Факултет за физичко образование, спорт и здравје при Универзитетот "Св. Кирил и Методиј" во Скопје.

КОНДИЦИЈА

Стручно списание за физичко образование, спорт и здравје

ISSN 1857 - 9620 (Print)
ISSN 1857 - 8196 (Online)
Година 7, Број 14, 2021.



ИЗДАВАЧ:

Факултет за физичко образование, спорт и здравје

Главен уредник:

Ленче А. Величковска

Уредници:

Борче Даскаловски
Андријана Мисовски

Уредувачки одбор:

Вујица Живковиќ
Роберт Христовски
Душко Иванов
Јоско Миленкоски
оран Радиќ
Александар Туфекчиевски
Милан Наумовски
Гино Стрезовски
Жарко Костовски
Орце Митевски
еорги Георгиев
Ицко Ѓорговски
Горан Ајдински
Лидија Тодоровска
Горан Ајдински
Лена Дамоска
Небојша Марковски
Даниела Шукова Стојмановска
Ванчо Поп-Петровски
Иван Анастасовски
Горан Никовски
Митричка Џ. Старделова
Илија Клинчаров
Александар Ацески
Серјожа Гонтарев
Руждија Калач
Александар Симеонов
Катерина Спасовска
Владимир Вуксановиќ
Наташа Мешковска
Зоран Поповски
Слободан Николиќ
Влатко Неделковски
Томислав Андоновски
Горан Милковски
Лазар Нанев
Жикица Тасевски
Бранко Крстевски
Славица Новачевска
Јана Каршаковска Димитриоска
Ристо Стаменов
Сашо Тодоровски
Марко Стевановски
Лука Поповски

Уредувачки совет:

Milan Žvan, (Republic of Slovenia)
Matej Tuešek, (Republic of Slovenia)
Lubiša Lazarević, (Republic of Serbia)
Dejan Madić, (Republic of Serbia)
Milovan Bratić, (Republic of Serbia)
Saša Milenković, (Republic of Serbia)
Miodrag Kocić, (Republic of Serbia)
Igor Jukić, (Republik of Croatia)
Angel Ric (Spain)
Luka Milanović, (Republic of Serbia)
Josip Maleš, (Republic of Croatia)
Duško Bjelica, (Montenegro)
Ljudmil Petrov (Republic of Bulgaria)
Munir Talović (BIH, Sarajevo)
Izet Rađo (BIH, Sarajevo)
Milan Čoh (Republic of Slovenia)
Munir Talović (BIH, Sarajevo)
Borislav Obradović, (Republic of Serbia)
Jelena Obradovi, (Republic of Serbia)

Технички уредник

Александар Ацески

Лектура

Дарко Темелкоски

Печати:

Бомат графикс

Тираж:

100 примероци

Адреса:

ул. "Димче Мирчев" бр. 3

1000 Скопје

П. ФАХ. 681/ тел. 389 (0) 2/3113 654

Кондиција (ISSN 1857-9620) претставува стручно спортско списание во кое се објавуваат наслови поврзани со општествените, биомедицинските, природно-математичките, хуманистичките науки во контекст на спортот, физичкото образование, спортскиот менаџмент, спортската инфраструктура, спортската информатика, рехабилитацијата, рекреацијата, спортското новинарство, спортскиот маркетинг, спортската психологија, спортската исхрана, спортската медицина, биомеханиката и многу други.

Кондиција

С О Д Р Ж И Н А

1. ОСНОВИ НА ГОЛФОТ (5)
2. ПРЕКУМЕРНАТА ТЕЛЕСНА МАСА И ДЕБЕЛИНАТА КАКО ГЛОБАЛНИ И НАЦИОНАЛНИ ФЕНОМЕНИ (12)
3. СТРУКТУРИРАНА ФИЗИЧКА АКТИВНОСТ КАКО НЕФАРМАКОЛОШКО СРЕДСТВО ВО ЛЕЧЕЊЕТО НА ШЕЌЕРНАТА БОЛЕСТ (18)
4. УСПЕШНО МЕНАЏИРАЊЕ НА НАСТАВНИКОТ ПО ФИЗИЧКО И ЗДРАВСТВЕНО ОБРАЗОВАНИЕ ВО НАСТАВАТА И ВОННАСТАВНИТЕ АКТИВНОСТИ (26)
5. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ИСХРАНАТА ВО БОДИ БИЛДИНГОТ (31)
6. ПЛАНИРАЊЕ НА МИКРОЦИКЛУС ВО ФУДБАЛ - ДОЗИРАЊЕ НА ТРЕНИНГ ОПТОВАРУВАЊЕ - #2 (38)
7. СПОРТСКИ МЕНАЏЕР (улога, вештини, типови) (45)
8. МЕТОДСКИ ПОСТАПКИ ПРИ ОБУЧУВАЊЕ НА ГИМНАСТИЧКИОТ ЕЛЕМЕНТ ЦУКАХАРА (TSUKAHARA) ЗГРЧЕНА НА ПРЕСКОК (51)
9. ЗНАЧЕЊЕТО НА ФИЗИЧКИТЕ ВЕЖБИ ЗА ПРАВИЛЕН ПСИХОФИЗИЧКИ РАЗВОЈ НА ДЕЦАТА ВО ПРЕДУЧИЛИШНА ВОЗРАСТ (57)
10. ПРИМЕНА НА ИЗОКИНЕТИЧКИОТ ДИНАМОМЕТАР ВО БИОМЕХАНИЧКАТА ДИЈАГНОСТИКА (63)
11. ТАКТИКА ВО БОКСОТ (74)
12. ОСНОВИ НА ПЕРИОДИЗАЦИЈАТА ВО КОШАРКАТА ВО НАТПРЕВАРУВАЧКИОТ ПЕРИОД (84)
13. МЕТОДА НА ОБУЧУВАЊЕ ТЕХНИКА НА ОДЕЊЕ И ТРЧАЊЕ СО ПРОГРЕСИЈА (90)
14. ПРОЦЕС НА СЕЛЕКЦИЈА НА МЛАДИ ФУДБАЛЕРИ (97)

