izom összehúzódsági tulajdonságával és leginkább a gyorsító képesség függvénye. Ellentétben a gyorsító méréseivel, ahol a mozdulatokat izolált formában mérjük, az aciklikus gyorsaságnál a mozdulatot egy teljes mozgássor részeként célszerű vizsgálni, hiszen annak dinamikája, sebessége függ az adott mozgássorban betöltött szerepétől (NÁDORI, és mtsai., 1989).

A mozdulatgyorsaságot legjobban biomechanikai mérésekkel mérhetjük, különböző videó kamerás eszközök segítségével. Felvesszük a teljes mozgássort, lehetőség szerint élethű végrehajtásban, és számítógépeken kielemezzük a mozgássor különböző fázisait.

Az aciklikus gyorsaság alapróbái közé sorolhatók a korábban említett mélybeugrást követő függőleges felugrás. A felső végtagok esetében a medicinlabda dobások különböző formái. A mélybeugrásoknál az erőplató használatával mérhető a talaj kontaktideje, amiből a mozdulatgyorsasági paraméterekre tudunk következtetni. A medicinlabda dobásoknál érdemes nagy sebességű videó felvételeket készíteni, amiből jól meghatározhatók a mozdulat fázisai: kezdete és befejezése, illetve azok idődimenziói.

5.2.4 Az *agilitás*

Az agilitás a gyors irányváltoztatás, a gyorsulási és lassulási képességet jelenti (TRIPLETT, 2013). Az agilitás fogalmához nem csak az irányváltoztatások gyorsasága tartozik, hanem azok pontos és koordinált végrehajtása is, a koordináció, az egyensúly vagy a test helyzetének optimalizálása is megnövekedett sebességű mozgások végrehajtása közben. Régebben a gyorsasági edzés egyenes irányú sprinteket tartalmazott, a sportolók és az edzők legtöbbször a maximális sebesség és a gyorsulás fejlesztését helyezték előtérbe. Számos sportágban azonban (pl. labdajátékok) az eredményes szereplés szempontjából nem csak a sprintelési képesség volt fontos, hanem a gyors irányváltoztatások képessége is, azaz az agilitás. Jól tudjuk, hogy a gyors irányváltoztatások képessége eltér az egyenes pályán való vágózástól, tehát fejlesztésük is más edzésgyakorlatokat igényel. Korábbi beszámolók szerint (SHEPPARD ÉS YOUNG, 2006) úgy



tűnik, hogy az egyenes sprinteket tartalmazó edzésfeladatok alacsony határfokon fejlesztik az agilitást.

STEWART és *mtsai* (2012) összefoglaló adatai jól szemléltetik az agilitás fontosságát a labdajátékosok teljesítményében. A labdarúgók 2 – 4 másodpercenként összesen 1200-1400 irányváltoztatást hajtanak végre egy mérkőzés alatt. A kosárlabdázók két másodpercenként váltanak irányt, és az oldalirányú mozgások a teljes megtett távolság 22%-át teszik ki. Ez az adat a teniszben már 70%. A gyephokizók egy mérkőzés alatt 5,5 másodpercenként váltanak irányt. SVENSSON ÉS DRUST (2005) szerint az agilitás próbák labdarúgóknál jobb indikátorai a mérkőzésen nyújtott teljesítménynek, mint az egyenes sprint próbák, továbbá jól tudják elválasztani az élsportolókat az alsóbb osztályú sportolóktól. Azonban azt is hangsúlyozzák, hogy a gyorsasági képesség meghatározásához az agilitás mellett a sprintelési képesség meghatározása is fontos.

Az agilitás fejlesztésével nemcsak gyorsabb mozgásokra leszünk képesek, hanem javul testünk mozgásának tudatossága és irányíthatósága, fejlődik kinesztetikus képességünk, és csökken a sérülés előfordulásának esélye.

Az agilitást meghatározó tényezők és azok elemei GABBETT ÉS SHEPPARD (2013) alapján:

- irányváltoztatás képessége
 - sprintelési képesség
 - technika (lépéshossz és lépésfrekvencia az optimális gyorsuláshoz, inter- és intramuszkuláris koordináció, a testrészek optimális összhangja)
 - alsó végtagok izomzatának tulajdonságai (erő, gyorsaság, reaktív erő)
 - testalkati mutatók



- döntési gyorsaság
 - a megfelelő ingerek felismerése és kiválasztása (fontos információk felismerése egy játékszituáció során, kevésbé fontos információk elvetése)
 - adott szituáció ismerete
 - anticipációs képesség

Chelladurai (1976) egyik korábbi munkájában (SHEPPARD ÉS YOUNG nyomán, 2006) az agilitással kapcsolatos feladatokat négy csoportba osztotta. Az egyszerű, az időbeli bizonytalanság, a térbeli bizonytalanság és az univerzális bizonytalanság csoportok. Az egyszerű feladatoknál se időbeli, se térbeli bizonytalanság nem áll fenn, ide sorolhatók a zárt készségek, ahol a környezet viszonylag stabil és kiszámítható. Ezeknél a feladatoknál az agilitás fizikai komponensei dominálnak. Az időbeli bizonytalanságnál a mozgás térbeli dimenziói meghatározottak, de az időbeli dimenziók nem. Ide sorolhatók a különböző rajthelyzetek, ahol pontosan tudjuk merre kell tovább mozogni, de nem tudhatjuk mikor tegyünk azt. A térbeli bizonytalanságnál ismerjük a mozgás időbeli dimenzióit, de nem ismerjük a térbeli dimenziókat. Például röplabdában vagy teniszben ismerjük a szervák időbeli lezajlását, de nem ismerjük pontosan a labdának az útját. Végül az univerzális feladatoknál nem ismerjük a mozgásnak sem az időbeli, sem a térbeli dimenzióit. Tipikusan a labdajátékok tartoznak ebbe a csoportba. Sem térben, sem időben nem tudjuk előre meghatározni az ellenfél vagy a labda mozgását.

Régebben legtöbbször az agilitás méréseket standardizált, felállított pályákon végezték, ahol az irányváltoztatások előre meghatározott lépésekből álltak. Ebből fakadóan az agilitás fejlesztésénél leginkább annak fizikai komponensei kerültek előtérbe (erő, gyorsaság) vagy esetleg a technikai végrehajtás színvonala (egyensúlyozás, koordináció). Ma azonban már az agilitást is komplex képességnek tartják. A gyorsaságon és a gyorsaságon túl az agilitás alkotó elemei a test egyensúlyának a megtartása gyors mozdulatok mellett, a teljes test fölötti kontrol és irányítás. A fizikai komponensek mellett a gondolkodás és a döntési gyorsaság is megjelennek, következésképpen kidolgoztak olyan agilitás próbákat is, melyek a standardizált pályákon túl változó ingereket és reakciókat is tartalmaznak. Ezzel jobban tudják szimulálni



például a labdajátékok változó környezet világát. Valójában a labdajátékosoknak igen ritkán adódik meg az a lehetőség, hogy külső hatásoktól függetlenül, előre megadott pályán tudjanak zavartalanul mozogni. Ennek értelmében egy másik definíció szerint az agilitás a teljes testtel történő irányváltoztatások képessége, ami egy sport-specifikus ingerre adott válaszként jelenik meg (GABBETT ÉS SHEPPARD, 2013).

5.2.4.1 Az agilitás mérése pályavizsgálatokkal

Az agilitás próbákat eredetileg labdajátékosok mérésére fejlesztették ki. Mivel az agilitás több komponenst tartalmaz, így a különféle agilitás próbáknál eltérőek a domináns elemek (pl. felgyorsulás, vagy sebesség), ezért a próbák eredményeinek közvetlen összehasonlítása nem célszerű. Mai napig vitatott kérdés a szakemberek és a kutatók körében, hogy elegendő-e egyetlen próbát alkalmazni, és annak alapján megítélni az agilitást sportolóknál, vagy helyesebb lenne többféle próbát használni. RAYA és *mtsai* (2013) vizsgálatában három agilitás próba szerepelt (Edgren-próba, T-próba, Illinois agilitás próba), de nem voltak jól kimutatható összefüggések között. Ez arra utal, hogy a megvizsgált próbák különböző képességeket tartalmaznak és mérnek. Ellentétben STEWART és *mtsai* (2012) öt agilitás próbát végeztek testnevelés szakos hallgatókkal (T-próba, Illinois agilitás próba, L-próba, Pro-Agilitás próba, 5-0-5-próba). A próbák közti magas összefüggések ($r = 0,7 - 0,8$) azt a következtetést engedik levonni, hogy az öt próba hasonló képességeket mér, tehát egy-egy próba alkalmazása is elegendő lehet az agilitás megítélésére.

