

УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ

МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ-СКОПЈЕ

ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИОЛОГИЈА СО АНТРОПОЛОГИЈА



Михаела Несторова Бражанска

ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА МЕТАБОЛИТИЧКАТА КОЛИЧИНА ВО МИРУВАЊЕ И ТЕЛЕСНИОТ СОСТАВ КАЈ СПОРТСКАТА ПОПУЛАЦИЈА

— Докторска дисертација —

Скопје, 2025

UNIVERSITY „SS. CYRIL AND METHODIUS” IN SKOPJE

MEDICAL FACULTY- SKOPJE

INSTITUTE OF MEDICAL AND APPLIED PHYSIOLOGY



MIHAELA NESTOROVA BRAZHANSKA

**DETERMINATION OF RESTING METABOLIC
RATE AND BODY COMPOSITION IN SPORTS
POPULATION**

– Doctoral Dissertation –

Skopje, 2025

Докторанд:

Михаела Несторова Бражанска

Тема:

Определување на метаболитичката количина во мирување и телесниот состав кај спортската популација

Ментор:

Проф. Д-р Бети Дејанова

Универзитет Св. Кирил и Методиј-Скопје, Медицински факултет

Членови на комисија:

Проф. д-р Сунчица Петровска, претседател

Универзитет Св. Кирил и Методиј- Скопје, Медицински факултет

Проф. д-р Бети Дејанова, ментор

Универзитет Св. Кирил и Методиј- Скопје, Медицински факултет

Проф. д-р Зоран Божиновски, член

Универзитет Св. Кирил и Методиј- Скопје, Медицински факултет

Проф. д-р Сања Манчевска, член

Универзитет Св. Кирил и Методиј- Скопје, Медицински факултет

Проф. д-р Бети Зафирова Ивановска, член

Универзитет Св. Кирил и Методиј- Скопје, Медицински факултет

Научна област:

Медицински науки

Датум на одбраната:

Благодарност

Благодарност до Институтот за физиологија со антропологија на Медицинскиот факултет во Скопје кои ми овозможил да ги направам сите иследувања за изработка на оваа докторска дисертација.

Благодарност до менторот проф. д-р Бети Дејанова која ја поддржа изработката на оваа студија увидувајќи дека истата ќе даде придонес за подобра евалуација на енергетскиот метаболизам и телесниот состав кај спортистите и генералната популација и ќе помогне во изработка на препораки за нутритивни протоколи

Благодарност до моите колеги кои дадоа значаен придонес во текот на целиот процес на изработка на оваа докторска дисертација.

Благодарност им должам на моите пријатели за искрената поддршка и храбрење.

Неизмерна благодарност до моето семејство за нивното трпение, разбирање и поддршка.

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	1
2. ИСТОРИСКИ ПОДАТОЦИ	2
3. БАЗАЛНА МЕТАБОЛИТИЧКА КОЛИЧИНА, ЕНЕРГЕТСКИ МЕТАБОЛИЗАМ И МЕТАБОЛИТИЧКА КОЛИЧИНА ВО МИРУВАЊЕ	4
3.1 Одредување на метаболитичката количина во мирување	7
4. ТЕЛЕСЕН СОСТАВ	9
4.1 Анализа на телесен состав со биоелектрична импеданса (БИА)	9
5. МАКСИМАЛНА КИСЛОРОДНА ПОТРОШУВАЧКА (VO2 max)	13
6. КЛАСИФИКАЦИЈА НА СПОРТОВИ	16
7. МОТИВ ЗА ИЗРАБОТКА НА СТУДИЈАТА	17
8. ЦЕЛИ НА СТУДИЈАТА	19
9. ХИПОТЕЗИ	20
10. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ	21
10.1 Дизајн на студијата	21
10.1.2 Испитаници	21
10.1.3 Анкетен прашалник и информирана согласност	21
10.1.4 Критериуми за селекција	22
10.2 Методи	22
10.2.1 Телесна висина	23
10.2.2 Анализа на телесен состав со биоелектрична импеданса	23
10.2.2.1 Анализа на резултатите	25
10.2.2.2 Анализа на телесен состав	26
10.2.2.3 Анализа на мускулно-масно ткиво	27
10.2.2.4 Дијагноза на дебелина	30
10.2.2.5 Сегментална анализа на чистата телесна маса	32
10.2.3 Индиректна калориметрија за одредување на метаболитичка	

количина во мирување	33
10.2.4 Математички предвидени равенки за одредување метаболитичката количина во мирување	35
10.2.5 Одредување на релативна максимална кислородна потрошувачка со субмаксимален повеќестепен тест според Bruce протокол	37
11. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА	39
12. РЕЗУЛТАТИ	40
12.1 Компарација на МКМ кај различни возрасни групи	40
12.1.1 Корелација на вредностите на измерената МКМ со предвидените равенки.....	41
12.1.2 Корелација меѓу вредностите на измерената МКМ и предвидените равенки кај различна физичка активност	53
12.1.3 Компарација на МКМ кај различни спортови.....	63
12.2 Резултати од споредбата на телесниот состав по групи спортови и седентери	65
12.3 Корелации помеѓу МКМ со VO2 max	81
12.4 Споредба на VO2 max по групи спортови	82
12.5 Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав	83
12.5.1. Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав кај рекреативни спортисти	83
12.5.2. Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав кај спортови на издржливост	91
12.5.3. Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав кај спортови на сила	96
13. ДИСКУСИЈА	101
13.1 МКМ по возрасни групи и МКМ корелации со равенките	102
13.2 Компарација на телесен состав кај различни типови спорт	110
13.3 Корелации помеѓу МКМ со VO2 max	119
13.4 Споредба на VO2 max по групи спортови	120
13.5 Корелација помеѓу МКМ и телесен состав кај типовите на спорт.....	122

13.6 Корелација помеѓу VO_2 max и телесен состав	125
14. ЗАКЛУЧОК	128
Анекс 1	131
ЛИТЕРАТУРА	136
ПРИЛОЗИ	157

АПСТРАКТ

Вовед: За бавење со физичка активност, се препорачуваат соодветни спортско-медицински прегледи за испитување на функционалноста и издржливоста на одредени органски системи и ткива (кардиоваскуларен, респираторен систем, итн.). Телесниот состав и нивото на метаболитичката количина на спортистот укажуваат на индивидуалните појдовни карактеристики за спортување. Енергетски метаболизам претставува збир на сите биохемиски процеси во организмот во кои макронутриентите се поврзуваат со кислородот при што се ослободува енергија, потребна за функционирање на ткивата и органите. Вкупните енергетски потреби на организмот претставуваат збир од: метаболитичката количина во мирување (МКМ), метаболитичката количина при активност (МКА), како и енергетскиот ефект на храната (термички ефект на храна-ТЕХ).

Цел на студијата: Главната цел на оваа студија е да се добијат вредности за нутритивни потреби на испитаниците врз основа на анализата на телесниот состав и вредностите на метаболитичката количина во мирување и во активност. Другата цел на студијата е да се селектираат кои од предвидени равенки за МКМ можат да се применат вон лабораториски услови споредени со добиените вредности од испитаниците. **Материјал и**

методи: 360 машки испитаници беа вклучени во студијата и беа поделени по возраст: I група 18-24 години (n=120), II група 25-31 години (n=120), III група 32-38 години (n=120). Според физичка активност испитаниците беа поделени на: професионални спортисти (n=180) и рекреативни спортисти (n=90). По тип на спорт професионалните спортисти беа поделени во две групи: аеробни (издржливост) спортисти (n=90) и анаеробни (силови) спортисти (n=90). Како контролна група беа вклучени 90 здрави машки испитаници (седентери). На сите испитаници им беше мерен телесниот состав со методата на биоелектрична импеданса со апаратот InBody 720 (Great Britain), метаболитичката количина во мирување (МКМ) со методата индиректна калориметрија на апаратот Fit Mate, Cardio Pulmonary Exercise Testing & Nutritional assessment, COSMED (Italy), а на спортистите им беше мерена максималната кислородна потрошувачка ($\text{VO}_2 \text{ max}$) со субмаксимален повеќестепен тест според Bruce протокол на ергометриска лента за трчање Ergo _run medical_ α 24. **Резултати:** Професионалните спортисти имаат повисока МКМ во однос на рекреативните спортисти ($p=0.003$) и седентерите

($p=0.000008^*$). Корелациите меѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки беа најсилни во најмладата возрасна група, од 18 до 24 години. Вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија најсилно позитивно сигнификантно корелираше со равенките на Katch-Mc-Ardle ($r=0.3167$, $p=0.002$) и Cunningham ($r=0.3167$, $p=0.002$) во групата силови спортови, Harris-Benedict равенката сигнификантно најсилно позитивно корелираше ($r=0.5618$, $p=0.0000$) кај спортовите на издржливост исто и кај седентерите ($r=0.4894$, $p=0.000$), а кај рекреативните спортисти равенката De Lorenzo ($r=0.5605$, $p=0.0000$). Професионалните спортисти имаа сигнификантно повисока интрацелуларната вода споредено со седентерите (post-hoc $p=0.00004$ и $p=0.0013$) и рекреативните спортисти (post-hoc $p=0.0035$ и $p=0.01$). Спортовите на издржливост имаа значајно повисоки вредности на протеини (14.03 ± 2.1 кг) наспроти седентерите (12.95 ± 1.6 кг) ($p=0.00046$) и наспроти рекреативните спортови (13.05 ± 1.8 кг) ($p=0.0075$). Значајно повисоки вредности на протеини имаа силовите спортови наспроти седентерите ($p=0.0023$) и силовите спортови наспроти рекреативните спортови ($p=0.0078$). Процентот на скелетна мускулна маса (%SMM) беше сигнификантно поголем кај силовите спортови ($49.36\% \pm 3.6$) и спортовите на издржливост ($49.11\% \pm 3.0$) во споредба со седентерите ($44.53\% \pm 3.9$) ($p=0.000008$) и рекреативните спортисти ($46.19\% \pm 4.1$, ($p=0.000008$). Процентот на масна компонента (%PBF) беше значајно помал кај силовите спортови ($13.73\% \pm 5.9$) ($p=0.000008$), спортовите на издржливост ($14.21\% \pm 5.1$) ($p=0.000008$) и рекреативните спортисти ($18.89\% \pm 6.8$) ($p=0.037$), споредено со седентерите ($21.36\% \pm 6.8$). Спортовите на издржливост имаа повисоки вредности на $VO_2 \max$ (48.29 ± 7.9 мл/мин/кг), споредено со силови спортови (46.83 ± 5.5 мл/мин/кг) ($p=0.039$). **Заклучок:** Професионалните спортисти имаат повисока МКМ односно поголема енергетска потрошувачка и подобар телесен состав во споредба со рекреативните спортисти и седентерите. Анаеробните спортисти имаат поголем енергетски метаболизам и потреба од поголем калориски внес. $VO_2 \max$ зависи од типот на мускулното влакно, а не од големината на мускулот односно од процентуална застапеност на мускулната маса.

Клучни зборови: метаболитичка количина во мирување, енергетски метаболизам, телесен состав, максимална кислородна потрошувачка, нутритивни потреби.

ABSTRACT

Introduction. For engaging in physical activity, proper medical examinations are recommended to examine the functionality and endurance of certain organ systems and tissues (cardiovascular, respiratory system, etc.). Body composition and resting metabolic rate of the athletes are indicators of the individual sport characteristics. Energy metabolism is the sum of all the metabolic processes in the body in which macronutrients use oxygen and generate energy for body functioning. Total daily energy expenditure is the sum of resting metabolic rate (RMR), thermic effect of food (TEF) and physical activity (PA). **Aim.** The main aim of this study is to get nutritive needs values for participants according to body composition analysis, resting metabolic rate and the level of physical activity. The second aim is to select the most suitable predictive equation for resting metabolic for every group according to values from indirect calorimetry. **Material and methods.** 360 male subjects were included in this study and were divided in three groups according to age : I group 18-24 age (n=120), II group 25-31 age (n=120) and III group 32-38 age (n=120). According to physical activity level they were divided into two groups: professional athletes (n=180) and recreational athletes (n=90). According to the type of sports athletes were divided into two groups: aerobic (endurance) athletes (n=90), and strength (anaerobic) athletes (n=90). As a control group, 90 male sedentaries were included in this study. All the subjects underwent body composition analysis with bioelectrical impedance analyser (In Body 720, Great Britain), indirect calorimetry (IC) testing for resting metabolic rate with calorimeter Fit Mate, Cardio Pulmonary Exercise Testing & Nutritional assessment, COSMED (Italy), and athletes underwent stress test on ergo- treadmill (Ergo _run medical_ α 24) for determining maximal oxygen consumption (VO_2 max). **Results.** Professional athletes have higher values for RMR compared to sedentary group ($p=0.003$) and recreational athletes ($p=0.000008^*$). The correlation between RMR values from indirect calorimetry and predictive equations was strongest in the youngest age group. RMR value from indirect calorimetry has strongest significant correlation with Katch-Mc-Ardle equation ($r=0.3167$, $p=0.002$) and Cunningham equation ($r=0.3167$, $p=0.002$) at strength athletes, and with Harris-Benedict equation at endurance ($r=0.5618$, $p=0.0000$) athletes and also sedentary group ($r=0.4894$,

p=0.000). In recreational athletes the De Lorenzo equation has the strongest significant correlation with the RMR values from IC ($r=0.5605$, $p=0.0000$). Professional athletes have significantly higher values for intracellular water (ICW) compared to sedentary group (post-hoc $r=0.00004$ and $p=0.0013$) and recreational athletes (post-hoc $r=0.0035$ and $p=0.01$). Endurance athletes have significantly higher values for proteins (14.03 ± 2.1 kg) compared to sedentary group (12.95 ± 1.6 kg) ($p=0.00046$) and recreational athletes (13.05 ± 1.8 kg) ($p=0.0075$), and significantly higher values for proteins at strength athletes compared to sedentary group ($p=0.0023$) and recreational athletes($p=0.0078$). Percentage of skeletal muscle mass (%SMM) was significantly higher at strength ($49.36\% \pm 3.6$) and endurance athletes ($49.11\% \pm 3.0$) compared to sedentary group ($44.53\% \pm 3.9$) ($p=0.000008$) and recreational athletes ($46.19\% \pm 4.1$, ($p=0.000008$). Percentage of body fat (%PBF) was significantly lower at strength ($13.73\% \pm 5.9$) ($p=0.000008$), endurance ($14.21\% \pm 5.1$) ($p=0.000008$) and recreational athletes ($18.89\% \pm 6.8$) ($p=0.037$), compared to sedentary group ($21.36\% \pm 6.8$). Endurance athletes have significantly higher values for VO₂ max (48.29 ± 7.9 ml/min/kg), compared with strength athletes (46.83 ± 5.5 ml/min/kg) ($p=0.039$). **Conclusion:** Professional athletes have higher RMR and better body composition than recreational athletes and sedentaries. Strength athletes have higher total daily energy expenditure and require higher caloric intake than other athletes. VO₂ max depends of the type of muscle fibers, not from the muscle size.

Key words: resting metabolic rate, energetic metabolism, body composition, maximal oxygen consumption, nutritive needs.

1. ВОВЕД

Телесниот состав и нивото на метаболитичката количина на спортистот укажуваат на индивидуалните појдовни карактеристики за спортување. Евалуацијата на телесниот состав е важна за мониторирање на нутритивниот статус, степенот на дебелина, резултатите од тренирањето како и на генералното здравје (Durnin & Womersley, 1974). Масната компонента (Fat mass – FM) и обезмастената компонента (Fat-free mass, FFM) се често користени за да се дефинираат нутритивните потреби и енергетската потрошувачка (Burke et al., 2006; Nelson et al., 1992). Спортските нутриционисти користејќи вредности од анализата на телесниот состав создаваат тренинг програми кои понатака ги следат и оптимизираат според индивидуалните потреби на спортистот. Спортистите од различните типови на спорт имаат различен телесен состав, различен енергетски метаболизам и различни нутритивни потреби. Правилниот телесен состав и нутритивен протокол игра улога во перформансот на спортистот.