Кондиција

ПРИМЕНА НА ИЗОКИНЕТИЧКИОТ ДИНАМОМЕТАР ВО БИОМЕХАНИЧКАТА ДИЈАГНОСТИКА



УДК: 612.76-079:796.015.52

Александар Ацески
Факултет за физичко образование, спорт и здравје,
Универзитет „Св. Кирил и Методиј“-Скопје,
Македонија
е-пошта: aceskiaceski@gmail.com

Александар Туфекчиевски
Борче Даскаловски
Владимир Вуксановиќ
Катерина Спасовска

АПСТРАКТ

Тестирањето на нервно-мускулната активност со изокинетичкиот динамометар претставува златен стандард во биомеханиката. Изокинетичкиот режим на тестирање овозможува движење на телесните сегменти со константна (непроменлива) аголна брзина. Движењето на овој начин е побезбедно, добиените показатели се попрецизни, а проценатa на нервно-мускулната активност е многу пообјективна.
Оваа метода најчесто се користи за да се утврди ефектот од рехабилитацијата после повреда на локомоторниот систем. Меѓутоа, покрај тестирањето, оваа метода се користи и за тренирање на таргетирани мускулни групи.

Клучни зборови: мускулна контракција, аголна брзина, вртлив момент (торк), повреда, тренинг.

APPLICATION OF ISOKINETIC DYNAMOMETER IN BIOMECHANICAL DIAGNOSTICS

Aleksandar Aceski, Aleksandar Tufekchievski, Vladimir Vuksanovikj, Katerina Spasovska, Borce Daskalovski
Faculty of physical education, sport and health, University – Ss. Cyril and Methodius” – Skopje, Macedonia

ABSTRACT

Testing of neuromuscular activity with isokinetic dynamometer is a gold standard in biomechanics. Isokinetic mode provides movement of the body at a constant angular velocity. Motion in this way is safer, obtained results are more precise and assessment process of neuromuscular activity is much more objective.
This method is more frequently used to determine the effect of rehabilitation after injury of locomotor system. In addition to testing, this method is also used to train target muscle groups.

Key words: muscle contraction, angular velocity, torque, injury, training.

ВОВЕД

Проценатa на нервно-мускулната активност може да се врши со многу биомеханички методи. Изборот на најадекватна метода зависи од мноштво фактори кои треба да се имаат предвид. Условите во кои ќе се врши тестирањето (теренски, лабораториски), бројот и видот потребни показатели, степенот на точност и прецизност, примерокот на испитаници (спортисти, пациенти, рекреативци, ученици и сл.), времетраењето на тестирањето и финансиските трошоци, се некои од прашањата на кои стручното лице треба да одговори при изборот на методата за тестирање. Доколку целта е да се проценат мускулната сила, моќта или издржливоста од различни аспекти во строго контролирани лабораториски услови преку добивање максимално точни и прецизни показатели, тогаш изокинетичкиот динамометар е вистинскиот избор.

Главна карактеристика на оваа метода е тестирањето на мускулната активност кај движења што се изведуваат со константна (непроменлива) брзина (изокинетичка контракција), како резултат на отпорот што го дава динамометарот на силата што ја манифестира испитаникот. Покрај изокинетичкиот режим на тестирање на нервно-мускулната активност, достапни се уште и изометрискиот и изотоничниот.

Концептот за изокинетички вежби датира уште од 1967 година, кога Hislop и Perrin првпат го воведуваат во научната литература (Hislop & Perrin 1967), а денес оваа метода се смета за златен стандард во тестирањето на силата, моќта и издржливоста на изолираните мускули која се одликува со високо ниво на метриски карактеристики (Grygorowicz et al., 2010; Morrison et al., 2015; Muff et al., 2015; Padulo et al., 2020; Start et al., 2011; Sung et al., 2019).

ПОВАЖНИ ПОИМИ И ПОКАЗАТЕЛИ ПОВРЗАНИ СО ИЗОКИНЕТИЧКИОТ ДИНАМОМЕТАР

Изокинетичката динамометрија се нарекува уште и компјутеризирана динамометрија, и претставува една од покомплексните методи во биомеханиката. За полесно да се разбере начинот на функционирање на изокинетичкиот динамометар, а особено правилното интерпретирање на добиените резултати, клучно е пред сè познавањето на биомеханичките поими и показатели кои ги содржи извештајот од оваа метода. Во овој текст, накратко се дефинирани само некои од нив, за кои сметаме дека се доволни за да може читателот да ги разбере основите на оваа метода.