A próbák tartalmazhatnak egyirányú, kétirányú vagy többirányú mozgásokat, hátrafelé futásokat vagy hirtelen gyorsulásokat és lassulásokat. Edzéselméleti szempontból indokoltabbnak tűnik az agilitást a mozgások külön síkjain mérni, ami csak több próba alkalmazásával valósítható meg. Így válik mérhetővé az agilitás komplex formájába. A próbák eredményeinek együttes értékeléséből kaphatunk összesített információt a vizsgált személyek agilitás színvonaláról.

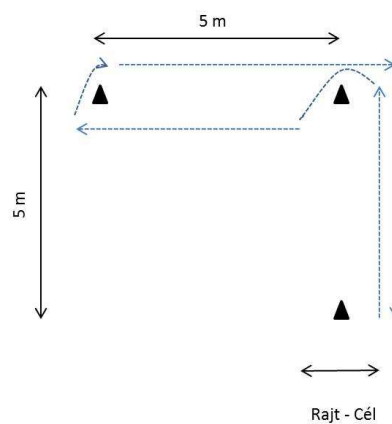
Az agilitás próbáknak két nagy csoportját különböztetjük meg: zárt és nyílt próbák. A zárt próbák azok, amelyek előre meghatározott mozgásokból állnak. Ebben az esetben a vizsgált személy előre tudja a feladatot: mit és hogyan kell azt végrehajtania. Ha ismeri a feladatot,



akkor elég a mozgássebességére összpontosítani, és megpróbálni a lehető legrövidebb időn belül elvégezni azt. Ezek a próbák alkotják a mérések egyik nagy csoportját, a szakirodalomban előre megtervezett irányváltoztatás sebessége próbáknak nevezik (*CODS = preplanned change of direction speeds*).

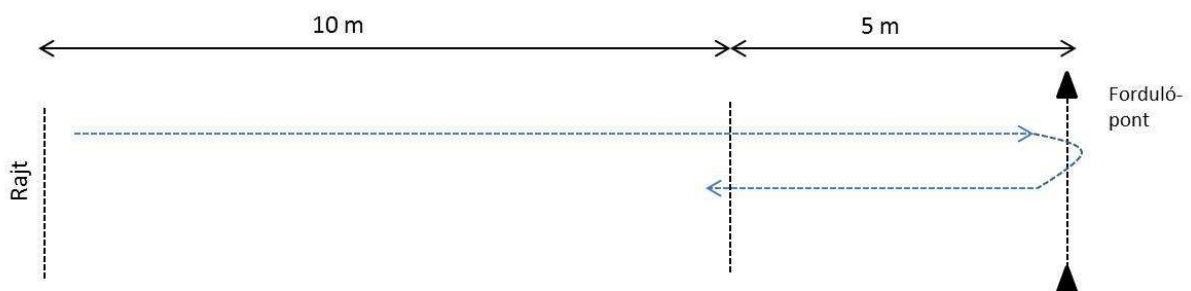
Az egyik népszerű agilitás próba a **T-próba**. Itt három bóját egy sorban kell helyezni öt méterre egymástól. Egy negyedik bója a középső bójától tíz méterre kerül úgy, hogy a négy bója együtt egy T betűt formál. A futás a legtávolabbi bójától indul: a középső bója, a bal oldali bója, a jobb oldali bója, majd ismét a középső bója a futás iránya, majd visszaérkezés a legtávolabbi bójához. Minden egyes bóját meg kell érinteni. Ez a próba egy egyszerű fürgeségi teszt, amelyben a döntési gyorsaság nem jelenik meg, azonban megbízható eredményeket ad az alsó végtagok gyorsaságára és a gyorsulási képességre. PAUOLE és mtsai (2000) szerint a próba előrejelzést nyújthat a sportteljesítményre egyetemista korú férfiaknál és nőknél.

Az **L-futás-próbát** eredetileg rögbi játékosok mérésére dolgozták ki az 1980-as években. Három bója tesztnek is nevezik. A három bója egy fordított L alakot formál, a bóják öt méterre vannak egymástól. A vizsgált személy mindegyik bóját megkerülve követi a fordított L alakú pályáját, majd visszakerül kiinduló helyére. Három kísérlet közül a legjobb időeredményt rögzítik (5.1 ábra). A próba megbízhatósági koefficiense STEWART és mtsai (2012) vizsgálatában $r = 0,94$ volt.



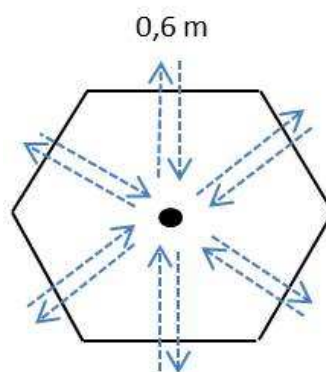
5.1 ábra: Az L-próba ábrázolása.

Az **5-0-5-próbánál** a kiinduló bójától tíz méterre állítjuk fel az első és 15 méterre a második kaput. Végig kell futni az első kapun át a második kapuig, megfordulni és visszafutni a kiinduló bójáig (5.2 ábra). A próbát eredetileg cricket játékosok tesztelésére fejlesztették ki, mivel a végrehajtandó feladat nagymértékben a cricketben előforduló mozgásmintákat tartalmaz. A próba megbízhatósági koefficiense STEWART és mtsai (2012) vizsgálatában $r = 0,81$ volt.



5.2 ábra: Az 5-0-5 próba ábrázolása.

A **hexagón-próba**hoz hatszög alakzatban egy vonalat húzunk a talajon, a hatszög csúcsai 0,6 méterre vannak egymástól, a csúcsok szögei 120° -ot zárnak be. A hatszög közepéből a vizsgált személy páros lábú ugrással metszi a hatszög mind a hat oldalát úgy, hogy minden oldal után visszatér középre. Tehát összesen 12 ugrást fog végezni (5.3 ábra). A három legjobb időeredmény kerül rögzítésre.

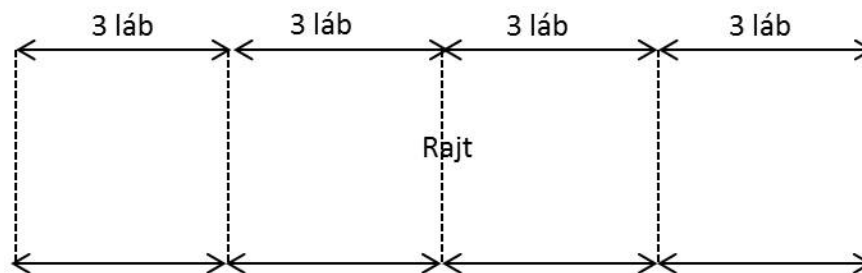


5.3 ábra: A hexagón próba ábrázolása.

Az **Edgren-próbát** (*Edgren Side Step Test*) 1932-ben dolgozta ki Harry D. Edgren kosárlabdázók oldal irányú függeségének értékelésére. Az Edgren próba érvényes és megbízható vizsgálatnak bizonyult jégkorongozók szárazföldi függeségének megállapításához



(RAYA, és mtsai., 2013). A próbához a talajon öt párhuzamos vonalat húzunk, amelyek háromlábnyira vannak egymástól. A vizsgálat a középső vonalról indul, innen oldalazó lépésekkel kell haladni jobbra majd balra úgy, hogy a jobb illetve a bal lábbal érinteni kell a legtávolabbi vonalat (5.4 ábra). Méri a megkeresztezett vonalak számát tíz másodperc alatti.



5.4 ábra: Az Edgren próba ábrázolása.