2. ИСТОРИСКИ ПОДАТОЦИ

Терминот енергетски метаболизам датира уште од 1783 година од експериментите на Lavoisier и Laplace. Принципите на калориметријата се базираат врз откритијата на овие татковци на калориметријата уште пред 200 години, а денес се уште се валидни и се употребуваат во пракса. Апаратите кои биле развиени и се користат за мерење на респираторната размена на гасовите се базираат на принципите на калориметријата. Терминот „базален“ се користел за да се разграничи енергијата која се троши за време на физичка активност и онаа енергија која телото ја троши во мирување. Базална метаболичка количина (БМК) претставува интеграција на минималната активност на сите ткива во телото во услови на мирување и е изразена во единица мерка за топлина или во единица мерка за кислородна потрошувачка. Скратена дефиниција за базална метаболичка количина е добиена од Mitchell (1964) кој ја кажал „Базален метаболизам на едно животно е минималниот промет на енергија неопходен за живот“.

Magnus-Levy (1985) го оформил терминот Grundumsatz или „базален метаболизам“ во 1895 година. Овој термин бил од големо значење за истражувачите бидејќи ја потенцирал потребата експериментите да се извршуваат во точно определени услови. Овие услови вклучувале: (1) отсуство на груба мускулна активност; (2) отсуство на состојба после конзумирање и апсорпција на храна и пијалоци; (3) отсуство дури и на минимална емоционална вознемиреност; (4) будност; (5) отсуство на болест или инфекција; (6) нормална нутритивна состојба; (7) термо-неутрална средина (Henry, 2005). Во пракса секако било многу тешко да се исполнат сите овие услови. На пример, многу од раните студии на луѓе направени уште од 1900-1920 година од страна на Aub, DuBois, Lusk и Rubner (1917) даваат податок за покачени вредности на базална метаболичка количина бидејќи не ги исполнувале условите на термо-неутрална средина во нивните експерименти.

Исто така многу од вредностите за базална метаболичка количина добиени од страна на Aub и DuBois (1917) биле добиени од анксиозни нетренирани субјекти и добиле вредности повисоки од стандардните. Терминот „базален метаболизам“ често е погрешно разбран и се мисли на најмалата количина на енергија што телото може да ја потроши, а тоа не е точно. Во услови на спиење или во нутритивен дефицит метаболизмот може да има

помала вредност од метаболизмот опсервиран под базални услови. За да се избегнат вакви недоразбирања Kroggh (1923) го има оформено терминот „стандарден метаболизам“ со цел да се осигураат точни резултати. Исполнување на стриктните услови за мерење на БМК е неопходно за добивање на точен резултат.

3. БАЗАЛНА МЕТАБОЛИТИЧКА КОЛИЧИНА, ЕНЕРГЕТСКИ МЕТАБОЛИЗАМ И МЕТАБОЛИТИЧКА КОЛИЧИНА ВО МИРУВАЊЕ

Базална метаболичка количина (БМК) претставува минималната количината на енергија која што организмот ја троши во мирување за одржување на виталните функции. За добивање на точни вредности за БМК со цел да може да се компарираат вредностите помеѓу индивидуите, стандардизирани услови за мерење на истата се неопходни. Ова се постигнува со мерење на минималната количина на топлина ослободена од телото исклучувајќи ги ефектите од конзумирањето храна и екстремни физички оптеретувања. Сите мерења на БМК треба да ги вклучат следниве услови:

1. Испитаникот треба да биде во комплетен мир пред и за време на испитувањето. Треба да биде во легната положба целосно буден.
2. Испитаникот треба да биде гладен 10-12 часа пред мерењето.
3. Средината во која се извршува мерењето треба да биде термо-неутрална (22-26 °C)
4. Испитаникот треба да биде во емоционален мир и да е запознаен со апаратурата со која се прави испитувањето.

Доколку овие услови се исполнети се смета дека резултатите од мерењето се соодветни на физиолошкиот и биохемискиот интегритет на една индивидуа. Кај генералната популација, енергијата што се обезбедува со внесот на храна треба да ги покрие потребите на базалниот метаболизам плус дополнителните енергетски потреби од физичка активност која е поврзана со секојдневните активности како и дополнително енергијата потребна за физичка активност дали во склоп на професијата или во склоп на рекреативни активности.

Енергетски метаболизам претставува збир на сите биохемиски процеси во организмот во кои макронутриентите се поврзуваат со кислородот при што се ослободува енергија, потребна за функционирање на ткивата и органите. Вкупната дневна енергетска потрошувачка (ВДЕП) на организмот претставува збир од: базална метаболичка количина (БМК), поточно метаболичката количина во мирување (МКМ), метаболичката количина при активност (МКА), како и енергетскиот ефект на храната (термички ефект на храна-ТЕХ) (Black, Coward, Cole, & Prentice, 1996; Adriaens, Schoffelen, & Westerterp, 2003). Метаболичката количина во мирување (МКМ) е

почесто користена мерка и е еквивалент на БМК со дополнителни 10% за чие што мерење не се бараат строги услови и таа претставува поточен показател на моменталната енергетска потрошувачка во мирување на еден испитаник. Метаболитичката количина при активност (МКА) е енергијата потребна за сите секојдневни и дополнителни физички активности. Таа го претставува најваријабилниот дел од ВДЕП. Термичкиот ефект на храната (ТЕХ) е енергијата која е потребна за дигестија, апсорпција и користење на храната и тоа за јаглени хидрати 5-15%, за масти 5-15% и за протеини 20-35% од вкупниот дневен енергетски внес. Енергетската потрошувачка е збир од внатрешната ослободена топлина (МКМ и ТЕХ) и физичката активност.

Енергетски баланс е дефиниран како состојба каде енергетската потрошувачка е еднаква со енергетскиот внес. Овој концепт се користи за да се демонстрира како телесната тежина може да се смени со тек на време како одговор на промените во дневниот енергетски внес и енергетската потрошувачка. Кога телото се наоѓа во енергетски баланс, телесната тежина е стабилна (Hafekost K, Lawrence D, Mitrou F. et al., 2013; Hill, Wyatt, Peters, 2012). Оптималниот баланс помеѓу енергетскиот внес и енергетската потрошувачка е круцијален за спортската изведба. За спортистите да бидат во енергетски баланс и да се одржи мускулната маса и масната компонента со цел да се оптимизира силата, треба да се внесува соодветна количина на храна која е базирана на индивидуалната енергетска потрошувачка. За правење на нутритивни планови и тренинг програми според индивидуалните потреби на спортистот треба да имаме процена на неговата енергетска потрошувачка односно енергетски метаболизам. Точното одредување на метаболитичката количина во мирување е неопходно за професионалните спортисти да обезбедат адекватна количина на нутритиенти за дневните потреби (Cooper, Watras, O'Brien et al., 2009). Бидејќи МКМ има важна улога во регулирањето на телесната тежина и телесниот состав се јавува зголемена потреба да се определат точните основни енергетски потреби на секоја индивидуа (Wang, Bosy-Westphal, Schuatz, & Muller, 2011). Несоодевентно одредување на МКМ и подлегнување на несоодветен нутритивен режим може да доведе до големи последици како телесен дисморфизам и други телесни нарушувања (Hasson, Howe, Jones, & Freedson, 2011; Fields, Wilson, Gladdens, Hunter, & Pascoe, 2001). Во зависност од спортот понекогаш треба да се намали или зголеми телесната тежината. Тоа придонесува до менување на телесниот состав, гликогенските резерви, витаминскиот и

минералниот статус, коскената маса, а и на менструалниот циклус кај жените спортисти. Во оние спортови во кои помалата телесна тежина има предност во перформансот и е важен естетскиот изглед како: гимнастика, балет, уметничко лизгање и други, многу од спортистите особено женските спортисти влегуваат во енергетски дефицит. Доколку оваа состојба се пролонгира може да настане синдром на релативен енергетски дефицит (РЕД-С) кој претставува ризик за репродуктивното, коскеното и психолошкото здравје (Loucks, 2004). Сите овие промени на енергетскиот баланс и нутритивниот статус имаат директно влијание на перформансот и опоравокот кај спортистот (Thompson, 1998). Младите спортисти се оние кои најчесто влегуваат во енергетски дисбаланс (Allen & Overbaugh, 1994; Schmalz, 1993). Адолесценцијата е критичен период за развивање на здрави навики за јадење. Младите спортисти најчесто не се доволно едуцирани за спортската нутриција и лесно потпаѓаат под туѓи влијанија и добиваат неточни информации. Тие немаат свои финансиски средства и зависат од други за изборот на храна, а кога избираат храна најчесто бираат храна која нема доволна и правилна нутрициска вредност (Schmalz, 1993; Hickson, Johnson, Schrader & Stockton, 1987). Генерално спортистите во споредба со физички неактивните личности имаат поголем процент на мускулна маса која се должи на активниот начин на живот (број и тип на тренинзи). Високиот процент на мускулна маса придонесува за поголема енергетска потреба. Спортистите најчесто прават напори за да го одржат енергетскиот баланс. Целта на спортистите е со правилен и избалансиран режим на исхрана да одржат адекватна телесна маса. Правилната пропорција на обезмастената маса и масната компонента им овозможува да имаат добар и константен перформанс во тек на сезоната како и брз и лесен опоравок.

Бидејќи МКМ е енергијата која е потребна да се обезбедат и одржат основните витални функции во мирување или во неактивност таа се изразува во килокалории на ден (ккал/ден). Може да биде измерена со методата на индиректна калориметрија (ИК) или пресметана со предвидени равенки (Mifflin, St Jeor, Hill, Scott, Daugherty & Koh, 1990; Ravussin & Bogardus, 1989).

3.1 ОДРЕДУВАЊЕ НА МЕТАБОЛИТИЧКА КОЛИЧИНА ВО МИРУВАЊЕ

Индириктната калориметрија е метода со која се мери кислородната потрошувачка и продукцијата на јаглероден диоксид и е најчесто користена метода за пресметка на МКМ. Кога станува збор за седентерна популација па и рекреативни спорстисти, МКМ претставува најголема компонента од ВДЕП. Калориметријата е меѓу најточните методи за пресметување на МКМ во различни состојби на здравје и болести. Директната калориметрија и респираторните комори постојат уште од 19^{ти} и 20^{ти} век, но денес нивната примена е останата само за истажувачки цели (Frankenfield, Muth & Rowe 1998). Од 1970 год, мобилни апарати за индириктна калориметрија со размена на гасови биле достапни за клиничка употреба. Овие апарати даваат голема точност со отстапка од само 5 %. За точноста во мерењето неопходно е да бидат исполнети стандарните услови од страна на испитаникот (пост, немање физичка активност, легната положба, психо-физички мир) и условите од страна на апаратот (калибрација, фаза на мирување, должина на тест фазата) (Phang, Rich & Ronco, 1990). Опремата за испитување може да биде скапа и недостапна, бара обучен персонал и одзема време така што не е практична и изводлива за секојдневна употреба. Овој пристап за пресметка на енергетската потрошувачка бара точна проценка на МКМ во различни популациони групи со различна телесна тежина и различни услови на живеење.

Пресметување на математички равенки изведени со мерењата на директна и индириктна калориметрија често пати се прифатени како главен метод во одредување на енергетските потреби на индивидуите. Предвидените равенки се базираат на лесно достапни физички мерки како возраст, пол, висина и тежина (da Rocha, Alves & da Fonseca, 2006). Иако предвидените равенки претставуваат наједноставен и достапен начин за пресметување на метаболичката количина во мирување, не секогаш даваат точен и прецизен резултат. Во пракса често пати настануваат грешки во мерењето на телесниот состав и енергетските потреби (De Jesus, Fitzgeorge, McGowan & Prapavessis, 2012). На пример, многу апарати за мерење на телесниот состав користат предвидени равенки за да се пресмета МКМ. Предвидените равенки често пати се базирани на специфични популациони групи кои многу често не одговараат на популацијата која во моментот се

испитува. Ова ги прави несоодветни предвидените равенки, а со тоа се добива и лажен резултат за дневните потреби на испитуваната популација (Frankenfield, Rowe, Smith & Cooney, 2003).

Во 1985 год. FAO/WHO/UNU дошле до заклучок дека за пресметување на енергетските и протеинските потреби кај човекот подобро е користење на енергетската потрошувачка кај индивидуи кои ја одржуваат стабилна својата килажа. Бил даден предлог дека ВДЕП треба да се пресметува кога МКМ се множи со фактор на физичка активност (ФФА) (Adriaens et al., 2003; Rising et al., 1994; Westerterp, 2003; Shetty, 2005). Меѓу првите најшироко употребувани равенки се равенките на Harris and Benedict (HB) во 1918 год. и FAO/WHO/UNU равенка базирана на Schofield базаза во 1985 год (Schofield, 1985; Harris & Benedict, 1918).

Во текот на годините студиите покажале дека овие равенки ја преценуваат вредноста на МКМ во тропските популации (Case et al., 1997; Rao et al., 2012; Cooper et al., 2013), бидејќи тропските популациони групи имаат 15-20% помала МКМ во споредба со европската и американската популација (de Boer et al., 1988; Arciero et al., 1993; Piers & Shetty, 1993). Поради ова се објаснува преценувањето на Schofield-овата и Harris-Benedict-овата равенката, бидејќи од 87% до 100% од податоците биле од кавкаска популациона група. Исто така овие равенки ја преценуваат МКМ кај прекумерно тешката и обезната популација (Frankenfield et al., 2005; Song et al., 2014; de Oliveira et al., 2011). Последователно на ова биле создавани равенки со цел да се подобри предвидувањето на МКМ кај различни видови на раси (Henry & Rees, 1991; Leung et al., 2000; Liu et al., 1995; Muller, 2004; Soares, 1993). Меѓу тие равенки се EU-препорачана Henry (2005) равенка, равенката на Liu et al. (1995) и на Yang et al. (2010) за кои се има предвид дека биле изведени предоминантно од здрави азиски испитаници. Mifflin et al. (1990) и Owen et al. (1987) имаат изведено подобрени предиктивни равенки за прекумерно тешки и дебели испитаници од кавкаска популација.

Од овие податоци можеме да заклучиме дека има многу варијации во предвидените равенки за пресметување на МКМ во однос на популацијата и на физичките карактеристики за истата и дека доколку не сме во можност да ја измериме точната МКМ со метод на индиректна калориметрија би имале недоволни податоци за која равенка да ја примениме за да можеме да ја пресметаме дневната вкупна енергетска потрошувачка.