Изокинетичка (константна брзина, непроменлива брзина) мускулна контракција – мускулот развива напрегање за движење со константна брзина.
Изотонична (константно напрегање, непроменливо напрегање) мускулна контракција – мускулот развива напрегање кое е константно во текот на движењето.
Изометриска (статичка) мускулна контракција – мускулот развива напрегање кое е доволно за да не ја промени својата должина.
Концентрична (миометриска) мускулна контракција – мускулот развива доволно напрегање за целосно да го совлада надворешното оптоварување и затоа ја намалува својата должина.
Ексцентрична (плиометриска) мускулна контракција – мускулот не развива доволно напрегање за целосно да го совлада надворешното оптоварување и затоа ја зголемува својата должина.
Мускул агонист – мускул што ја има главната улога во некое движење.
Мускул антагонист – мускул што има спротивна улога од агонистот и се спротивставува на неговото дејство.
Момент на сила, вртлив момент (торк) – производ од силата и нејзиниот крак.
Крак – најкусо (нормално) растојание од точката на вртење до правецот на силата.

Сооднос/Сразмер – релација меѓу агонистите и антагонистите (или агонистите/антагонистите на двата екстремитета) претставена преку процент.
Дефицит – индекс на пропорционалност на разликата меѓу два зглоба.
Работа – производ од силата што се манифестира во текот на движењето и поместувањето. Површината под кривата.
Кај изометрискиот режим на тестирање не е присутно поместување поради природата на тестирањето. Во овој случај извршената работа може да се третира како импулс и тој се набљудува како физиолошки наместо механички параметар. Според тоа, изометриската работа се пресметува како производ од силата и времето, односно времетраењето на контракцијата.
Моќ – извршена работа во единица време (ефект на работа). Показател за интензитетот на извршената работа. Просечната моќ може да се користи за да се утврди најефикасната брзина на вежбање за испитаникот.
Време на реципрочна инервација – временски интервал од завршување на контракцијата на агонистот до започнување на контракцијата на антагонистот.
Стапка на опаѓање на силата – наклон надолу на кривата од вртливиот момент (торк), од точката на максимален вртлив момент до точката каде вртливиот момент завршува.
Максимален вртлив момент (момент на сила, торк) – највисокиот регистриран вртлив момент за време на движењето.
Време до максимален вртлив момент (момент на сила, торк) – изминато време од почетокот на мускулната контракција до моментот на манифестирање на максималниот вртлив момент.
Максимален вртлив момент (момент на сила, торк) во однос на телесната тежина – сразмер претставен како процент од максималниот вртлив момент и телесната тежина.
Максимална работа во едно повторување – максимална работа, односно производ од силата и поместувањето манифестирана во едно повторување. Ја покажува способноста на мускулот да манифестира сила во текот на амплитудата на движење.
Вкупна работа – Збир од работата на сите повторувања на движењата. Ја покажува способноста на мускулот да манифестира сила во текот на амплитудата на движења.
Работа во прва третина и работа во последна третина – работата во текот на сите повторувања на движењата е поделена во третини. Овој показател ја покажува вкупната работа во првите третини и во последните третини од сите повторувања.
Работа-замор – сразмер на разликата претставена како процент меѓу работата во првата третина и работата во последната третина од движењето.
Просечна моќ – количник од вкупната работа и времето потребно за да се изврши работата. Овој показател се користи за да се измери мускулната ефикасност.
Максимална амплитуда на движење – најголемата амплитуда што ја постигнува зглобот во текот на движењето.
Анатомска амплитуда на движење – амплитуда на движење која е снимена во степени кои се анатомски карактеристични за зглобот што се тестира.
Максимум ГЕТ – со цел да се избегне ефектот на гравитацијата врз вртливиот момент, утврдена е тежината на екстремитетот. Потоа тежината на екстремитетот се додава на вредноста од вртливиот момент кога дејствува спротивно на гравитацијата, а се одзема од вредноста кога е во насока на гравитацијата.
Коефициент на варијација – сразмер меѓу стандардната девијација и аритметичката средина на популацијата изразена како процент и се користи за објективно одредување на репродуктивноста на податоците од тестот.
Сразмер агонист/антагонист – сразмер меѓу мускулната група агонисти и антагонисти.
Билатерална мускулна асиметрија (дисбаланс) – сразмер меѓу ист мускул (мускулна група) од спротивен екстремитет.
Просечен максимален вртлив момент, момент на сила (торк) – најголем регистриран просечен вртлив момент од повторувањата во една серија.
Среден просечен вртлив момент (момент на сила, торк) – средна вредност од просечните вртливи моменти во една серија.

Максимален просечен вртлив момент (момент на сила, торк)/телесна тежина – сразмер претставен како процент од максималниот просечен вртлив момент во однос на телесната тежина на испитаникот.
Максимална сила – највисока регистрирана сила во текот на времетраењето на една контракција.
Максимална просечна сила – најголема регистрирана просечна сила од повторувањата во една серија.
Просечна девијација на силата – сумирање на апсолутните вредности на средната просечна сила од една серија минус просечната сила од секое повторување. Овој број потоа се дели со бројот на реализирани повторувања.
Просечна девијација на извршената работа - сумирање на апсолутните вредности на средната просечна извршена работа од една серија минус просечната работа од секое повторувања. Овој број потоа се дели со бројот на реализирани повторувања.
Индекс на перформанса во зглобот – индекс од максималниот вртлив момент кој може зглобот да го поднесе пред да се соочи со ризик од повреда.

ОПШТИ И ТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ИЗОКИНЕТИЧКИОТ ДИНАМОМЕТАР

Денес најпопуларни изокинетички динамометри се Biodex, Cybex, Ariel, Kin-Con, Akron, CON-TREX и IsoMed 2000, кои поради високата цена на чинење најчесто ги поседуваат само универзитети, клинички центри или приватни лаборатории.