Az **Illinois agilitás próbát** 1942-ben dolgozták ki az általános fürgeség megállapítására. Egy téglalapot formálunk a talajon négy bója segítségével. A téglalap hossza tíz méter, szélessége pedig öt méter. A hosszabbik oldal mentén közepén négy bóját helyezünk el 3,3 méterre egymástól. A vizsgált személy az egyik bójától indul a hosszanti oldal irányába, megkerülve a szemben lévő bóját visszafut a középső bójákhoz, szlalomozik a bóják között kétszer (oda fut és vissza), majd átfut a másik hosszú oldal irányába. Megkerüli a harmadik sarokbóját, és futását a negyedik sarokbójánál fejezi be. A próba hason fekvésből indul (5.5 ábra). Méri a futás összidejét 0,01 s pontossággal. Általában két vagy három kísérletet végeznek, a legjobb időeredményt veszik alapul. A próba $r = 0,86$ megbízhatósági koefficiens mutatót GABBETT (2002) vizsgálatában és $r = 0,89$ STEWART és mtsai (2012) vizsgálatában. A férfiaknál 15,2 mp ill. a nőknél 17,0 mp alatti időeredmények kiválóknak számítanak.



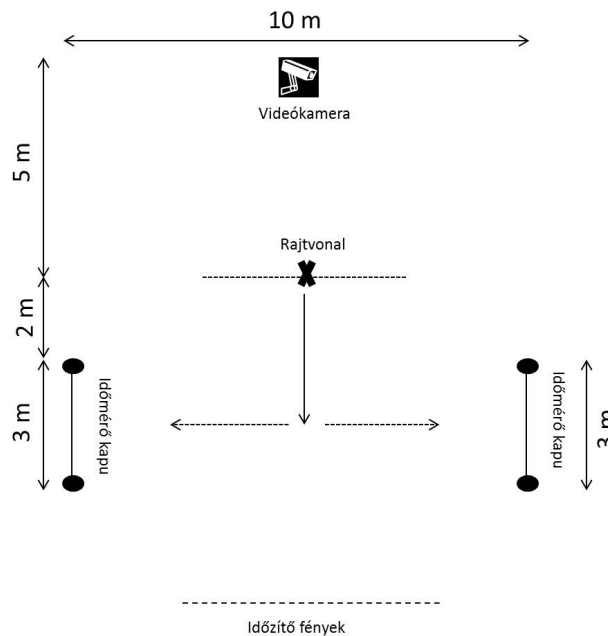
ezzel a sportolókat szinte egyéni igényeik és tulajdonságaik alapján tudják mérni (és edzeni). Ezeknek megfelelően a vizsgálatok eredményei viszonylag jól adaptálhatók a valódi sportági környezetben is. A vizsgálatok elvégezhetők akár egyedül is, segítőtársak nélkül, számítógépes vezérléssel. Ilyenkor a kijelző monitoron megjelennek az elvégzendő feladatok, pl. számok vagy mezők felvillanása jelzi a monitoron a vizsgált személynek a végrehajtandó mozgást. A kontaktidő adataiból mérhető az első két-három lépés gyorsasága, az irányváltatás gyorsasága a mező két vagy több pontja között és a döntésgyorsaság is. A számítógépes vezérlésen kívül társ segítségével is elvégezhetők a vizsgálatok. A legtöbb esetben ilyenkor a társ mozgását kell a vizsgált személynek utánozni, vagy annak az ellenkezőjét végrehajtani, esetleg egyszerűen kivédeni. A kontaktidőkből itt is kinyerhetők az előbb említett mutatók.

5.2.4.3 Reaktív agilitás próbák

Az agilitás képesség fő alkotóelemei a kognitív funkciók és a döntési gyorsaság képessége. A sportolóknak nemcsak gyorsan kell tudniuk irányt váltani, hanem mielőtt irányt váltanak, a játékszituációk alapján minél rövidebb idő alatt kell eldönteniük, hogy melyik irányba célszerű tovább mozogniuk. Azok a próbák, amelyek az irányváltatások mellett döntési helyzeteket is tartalmaznak, azokat reaktív agilitás próbáknak nevezik. Ezek alkotják az agilitás próbák második nagy csoportját.

Az első ilyen reaktív agilitás próbák sokban hasonlítottak a választásos reakcióidő mérő próbákhoz, ahol a vizsgált személynek különféle fényjelekre kell reagálnia. Az agilitás próbák annyival nehezítették meg a feladatot, hogy a reakció végrehajtásához futni kellett adott pontokhoz, amelyek akár eltérő irányban is lehettek egymástól. Azonban ezek a próbák csak nagyon általánosan tudták mérni az agilitást, és ráadásul távol álltak a mindennapi sportmozgásoktól.

A legtöbb reaktív agilitás próba költséges és speciális eszközöket igényel, ami jelentősen megnehezíti gyakori és széles körű alkalmazásukat. GABBETT ÉS SHEPPARD (2013) kidolgoztak egy reaktív agilitás próbát, ami viszonylag egyszerűen és könnyen elvégezhető. Eredetileg ausztrál football játékosokon validálták ezt a próbát, de alkalmazása később más labdajátékokban is elterjedt (rögbi, labdarúgás, kosárlabda).



5.6 ábra: A reaktív agilitás próba ábrázolása.

Készült GABBETT ÉS SHEPPARD (2013) 12.5 számú ábrája alapján.

A próba menetét az 5.6 ábra szemlélteti. Lényege az, hogy a vizsgált személynek reagálnia kell a vizsgáló személy váratlan és kiszámíthatatlan jelzéseire előre és oldal irányú elmozdulásokkal. A protokoll alapján négy különböző utasításra (bal vagy jobb oldali irányváltoztatások) kerül sor, random formában, összesen nyolc kísérlet alatt. A pontozás a nyolc kísérlet átlagaiból tevődik össze. A vizsgált személy először mindig egyenes irányban fut előre, miközben fel kell ismernie a lehető legrövidebb idő alatt az utasításokat és irányt váltani balra vagy jobbra az időmérő kapuk felé. A gyors irányváltoztatás mellett kiemelik a minél nagyobb pontosságú döntés hozatalt is. A vizsgált személy mögött nagysebességű kamerákat helyezünk el, amikkel rögzítjük a vizsgálatot. A felvételek magas frekvenciája (200 Hz) lehetővé teszi a vizsgálat időmutatóinak a bontását és elemzését. Így, külön elemezhető a vizsgálat teljes időtartalma, a vizsgáló személy utasításainak az időtartama, a döntéshozatal latencia ideje, valamint a reakció végrehajtásának az időtartama. Bár a reaktív agilitás próbával mérhetők az agilitás fizikai és kognitív elemei, az mégsem képes tükrözni a sportági profilnak megfelelő domináns utasításokat; melyek azok az utasítások, amelyek kiemelt jelentőségűek a



teljesítmény szempontjából egy-egy sportágban. Ausztrál football játékosokon végzett vizsgálatokban YOUNG ÉS WILLEY (2010) azt találták, hogy a döntéshozatalhoz szükséges időnek volt a legnagyobb hatása a teljes időtartam varianciájára. A próba részletesebb leírását GABBETT ÉS SHEPPARD (2013) munkájában megtalálható.

Korlátai ellenére a reaktív agilitás próbák hasznos információkat adhatnak a vizsgált személyek fizikai és kognitív képességeiről, teljesítményüket limitáló tényezőkről. GABBETT ÉS SHEPPARD (2013) négy csoportba osztják a sportolókat a reaktív agilitás próbán elért teljesítményük alapján. Az első csoportba kerültek a fürgék és gyors gondolkodók, akik átlagfölötti eredményeket értek el, és magas anticipációs képességekkel rendelkeznek. A második csoportba kerültek a fürgék, de lassú gondolkodók, akiknél a döntési gyorsasági képességet kell fejleszteni. A harmadik csoportba a lassú mozgásúak, de gyors gondolkodók, akiknél az agilitás fizikai komponenseit kell jobban fejleszteni. Az utolsó csoportba kerültek a lassú mozgásúak és lassú gondolkodásúak, akiknél az agilitás mind a kognitív mind a fizikai komponense fejlesztésre szorul.