4. ТЕЛЕСЕН СОСТАВ

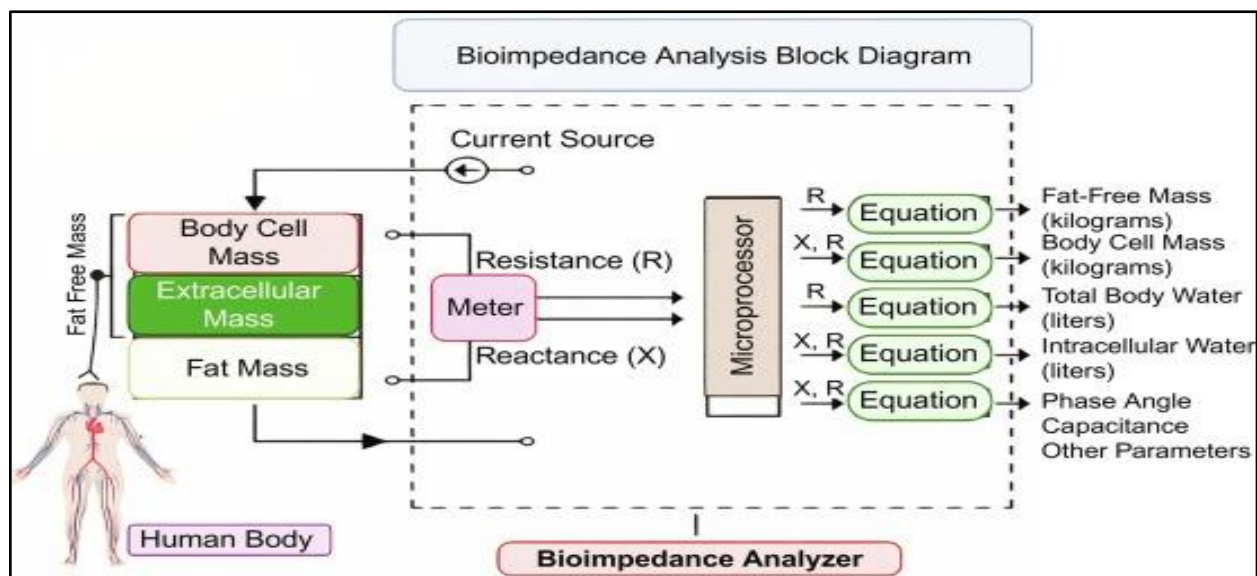
Телесниот состав претставува релативен сооднос од вода, масти, протеини и минерали кои се наоѓаат во човековото тело (Moon et al. 2008). Процената на телесниот состав кај општата популација добива сè поголемо значење заради негативниот ефект на неправилен телесен состав врз здравјето кај поединците. Современата медицина има можност да користи бројни методи за проценка на телесниот состав кај човекот. Изборот на методите зависи од целта на испитувањето и од објективните критериуми како: цена, точност на резултати, техника на изведување, достапност на опрема и евентуален ризик по здравјето на испитаниците (Mialich et al., 2014). Класификацијата на методите за анализа на телесен состав кои се применуваат во спортот е: референтни, лабораториски и теренски. Референтите методи кои се сметаат за најточни се дисекција на леш и имиџинг методи (магнетна резонанса и компјутерска томографија). Лабораториски методи кои се користат за да го измерат телесниот состав како: хидростатско мерење, двојна апсорпциометрија на X-зраци-DXA (dual-energy X-ray absorptiometry), мултикомпаратмантни модели како три и четири компартмантен модел се непрактични, скапи и ризични за користење на големи популации. Теренско мерење на телесниот состав како: антропометриски мерења (кожни дипли, циркумференци), блиска-инфрацрвена интеракција (near-infrared interactance) и биоелектрична импеданса (БИА) се метода на избор на спортските нутриционисти бидејќи се евтини, точни и лесни за користење. Антропометриските мерки често пати не се стандардизирани (зависи од испитивачот како ќе ги земе, може да варираат во однос на точната позиција), затоа стандардизирани методи како биоелектричната импеданса се поточни и подобар избор за анализа на телесниот состав.

4.1 АНАЛИЗА НА ТЕЛЕСЕН СОСТАВ СО БИОЕЛЕКТРИЧНА ИМПЕДАНСА (БИА)

Биоелектричната импеданса (БИА) го мери телесниот состав врз основа на способноста на различните ткива да спроведуваат електрична енергија со различна брзина (Kushner, 1992).

Анализата со биоелектрична импеданса во однос на другите методи има многу предности од кои најзначајни се дека таа е едноставна, безбедна, евтина, мобилна и не бара долга обука за користење (Bucholz et al., 2004; Mazic et al., 2014). Биоелектричната импеданса се изведува на тој начин што низ ткивата во телото се аплицира ниска наизменична струја со јачина помала од 1 mA и се користи нивната спроводливост (Lukaski, 1987). Биоелектричната импеданса применува толку слаба струја за да не го оштети ткивото, испитаникот да не ја почувствува, а при тоа да може да ги совлада биоелектричните појави во самото ткиво. Основниот принцип е што струјата тече подобро низ ткива кои содржат повеќе вода или течности кои што имаат повеќе електролитни раствори. Се аплицира слаба струја на едно место на телото, а се мери нејзината волтажа на друго место на телото и со помош на добиените вредности се пресметува отпорот или импедансата. Импедансата е функција со две компоненти (вектори): отпор од самото ткиво (резистанца) и додатен отпор (реактанса), создаден од мембраните на клетките и ткивните компоненти кои не содржат јони (Mialich et al., 2014). Методата на биоелектрична импеданса за анализа на телесниот состав користи струја со различни фреквенции за да ја предвиди количината на интрацелуларна вода (intracellular water- ICW) и екстрацелуларна вода (extracellular water-ECW) како дел од тоталната вода во телото (Total body water- TBW). Мулти-фреквентните анализатори (MFBIA), за разлика од еднофреквентните, користат фреквенции од 1 kHz до 1000 kHz. Електричната струја со фреквенција помала од 100 kHz не може да влезе во клетките, таа тече низ екстрацелуларната вода (ECW) и се користи за да се измери истата. Електрична струја со фреквенција над 100 kHz ја поминува клеточната мембрана, влегува во самите клетки и тече низ нив со што се мери тоталната вода (TBW). Користејќи различни фреквенции, екстрацелуларната вода и тоталната вода се мерат посебно и ова може да биде корисно при дијагностицирање на балансот на тотална вода, особено кај едемите (Moon, 2013). Обезмастената компонента (Fat-free mass, FFM) и масната компонента (Fat mass – FM) може да бидат пресметани со помош на биоелектрична импеданса која користи само една фреквенција, како и со

употреба на мултифреквентна биоелектрична импеданса која претходно има одредено константа која укажува на застапеноста на водата во безмасната компонента.



Слика 1. Шематски приказ на неинвазивен мониторинг на телесен состав со биоелектрична импеданса (БИА).

Samoni, S., & Bonilla-Reséndiz, L. I. (2019), Critical Care Nephrology (Third Edition), 2019

Анализата на телесниот состав со импеданса за целото тело не ги зема предвид различните метаболички својства на различните делови од телото како што се трупот и екстремитетите. Поради различните физички својства (состав, ткива) и морфолошки својства (должина, обем, пресек) на различните делови на телото, кои влијаат на ширењето на струјата, примената на биоелектричната импеданса која користи само една фреквенција за цело тело се смета за недоволно прецизна (Kyle et al., 2003). Најновите модели на апарати со биоелектрична импеданса за процена на телесниот состав како In Body 720, се вертикални анализатори кои користат четири пара електроди (октаподална технологија) (Gibson et al. 2008). Користат осум поларни тактилни електроди кои користат струја со различна волтажа, која се пушта низ телото и резултира со измерени пет различни импеданси на трупот и екстремитетите. Со ваквата анализа се нуди можност за длабинска анализа и прецизни мерења на вкупната телесна композиција како и сегментална анализа на мускулната маса. Оваа ексклузивна подлабока анализа дава најверодостојни резултати за составот на телото (Bera, 2014). Струјата поминува помеѓу две електроди наречени извор и детектор и според Омовиот закон генерира волтажа

помеѓу две различни точки на телото. Електродите најчесто се лоцирани на рачниот зглоб и на глуждот на ногата. Струјата патува низ сите спроводливи материи во телото кои што се наоѓаат помеѓу овие две електроди. Бидејќи живите ткива имаат различен волумен, физичките носачи на струјата се предоминантно електризирани јони, како натриум и калиум, кои што се способни да се движат низ различни волумени на ткивата. Струјата од 50kHz е стандардната фреквенција користена во БИА затоа што има највисока реактанса, а со тоа е најпогодна за одредување на карактеристите на телото, а е и технички најлесна за користење. Струја од 50 kHz не може да помине преку клеточната мембрана и тече само низ екстраклеточната течност, затоа е невозможно точно да се измери интрацелуларната течност. Затоа In Body 720 апаратот користи 6 фреквенции: 1, 5, 50, 250, 500 и 1000 kHz, па може со точност да се измери интрацелуларната и екстрацелуларната вода.

5. МАКИМАЛНА КИСЛОРОДНА ПОТРОШУВАЧКА ($VO_2 \max$)

Максималната кислородна потрошувачка ($VO_2 \max$) е максималното количество на кислород кое што телото го троши при максимално зголемување на напорот во физичка активност. $VO_2 \max$ е најчесто користена мерка за одредување на индивидуалниот аеробен капацитет. Таа е најдобар параметар за одредување на физичката спремност кај една индивидуа. Добриот перформанс посебно кај аеробните спортови е поврзан со висока максимална кислородна потрошувачка.

Кај спортовите на издржливост со долго времетраење оксидативната фосфорилација игра главна улога и $VO_2 \max$ или аеробниот капацитет станува еден од главните детерминирачки фактори во спортовите со висок интензитет. $VO_2 \max$ е поврзан со кислородното преземање, транспорт и искористување. Не само кај маратонците туку и другите спортови на издржливост (со континуиран или дисконтинуиран тек) $VO_2 \max$ игра главна улога. $VO_2 \max$ може да биде физиолошки најзначајниот и најчесто мерениот параметар во следењето и подобрување на перформансот кај добро тренираните спортисти (Ghosh, 2004). Во спортовите на издржливост како фудбал, спортистите треба да имаат што повисок степен на $VO_2 \max$ за да имаат подобар перформанс.

Во скелетната мускулатура кај човекот постои комбинација на два типа мускулни влакна: тип I (спори влакна) и мускулни влакна тип II (брзи влакна) (Padykula & Herman, 1955). Тип I мускулните влакна се карактеризираат со релативно висока оксидативна способност индицирана од високиот респираторен капацитет и висока активност на оксидативните ензими (Ivy et al., 1980; Essen et al., 1975). Тип II мускулните влакна имаат релативно висок гликолитички потенцијал и се повеќе подложни на замор од тип I влакната (Tesch, 1980; Thorstensson, 1976).

Со аеробен тренинг (издржливост) оксидативниот капацитет се зголемува и кај двата типа на влакна. Количината на секој тип мускулно влакно влијае на перформансот на спортистот. Италијанскиот доктор Stefano Lorenzini прв направил дистинкција меѓу „црвени“ и „бели“ мускулни влакна (миофибрили) во 1678, а 200 години подоцна во 1873 година францускиот хистолог Louis-Antoine Ranvier го потврдил постоењето на два

различни типови на миофибрили во скелетната мускулатура кај 'рбетиците (Serrano et al., 2019). Со повторно воведување на процедурата на биопсија на скелетен мускул во 1962 година (Bergström, 1962) е овозможено истражување на оваа тема кај спортисти и е дознаено дека секој тип на мускулно влакно е составен од уникатна изоформа на миозински тежок ланец (myosin heavy chain- МНС). Човечкиот скелетен мускул содржи три чисти форми на МНС (МНС I, IIa и IIx) и неколку хибридни форми (единечни миофибрили кои коекспресираат мултипни МНС изоформи) на типови мускулни влакна (Pette & Staron, 2000).

И чистите и хибридните форми на типови мускулни влакна се комбинираат за да формираат робусен брзо-спор континуитет (МНС I $\rightarrow$ I/IIa $\rightarrow$ IIa $\rightarrow$ IIa/IIx $\rightarrow$ IIx) каде секој покажува специфично морфолошко, метаболичко и контрактилно својство (Methenitis et al., 2016). Тип I мускулните влакна (спори) се карактеризираат со мала брзина на контракција, голема издржливост (отпорни на замор), користат примарно аеробна респирација, имаат голема густина на митохондрии, висока капиларна застапеност, висока концентрација на хемоглобин (кој ја дава црвената боја) и се соодветни за спортови на издржливост. Тип II на мускулните влакна се поделени на тип IIa и IIx. Тип IIa (брзи-оксидативни) се карактеризираат со брза контракција, средна издржливост (помалку издржливи од тип I, но повеќе од тип IIx), користат аеробна и анаеробна респирација, средна густина на митохондрии, капиларна застапеност и миоглобинска концентрација. Тие се соодветни за мешан тип на активности (издржливост и сила). Тип IIx (брзи-гликолитични) мускулните влакна се карактеризираат со многу брза контракција, подложни на замор, користат примарно анаеробна респирација, имаат мала капиларна застапеност, мала концентрација на хемоглобин (ја дава бледата боја-бела), имаат најголема моќност и се соодветни за спортови на сила (Methenitis et al., 2016; Galpin et al., 2012; Tobias et al., 2017). Процентот на застапеност на одреден тип на мускулно влакно во одреден мускул влијае на целосната функција на мускулот и често е силно поврзан со спортскиот перформанс (Methenitis et al., 2016; Pellegrino et al., 1999; Fry et al., 2003; Bathgate et al., 2018; Costill et al., 1976; Tesch & Karlsson, 1985; Prince et al., 1976; Trappe et al., 2015). Бидејќи спортистите имаат проголем процент на мускулна маса тие имаат поголемо гликогенско складирање. Најголемиот дел од гликогенот е складиран во скелетната мускулатура (~500 г) и црниот дроб (~100 г). Гликогенот се

смета за главен извор на енергија посебно при физичка активност со висок интензитет (преку 70% од $\text{VO}_2 \text{ max}$), а заморот се јавува кога ќе се потрошат гликогенските резерви во активните мускули (Jensen et al., 2011). Тренингот ја зголемува метаболичката флексибилност на миоцитот, зголемувајќи ја големината на субстратните депоа и капацитетот за брзо менување меѓу јаглехидратните и масните горива со цел да обезбеди енергија за потребите на активните мускули (Burke & Hawley, 2018).

Гликогенските концентрации во мирување се поголеми кај тренирани спортисти во споредба со седентерната популација. Гликогенското полнење кај трениран мускул може да се направи со 24-48 часовно намалување на физичката активност и висока внес на јагледи хидрати (10-12 г/кг/тт) за 24 часа (Burke et al., 2017). Во последните 50 години такви техники се користени кај спортисти од спортови на издржливост со цел да го подобрат перформаност и за да не се случи исцрпување на гликогенските резерви (Burke et al., 2018). Целта на спортистите е со правилен и избалансиран режим на исхрана да одржат адекватна телесна маса. Висок процент на скелетна мускулна маса и нормален до низок процент на масна компонента (МК) им овозможува да имаат добар и константен перформанс во тек на сезоната како и брз и лесен опоравок.

6. КЛАСИФИКАЦИЈА НА СПОРТОВИ

Постојат повеќе класификации на спортовите, но кога станува збор за физиолошката адаптација на организмот на ефектите од физичката активност, тие се поделени во **спортови на издржливост** или аеробни и **силови спортови** или анаеробни. **Спортовите на издржливост** најчесто вклучуваат релативно низок степен на оптоварување за долг временски период, додека **силовите спортови** вклучуваат релативно висок интензитет на оптоварување за краток временски период. Сепак чисто аеробни или анаеробни спортови се реткост и најчесто спортовите вклучуваат комбинација на сила и издржливост. Класичните спортови на издржливост е познато дека резултираат со зголемени: ударен волумен на срцето, максимална кислородна потрошувачка ($VO_2 \max$) и митохондријална биогенеза (Favier et al., 1986). Свкупното подобрување на централните и периферните ткива дозволува зголемена економичност во вежбањето и зголемена способност на индивидуата да трча на подолги дистанци и во поголеми временски рамки. Спротивно на тоа **силовите спортови** резултираат со зголемување на мускулната маса, неврална адаптација (моторен одговор) и зголемена сила (продукција на максимална сила). Овие промени во физичката спремност дозволуваат индивидуата да биде силна и повеќе моќна. Исто така и двата типа на спорт допринесуваат за одложување на болестите кои се поврзани со процесот на стареење (Hughes et al., 2018).

7. МОТИВ ЗА ИЗРАБОТКА НА СТУДИЈАТА

Во изминатите децении во светот се забележува се поголем раст на преваленцата на прекумерна тежина, а со тоа и неправилен телесен состав, што претставува ризик фактор за заболувања на кардиоваскуларниот, мускуло-скелетниот, ендокриниот и други системи. Дури и земјите со ниски/средни примања како Р.С. Македонија го следат овој тренд. Ова претставува загрижувачки проблем кога се појавува и во младата популација и може да има влијание врз подоцнежниот живот и здравјето. Прекумерната тежина е резултат од позитивниот енергетски баланс поради премала дневна енергетска потрошувачка, седантерниот начин на живот и преголемиот дневен калориски внес, посебно од процесирана храна која содржи висок процент на јагленихидрати и масти. Исто така и кај спортистите кои иако имаат повисока тотална дневна енергетска потрошувачка, поради зголемената физичка активност неретко се забележува неправилен телесен состав поради несоодветна исхрана. Голем број од младите спортисти имаат потреба од соодветни тренинг програми и нутрициски план за атлетски перформанси и правилен раст и развикот (Gibson et al., 2008; Rosenbloom et al., 2006).