Изокинетичкиот динамометар е електромеханички систем кој се состои од приспособлив стол, адаптер, актуатор (придвижувач) и сигурносни појаси (слика 1).

За монтирање на динамометарот е потребен простор од 6 до 7 m^2 поради големината и масивноста на рамка од столот. Денешните модели се со поголема маса од постарите (500-700 кг) со што се обезбедува поголема стабилност, особено доколку се тестираат посилни спортисти и на тој начин се избегнува и минимално занишување или поместување за време на тестирањето (Payton & Bartlett, 2008).



Слика 1. Биодекс изокинетички динамометар

ПРАКТИЧНИ ПРИМЕРИ ОД ПРИМЕНА НА ИЗОКИНЕТИЧКИОТ ДИНАМОМЕТАР

Проценатa на нервно-мускулната активност и вежбањето се двете главни функции на оваа машина која претставува една од најбезбедните што се користат денес. Изборот зависи од тоа дали таа се применува кај лица кои имаат одредена патологија односно повреда или кај здрави лица (најчесто спортисти) кои имаат потреба од тренинг на таргетирани мускулни групи.

Во табела 1 се прикажани основните режими што му ги овозможува модерниот изокинетичкиот динамометар на стручното лице за процена или вежбање на својот клиент.

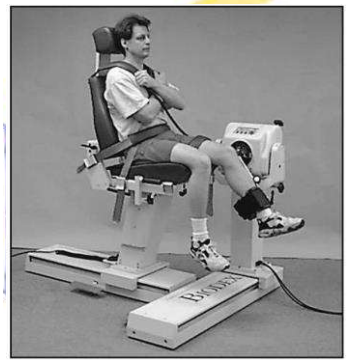
Табела 1. Основни режими на изокинетичкиот динамометар

ПОКАЗАТЕЛ	ОСНОВНИ РЕЖИМИ			
	Изометриски	**Изотоничен**	**Пасивен**	**Изокинетички**
Аголна позиција (θ)	константна	варијабилна	варијабилен	варијабилна
Аголна брзина (ω)	0	варијабилен	константна	константна
Аголно забрзување (α)	0	варијабилен	0	0
Вртлив момент, торк (т)	варијабилен	константен	варијабилен	варијабилен

Од практичен аспект, важен е фактот дека штом подвижниот дел од телото ќе ја достигне аголната брзина, која е одредена пред започнување на движењето, отпорот од вртливиот моментот на машината е еднаков на вкупниот вртлив момент што го манифестира испитаникот, така што мускулот и зглобот се оптоваруваат до нивните максимални капацитети во текот на амплитудата на движење со константна брзина. Со оглед на тоа што отпорот од вртливиот момент на машината не го надминува вкупниот вртлив момент на испитаникот, не доаѓа до преоптоварување на зглобот или мускулот, а со тоа нема и ризик од повреда (Payton & Bartlett, 2008).

На слика 2 се прикажани неколку почетните положби за тестирање во зависност од тоа која мускулна група се тестира односно вежба. Степенот на точност и прецизност на добиените резултати многу зависат од протоколот за тестирање. Во подготовката на тестирањето потребно е испитаникот да заземе правилна положба која ќе ја задржи во текот на целото тестирање. Ова е од особена важност доколку се тестираат/вежбаат двозглобни мускули (мускули што поминуваат преку два зглоба) бидејќи мускулната сила и вртливиот момент во зглобот зависат, меѓу другото, и од должината на мускулот. Токму поради ова, треба да се стандардизира положбата во активниот зглоб и соседните зглобови со цел да се создаде цврста основа за максимално ефикасно мускулно дејство.

Друг важен предуслов е испитаникот да биде фиксиран со ремени за да се спречат евентуални дополнителни непосакувани движења кои би ја компромитирале веродостојноста на добиените резултати.



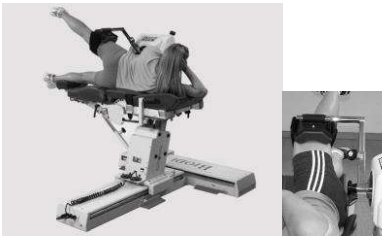
Зглоб: колено
Движење: флексија и екстензија



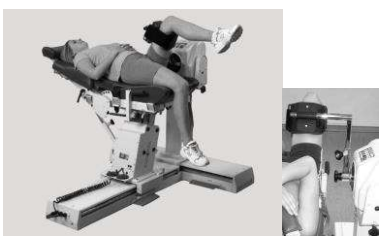
Зглоб: горен скочен
Движење: плантарна флексија и дорзална флексија



Зглоб: долен скочен
Движење: еверзија и инверзија



Зглоб: колк



Зглоб: колк



Зглоб: рамо

Движење: абдукција и аддукција



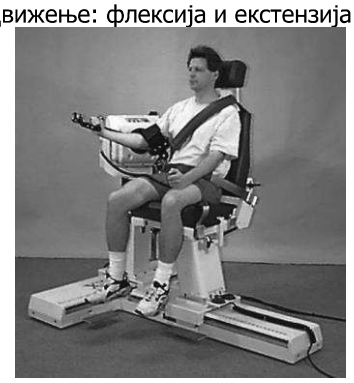
Зглоб: рамо
Движење: абдукција и аддукција