6. A HAJLÉKONYSÁG

A hajlékonyság az a kondicionális képesség, amelyik lehetővé teszi, hogy mozgásainkat egy adott ízület teljes mozgásterjedelmében (ROM) végezhessük. Jelen munkában a hajlékonyságot komplex fogalomnak tekintjük, amely egyaránt vonatkozik az ízületek mozgékonyására és az izmok nyúlékonyására, lazaságára. A hajlékonyság alap összetevője a jó kondíciónak, fontos szerepet tölt be a testi-lelki egyensúly megszerzésében és megőrzésében. A fejlett hajlékonyság csökkenti a sérülések veszélyét, javítja az izmok mozgásérzékelő képességét, javítja a testtartást és az izomtónust. Pozitívan hat a koordinációs képességekre, könnyebbé és gazdaságosabbá teszi a mozdulatok végrehajtását, optimális mozgásszerkezet tesz lehetővé, és hozzájárul a teljesítmény növeléséhez.

Edzéselméleti szempontból a hajlékonyságot alapvetően két nagy csoportra bontjuk: az aktív és a passzív hajlékonyságra. Az aktív hajlékonyságnál a nyújtás a megnyújtani kívánt izomcsoportok ellenoldali (antagonista) izmainak erő kifejtése révén jön létre. A passzív hajlékonyságnál a nyújtást egy külső kényszerítő körülmény vagy eszköz hozza létre (pl. társ, sporteszköz, a nyújtani kívánt izmóktól független testrészek, saját testsúlyunk). Mind az aktív, mind a passzív hajlékonyságon belül megkülönböztetjük a statikus és a dinamikus hajlékonyságot. Statikus hajlékonyságról beszélünk akkor, amikor a nyújtani kívánt izomcsoportot fokozatosan nyújtjuk az adott ízület mozgáshatáraihoz közeli állapotig, és a nyújtást megtartjuk néhány másodpercig. A dinamikus hajlékonyság az, amikor az ízületek fiziológiás mozgáshatáráig végzett nyújtást rövid ideig tartó lendítésekkel, utánmozgásokkal érjük el.

A hajlékonyság ízület specifikus, tehát előfordulhat, hogy valaki hajlékony a váll ízületben, de közel sem ugyanolyan hajlékony a csípő ízületben. A hajlékonyságot – a többi kondicionális képességhez hasonlóan – fejleszteni kell. Azonban itt is egy optimális szintre kell törekedni, ami az optimális erő és a hajlékonyság egyensúlyát jelenti. A sportmozgások során találkozunk olyan esetekkel, amikor a sportoló túlságosan hajlékony (pl. tornások, gerelyhajítók, úszók), ami könnyen sérülésekhez vezethet.



6.1 A hajlékonysági teljesítményt meghatározó fő tényezők

A hajlékonyságot alapvetően négy fő tényező határozza meg: az ízületek mozgékonyasága és szabadság foka, az izmok lazasága és megnyúlásának mértéke, az izmok működése az erő kifejtés közben, az intra- illetve intermuszkuláris koordináció minősége.

Az ízületek mozgékonyasága ízületenként változik és függ azok anatómiai szerkezetétől. Az ízület formája határozza meg annak szabadság fokát, hogy milyen mozgáshatárok között tud mozogni. A mozgáshatárokat korlátozhatják az ízületet alkotó csontok érintkezési jellege (pl. csípőízület), az ízületi szalagok feszsége (pl. térdízület) vagy az ízületet stabilizáló izmok merevsége (pl. vállízület).

Az izomnak három tulajdonságát különítjük el:

- kontraktilitás: az izomrostok összehúzódó képessége,
- elongáció: az izomrostok megnyújtásának képessége,
- elasztikusság: az izomrost azon képessége, hogy visszanyerje eredeti hosszát.

Az elasztikusságért az izom elasztikus elemei felelnek, amelyek lehetnek sorban kapcsolt (pl. ín, kereszthíd) és párhuzamos elasztikus elemek (pl. izompólya). Amikor egy izmot megnyújtunk, akkor az elasztikus elemek aktiválódnak és reflexmechanizmusokon keresztül (miotatikus reflex) belső ellenállást fejtenek ki, ennek eredményeképpen az izomrostok összehúzódnak. Például megfelelő bemelegítés nélkül, hirtelen végzett dinamikus gyakorlatok végrehajtásakor a miotatikus reflex aktiválódik, fenntartja az izomtónust. Ez azon kívül, hogy így a mozgás nem éri el a kívánt hatást, még sérülésveszélyes is lehet. A miotatikus reflex ellentétje az inverz miotatikus reflex, amely az izom túlnyújtására aktiválódik. Ennek hatására az izom ellazul, ezzel csökken az izomtónus és nagyobb nyújtó hatás érhető el a nyújtani kívánt izmokban.

Az izmok erő-hossz viszonyának minősége is befolyásolja a hajlékonyságot. Az ellenoldali izmok ereje és lazasága között létrejön egy optimális viszony, amely könnyen felborulhat, ezt nevezzük muszkuláris diszbalanciának. Folyamatos terhelések hatására bizonyos izomrostok



aránytalanul megrövidülhetnek más izomcsoportokhoz képest. Az ilyen jellegű egyenlőtlenségek csökkenthetik a mozgások hajlékonyságát.

Az intramuszkuláris koordináció az egyidejűleg aktivizált izomrostok számát, bekapcsolódásuk sorrendjét, aktiválódásuk szinkronizációját felügyeli. Az intermuszkuláris koordináció a mozgásban résztvevő ellenoldali izmok (agonista-antagonista) összehangolását jelenti. Optimális intra-, illetve intermuszkuláris koordináció esetén csökken az izmok belső ellenállása, „engedékenyebbé” válik az izom, megszűnik a nem kívánt izomfeszülés és izomrost aktivitás. Ezek mind kedvezően hatnak a hajlékonyságra.

6.2 A hajlékonyság mérése

A kondicionális képességeken belül talán a hajlékonyság fejlesztésére és mérésére fordítják a legkevesebb időt és energiát az edzők és a sportolók. A hajlékonyságot tipikusan a váll-, a gerinc- és a csípőízületekben mérik (NÁDORI, és *mtsai.*, 1989), leggyakrabban szögmérő eszközök (goniométer) segítségével. A manuális műanyag goniométerek a legelterjedtebbek, mivel könnyű a használatuk és viszonylag kis anyagi ráfordítást igényelnek. A műanyag goniométereken kívül alkalmaznak még dőlésmérő eszközöket, elektronikus goniométereket, mérőszalagokat és az egyik legkorábbi módszert, a Leighton flexométert. A hajlékonyság mérése ízület-, sportág- és mozgás specifikus, tehát nincs általános próba az egész test hajlékonysági képességére. A hajlékonyságot ízületenként kell mérni és értékelni.

6.2.1 A hajlékonyság mérése laboratóriumi vizsgálatokkal

A hajlékonyság laboratóriumi vizsgálatokkal történő mérése nem terjedt el, igen ritkán találkozunk ilyen típusú vizsgálatokkal. Egyik ilyen módja a hajlékonyság mérésének a képi mozgáselemző vizsgálat. A mozgáselemzés elvégezhető videó alapú rendszerek alkalmazásával. Ilyenkor több mozgásanalizáló video kamera segítségével felveszik a vizsgált személy mozgását. A digitális képfeldolgozás révén (képkockáról képkockára való rögzítés) lehetőségünk nyílik — többek között — a vizsgálandó testrészek térbeli helyzetének elemzésére; azok mozgását önállóan, de egymáshoz viszonyítva is megfigyelni, a mozgások



terjedelmét mérni. A módszer hátránya, hogy költséges és speciálisan képzett személyzetet igényel, a kamerák elhelyezése miatt hely igényes, és maga a vizsgálat is és a képfeldolgozás is időigényes. További hátránya az is, hogy a készülék érzékeli és rögzíti a bőrmozgásokat is.

A mozgáselemzés ultrahangos mozgásanalizáló rendszerekkel is elvégezhető, ahol a hanghullámok terjedési idejéből rögzíthető a vizsgálandó testrészek térbeli helyzete és mozgása, szögjellegű elmozdulásai.