Моментално специфични нутрициски препораки за млади спортисти се недоволно истражени, притоа на младите спортисти им се препишуваат нутрициски планови намените за возрасна популација кои не се соодветни за нивните потреби. Некогаш кај спортистите се забележува недоволен внес на храна во однос на нивните потреби (Nattiv et al., 2007; Slater et al., 2016), кој доведува до низок внес на јагленихидрати, а со тоа и намалена енергија, како и недостаток на некои нутритиенти и витамини како витамин Е, витамин Д, калциум, железо и магнезиум (Gibson et al., 2011; Koehler et al., 2012; Martin et al. 2006). Соодветната нутриција игра голема улога во спортот вклучувајќи ги: трчањето, спринтовите, скоковите кои бараат голема количина на енергија. Губењето на физичката сила и брзината посебно во спортовите на издржливост (фудбал, трчање маратон,

пливање, велоспедизам), освен од недоволна тренираност може и да се препише на несоодветна нутриција. Јаглехидатите се главниот извор на енергија кај високоинтензивните делови од спортовите на издржливост како и кај спортовите на сила (бодибилдинг, бокс, гимнастика). Соодветен внес на јагленихидрати и протеини се потребни за да може да се задоволат гликогенските резерви, а исто така да се одржи телесната маса и синтезата мускулно ткиво (Thomas et al., 2016).

Со мерење на МКМ со методата на индиректната калоримерија се добива процена на најголемиот дел од ВДЕП, а со мерење и анализирање на телесниот состав се добиваат доволно податоци за изработка на нутритивен програм. Од ова произлегува и мотивот за оваа студија, а тој е да се добијат точни вредности за нутритивните потреби на испитаниците според индивидуалната енергетска потрошувачка и анализата на телесниот состав, со цел за подобрување на телесниот состав, развојот и спортскиот перформанс. Оваа студија обезбеди анализа на телесниот состав кај спортисти, рекреативци и седентери и отстапки од нормалните вредности. Вредностите на МКМ беа споредени со предвидените равенки за да се добие најсоодветна равенка за пресметување на МКМ вон лабораториски услови кај македонската популација.

8. ЦЕЛИ НА СТУДИЈАТА

8.1 Да се пресмета вредноста на МКМ кај различни возрасни групи и типови на спорт.

8.2 Да се спореди која од предвидените равенки за МКМ одговара на вредностите добиени со индиректна калориметрија кај различни возрасни групи, телесен состав и начин на живот.

8.3 Да се анализира телесниот состав и корелира со МКМ кај различните типови на спорт.

8.4 Да се пресмета за $VO_2 \max$ кај професионалните спортисти и да се спореди кај различните типови на спорт.

8.5 Да се направи корелација на $VO_2 \max$ со параметри од телесниот состав и МКМ.

9. ХИПОТЕЗИ

9.1 МКМ кај спортистите има повисоки вредности од предвидените.

9.2 МКМ има повисоки вредности кај спортовите на сила во однос на спортовите на издржливост.

9.3 МКМ има повисоки вредности кај испитаниците со повисока мускулна маса во однос на оние со повисока масна компонента.

9.4 МКМ е правопрпорционално поврзана со максималната кислородна потрошувачка.

10. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИ

10.1 Дизајн на студијата

Студијата претставува пресечна студија, за чија изработка беше добиено одобрение од Етичкиот комитет за истражување на луѓе при Медицински Факултет во Скопје. Студијата беше изведена на институтот МЕП Физиологија и се одвиваше во времетраење од 6 години во периодот од јуни 2018 година до јануари 2024 година.

10.1.2 Испитаници

Репрезентативниот примерок за реализирање на оваа студија изнесуваше 360 испитаници. Испитаниците беа од машки пол и се поделени по возраст: I група 18-24 години ($n=120$), II група 25-31 години ($n=120$), III група 32-38 години ($n=120$). Според физичка активност испитаниците беа поделени на: професионални спортисти ($n=180$) и рекреативни спортисти ($n=90$). По тип на спорт испитаниците беа поделени на спортови на издржливост ($n=90$) и силови спортови ($n=90$).

Како контролна група беа вклучени 90 здрави машки испитаници (седентери).

10.1.3 Анкетен прашалник и информирана согласност (Анекс 1)

Во интерес на истражувањето, се користеше нестандардизиран прашалник, прилагоден на потребите на истото, а придржувајќи се на постулатите на загарантирана тајност на добиените информации. Пополнување на прашалникот

беше спроведено од самиот истражувач. На сите испитаници им беше земена детална анамнеза, со прашалник за нивниот дневен хигиено-диететски режим. Прашалникот беше составен од три дела: лични податоци, спортска активност и анамнестички податоци. Сите испитаници вклучени во студијата потпишаа информирана согласност.

10.1.4 Критериуми за селекција

Критериумите за селекција, беа направени според однапред утврдени инклузиони и ексклузиони критериуми.

Инклузиони фактори во оваа студија беа:

- машки пол,
- уреден наод на крвна слика,
- уреден ЕКГ наод и отсуство на акутно заболување.

Ексклузиони фактори во оваа студија беа:

- возраст под 18 години и над 38 години,
- присуство на неконтролирани хронични заболувања,
- метаболни и ендокрини нарушувања,
- нерегулиран крвен притисок и нерегуларен пулс.

10.2 МЕТОДИ

За реализирање на оваа студија се користеа методите: мерење на телесна висина, анализа на телесен состав со биоелектрична импеданса (БИА), индиректна калориметрија и субмаксимален повеќестепен тест според протокол на Bruce. Пред прегледот секој испитаник детално беше информиран за целите на студијата и за тоа како ќе се одвива прегледот.

10.2.1 ТЕЛЕСНА ВИСИНА

Телесната висина беше мерена со висинометар – СЕКА изразена во см со точност на читање на резултатот од 1мм, а испитаникот при мерењето беше бос, во исправена положба.

Анализиран параметар е:

- Телесна висина-ТВ (цм).

10.2.2 АНАЛИЗА НА ТЕЛЕСЕН СОСТАВ СО БИОЕЛЕКТРИЧНА ИМПЕДАНСА

Анализата на телесниот состав беше изведена со анализатор со биоелектрична импеданса InBody 720, (Great Britain).

Протокол на работа:

За да се изведе точна анализа на телесниот соостав со InBody720, испитаниците ги почитуваа следните правила и мерки:

- Кога се спроведуваше мерењето испитаникот беше гладен. Во случај веќе да имаше јадено се одложуваше мерењето во времетраење од 2 часа од последниот оброк. Ова се изведува затоа што тежината на оброкот ќе биде измерена и пресметана како телесна тежина и ќе резултира со грешки во мерењето.
- Испитаникот по можност беше уриниран и дефециран пред да се прави мерењето. Иако не се вклучени во градбени елементи на телото, волуменот на урината и фесеот се вклучени во мерењето на тежината.
- Испитаникот пред да се спроведе мерењето немаше физичка активност, бидејќи тоа може да резултира со привремена промена во телесниот состав.
- Пред да се започне мерењето, испитаникот стоеше мирно околу 5 минути. Ова се изведува затоа што ако испитаникот претходно лежел или седел подолг временски период, кога испитаникот нагло ќе стане водата во телото има тенденција да се спушти во долните екстремитети.

- Мерењето не се изведуваше веднаш после топол туш или сауна. Потењето предизвикува привремени промени во телесниот состав.
- Мерењето се изведуваше на нормална собна температура (20 ~25)°C. Иако човечкото тело е стабилно на нормална температура, телесниот состав е подложен на промена на топло или ладно време.
- Ако беше потребно мерењето да се изведе повторно беа користени истите услови како првиот пат (пр. носење исти алишта, тестирање пред оброк или физичка активност).

Точната позиција и држење на телото ја зголемува точноста на тестот. Затоа испитаниците беа наместени во правилна положба. Пред да застане на точките на апаратот кои се за нозете, испитаникот беше бос и беше облечен во лесна облека. Беа испразнети сите џебови и извадени сите аксесоари. Кога беше спремен, субјектот застануваше на точките за нозете со пета на помалото кругче, а прстите на поголемото кругче. Отчитување на тежината беше направено од самиот апарат. Додека се мереше тежината не се држеа рачките од апаратот, ниту се правеа нагли движења. Најпрво се внесуваше претходно измерената висина на испитаникот, во спротивно се добиваа грешни резултати. Исто така беа внесени полот и возраста на испитаникот. Откога ќе се внесеа личните податоци испитаникот застануваше во предвидената положба. Палецот од раката го местеше на врвот на горниот дел на рачката, додека долниот дел од рачката се држеше со другите прсти. Ги исправаше лактите и одалечуваше од телото околу 20 cm. Додека се изведуваше мерењето испитаникот стоеше мирно 2 минути (слика 2).

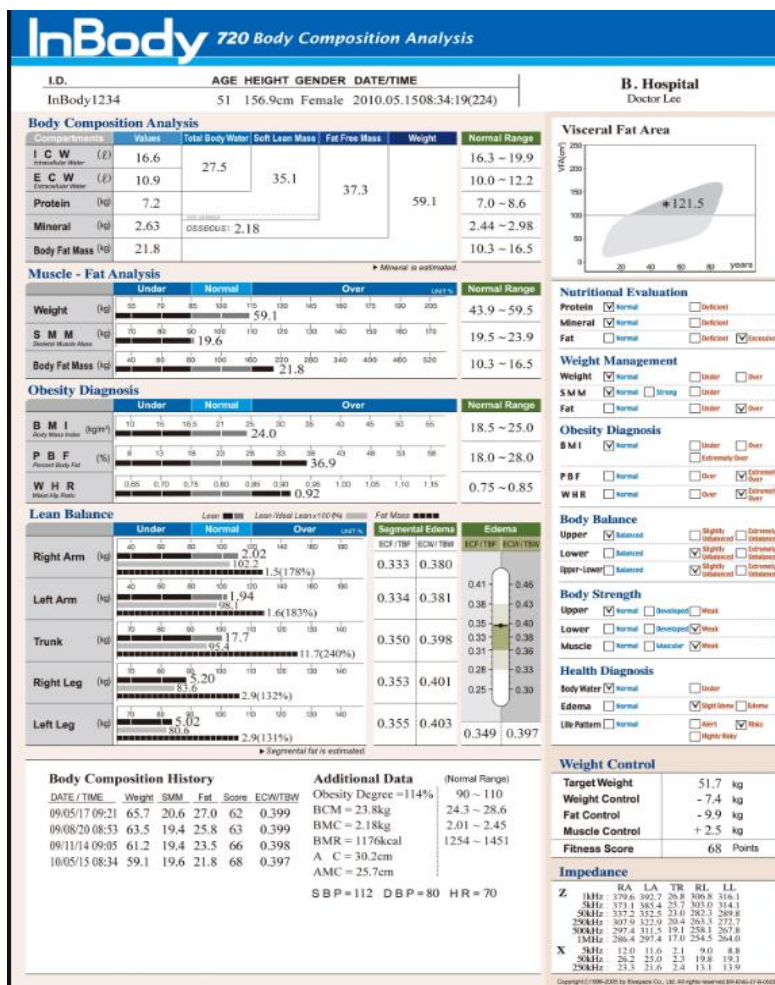


Слика 2. Позиција на испитаникот при мерење на телесен состав со анализатор со биоелектрична импеданса In Body 720

10.2.2.1 Анализа на резултатите

Во однос на анализата на телесниот состав, InBody 720 дава квантитативни вредности за различните составни елементи на телото. Добиените вредности понатаму се компарираа со предвидените вредности за тој испитаник.

Образецот од анализата на резултатите е поделен во четири дела кои претставуваат четири компартмантен модел, кој што зема во предвид дека телото е составено од четири различни типови елементи: вкупна телесна вода, протеини, минерали и телесни масти. Вкупната телесна вода со клеточните мембрани е поделена на екстрацелуларна и интрацелуларна вода (слика 2а).



Слика 2а. Образец на целосните резултати на In Body 720

10.2.2.2 Анализа на телесен состав (Body composition analysis) прикажува вредности за пет параметри:

а) Вкупна телесна вода (Total Body Water -TBW) е параметар кој го проценува нивото на вкупната хидратација на организмот и ја вклучува интрацелуларната и екстрацелуларната вода. Се изразува во литри и во процентуална вредност во однос на нормалните вредности. Вредноста варира во зависност од полот, староста и телесната маса. Колку една индивидуа е погојазна, толку ќе биде помал процентот на телесна вода во однос на телесната маса. Како опаѓа телесната тежина, така расте телесната вода. Телесната вода е поголема кај луѓе кои имаат висока безмасна компонента. Компартманот на вкупната телесна вода е поделен на два дела:

б) Интрацеулаларна вода (Intracellular Water -ICW) е водата која се наоѓа во клетките на активните ткива. Кај личност со добро развиена мускулна маса и добра хидратација ICW ќе биде висока. Ниски вредности на ICW укажуваат на слаба хидрираност или губиток на мускулна маса.

в) Екстрацелуларна вода (Extracellular Water -ECW) е количината на вода која се наоѓа во меѓуклеточните простори на активните ткива и во плазмата. Треба да биде на долната граница од нормалните вредности кај мажи и на долната или средната граница од нормалните вредности кај жени. Луѓе со многу ниска телесна масна компонента имаат ниска ECW и обратно, особи со висока телесна масна компонента имаат висока вредност на ECW.

Во нормален случај кај здраво тело, пропорцијата ICW: ECW е 3:2 (G Bedogni, 2002).

г) Протеин е тврда органска компонента која што содржи азот и може да биде најдена во телесните клетки. Протеинот е основна компонента заедно со водата која ја создава меката обезмастена маса (Soft Lean Mass- SLM). Протеинот е директно поврзан со интрацелуларната вода. Тоа докажува дека недостаток на протеини ќе индицира намалена интрацелуларна вода, која што укажува на незадоволителна клеточна нутриција.

- Обезмастена компонента (Fat Free Mass -kg) - збир од SLM и менералите.

д) Минерали - Постојат два типа на минерали: коскени и некоскени минерали. Коскените минерали се наоѓаат во коските, додека некоскените минерали се оние кои што се наоѓаат во останатиот дел од телото. Коскените минерали опфаќаат околу 80% од вкупните телесни минерали.

10.2.2.3 Анализа на мускулно-масно ткиво

Мускулно-масната анализа се состои од проценка на вредностите на три елементи: тежина, скелетна мускулна маса и телесна масна компонента. Тука се дава графички запис на претходно споменатите компоненти. Бројките прикажани во графици (слика 2а) ги мерат вредностите на секој од елементите, додека должината на графиконот ја демонстрира процентуалната застапеност на вредноста. Скор од 100% ја покажува стандардната вредност од стандардната тежина пресметана користејќи ја висината на испитаникот. Бидејќи нормалната вредност е прикажана на десната страна на графиконот,

може да се спореди со проценетата вредност, па ако должината на графиконите е слична со предвидената значи дека телесниот соостав е добро избалансиран.