Движење: флексија и екстензија

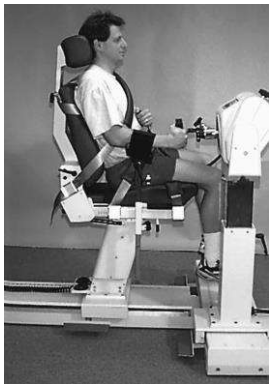


Зглоб: рамо
Движење: надворешна ротација и внатрешна ротација

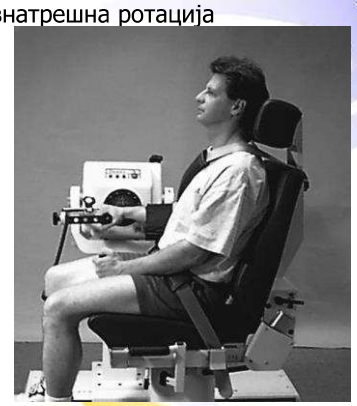
Движење: флексија и екстензија



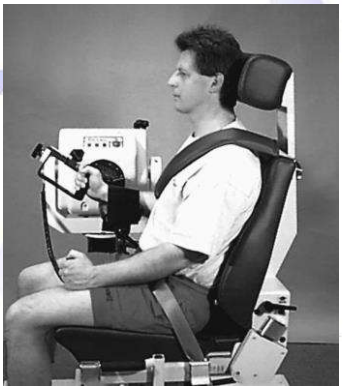
Зглоб: лакт
Движење: флексија и екстензија



Зглоб: лакт
Движење: супинација и пронација



Зглоб: рачен
Движење: флексија и екстензија

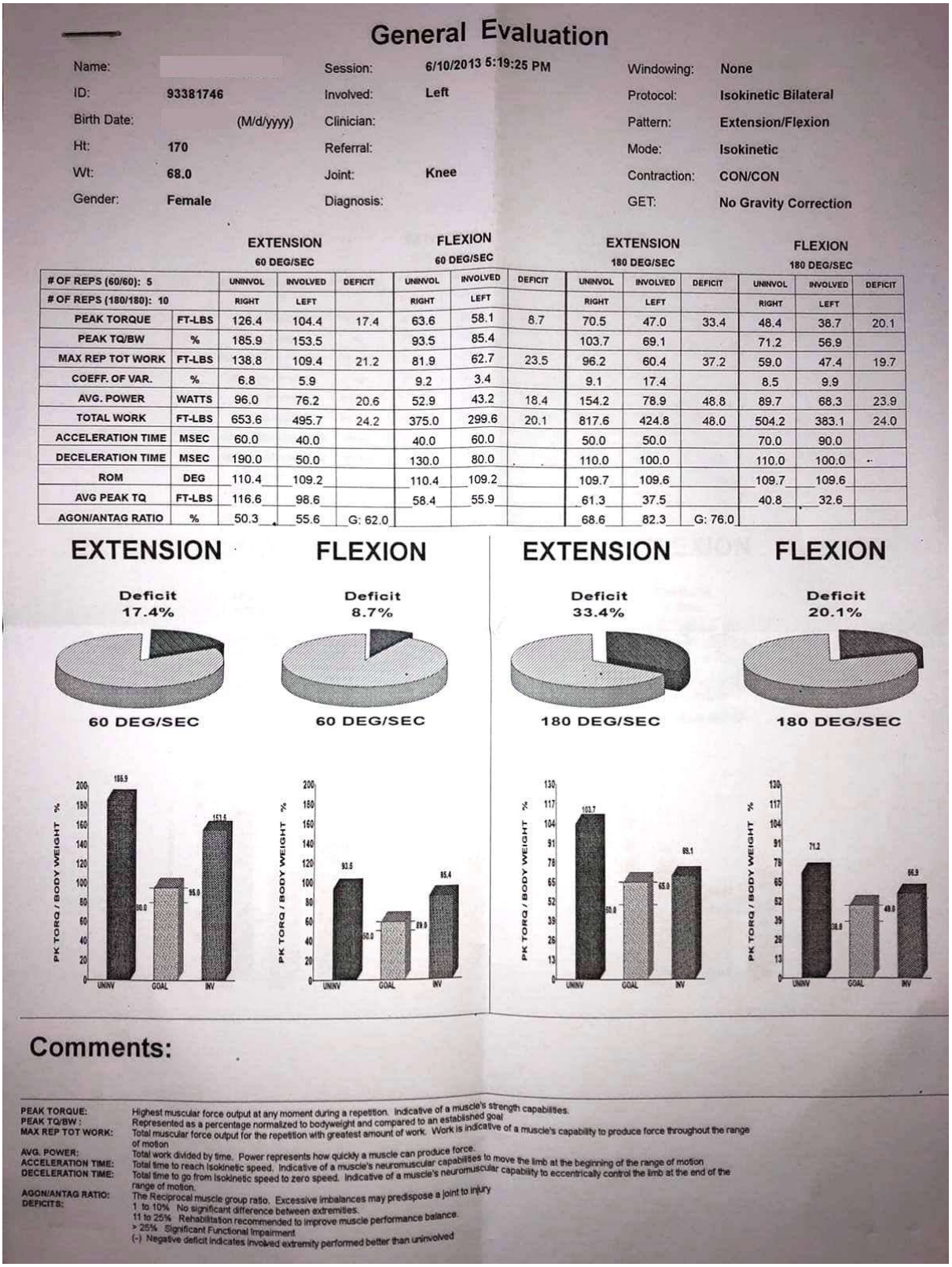


Зглоб: рачен
Движење: радијална девијација и улнарна девијација

Слика 2. Почетни положби за тестирање

На слика 3 е прикажан извештај од тестирање на ракометарка после неколкунеделна рехабилитација од повреда на предниот вкрстен лигамент на десната нога. Сите показатели од извештајот се релевантни за процена на мускулната сила и функцијата во зглобот преку кои се утврдува ефектот од рехабилитацијата на ракометарката, но во оваа пригода накратко ќе бидат анализирани само оние што се неопходни за да се даде одговор на следните две прашања:

1. Колкав е сразмерот на силата на мускулите агонисти/антагонисти?
2. Колкав е контралатералниот дефицит во мускулната сила меѓу доминантната и недоминантната нога?