Továbbá, a mozgáselemzéshez optikai rendszerek is alkalmazhatók, ahol fényvisszaverő markereket helyezünk el a vizsgálandó pontokra (ízületek és különböző testrészek,) és speciális kamerákkal (legalább kettő) rögzítjük a vizsgált személy mozgását.

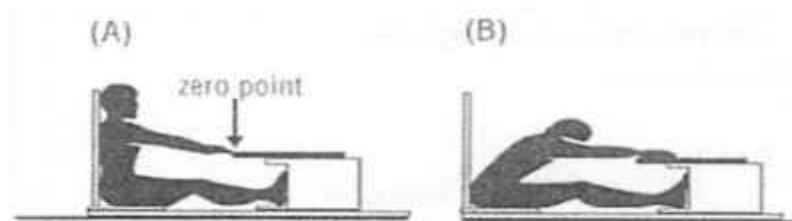
Laboratóriumi környezetben az ízületi szögelfordulások elektronikus goniométerekkel is mérhetők. Ez egy olyan elektronikus eszköz, amelyik szenzorok segítségével méri az ízületi szögben bekövetkezett változásokat, legelterjedtebb fajtái a nyílásmérők. Az eszközök úgy működnek, hogy a szögváltozások módosítják az elektromos ellenállást, a potenciálkülönbségből pedig megkapjuk az ízületi szög mértékét.

A fenti vizsgálatok tipikusan a biomechanika területéhez tartoznak. Jellemzően a rehabilitációban, a testi fogyatékkal élők vagy sérültek vizsgálatában, a gyógytornában, a sportkutatásokban, a járáselemzésben alkalmazzák, de nem terjedtek el a mindennapi sportgyakorlatban, nem megszokott teljesítménydiagnosztikai eljárások.

6.2.2 A hajlékonyság mérése pályavizsgálattal

Pályavizsgálathoz az egyszerű goniométerek vagy mérőszalagok nyújtanak segítséget az ízületi mozgékonyág mérésében. A goniométer olyan szögmérő, aminek két karja van, egyik mozgatható, míg a másik rögzített. A goniométert a mérni kívánt ízület forgáspontjára helyezzük, a két kart pedig az ízületet alkotó csontok hosszúsági tengelyeire. Az ízületi elváltozás leolvasható a goniométeren, a szögértéket fokban kapjuk. A goniométer nagyon pontos beállításokat igényel, az esetleg itt előforduló szubjektivitás jelenti az eszköz egyik hátrányát is. Arra is nagy figyelmet érdemes fordítani, hogy a goniométer lehetőleg ne akadályozza a vizsgált személyt a mozgásban.

A hajlékonysági próbák közül a legismertebb a törzshajlítás előre nyújtott zárt ülésben (*sit-and-reach test*) (6.1 ábra). A vizsgálat célja az ágyéki gerincszakasz izmainak, a farizmok és a térdhajlító izmok nyújthatóságának a mérése. A vizsgálatához egy mérőpadot használunk. A vizsgált személy ülésben helyezkedik el, lábait összezárva a mérőpadhoz, a hátát pedig a falhoz támasztja. Két kezét egymásra téve megérinti a mérőpadot úgy, hogy törzse nem mozdul el a faltól. Az érintkezési ponton beállítjuk a mérőpad 0 értékét. Ebből a helyzetből, végig nyújtott térdekkel, előrehajol, miközben a kezét a mérőpadon csúsztatja. A törzshajlítást lassan, utánmozgások nélkül kell elvégezni. A cél: minél távolabbi ponton megérinteni a mérőpadot. A legtávolabbi ponton leolvassuk a hajlítás mértékét. Az eredményt centiméterben adjuk meg. Célszerű két vagy három kísérletet biztosítani. Amennyiben a kísérletek során javuló tendencia látható, akkor további kísérletek is adhatók. (Ez gyakran előfordul megfelelő bemelegítés hiányában.)



6.1 ábra: A sit-and-reach hajlékonysági próba.

Forrás: www.woodgrovesec.moe.edu

A **gerincoszlop mozgékonyágát** gyakran oldalirányú törzsfordítással mérik. A falon egy függőleges vonalat rajzolunk, az lesz a skála 0 pontja. A vizsgált személy a függőleges vonal síkjában háttal áll a falnak, ami kb. érintő távolságban van tőle. Melső középtartásba emeli két karját és törzsfordítást végez úgy, hogy talpa végig a talajon marad. Megjelöljük azt a pontot, ahol kezével megérinti a falat, és megmérjük a távolságot ezen pont és a függőleges vonal



között. A függőleges vonaltól az érintési pont felé eső értékeket negatív számokkal, a függőleges vonaltól távolabb eső értékeket pedig pozitív számokkal fejezzük ki. Mindkét oldalon 3-3 kísérletet végeztetünk. Az eredményt centiméterben adjuk meg. A 20 cm fölötti eredmény kiváló, a 15-20 cm nagyon jó, a 10-15 cm jó, 5-10 cm közepes, 5 cm alatti (a negatív érték is) gyengének számít (RATAMESS, 2011).

A **vállízület mozgékonyágát** vállfordítással mérik. A vizsgálathoz centiméteres beosztású bot szükséges. A vizsgálat részletes menete és végrehajtása NÁDORI és mtsai (1989) munkájában megtalálható. Röviden: a vizsgált személy mellső középtartásban fogja a botot, majd magastartáson át, végig nyújtott könyökkel, hátsó rézsútos mélytartásba viszi a botot, és ugyanazon a pályán visszajut a kiinduló helyzetbe. A mozdulat során fogását nem szabad elengednie vagy elcsúsztatnia. A próbát többször végeztetjük egyre szűkülő fogással addig, amíg a vizsgált személy szabályos technikával már nem tudja végrehajtani a feladatot. A kézfejek közti, a boton mért legkisebb távolságot kell figyelembe venni. Az eredmény ennél a próbánál is centiméterben van megadva. A különböző ízületek mérésére alkalmazott további hajlékonysági próbák részletes bemutatása megtalálható NÁDORI és mtsai (1989) munkájában.

Az 1800-as években Hugh Owen Thomas dolgozott ki egy próbát a csípőhorpasz izom és a négyfejű combizom nyújthatóságának mérésére. A próba azóta **Módosított Thomas Próba** néven került a köztudatba (*modified Thomas test*) (HARVEY, 1998). A vizsgálathoz goniométer szükséges. A vizsgált személy hanyattfekvésben fekszik egy szekrényen, a farizom egy síkban van a szekrény végével. Ekkor mellkasához emeli mindkét lábát, ezzel kiegyenlíti a gerincoszlop ágyéki szakaszát. Egyik lábát teljes hajlításban, két kezével a térdénél fogva rögzíti a mellkasához, másik lábát pedig leengedi a talaj irányába. A goniométerrel mérik a csípőhorpasz izom rugalmasságát a leengedett láb csípőízületben mért hajlítási szöge alapján, és a négyfejű combizom rugalmasságát a térdízület hajlítási szöge alapján. Az eredmények fokban vannak megadva. A próbát mindkét lábbal el kell végezni, ügyelve arra, hogy az ellenoldali lábat szorosán kell a mellkashoz tartani, különben a csípő oldalirányba elmozdulhat, ami eltéréseket okozhat a vizsgálat eredményeiben.



6.2.3 Az izom-ízületi egyensúly

A hajlékonyság témaköréhez tartozik még az izom-ízületi egyensúly is, ami meghatározó eleme, többek között, a megfelelő testtartás kialakításának is. A megfelelő testtartás biztosíthatja a mozgásban résztvevő testrészek egymáshoz való optimális viszonyát és együttműködését. Az izom-ízületi egyensúly az izmok ereje és nyúlékonyassága közti viszonyt jelenti. Az izom-ízületi egyensúly fontos összetevője a sportteljesítménynek, mert a törzs stabilitásának és erejének ez az alapja. Ezen kívül meghatározza a mozgások végrehajtásának minőségét, a test és a különféle mozgások szabályozását, valamint a sérülések megelőzésében sem elhanyagolható a szerepe. KATICS ÉS LŐRINCZI (2010) szerint az izom-ízületi egyensúly felbomlása kialakulhat a mozgásszegény életmódtól, a nem megfelelő vagy rosszul végrehajtott gyakorlatoktól, az egyoldalú terhelésektől, a fáradtságtól, illetve a fájdalomtól. Az izom-ízületi egyensúly mérésével felismerhető az esetleges izom diszbalancia, és ennek alapján megtervezhetők a szükséges erősítő, illetve nyújtó hatású gyakorlatok.