а) Телесна тежина (Weight- kg) – InBody 720 за нормална тежина ја смета онаа која отстапува $\pm 15\%$ од препорачаната тежина во однос на висината на испитаникот. Стандардната тежина е детерминирана врз основа на BMI со помош на равенката:

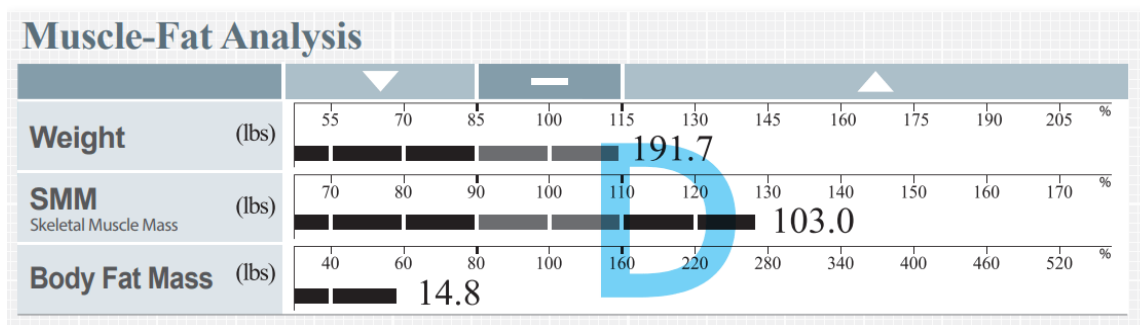
$$\text{Идеална тежина (Ideal Weight- kg)} = \text{Ideal BMI} \times \text{Height}^2 (\text{m}^2).$$

За мажи вредноста на BMI е 22.

в) Скелетна мускулна маса (Skeletal Muscle Mass - SMM-kg) - Од трите типа на мускулатура: скелетна, висцерална и срцева, скелетната мускулатура е најмногу подложна на промена при физичка активност. Се пресметува врз основа на скелетната мускулатура и претставува 70% од неа. Споредувајќи ги процентите на Body Fat Mass и Skeletal Muscle Mass може да се процени нивото на дебелина.

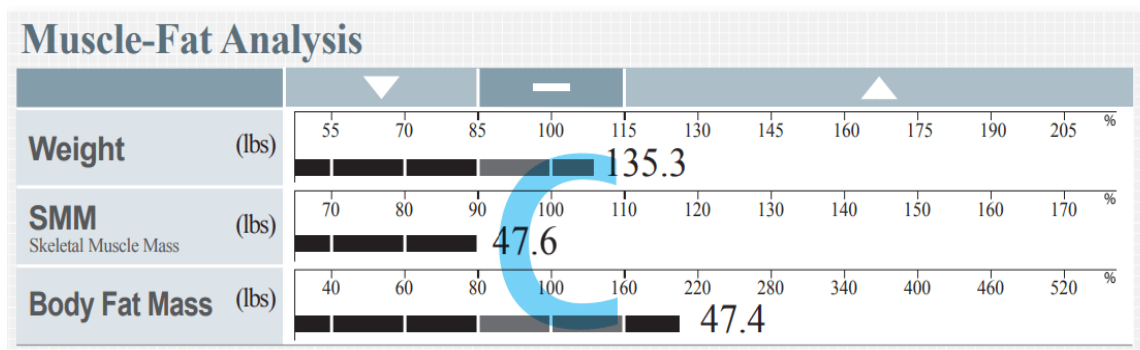
г) Телесна масна компонента (Body Fat Mass-BFM-kg) се однесува на вкупната количина на масти кои можат да се издвојат од масните и од сите останати ткива. Идеална телесна масна компонента е 15% за мажи и 23% за жени.

Ако ги поврземе со линија вредностите од графиконите за овие три компоненти: тежина, скелетна мускулна маса и телесна масна компонента, можеме многу лесно да направиме евалуација за телесниот состав, во зависност од која буква ќе се добие при тоа. Една индивидуа има идеален телесен состав и е во добро здравје ако графиконот ни дава облик на буквата „D”, односно ако графиконот на скелетната мускулатура е подолг во однос на тежината и на телесната масна компонента. Овој идеален телесен состав не значи дека мора да се одржи константно, на пр. со стареењето се зголемува абдоминалното масно ткиво што ќе предизвика промена на овој телесен состав. Затоа една индивидуа треба константно да се следи за да може што подолго да се одржи во оваа идеална форма и телесен состав (слика 3).



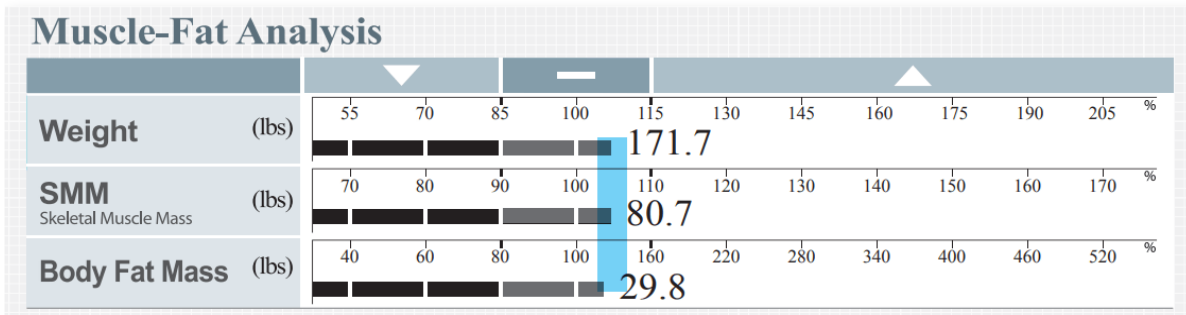
Слика 3. Облик на телесен состав со буква „D“

Доколку графиконот за скелетната мускулатура е пократок во однос на тежината и телесната масна компонента ја добиваме буква „C“, што укажува дека таа индивидуа треба веднаш да превземе мерки околку контрола на тежината (слика 3a). Оваа форма се појавува и доколку индивидуата има тежина во границите на нормалата, меѓутоа телесната масна компонента е над нивото на нормалната граница. Овие луѓе најчесто сакаат да го сменат својот телесен изглед и тоа можат да го добијат со физичка активност каде што тежината би се сочувала иста, а би се променил процентот на скелетна мускулатура која што ќе се зголеми за сметка на масната компонента која ќе се намали, па така тие ќе го сменат обликот од „C“ во „D“.



Слика 3a. Облик на телесен состав во буква „C“

Доколку една индивидуа има „избалансиран” телесен состав, односно кога ќе се поврзат телесната тежина, скелетната мускулатура и телесната масна компонента, се добива буква „I”. Индивидуи со оваа композиција на телесен состав иако имаат нормална телесна тежина и процент на масна компонента, некогаш можат да имаат здравствен ризик ако процентот на масната компонента е висок, заедно со телесната тежина и мускулната компонента (слика 36).



Слика 36. Облик на телесен состав во буква „I”

10.2.2.4 Дијагноза на дебелина (Obesity Diagnosis) Со InBody 720 гојазноста се одредува со користење на BMI (Body Mass Index) и PBF (Percent Body Fat). Параметрите кои се анализираат се следните:

а) Индекс на телесна маса (Body Mass Index-BMI, kg/m^2) Како што можеме да видиме од формулата $\text{BMI} = \text{Weight (kg)} / \text{Height}^2 (\text{m}^2)$, BMI е често користена мерка за проценка на дебелината како во спортската медицина така и општо, меѓутоа овој метод има недостаток. Недостатокот е во тоа што тој не може да биде применет кај луѓе кои имаат висока скелетна мускулна маса, кај деца, кај поединци над 65 годишна возраст или кај бремени жени. И покрај овој недостаток BMI е најчесто користена мерка и доста истражувања го имаат користено со цел за да превенираат болести во возрасната популација.

Има многу дискусии меѓу истражувачите околу стандардите за детерминирање на BMI за различна возраст и пол. InBody 720 ги користи WHO (World Health Organization) стандардите како стандардни референтни вредности за BMI, а тие се:

- <18 потхранети,
- 18.5-24.9 нормална тежина,
- 25-29.9 прекумерно тешки и

>30 обезни.

б) Процент на масна компонента (Percent Body Fat -%) претставува процент на масно ткиво во однос на телесната тежина.

$$\text{Percent Body Fat (\%)} = \text{Body Fat Mass(kg)} / \text{Body Weight(kg)} \times 100$$

Стандардниот процент за мажи е 15%, а за жени 23%, додека референтните вредности се движат од 10-20% за мажи и 18-28% за жени. Оние кои се над референтните вредности се сметаат за обезни, а оние кои се под се потхранети.

Постојат два типа на ниско масно ткиво: прв тип каде што има доста развиена скелетната мускулатура за сметка на масното ткиво (овој тип може да се види кај спортисти), вториот тип- индивидуи со слаба нутриција каде што во телесниот состав има недостаток на масно, но и мускулно ткиво (Lee & Nieman, 1998; Bray, 1998).

в) Струк-колк сооднос (Waist-Hip ratio -WHR) е одреден со делење на обемот на струкот околку папокот (најтесен дел) со најголемата циркумференца на колкот (најширок дел). Претставува добра мерка за проценка на распределувањето на масното ткиво (Heyword, 1996).

InBody 720 го користи импеданса индексот за да обезбеди проценка на соодност на структур-колк. Поради големата точност на резултатот InBody 720 дава релеванатен резултат за распределбата на абдоминалното масно ткиво, кој може да биде користен во третирањето на дебелината. Мажи и жени кои имаат вредност на импеданса со индекс 0.95 и 0.90 се сметаат дека имаат абдоминална дебелина. Абдоминална дебелина претставува состојба кога индивидуата има зголемено висцерално масно ткиво, зголемени вредности на слободни масни киселини во крвта и поткожно масно ткиво кои можат да предизвикуваат хипертензија, срецеви заболувања, дијабет и други заболувања (Gibson, 1990).

Кај деца абдоминалната дебелина се смета дека е претежно поткожно масно ткиво со мал процент на висцерално масно ткиво. Ако се покачува соодносот структур –колк може да е знак за дебелина кај децата кој може да доведе до понатамошни заболувања, кои ќе треба да бидат монитирани.

10.2.2.5 Сегментална анализа на чистата телесна маса - Lean Balance (SLM)

InBody 720, ја користи биоелектричната имеданса за да ја измери чиста телесна маса на испитаникот поделена во пет дела: четири екстремитети и торзо. Покрај секој сегмент има два графикони кои имаат различни значења (слика 2а).

Бројката покрај горниот график ја претставува SLM во однос на препорачаната тежина на испитаникот. Ако горниот график достигне 100%, значи дека испитаникот има SLM идеална за неговата препорачана тежина, која што е пресметана од неговата висина. При ова должината на горниот график претставува сооднос на SLM со препорачаната тежина (Lukaski et al., 1985). Долниот график пак ја покажува SLM во однос на моменталната тежина на испитаникот. Ако долниот график достигне 100%, значи дека испитаникот има идеална SLM во однос на неговата моментална тежина. Така должината на долниот график претставува релативен однос на SLM со моменталната тежина на испитаникот.

Горниот график ако е 100% не може да варира многу затоа што препорачаната тежина е пресметана од висината на испитаникот, а таа не варира, доколку не станува збор за дете во раст. Долниот график бидејќи е пресметан од моменталната тежина на испитаникот може да варира ако варира и тежината на испитаникот.

Долниот график е тој што укажува дали промената на телесната тежина припаѓа на промена во масната компонента или на мускулната маса. Бидејќи апаратот дава вредности за сите четири екстремитети и за трупот, можеме да видиме кој е односот на масната со мускулната компонента во различните делови од телото на испитаникот. Исто така, можеме да направиме сооднос на развиеноста на мускулната маса на горните во споредба со долните екстремитети, како и на левите во однос десните екстремитети. Нормалните вредности се: лева-десна рака 80~120%, а за труп, лева и десна нога 90~110%.

Покрај горе споменатите, InBody 720 како вредности ги дава и следните податоци: индекс на едем (однос ECW/TBW); површина на абдоминални висцерални масти; нутритивен статус (протеини, минерали, масти во нормални или недоволни количини); контрола на тежината; Базален метаболизам (BMR), Фитнес скор (Fitness score). (Fomon, et al. 1982).

Од параметрите беа анализирани:

- Телесна тежина- ТТ (кг),

- Индекс на телесна маса- BMI ($\text{кг}/\text{м}^2$),
- Интрацелуларна вода- ICW (литри),
- Екстрацелуларна вода - ECW (литри),
- Протеини (кг),
- Минерали (кг),
- Телесна масна компонента - BFM (кг),
- Процент на масна компонента -PBF (%),
- Скелетна мускулна маса - SMM (кг),
- Процент на скелетна мускула маса -% SMM,
- Струк-колк соодност (WHR),
- Обезмастена компонента-FFM (кг).

10.2.3 ИНДИРЕКТНА КАЛОРИМЕТРИЈА ЗА ОДРЕДУВАЊЕ МЕТАБОЛИТИЧКАТА КОЛИЧИНА ВО МИРУВАЊЕ

Индиректната калоримерија е метода со која се мери кислородната потрошувачка што е потребна за согорување на хранливите продукти за одреден временски период и индиректно се пресметува потрошувачката на енергија. Испитувањето беше изведена со апаратот Fit Mate, Cardio Pulmonary Exercise Testing & Nutritional assessment, COSMED, (Italy).

Протокол на работа:

За да се направи точна анализа на МКМ испитаниците ги почитуваа следните правила и мерки:

- Испитаникот беше релаксиран и во мирување, меѓутоа не мораше да има 8 часовно спиење,
- Се изведуваше во било кој дел од денот,
- Испитаникот беше гладен во последните 3-4 саати,
- Испитаникот можеше да има лесни активности во последните 24 часа како: одење до тоалет, истегнување, одење (движење).

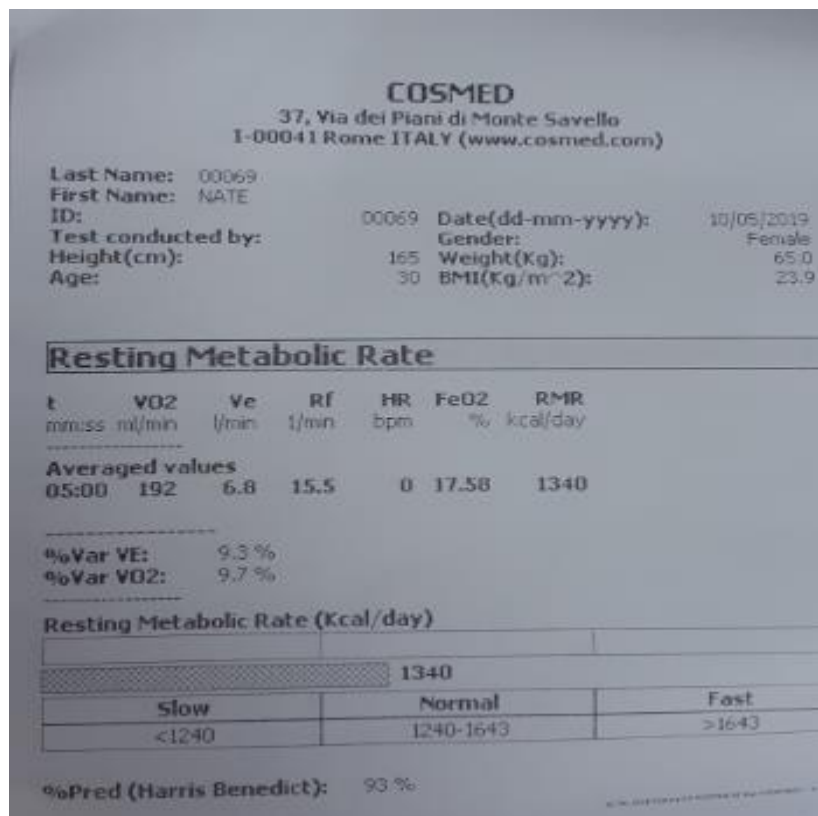
За потребите на оваа студија, мерењето на МКМ со индиректна калориметрија кај сите испитаници беше изведено во легната положба со претходен одмор во тек на пет минутно лежење. Се приклучуваше маската на испитаникот. Со помош на ластичите таа се држеше фиксирана и се внимаваше да не дојде до излегување на воздух, кое најчесто се случува околу делот кај носот (слика 4). Ако испитаникот имал физичка активност во скоро време, јадел голем оброк или не беше релаксиран за време на тестирањето тестот се одложуваше за друг ден. Ако се испушташе воздух од некаде преку маската, МКМ беше пониска и тестот требаше да се повтори. За време на тестирањето мобилните телефони беа исклучени. Се одбираше Resting Metabolic Rate од менито, автоматски се калибрираше анализаторот во времетраење од 30 секунди, тестот сам започнуваше веднаш по калибрирањето. На крајот од тестирањето се добиваше вредност за МКМ (ккцал/ден) која беше изразена и во проценти во однос на Harris-Benedict-ова равенка за испитаници над 18 години и на Schofield-овата равенка за испитаници под 18 години (слика 4а).