General Evaluation

Name:		Session:	6/10/2013 5:19:25 PM	Windowing:	None
ID:	93381746	Involved:	Left	Protocol:	Isokinetic Bilateral
Birth Date:	(M/d/yyyy)	Clinician:		Pattern:	Extension/Flexion
Ht:	170	Referral:		Mode:	Isokinetic
Wt:	68.0	Joint:	Knee	Contraction:	CON/CON
Gender:	Female	Diagnosis:		GET:	No Gravity Correction

		EXTENSION 60 DEG/SEC			FLEXION 60 DEG/SEC			EXTENSION 180 DEG/SEC			FLEXION 180 DEG/SEC		
# OF REPS (60/60): 5		UNINVOL	INVOLVED	DEFICIT	UNINVOL	INVOLVED	DEFICIT	UNINVOL	INVOLVED	DEFICIT	UNINVOL	INVOLVED	DEFICIT
# OF REPS (180/180): 10		RIGHT	LEFT		RIGHT	LEFT		RIGHT	LEFT		RIGHT	LEFT	
PEAK TORQUE	FT-LBS	126.4	104.4	17.4	63.6	58.1	8.7	70.5	47.0	33.4	48.4	38.7	20.1
PEAK TQ/BW	%	185.9	153.5		93.5	85.4		103.7	69.1		71.2	56.9	
MAX REP TOT WORK	FT-LBS	138.8	109.4	21.2	81.9	62.7	23.5	96.2	60.4	37.2	59.0	47.4	19.7
COEFF. OF VAR.	%	6.8	5.9		9.2	3.4		9.1	17.4		8.5	9.9	
AVG. POWER	WATTS	96.0	76.2	20.6	52.9	43.2	18.4	154.2	78.9	48.8	89.7	68.3	23.9
TOTAL WORK	FT-LBS	653.6	495.7	24.2	375.0	299.6	20.1	817.6	424.8	48.0	504.2	383.1	24.0
ACCELERATION TIME	MSEC	60.0	40.0		40.0	60.0		50.0	50.0		70.0	90.0	
DECELERATION TIME	MSEC	190.0	50.0		130.0	80.0		110.0	100.0		110.0	100.0	
ROM	DEG	110.4	109.2		110.4	109.2		109.7	109.6		109.7	109.6	
AVG PEAK TQ	FT-LBS	116.6	98.6		58.4	55.9		61.3	37.5		40.8	32.6	
AGON/ANTAG RATIO	%	50.3	55.6	G: 62.0				68.6	82.3	G: 76.0			

EXTENSION 60 DEG/SEC — Deficit 17.4%

FLEXION 60 DEG/SEC — Deficit 8.7%

EXTENSION 180 DEG/SEC — Deficit 33.4%

FLEXION 180 DEG/SEC — Deficit 20.1%

PK TORQ / BODY WEIGHT %

UNINV GOAL INV

Comments:

PEAK TORQUE: Highest muscular force output at any moment during a repetition. Indicative of a muscle's strength capabilities.
PEAK TQ/BW: Represented as a percentage normalized to bodyweight and compared to an established goal
MAX REP TOT WORK: Total muscular force output for the repetition with greatest amount of work. Work is indicative of a muscle's capability to produce force throughout the range of motion
AVG. POWER: Total work divided by time. Power represents how quickly a muscle can produce force.
ACCELERATION TIME: Total time to reach Isokinetic speed. Indicative of a muscle's neuromuscular capabilities to move the limb at the beginning of the range of motion
DECELERATION TIME: Total time to go from Isokinetic speed to zero speed. Indicative of a muscle's neuromuscular capability to eccentrically control the limb at the end of the range of motion.
AGON/ANTAG RATIO: The Reciprocal muscle group ratio. Excessive imbalances may predispose a joint to injury
DEFICITS:
1 to 10% No significant difference between extremities.
11 to 25% Rehabilitation recommended to improve muscle performance balance.
> 25% Significant Functional Impairment
(-) Negative deficit indicates involved extremity performed better than uninvolved

Слика 3. Извештај од тестирање со изокинетички динамометар

1. Прашањето за сразмерот на вртливиот момент на мускулите агонисти/антагонистите (најчесто флексори наспроти екстензори во коленото) е важно од аспект на стабилноста на зглобот. На пример, доколку мускулите од задната страна на бутот (флексори) не можат да генерираат еквивалентен вртлив момент за да ја забават ротацијата на потколеницата иницирана од вртливиот момент на мускулите од предната страна на бутот (екстензори), може да настане повреда на предниот вкрстен лигамент или истегнување на мускулите од задната страна на бутот (флексори) (Aagaard et al., 1998; Ruas et al., 2015a; Ruas et al., 2015b; Coombs et al., 2002,).
Во литературата се присутни голем број студии кои ја потенцираат важноста на ова прашање (Ardern et al., 2015; Barrer et al., 2020; Baumhauer, et al., 1995; Grinden et al., 2016; Knapik et al., 1991; Palmieri-Smith & Lepley, 2015; Stafford & Grana, 1984), меѓутоа и покрај големата дебата меѓу научната заедница, сè уште нема изградено консензус колку треба да изнесува нивниот сразмер. Во најголем број релевантни студии се истакнува дека сразмерот флексори:екстензори поголем од 0.6 може да биде ефикасен во превенција од повреда на предниот вкрстен лигамент и истегнување на мускулите од задната страна на бутот (флексори) (Askling et al., 2003; Daneshjoo et al., 2013; Dervišević & Hadžić, 2012; Kim & Hong, 2011; Hewett, 2008, Croisier, 2002; Cheung et al., 2012).