Az izom-ízületi egyensúly értékelése elvégezhető a mindennapi sportmozgások során akár edzésen, akár versenyeken. Az objektívebb értékelés érdekében azonban az izom-ízületi egyensúlyt alapeladatokkal szokták mérni előre meghatározott protokollok szerint. Egyik ilyen protokoll GRAY COOK (2006) nevéhez fűződik, ami a szakirodalomban Funkcionális Mozgásminta Szűrés (*FMS = Functional Movement Screen*) néven vált ismertté. Ez a protokoll egy összetett funkcionális mozgást vizsgáló eljárás, amely az izom-ízület egyensúly mellett vizsgálja még az ízületi mozgékonytságot, a törzsizmok stabilizáló képességét és az egyensúlyozás képességét. A vizsgálat összesen hét gyakorlatból áll, amelyek alapmozgásokat tartalmaznak, nevezetesen guggolásokat, átlépéseket, kitöréseket, emeléseket, forgásokat, fekvőtámaszt és rotációs stabilitást. A gyakorlatokat négyfokú skálán értékelik (0-3 pont) a következő kritériumok szerint: 0 pont = a mozgás közben fájdalom észlelhető, 1 pont = a vizsgált személy nem tudja végrehajtani a feladatot, 2 = a vizsgált személy csak kompenzációs mozdulatokkal tudja végrehajtani a feladatot, 3 = a vizsgált személy helyes technikával, kompenzációs mozdulatok nélkül tudja végrehajtani a feladatot. A hét feladat alapján a maximálisan megszerezhető pontszám 21.



A feladatok rövid leírása: 1. mélyguggolás fej fölött megtartott bottartással. Mérik a lábfej sarokrésze és a talaj közti távolságot, a térdek síkját a lábujjhegyekhez képest, a törzs síkját a lábszárhoz viszonyítva. 2. Akadály átlépés. Mérik a csípő-, térd- és bokaízületek síkját egymáshoz viszonyítva, az oldalirányú elmozdulás mértékét az ágyéki gerincszakaszon, a vállak elmozdulását. 3. Kitérés előre. Mérik a törzs függőleges helyzetét, a törzsforgások mértékét, a gerincoszlop és a térdek elmozdulását a test harántsíkjához képest. 4. Statikus mellső fekvőtámasz. Mérik a törzs síkját. 5. Váll mobilitás. Oldalsó középtartásból a vizsgált személy egyik kezét magastartáson át, míg másik kezét hátsó rézsútos mélytartáson át a gerincoszlopára helyezi. Mérik a két kézfej közti távolságot. 6. Hanyattfekvésben nyújtott lábemelés. Mérik a felemelt láb és a talaj síkja közti szöget. 7. Rotációs stabilitás. A vizsgált személy térdelőtámaszból egyszerre egyik karját előre, azonos oldali lábát pedig hátra emeli, majd behajlítja karját és lábát úgy, hogy a könyökével megérintse a térdét. Mérik a törzsstabilizáló képességet, ideális esetben a megemelt kar és láb nem keresztezik a test harántsíkját. Valamennyi feladatnál a próbát mindkét oldalon el kell végezni. A próbák részletes leírása COOK (2006a, 2006b) munkái tartalmazzák.

A Funkcionális Mozgásminta Szűrésen elért teljesítményt kapcsolatba hozták a sérülések előfordulásának esélyével (LETAFATKAR, és *mtsai.*, 2014). Egyetemista sportolókon végzett vizsgálatok szerint azoknál, akik 17-nél kevesebb pontszámot értek el az FMS próbán, 4,7-szer volt nagyobb a sérülés előfordulásának valószínűsége az alsó végtagoknál. Az FMS próba megbízható, egyszerű és költségkímélő megoldás a sportolók funkcionális mozgásmintáinak ellenőrzésére, ennél fogva könnyen be tud épülni akár a sportolók mindennapi sportgyakorlatába is.



IRODALOM

- [1] ALEXANDER MJ: *The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters.* -In: Canadian Journal of Sport Science, 1989., 14. évf. 3. szám. -p. 148-157.
- [2] American College of Sports Medicine: *Position Stand. Exercise and physical activity for older adults.* -In: Medicine and Science in Sports and Exercise, 1998., 30. évf. 6. szám. -p. 993-1008.
- [3] ÁNGYÁN Lajos: *Sportélettani vizsgálatok.* Pécs: Motio kiadó BT., 1995. -ISBN 963-04-4273-6.
- [4] BALZOPoulos V, DA BRODIE: *Isokinetic Dynamometry. Applications and Limitations.* -In: Sports Medicine, 1989., 8. évf. 2 szám. -p. 101-116.
- [5] BARKER Alan R, ARMSTRONG Neil: *Exercise Testing Elite Young Athletes.* -In: ARMSTRONG Neil, MCMANUS AM (szerk): *The Elite Young Athlete*, Basel: Karger, 2011., 56 évf. pp. 106-125.
- [6] BARR Matthew J, SHEPPARD Jeremy M, NEWTON Robert U: *Sprinting kinematics of elite rugby players.* -In: Journal of Australian Strength and Conditioning, 2013., 21. évf. 4. szám. -p. 14-20.
- [7] BOUCHARD Claude, SARZYNSKI Mark A, RICE Treva K, KRAUS William E, CHURCH Timothy S, SUNG Yun Ju, RAO D C: *Genomic predictors of the maximal O2 uptake response to standardized exercise training programs.* -In: Journal of Applied Physiology, 2011., 110.évf. 5. szám. -p. 1160-1170.
- [8] BOURDON Pitre: *Blood Lactate Thresholds: Concepts and Applications.* -In: TANNER K Rebecca, GORE J Christopher (szerk): *Physiological Tests for Elite Athletes.* USA: Human Kinetics Kiadó, 2013. ISBN 978-0-7360-9711-6 -pp. 77-102.
- [9] CAUZA E, HANUSCH-ENSERER U, STRASSER B, LUDVIK B, METZ-SCHIMMERL S, PACINI G, WAGNER O: *The relative benefits of endurance and*



- strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus.* -In: Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2005., 86. évf. 8 szám. -p. 1527-1533.
- [10] CHAOUACHI Anis, BRUGHELLI Matt, LEVIN Gregory, BOUDHINA Bahla Ben Brahim, CRONIN John, CHAMARI Karim: *Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players.* -In: Journal of Sport Sciences, 2009., 27. évf. 2 szám. -p. 151-157.
- [11] CLARK Ida. „www.glata.org.” 2014. December 13. http://www.glata.org/documents/filelibrary/glata_2013_presentations/Critical_Power_Concept_17F3BEC7C5E8A.pdf.
- [12] COOK Gray, BURTON Lee, HOOGENBOOM Barb: *Pre-participation screening: the use of fundamental movement as an assessment of function - part 1.* -In: North American Journal of Sports Physical Therapy, 2006., 1. évf. 2. szám. -p. 62-72.
- [13] COOK Gray, BURTON Lee, HOOGENBOOM Barb: *Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 2.* -In: North American Journal of Sports Physical Therapy, 2006., 1. évf. 3. szám. -p. 132-139.
- [14] COOPER, Kenneth H. *A tökéletes közérzet programja.* Budapest: Sport Kiadó, 1987. - ISBN 963 253 478 6
- [15] CORNELISSEN Veronique A, SMART Neil A: *Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis.* -In: Journal of the American Heart Association, 2013: 2:e004473 doi: 10.1161.
- [16] DE BOSSCHER Veerle, BINGHAM Jerry, SHIBLI Simon, VAN BOTTENBURG Maarten, DE KNOP Paul: *The Global Sporting Arms Race. An International Comparative Study on Sports Policy Factors Leading to International Sporting Success.* Oxford: Meyer & Meyer Ltd Kiadó, 2008. -ISBN 978-1-84126-228-4.