Анализиран параметар беше:

- Метаболитичка количина во мирување-МКМ (кцал/ден).



Слика 4. Позиција на пациентот при мерење на МКМ со индиректна калориметрија со апаратот Fit mate, Cosmed



Слика 4а. Резултат за МКМ од индиректна калориметрија со апаратот Fit mate, Cosmed

10.2.4 МАТЕМАТИЧКИ ПРЕДВИДЕНИ РАВЕНКИ ЗА ОДРЕДУВАЊЕ МЕТАБОЛИТИЧКАТА КОЛИЧИНА ВО МИРУВАЊЕ

Добиената вредност за метаболичката количина во мирување (кккал/ден) ја споредувавме со математички предвидени равенки за метаболичката количина во мирување кои се пресметани врз основа на параметри како: пол, возраст, телесна висина (ТВ), телесна тежина (ТТ), обезмастена компонента (FFM) и масна компонента (FM). Равенки кои ги користевме во оваа студија се следните: ревидирана Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor, Katch-McArdle, Cunningham, Henry, Schofield, Nelson и De Lorenzo.

Табела 1. Сумација на предвидените равенки за МКМ

Равенка	Формула
Ревидирана Harris-Benedict (Roza & Shizgal, 1984)	$88.362 + (13.397 \times \text{ТТ} / \text{кг}) + (4.799 \times \text{ТВ} / \text{цм}) - (5.677 \times \text{возраст години})$
Mifflin-St Jeor (Mifflin et al.1990)	$(10 \times \text{ТТ} / \text{кг}) + (6.25 \times \text{ТВ} / \text{цм}) - (5 \times \text{возраст во години}) + 5$
Katch-McArdle (McArdle, 2006)	$370 + (21.6 \times \text{FFM} / \text{кг})$
Cunningham (Cunningham, 1980)	$500 + (22 \times \text{FFM} / \text{кг})$
Henry (Henry & Rees, 1991)	$10 - 18 \text{ год} = 18.4 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 581$ $18 - 30 \text{ год} = 16.0 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 545$ $31 - 60 \text{ год} = 14.2 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 593$ $\geq 60 \text{ год} = 13.5 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 514$
Schofield (Schofield, 1985)	$10 - 18 \text{ год} = 17.686 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 658.2$ $18 - 30 \text{ год} = 15.057 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 692.2$ $31 - 60 \text{ год} = 11.472 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 873.1$ $\geq 60 \text{ год} = 11.711 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 587.7$
Nelson (Nelson et al.,1992)	$25.8 \times \text{FFM} + 4.04 \times \text{FM}$
De Lorenzo (De Lorenzo et al., 1999)	$-857 + 9 \times \text{ТТ} / \text{кг} + 11 \times \text{ТВ} / \text{цм}$

ТТ= телесна тежина, ТВ= телесна висина, FFM= обезмастена компонента, FM= масна компонента, кг= килограми, цм= центиметри

10.2.5 ОДРЕДУВАЊЕ НА РЕЛАТИВНА МАКСИМАЛНА КИСЛОРОДНА ПОТРОШУВАЧКА СО СУБМАКСИМАЛЕН ПОВЕЌЕСТЕПЕН ТЕСТ СПОРЕД BRUCE ПРОТОКОЛ

Прегледот на испитаникот со овој субмаксимален прогресивно растечки скалест ергометриски тест се изведуваше со ергометар подвижна лента – treadmill (ergo _run medical_ α 24) , која се состои од шест степени на оптоварување со по три минути траење. Со преминувањето на еден степен во друг, се зголемуваше нагорнината и брзината на движење на лентата (слика 5).

При изведувањето на овој тест, на испитаникот му се поставуваа електродите од 12 каналниот електрокардиограф според правилата на поставување. Со помош на табела се одредуваа вредностите на субмаксималниот пулс. Во оваа фаза на мирување се следеа ЕКГ записот, пулсот и притисокот на испитаникот. Апаратот се пушташе во движење со 0 степени нагорнина и 2.7 km/h брзина на движење на лентата, за испитаникот да се приспособи на ергометарот. По ова, се започнуваше со првиот програм од тестот по повеќестепениот протокол на Bruce. На секои три минути се преминуваше на погорниот степен на тестот се до постигнување на субмаксималниот пулс на испитаникот, кога се прекинуваше со тестирањето. Се забележуваше времетраењето на тестот, а испитаникот во оваа фаза мируваше, при што повторно кај него уште три минути (фаза на закрепнување) се следеа испитуваните параметри (ЕКГ записот , пулсот и притисокот) . Од добиената вредност на времетраењето на тестот во минути, на номограм според Bruce, се отчитуваше релативната максимална кислородна потрошувачка – $\dot{V}O_2 \max$ (мл/кг/мин). Според добиената релативна максимална потрошувачка, на табела за класификација на максимален аеробен капацитет, се класифицираше максималниот аеробен капацитет на испитаникот во зависност од полот и возраста. Доколку постигнатата вредност за релативна максимална кислородна потрошувачка се подели со теоретски предвидената вредност според полот и возраста, се добиваше процентот на постигнатата релативна максимална кислородна потрошувачка, според која во номограмот за класификација на кардиореспираторната способност по NYHA (New York Health Association) , испитаникот припаѓаше во една од четирите групи кои се показател за степенот на физичката активност.



Слика 5. Позицијата на испитаникот за време на стрес тест со ергометар подвижна лента – treadmill ergo _runmedical_ α 24

Анализиран параметар беше:

- Максимална кислородна потрошувачка $VO_2 \text{ max.}$ (мл/кг/мин.)

11. СТАТИСТИЧКА АНАЛИЗА

11.1 Статистичката анализа на податоците добиени од истражувањето беше направена во статистичкиот програм SPSS 25,0.

11.1.1 Kolmogorov-Smirnov тест и Shapiro Wilk's test беа користени за тестирање на нормалноста на дистрибуцијата на податоците.

11.1.2 Категориските (атрибутивни) варијабли се прикажани со апсолутни и релативни броеви.

11.1.3 Нумеричките (квантитативни) варијабли се прикажани со просек, стандардна девијација, минимални и максимални вредности, медијална вредност и интерквартален ранк.

11.1.4 За компарирање на квантитативните варијабли беа користени Analysis of Variance и Kruskal-Wallis test.

11.1.5 Корелацијата меѓу две варијабли беше анализирана со Pearson-ов коефициент на линеарна корелација.

Статистичката сигнификантност беше дефинирана на ниво на $p < 0.05$.

12. РЕЗУЛТАТИ

Во истражувањето партиципираа вкупно 360 испитаници, поделени во три возрастни групи од по 120 испитаници (18-24, 25-31 и 32-38 години). Испитаниците беа поделени во четири групи од по 90 испитаници поделени на седентери, рекреативни спортисти, спортисти кои учествуваат во спортови на издржливост и силови спортови (табела 2).

Табела 2. Карактеристики на испитаниците според возраст и спорт

	Тип на физичка активност			
Возрасна група (год)	Седентери (n=90)	Рекреативни спортисти (n=90)	Спортови на издржливост (n=90)	Спортови на сила (n=90)
Возраст (mean $\pm$ SD)				
18-24 год.	21.1 $\pm$ 1.4	20.3 $\pm$ 2.03	21.03 $\pm$ 1.8	20.1 $\pm$ 2.05
25-31 год.	26.8 $\pm$ 2.1	28 $\pm$ 2.1	27.3 $\pm$ 2.02	28.1 $\pm$ 2.2
31-38 год.	35 $\pm$ 2.06	34.6 $\pm$ 2.4	35.6 $\pm$ 2.18	34.1 $\pm$ 1.97

12.1 Компарација на МКМ кај различни возрастни групи

Метаболитичката количина во мирување имаше слични вредности во трите анализирани возрастни групи, односно не беше најдена статистичка сигнификантна разлика во вредноста на МКМ во зависност од возраста на испитаниците ($p=0.117$). Просечната вредност на МКМ изнесуваше 2221.60 ± 337.6 ккал/ден во возрастната група од 18 до 24 години, потоа 2137.17 ± 329.5 ккал/ден во групата од 25 до 31 години и 2151.57 ± 344.1 ккал/ден во групата од 32 до 38 години. (табела 2а)

Табела 2а. Вредности на МКМ во однос на возрастата

статистички параметри	возрасни групи		
	18 – 24	25 – 31	32 – 38
МКМ(кџал/ден)			
mean ± SD	2221.60 ± 337.6	2137.17 ± 329.5	2151.57 ± 344.1
min- max	1399 – 2886	1456 - 3005	1343 – 3115
p-level	F=2.15 p=0.117		

F(Analysis of Variance)

12.1.1 Корелација на вредностите на измерената МКМ со предвидените равенки

А. Кај сите испитаници

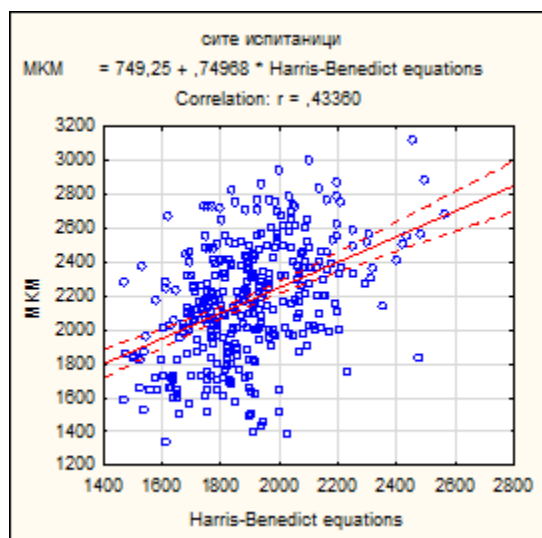
Испитуваната корелација меѓу вредноста на МКМ измерена со методата на индиректна калориметрија и вредноста пресметана по равенките прикажани во табела беше статистички сигнификантна ($p < 0.0001$). Во однос на правецот на поврзаност, сите корелации беа позитивни, односно директни ($r = 0.4336$, $r = 0.4450$, $r = 0.4819$, $r = 0.4819$, $r = 0.3742$, $r = 0.3672$, $r = 0.4766$ и $r = 0.4412$), соодветно за равенките по Harris-Benedict, Mifflin-St-Jeor, Katch-Mc-Ardle, Cunningham, Henry, Schofield, Nelson и De Lorenzo. Овие статистички резултати покажуваат дека вредностите на метаболичката количина во мирување добиени со индиректна калориметрија и користените предвидени равенки се менуваат правопрпорционално, со добивање на поголеми вредности на метаболичката количина во мирување со индиректната калориметрија, се добиваат повисоки вредностите за истата и со користените равенки, и обратното. (табела 3, слика 6, 6а, 6б, 6в, 6г, 6д, 6е, 6е)

Табела 3. Корелација меѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај сите испитаници

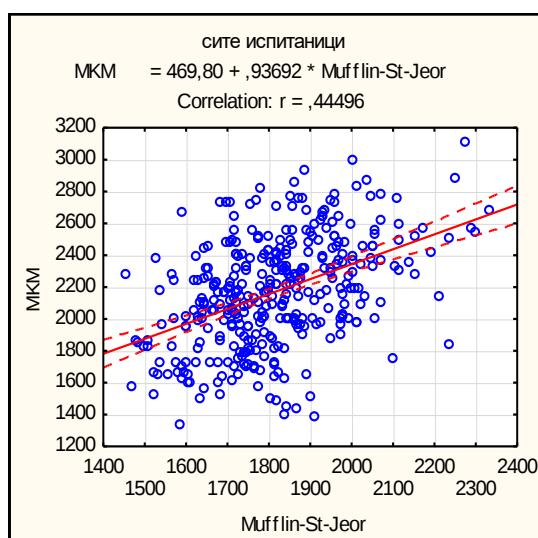
Сите испитаници		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.4336	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.4450	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.4819	***0.000
Cunningham	0.4819	***0.000
Henry	0.3742	***0.000
Schofield	0.3672	***0.000
Nelson	0.4766	***0.000
De Lorenzo	0.4412	***0.000

r(Pearson coefficient)

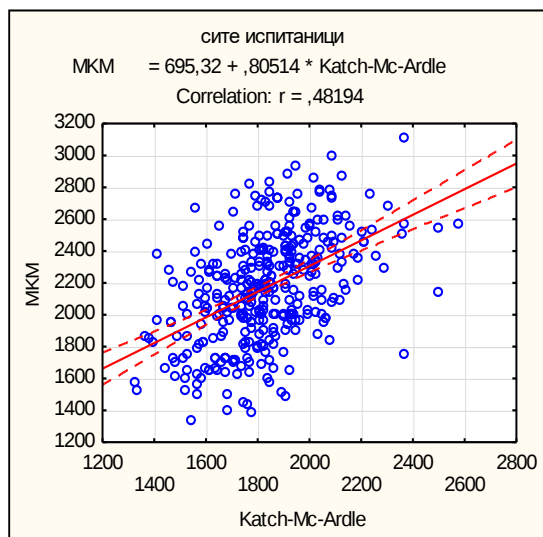
***sig p<0.0001



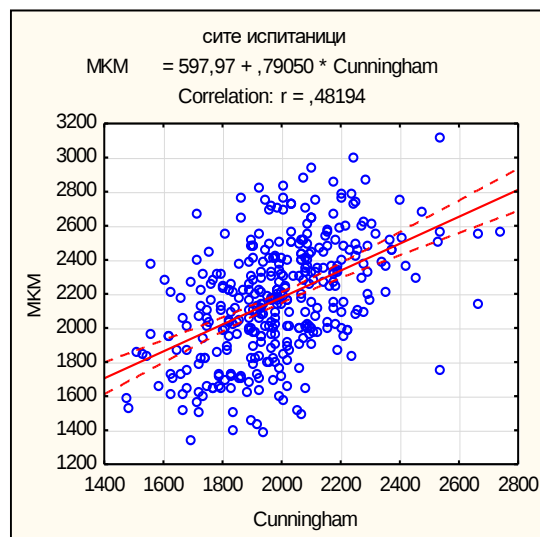
Слика 6. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict – сите испитаници



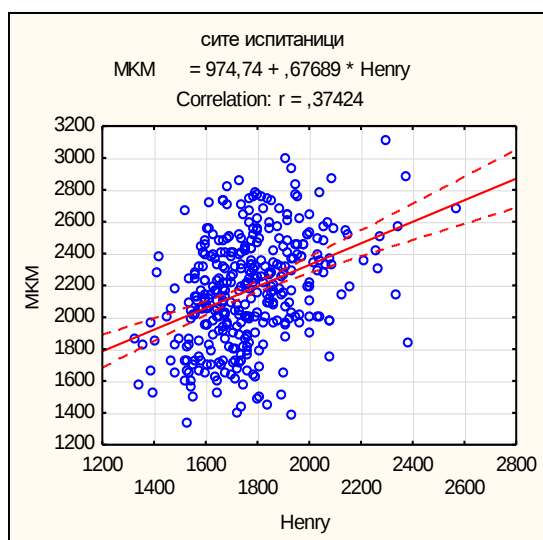
Слика 6а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor – сите испитаници