2. Компарацијата на максималниот вртлив момент меѓу доминантната и недоминантната нога е показател за билатералната асиметрија (дисбаланс) во силата на иста мускулна група во различен екстремитет. Овој показател може да укаже на одредена девијација во мускулниот систем која предизвикува склоност кон повреда (Baratta et al. 1988, Knapik et al. 1991, Lin et al. 2010, Teixeira et al. 2020, Croisier et al. 2008). Контралатералниот дефицит помал од 10% се смета за занемарлив, меѓутоа доколку е поголем од 10-15%, тој укажува на зголемен ризикот од повреда (Vargas et al., 2019; Croisier et al., 2008; Knapik et al. 1991; Risberg et al., 2018).
Интерпретирањето на резултатите за дефицитот во мускулната сила треба да се врши внимателно. Ова особено треба да се има предвид кај спортови што имаат асиметричен моторички образец, каде што е поголема и веројатноста да се забележи дефицит.

Покрај тоа што резултатите од изокинетичкото тестирање се важни одредници за процесот на рехабилитација кај лица што доживеале повреда, овие информации се важни индикатори и за индивидуалното планирањето, програмирање и реализирање на тренажниот процес на спортистите. Особено е потребно ваков вид тестирање да се спроведува во подготвителниот период, за навреме да може да се детектираат, а потоа и да се санираат евентуалните абнормалности во функцијата на нервно-мускулниот систем.

За добивање веродостојни резултати, покрај веќе споменатото, потребно е во целост да се испочитува протоколот за тестирање што го пропишува производителот. Протоколот за тестирање според препораките на компанијата Биодекс ги вклучува следните активности:

1. Испитаникот изведува генерално кардиоваскуларно загревање најмалку 10-ина минути со посебен акцент на оние делови од телото што се тестираат. Во меѓувреме тестаторот ги внесува потребните информации во компјутерот и го нагодува динамометарот.
2. Испитаникот седнува и се фиксира.
3. Испитаникот се загрева со три движења со субмаксимално оптоварување и едно со максимално оптоварување.
4. Следува тестирањето.
5. Пауза за одмор.
6. Тестирањето продолжува со повторување на чекорите 4-6 за тестирање со други брзини.

Табела 2. Број на повторувања во зависност од аголната брзина

Аголна брзина	Број на повторувања
60 deg/s	5
180 deg/s	10
300 deg/s	15

За време на тестирањето е многу важно испитаникот вербално да се поттикнува за да го даде максимумот. На овој начин добиените резултати ќе претставуваат реална слика за неговите можности.

ЗАКЛУЧОК

Развојот на современата технологија сè повеќе се чувствува и во спортската наука. Денес е скоро незамисливо да се организира тренажен процес без користење современи методи и инструменти преку кои во реално време се мониторираат физичките перформанси на спортистите.

Еден од многуте успешни производи на современите технолошки достигнувања е и изокинетичкиот динамометар. Изборот на изокинетичката метода за тренирање или тестирање на нервно-мускулната активност е сигурна гаранција дека добиените резултати се точни и прецизни. Иако, можеби, за некого изокинетичкото тестирање не е евтина услуга, сепак, во случаи кога ситуацијата наложува да се добие јасна слика за ефектот од рехабилитација после повреда на локомоторниот апарат и врз основа на тоа да се процени дали спортистот е подготвен за тренинг и натпреварување, оваа метода е повеќе од исплатлива.

ЛИТЕРАТУРА

Aagaard, P., Simonsen, E.B., Magnusson, S.P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med*.26(2):231–7.

Ardern, C.L, Pizzari, T., Wollin, M.R., & Webster, K.E. (2015). Hamstrings strength imbalance in professional football (soccer) players in Australia. *J Strength Cond Res* 29: 997–1002.

Askling, C., Karlsson, J, & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*. 13:244–50.

Ahmadi, S., & Uchida, M.C., (2021). Place of the gold standard isokinetic dynamometer in paralympic sports: a systematic review. *Hum Mov*. 2021;22(3):1–10; doi: https://doi.org/10.5114/hm.2021.100319.

Baratta, R., Solomonov, M., Zhou, B.H., Letson, D., Chuinard, R., & D'ambrosia R. (1988). Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *The American journal of sports medicine,* 16, 113-122.

Barrer, V.E.J., Fraire, S.O., Barrera, A.A., Perez, V.M.A., Gonzalez, C.D.G.J., & Zavala, B.J.F. (2020). Unilateral and bilateral isokinetic knee strength indices in professional soccer players. *Arch Med Deporte* 37(1):9-12.

Baumhauer, J.F., Alosa, D.M., Renstrom, A.F., Trevino, S., Beynnon, B. (1995). A prospective study of ankle injury risk factors. *Am J Sports Med;* 23: 564–570.