- [17] DI GIMINIANI Riccardo, SCRIMAGLIO Renato: *Center of gravity height calculation and average mechanical power during jump performance*. -In: Italian Journal of Sport Sciences, 2006., 13. évf. 1.-2. szám. -p. 78-84.
- [18] MARTIN Dietrich, CARL Klaus, LEHNERTZ Klaus: *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann kiadó, 1991. -ISBN 3-7780-4002-2.
- [19] DRINKWATER, Eric J, HOPKINS Will G, MCKENNA Michael J, HUNT Patrick H, PYNE David B: *Modelling age and secular differences in fitness between basketball players*. -In: Journal of Sport Sciences, 2007., 25. évf. 8. szám. -p. 869-878.
- [20] DRISS, Tarak, VANDEWALLE Henry: *The Measurement of Maximal (Anaerobic) Power Output on a Cycle Ergometer: A Critical Review*. -In: BioMed Research International, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/589361>.
- [21] DUBECZ József. *Általános edzésmélet és módszertan*. Budapest: Rectus Kft Kiadó, 2009.
- [22] EBBELING Cara B, WARD Ann, PULEO Elaine M, WIDRICK Jeffrey, RIPPE James M: *Development of a single-stage submaximal treadmill walking test*. Medicine and Science of Sports and Exercise, 1991., 23. évf. 8. szám. -p. 966-973.
- [23] ECSS. *European College of Sport Science*. 2014. November 20. <http://sport-science.org>.
- [24] FAUDE Oliver, KINDERMANN Wilfried, MEYER Tim: *Lactate threshold concepts: how valid are they?* Sports Medicine, 2009., 39. évf. 6. szám. -p. 469-490.
- [25] GABBETT Tim J. *Physiological characteristics of junior and senior rugby league players*. British Journal of Sports Medicine, 2002., 36. évf. -p. 334-339.
- [26] GABBETT Tim J, SHEPPARD Jeremy M: *Testing and Training Agility*. -In: TANNER K Rebecca, GORE J Christopher (szerk): *Physiological Tests for Elite Athletes*. USA: Human Kinetics Kiadó, 2013. ISBN 978-0-7360-9711-6 -pp. 199-205.
- [27] GARBER Carol Ewing, BLISSMER Bryan, DESCHENES Michael, FRANKLIN A Barry, LAMONTE J Michael, LEE I-Min, NIEMAN C David, SWAIN David P: *Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory*,



- Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise.* -In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. SPECIAL COMMUNICATIONS: Position Stand, 2011., 43. évf. 7. szám. -p. 1334-1359 .
- [28] GEORGE James D, VEHRIS Pat R, ALLSEN Phillip E, FELLINGHAM Gilbert W, FISHER Garth A: *VO₂max estimation from a submaximal 1-mile track jog for fit college-age individuals.*-In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1993., 25. évf. 3. szám. -p. 401-406.
- [29] GERODIMOS Vassilis: *Reliability of Handgrip Strength Test in Basketball Players.* -In: *Journal of Human Kinetics*, 2012., 31. évf.-p. 25-36.
- [30] GIRARD Olivier, MENDEZ-VILLANUEVA Alberto, Bishop David: *Repeated-Sprint Ability - Part I. Factors Contributing to Fatigue.* -In: *Sports Medicine*, 2011., 41. évf. 8. szám. -p. 673-694.
- [31] GORE J Christopher, TANNER K Rebecca, FULLER L Kate, STANEF Tom: *Determination of Maximal Oxygen Consumption.* -In: TANNER K Rebecca, GORE J Christopher (szerk): *Physiological Tests for Elite Athletes*. USA: Human Kinetics Kiadó, 2013. ISBN 978-0-7360-9711-6 -pp. 103-122.
- [32] GROSSER Manfred, STARISCHKA Stephan. *Das Neue Konditions Training*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1998. -ISBN 978-960-278-100-5.
- [33] HARSÁNYI László. *Edzéstudomány I*. Budapest-Pécs: Dialóg Campus Kiadó, 2000. - ISBN 963-9123-37-4.
- [34] HARSÁNYI László. *Edzéstudomány II*. Budapest-Pécs: Dialóg Campus Kiadó, 2001. - ISBN 963-9123-37-4.
- [35] HARVEY, D: *Assessment of the flexibility of elite athletes using the modified Thomas test.* *British Journal of Sports Medicine*, 1998., 32. évf. -p. 68-70.
- [36] HOFF, J, GRAN A, HELGERUD J: *Maximal strength training improves aerobic endurance performance.* -In: *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2002., 5. évf. 12. szám. -p. 288-295.



- [37] HOFFMAN J R, TENENBAUM G, MARESH C M, KRAEMER W J: *Relationship between athletic performance tests and playing time in elite college basketball players.* - In: Journal of Strength and Conditioning Research, 1996., 10. szám -p. 67-71.
- [38] HOWLEY Edward T, BASSETT David R Jr, WELCH Hugh G: *Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary.* -In: Medicine and Science in Sports and Exercise, 1995., 27. évf. 9. szám. -p. 1292-1301.
- [39] JARIC Slobodan: *Muscle Strength Testing. Use of Normalization for Body Size.*-In: Sports Medicine, 2002., 32. évf. 10. szám. -p. 615-631.
- [40] JIMÉNEZ A, DE PAZ J A: *Application of the 1RM estimation formulas from the RM in bench press in a group of physically active middle-aged women.* -In: Journal of Human Sport & Exercise, 2008., III. évf. 1. szám. -p. 10-22.
- [41] JONES Andrew M, CARTER Helen: *The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness.* -In: Sports Medicine, 2000., 29. évf. 6. szám. -p. 373-386.
- [42] KATICS László, LŐRINCZY Ferenc: *Az erőedzés biomechanikája, mozgásanyaga és módszerei.* Budapest: Akadémiai Kiadó, 2010. -ISBN 978 963 05 8843 0
- [43] KLISOURAS Vasilis: *Εργομετρία. Μέτρηση της Μυϊκής Προσπάθειας.* Athén: Simmetria kiadó, 1991.
- [44] KREIGHBAUM Ellen, BARTHEL M Katharin: *Biomechanics. A Qualitative Approach for Studing Human Movement.* USA: Allyn & Bacon Kiadó, 1996. -ISBN 0-205-18651-3
- [45] LAGO-PENAS Carlos, REY Ezequiel, CASÁIS Luis, GÓMEZ-LÓPEZ Maite: *Relationship Between Performance Characteristics and the Selection Process in Youth Soccer Players.* -In: Journal of Human Kinetics, 2014., 40. évf. -p. 189-199.
- [46] LÉGER Luc A, LAMBERT J: *A Maximal Multistage 20-m Shuttle Run Test to Predict VO₂max.* -In: European Journal of Applied Physiology, 1982., 49 évf. -p. 1-12.
- [47] LETAFATKAR Amir, HADADNEZHAD Malihe, SHOJAEDIN Sadredin, MOHAMADI Elham: *Relationship between functional movement screening score and*



- history of injury*. -In: *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 2014., 9. évf. 1. szám. -p. 21-27.
- [48] LOMBARDI V Pattenon: *Beginning Weight Training*. USA: Wm C Brown Kiadó, 1989. -ISBN 0-697-10696-9.
- [49] MCGUIGAN M R, NEWTON M J, WINCHESTER J B, NELSON A G: *Relationship between isometric and dynamic strength in recreationally trained men*.-In: *Journal of Strength and Conditioning research*, 2010., 24 évf. 9. szám. -p. 2570-2573.
- [50] MCGUIGAN R Micheal, SHEPPARD M Jeremy, CORMACK J Stuart, TAYLOR Kristie-Lee: *Strength and Power Assessment Protocols*. -In: TANNER K Rebecca, GORE J Christopher (szerk): *Physiological Tests for Elite Athletes*. USA: Human Kinetics Kiadó, 2013. ISBN 978-0-7360-9711-6 -pp. 207-230.
- [51] MILLET Guillaume Y, MARTIN Vincent, MARTIN Alain, VERGÉS Samuel: *Electrical stimulation for testing neuromuscular function: from sport to pathology*.-In: *European Journal of Applied Physiology*, 2011., 111. évf. -p. 2489-2500.
- [52] MOIR Gavin L: *Muscular Strength*. -In: MILLER Todd (szerk): *NSCA's Guide to Tests and Assessments*, USA: Human Kinetics kiadó, 2012. ISBN 978-0-7360-8368-3 -pp. 147-192.
- [53] NÁDORI László: *Az edzés elmélete és módszertana*. Budapest: Sport Kiadó. 1981 ISBN 963 253 373 9.
- [54] NÁDORI László, DERZSY Béla, FÁBIÁN Gyula, OZSVÁTH Károly, RIGLER Endre, ZSIDEGH Miklós: *Sportképességek mérése*. Budapest: Magyar Testnevelési Egyetem, 1989.-ISBN 963 253 831 5.
- [55] NOORDHOF Dionne A, KONING Jos J de, FOSTER Carl: *The Maximal Accumulated Oxygen Deficit Method. A Valid and Reliable Measure of Anaerobic Capacity*. -In: *Sports Medicine*, 2010., 40. évf. 4. szám. -p. 285-302.