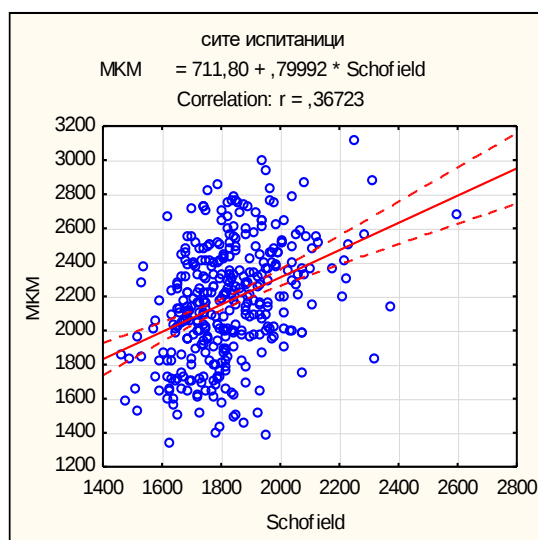
Слика 6б. Корелација меѓу МКМ и Katch-Mc-Ardle – сите испитаници



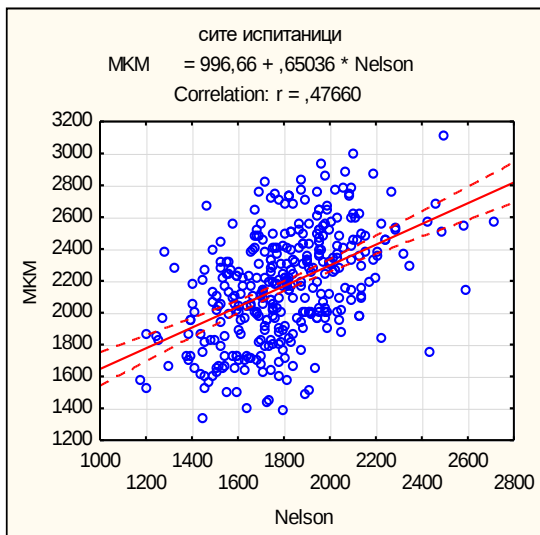
Слика 6в. Корелација меѓу МКМ и Cunningham – сите испитаници



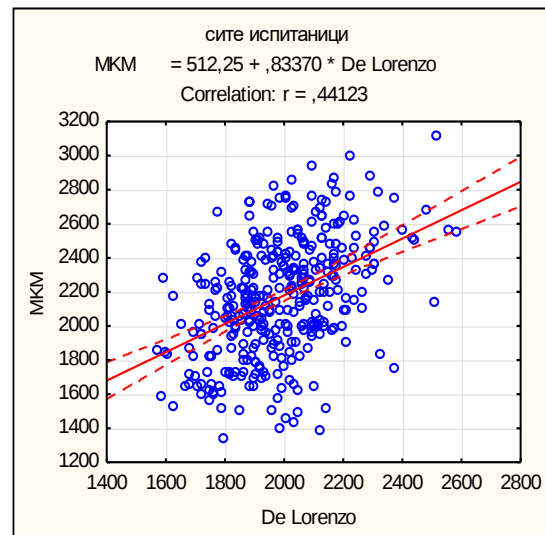
Слика 6г. Корелација меѓу МКМ и Henry – сите испитаници



Слика 6д. Корелација меѓу МКМ и Schofield – сите испитаници



Слика 6f. Корелација меѓу МКМ и Nelson – сите испитаници



Слика 6e. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo – сите испитаници

Б. Кај возрастна група 18-24 години

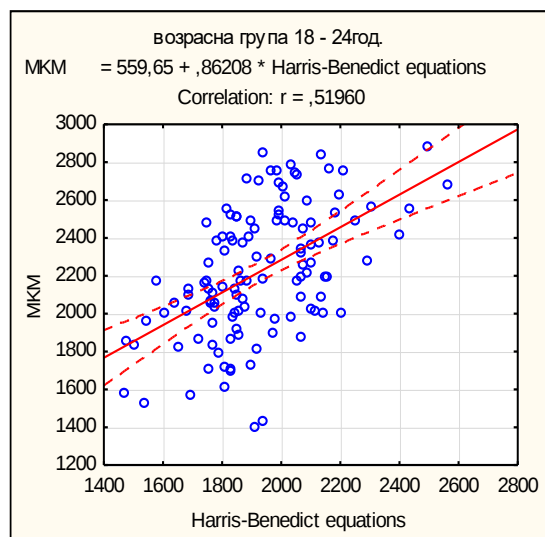
Вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија во возрастната група од 18 до 24 години позитивно сигнификантно корелираше со вредноста пресметана по равенките на Harris-Benedict ($r=0.5196$, $p<0.0001$), Mifflin-St-Jeor ($r=0.5371$, $p<0.0001$), Katch-Mc-Ardle ($r=0.5938$, $p<0.0001$), Cunningham ($r=0.5938$, $p<0.0001$), Henry ($r=0.4624$, $p<0.0001$), Schofield ($r=0.4531$, $p<0.0001$), Nelson ($r=0.5905$, $p<0.0001$) и De Lorenzo ($r=0.5503$, $p<0.0001$). (табела 4, слика 7,7а,7б,7в,7г,7д,7ѓ,7е).

Табела 4. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај возрасна група 18 – 24 години

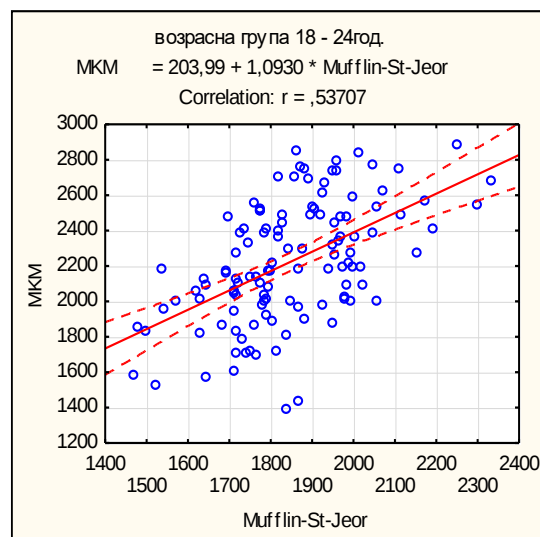
Возрасна група 18 – 24 години		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.5196	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.5371	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.5938	***0.000
Cunningham	0.5938	***0.000
Henry	0.4624	***0.000
Schofield	0.4531	***0.000
Nelson	0.5905	***0.000
De Lorenzo	0.5503	***0.000

r(Pearson coefficient)

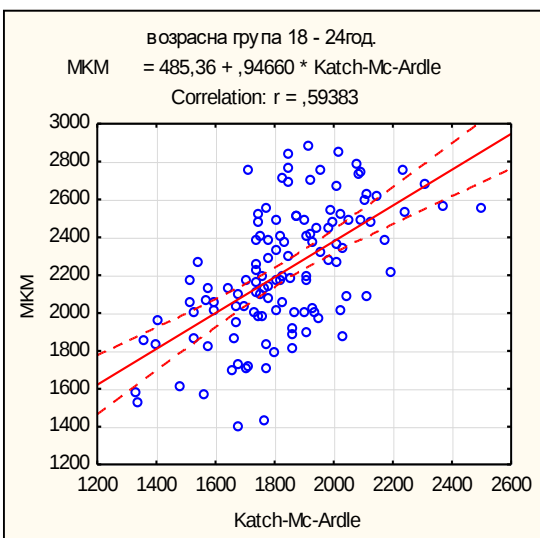
***sig p<0.0001



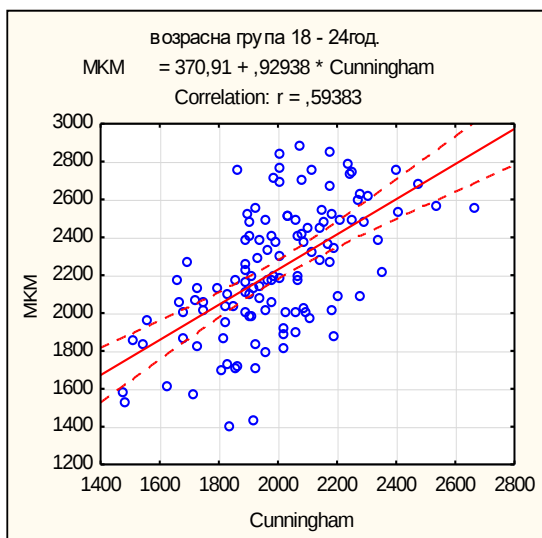
Слика 7. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict /18 – 24год.



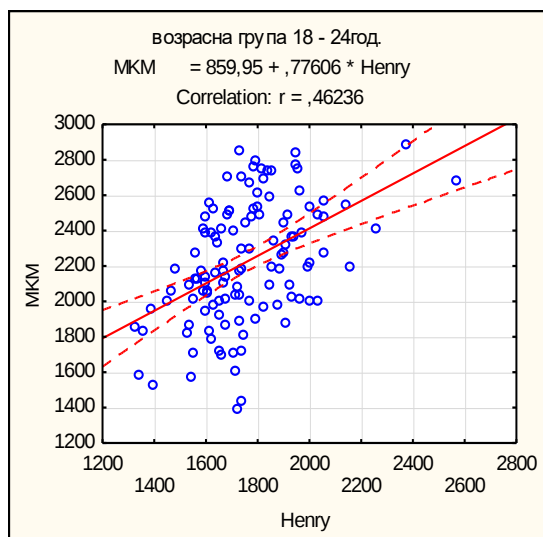
Слика 7а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor /18 – 24год.



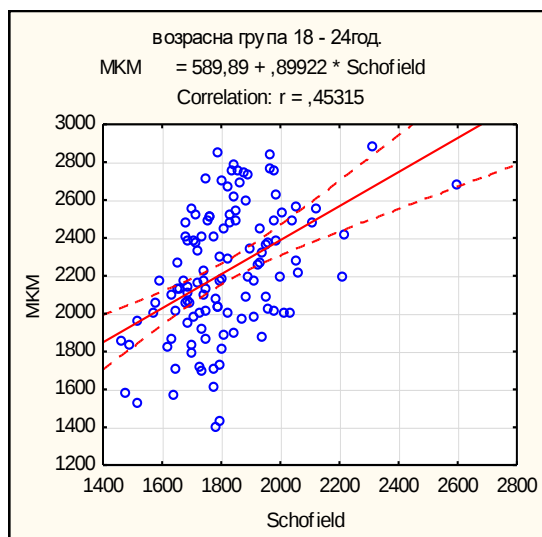
Слика 7б. Корелација међу МКМ и Katch-Mc-Ardle /18 – 24год.



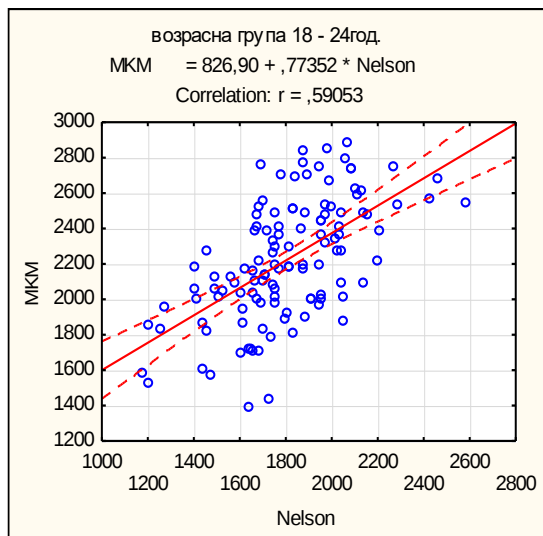
Слика 7в. Корелација међу МКМ и Cunningham /18 – 24год.



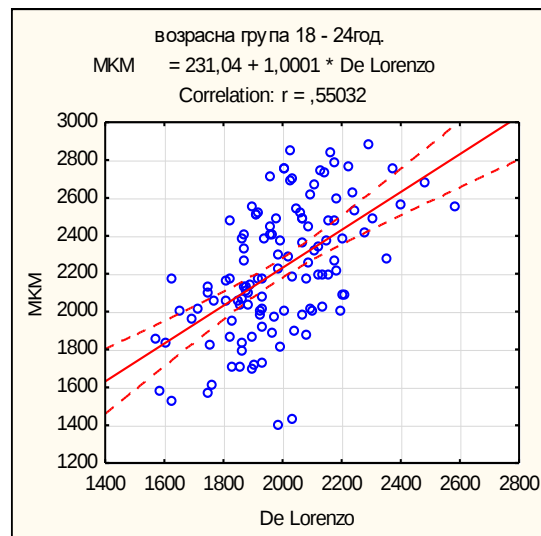
Слика 7г. Корелација међу МКМ и Henry /18 – 24год.



Слика 7д. Корелација међу МКМ и Schofield /18 – 24год.



Слика 7f. Корелација меѓу МКМ и Nelson /18 – 24год.



Слика 7e. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo/18 – 24год.

В. Кај возрасна група 25-31 година

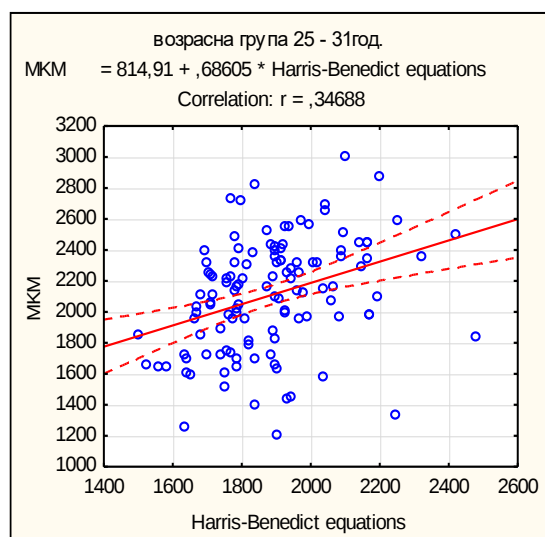
Статистичка сигнификантна позитивна корелација беше добиена во возрасната група од 25 до 31 година меѓу вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија и вредноста пресметана по равенките на Harris-Benedict ($r=0.3469$, $p<0.0001$), Mifflin-St-Jeor ($r=0.3591$, $p<0.0001$), Katch-Mc-Ardle ($r=0.4442$, $p<0.0001$), Cunningham ($r=0.4442$, $p<0.0001$), Henry ($r=0.3030$, $p=0.001$), Schofield ($r=0.2961$, $p=0.001$), Nelson ($r=0.4300$, $p<0.0001$) и De Lorenzo ($r=0.3814$, $p<0.0001$). (табела 5, слика 8, 8a, 8б, 8в, 8г, 8д, 8ѓ, 8е)

Табела 5. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај возрастна група 25 – 31 години

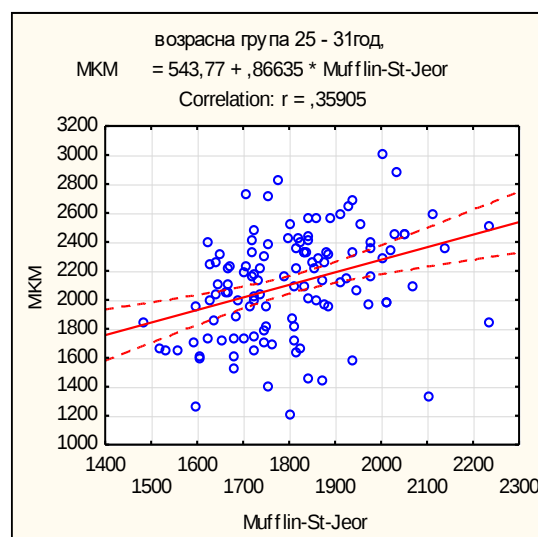
Возрасна група 25 – 31 години		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.3469	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.3591	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.4442	***0.000
Cunningham	0.4442	***0.000
Henry	0.3030	***0.000
Schofield	0.2961	***0.000
Nelson	0.4300	***0.000
De Lorenzo	0.3814	***0.000

r(Pearson coefficient)

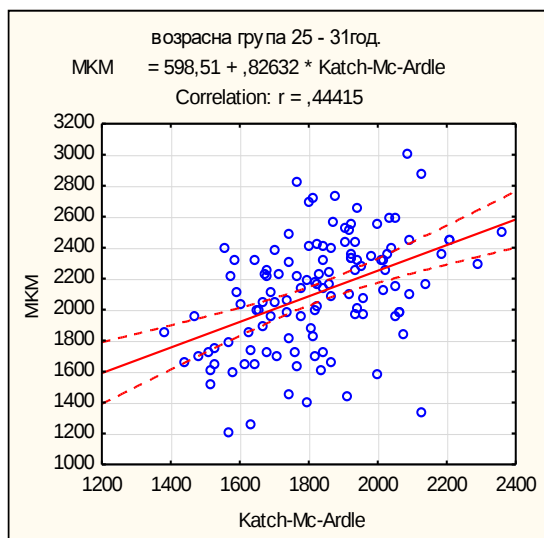
***sig p<0.0001



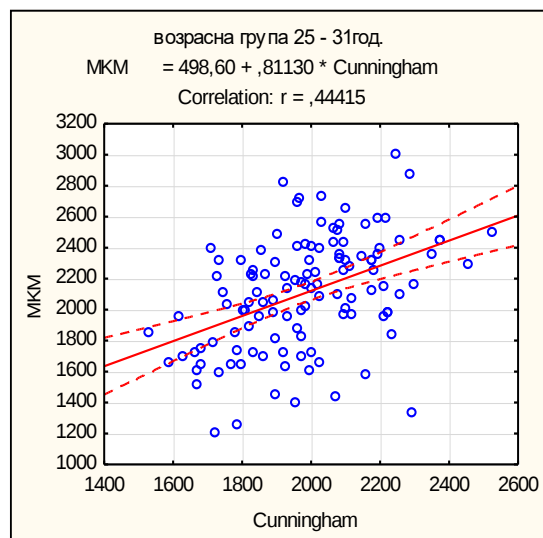
Слика 8. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict /25 – 31 год.