Vargas, Z.V., Motta, C., Peres, B., Vancini, L.R., De Lira, B.A.C., & Andrade, S.M. (2019). Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study. *The physician and sportsmedicine*. https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1642808

Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, MA. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med* 50: 804–808.
Grygorowicz, M., Kubacki, J., Pilis, W., Gieremek, K. & Rzapka, R. (2010). Selected isokinetic tests in knee injury prevention. Biol. Sport 2010, 27, 47–51.
Dallinga, J.M, Benjaminse, A., & Lemmink, K.A. (2012). Which screening tools can predict injury to the lower extremities in team sports?: a systematic review. *Sports Med*.42(9):791–815.
Daneshjoo, A., Rahnama, N., Mokhtar, A.H., & Yusof, A. (2013). Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *Journal of Human Kinetics*, vol. 36, no. 1, pp. 45–53.
Dvir, Z. (2004). Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications. 2ª ed. Edimburgo: Churchill Livingstone.
Dervišević, E., & Hadžić, V. (2012). Quadriceps and hamstrings strength in team sports: basketball, football and volleyball. *Isokinetics and Exercise Science*, vol. 20, no. 4, pp. 293–300.
Kim, D., & Hong, J. (2011). Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: a prospective study during one season. Isokinetics and Exercise Science, vol. 19, no. 1, pp. 1– 6.
Knapik, J.J., Bauman, C.L., Jones, B.H., Harris, J.M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med*; 19:76.
Lin, Y.C., Thompson, A., Kung, J.T., Chieh, L.W., Chou, S.W., & Lin, J.C. (2010). Functional Isokinetic Strength Ratios in Baseball Players with injured elbows. Journal of Sport Rehabilitation, 10, 21-29.
Payton, J.C., & Bartlett, M. R. (2008). Biomechanical evaluation of movement in sport and exercise, The British Association of Sport and Exercise Sciences Guidelines. *Routledge.*
Teixeira, M.R., Dellagrana, A. R., Priego-Quesada, I.J., Machado, P.BC.J, da Silva, F.J., dos Reis, P.M.T., & Rossato, M. (2020). Muscular Strength Imbalances Are not Associated with Skin Temperature Asymmetries in Soccer Players. *Life*, 10, 102; doi:10.3390/life10070102.
Туфекчиевски, А., и Ацески, А. (2009). *Биомеханика, второ проширено и дополнето издание. Факултет за физичка култура – Скопје.*
Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM and R*, *3*(5), 472-479. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.025.
Hislop, H., & Perrine J.J. (1967).The isokinetic concept of exercise. *PhysicalTherapy* 47: 114-117.
Morrison, J., Morrow, Jr., Mood, P.D., Disch, G.J., & Kang, M. (2015). *Measurement and evaluation in human performance 5th Edition*. Human Kinetics Champaign.
Muff, G., Dufour, S., Meyer, A., Masat, J., Vautravers, P., Lecocq, J., & Isner-Horobeti, M.E. (2015). Comparative study on the assessment of the strength of the knee extensor and flexor muscles by hand-held dynamometer and isokinetic dynamometer. *Elsevier, Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, Volume 58, Supplement 1, September 2015, Pages e159-e160.
https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.07.379.
Padulo, J., Trajkovic, N., Cular, D., Grgantov, Z., Madic, M. D., Di Vico, R., Traficante, A., Alin, L., Ardigo, L.P., & Russo, L. (2020). Validity and Reliability of Isometric-Bench for Knee Isometric Assessment. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 4326; https://doi.org/10.3390/ijerph17124326.
Palmieri-Smith, R.M., & Lepley, L.K. (2015). Quadriceps strength asymmetry after anterior cruciate ligament reconstruction alters knee joint biomechanics and functional performance at time of return to activity. *Am J Sports Med* 43: 1662–1669.
Risberg, M.A., Steffen, K., Nilstad, A., Myklebust, G., Kristianslund, E., Moltubakk, M.M., Krosshaug, T. (2018). Normative quadriceps and hamstring muscle strength values for female, healthy, elite handball and football players. *J. Strength Cond. Res.* 32, 2314–2323.
Ruas, C.V., Minozzo, F., Pinto, M.D., Brown, L.E., & Pinto, R.S. (2015a). Lower-extremity strength ratios of professional soccer players according to field position. *J Strength Cond Res*.29(5):1220–6.
Ruas, C.V., Pinto, M.D., Brown, L.E., Minozzo, F., Mil-Homens, P., & Pinto, R.S. (2015b). The association between conventional and dynamic control knee strength ratios in elite soccer players. *Isokinet Exerc Sci.* 2015;23(1):1–12.
Stafford, M.G, Grana, W.A. (1984). Hamstring/quadriceps ratios in college football players: a high velocity evaluation. *Am J Sports Med*; 12: 209–211.
Sung, S.K., Yi, G.Y., & Shin, I.H. (2019) Reliability and validity of knee extensor strength measurements using a portable dynamometer anchoring system in a supine position. *BMC Musculoskeletal Disorders* (2019) 20:320 https://doi.org/10.1186/s12891-019-2703-0

Hewett, T.E., Myer, G.D., & Zazulak, B.T. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity," *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 11, no. 5, pp. 452–459.
Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Development in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sports Sci and Med*.1:56–62.
Croisier, J.L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, M.J. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*. 36(8):1469–1475.
Croisier, J.L., Forthomme, B., Namurois, M.H.,Vanderthommen, M., & Crielaard, J.M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.* 30:199–203.
Cheung, R., Smith, A., & Wong, D. (2012). H:Q ratios and bilateral leg strength in college field and court sports players. *Journal of Human Kinetics*, vol. 33, no. 1, pp. 63–71.