- [56] OSBORNE A Mark, MINAHAN L Clare: *Anaerobic Capacity*. -In: TANNER K Rebecca, GORE J Christopher (szerk): *Physiological Tests for Elite Athletes*. USA: Human Kinetics Kiadó, 2013. ISBN 978-0-7360-9711-6 -pp. 59-76.
- [57] PALUSKA A Scott, SCHWENK L Thomas: *Physical activity and mental health*. Sports Medicine, 2000., 29. évf. -p. 167-180.
- [58] PAUOLE K, MADOLE K, GARHAMMER J, LACOURSE M, ROZENEK R: *Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college aged men and women*. -In: Journal of Strength and Conditioning Research, 2000., 14. évf. 4. szám. -p. 443-450.
- [59] PAVLIK Gábor: *Élettan - Sportélettan*. Budapest: Medicina Könyvkiadó, 2011.-ISBN 978-963-226-341-0.
- [60] PETERSON D Mark: Power. -In: MILLER Todd (szerk): *NSCA's Guide to Tests and Assessments*, USA: Human Kinetics kiadó, 2012. ISBN 978-0-7360-8368-3 -pp. 217-252.
- [61] RATAMESS Nicholas: *ACSM's Foundations of Strength Training and Conditioning*. USA: Lippincott Williams & Wilkins Kiadó, 2011.-ISBN 978-0-7817-8267-8.
- [62] RAYA A Michelle, GAILEY S Robert, GAUNAURD A Ignacio, JAYNE M Daniel, CAMPBELL M Stuart, GAGNE Erica, MANRIQUE G Patrick, MULLER G Daniel, TUCKER Christen: Comparison of three agility tests with male service members: Edgren Side Step Test, T-Test, and Illinois Agility Test. -In: Journal of Rehabilitation Research and Development, 2013., 50. évf. 7. szám. -p. 951-960.
- [63] REYNOLDS M Jeff, GORDON J Toryanno, Robergs A Robert: *Prediction of One Repetition Maximum Strength from Multiple Repetition Maximum Testing and Anthropometry*. -In: Journal of Strength and Conditioning Research, 2006., 20. évf. 3. szám. -p.584-592.
- [64] ROBERGS Robert A, Roberts O Scott: *Exercise Physiology. Exercise, Performance, and Clinical Applications*. USA: Mosby-Year Book Kiadó, 1997.-ISBN 0-8151-7241-9.



- [65] RUMPF Michael C: *Sprint running kinetics and kinematics in youth. PhD Thesis.* Auckland: Auckland University of Technology, 2012.
- [66] SAUNDERS Philo U, PYNE B David, TELFORD D Richard, Hawley A John: *Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners.*-In: *Sports Medicine*, 2004., 34- évf. 7. szám. -p. 465-485.
- [67] SAYERS S P, HARACKIEWICZ D V, HARMAN E A, FRYKMAN P N, ROSENTEIN M T: *Cross-validation of three jump power equations.*-In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1999., 31. évf. -p. 572-577.
- [68] SHEPPARD J M, YOUNG W B: *Agility literature review: classifications, training and testing.*-In: *Journal of Sports Sciences*, 2006., 24. évf. 9. szám. -p. 919-932.
- [69] STEWART, P F, TURNER A N, MILLER S C: *Reliability, factorial validity, and interrelationships of five commonly used change of direction speed tests.*-In: *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2012: doi: 10.1111/sms.12019.
- [70] STORER W Thomas, DAVIS A James, CAIOZZO J Vincent: *Accurate prediction of VO₂max in cycle ergometer.*-In: *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1990., 22. évf. 5. szám. -p. 704-712.
- [71] SVENSSON M, DRUST B: *Testing Soccer players.*-In: *Journal of Sport Sciences*, 2005., 23. évf. 6. szám. -p. 601-618.
- [72] SWIFT L Damon, JOHANNSEN M Neil, LAVIE J Carl, EARNEST P Conrad, Church S Timothy: *The Role of Exercise and Physical Activity in Weight Loss and Maintenance.*-In: *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2014., 56. évf. -p. 441-447.
- [73] TANNER K Rebecca, GORE J Christopher. *Physiological Tests for Elite Athletes.* USA: Human Kinetics Kiadó, 2013.-ISBN 978-0-7360-9711-6.
- [74] TRIPLETT N Travis: *Speed and Agility.* -In: MILLER Todd (szerk): *NSCA's Guide to Tests and Assessments*, USA: Human Kinetics kiadó, 2012. ISBN 978-0-7360-8368-3 - pp. 253-274.



- [75] TUFANO J James, WALKER Simon, SEITZ B Laurent, NEWTON U Robert, HAKKINEN Keijo, BLAZEVIČ J Anthony, HAFF Guy Gregory: *Reliability of the reactive strength index, eccentric utilisation ratio and pre-stretch augmentation in untrained, novice jumpers.*-In: Journal of Australian Strength and Conditioning, 2013., 21. évf. S2. szám -p.31-33.
- [76] TURNER Antony, WALKER Scott, STEMBRIDGE Michael, CONEY WORTH Paul, REED Glen, BIRDSEY Laurence, BARTER Phil, MOODY Jeremy: *A Testing Battery for the Assessment of Fitness in Soccer players.*-In: Strength and Conditioning Journal, 2011., 33. évf. 5. szám. -p. 28-39.
- [77] VANHELST J, BÉGHIN L, FARDY P S, ULMER Z, CZAPLICKI G: *Reliability of health-related physical fitness tests in adolescents: the MOVE Program.* -In: Clinical Physiology and Functional Imaging, 2014: doi: 10.1111/cpf.12202. .
- [78] WELLS J Adam, HOFFMAN R Jay, BEYER S Kyle, JAJTNER R Adam, GONZALEZ M Adam, TOWNSEND, R Jeremy, MANGINE T Gerard, ROBINSON H Edward, McCormack P William, FRAGALA S Maren, STOUT R Jeffrey: *Reliability of the Dynavision™ D2 for Assessing Reaction Time Performance.* -In: Journal of Sports Science and Medicine, 2014., 13. évf. -p. 145-150.
- [79] WEST D J, OWEN N J, CUNNINGHAM D J, COOK C J, KILDUFF L P: *Relationships between force-time characteristics of the isometric midthigh pull and dynamic performance in professional rugby league players.* -In: Journal of Strength and Conditioning Research, 2011., 25. évf. 11. szám. -p. 3070-3075.
- [80] WILMORE H David, COSTILL L David: *Physiology of Sport and Exercise.* USA: Human Kinetics Kiadó, 1994. -ISBN 0-87322-693-3.
- [81] WHITE Clara, DIXON Kimberley, SAMUEL Dinesh, STOKES Maria: *Handgrip and quadriceps muscle endurance testing in young adults.* -In: SpringerPlus, 2013., 2. évf. - p. 451-459.



[82] YOUNG Warren B, WILLEY Ben: *Analysis of a reactive agility field test.* -In: Journal of Science and Medicine in Sport, 2010., 13. évf. -p. 376-378.