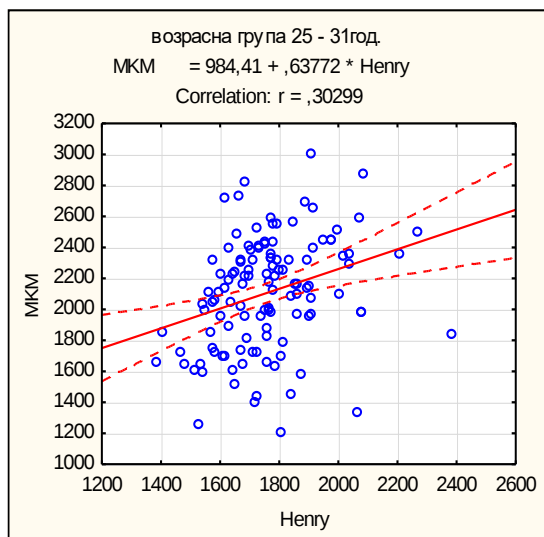
Слика 8а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor /25 – 31 год



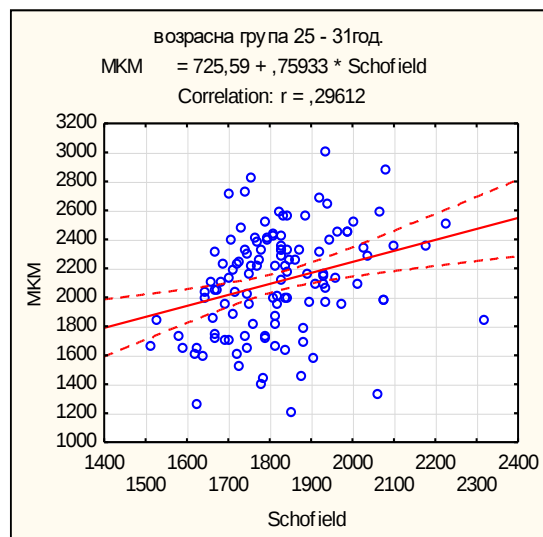
Слика 8б. Корелација међу МКМ и Katch-Mc-Ardle /25 – 31 год.



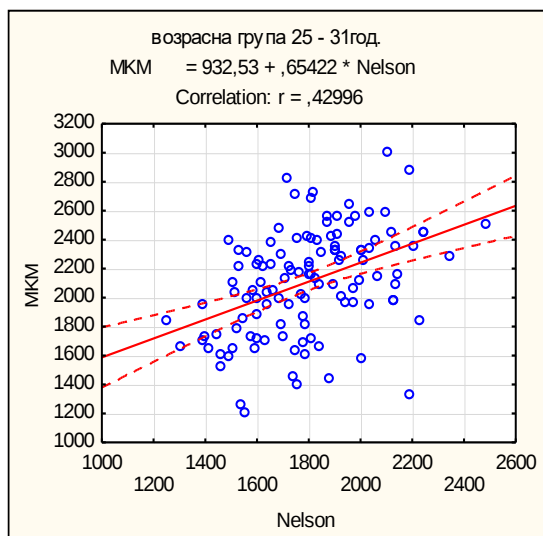
Слика 8в. Корелација међу МКМ и Cunningham /25 – 31 год.



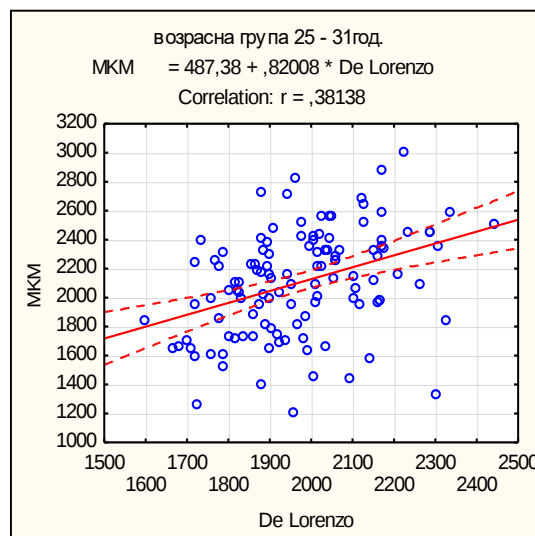
Слика 8г. Корелација међу МКМ и Henry /25 – 31 год.



Слика 8д. Корелација међу МКМ и Schofield /25 – 31 год.



Слика 8г. Корелација меѓу МКМ и Nelson /25 – 31 год.



Слика 8е. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo/25 – 31 год.

Г. Кај возрасна група 32-38 години

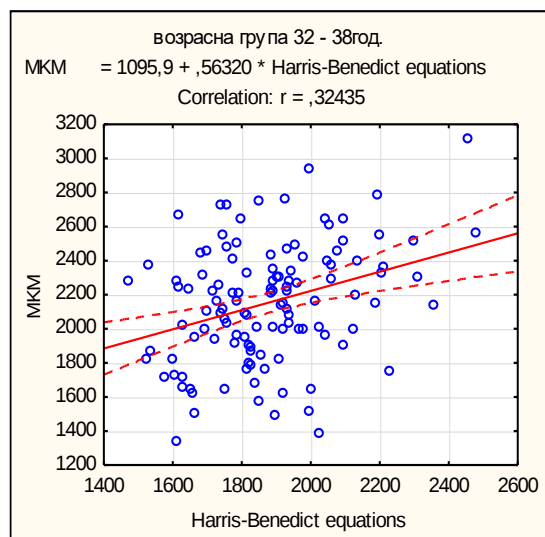
Вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија во возрасната група од 32 до 38 години позитивно сигнификантно корелираше со вредноста пресметана по равенките на Harris-Benedict ($r=0.3244$, $p<0.0001$), Mifflin-St-Jeor ($r=0.3244$, $p<0.0001$), Katch-Mc-Ardle ($r=0.3286$, $p<0.0001$), Cunningham ($r=0.3286$, $p<0.0001$), Henry ($r=0.3031$, $p=0.001$), Schofield ($r=0.2979$, $p=0.001$), Nelson ($r=0.3335$, $p<0.0001$) и De Lorenzo ($r=0.3065$, $p=0.001$). (табела 6, слика 9,9а,9б,9в,9г,9д,9е,9ж,9з).

Табела 6. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај возрасна група 32 – 38 години

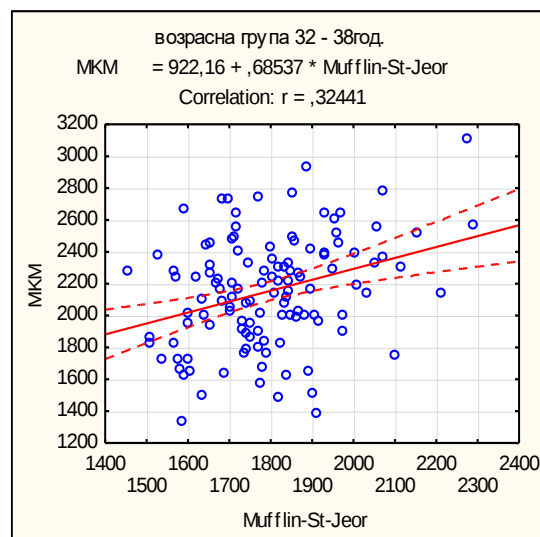
Возрасна група 32 – 38 години		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.3244	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.3244	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.3286	***0.000
Cunningham	0.3286	***0.000
Henry	0.3031	***0.000
Schofield	0.2979	***0.000
Nelson	0.3335	***0.000
De Lorenzo	0.3065	***0.000

r(Pearson coefficient)

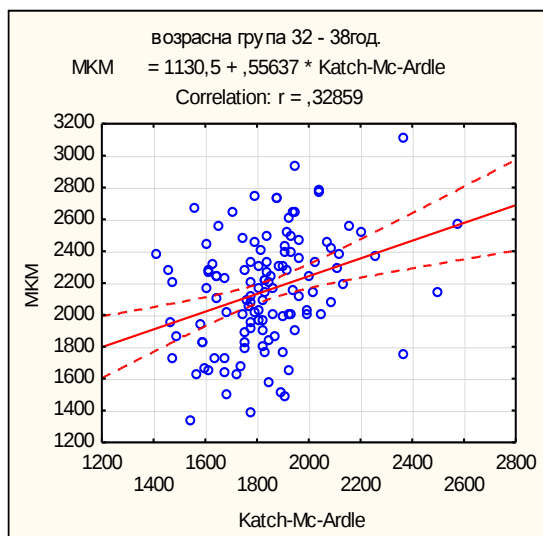
***sig p<0.0001



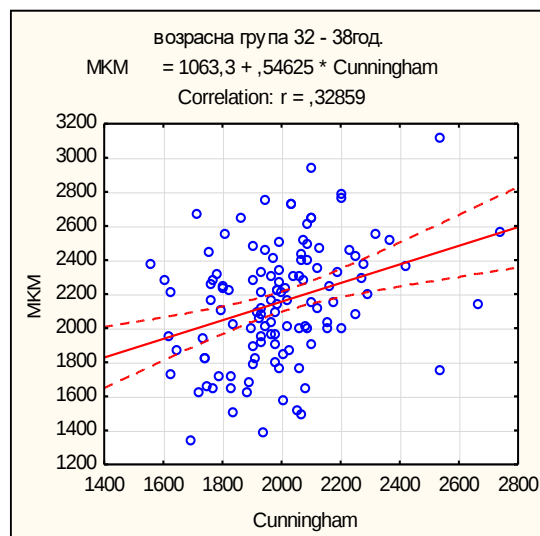
Слика 9. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict /32 – 38 год.



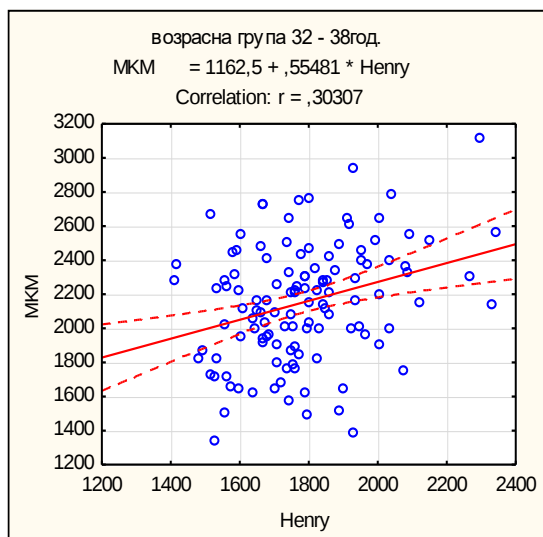
Слика 9а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor /32 – 38 год.



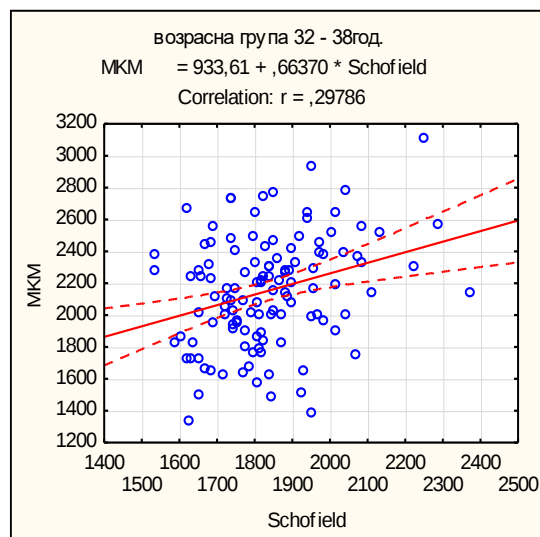
Слика 9б. Корелација међу МКМ и Katch-Mc-Ardle /32 – 38 год.



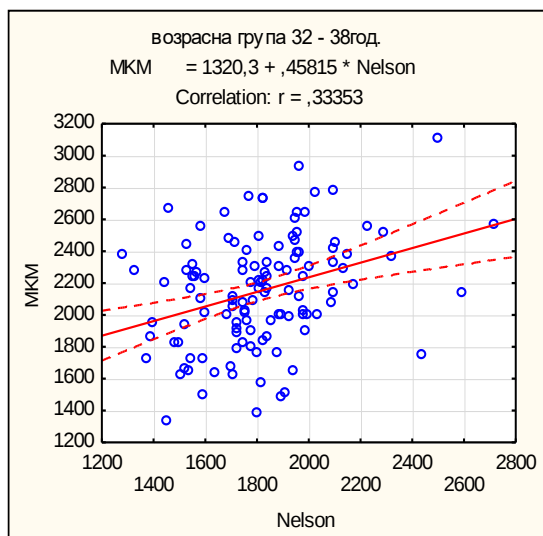
Слика 9в. Корелација међу МКМ и Cunningham /32 – 38 год.



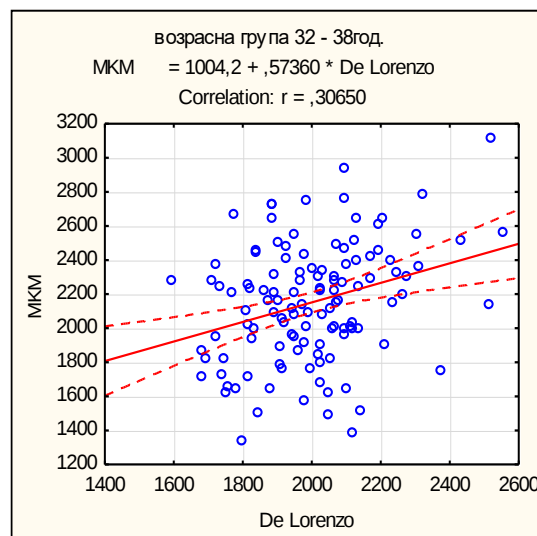
Слика 9г. Корелација међу МКМ и Henry /32 – 38 год.



Слика 9д. Корелација међу МКМ и Schofield /32 – 38 год.



Слика 9г. Корелација меѓу МКМ и Nelson /32 – 38 год.



Слика е. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo/32 – 38 год.

Согласно вредностите на Pearson-овиот коефициент на линеарна корелација (r), корелациите меѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки беа најсилни во најмладата возрасна група, од 18 до 24 години.

12.1.2 Корелација меѓу вредностите на измерената МКМ и предвидените равенки кај различна физичка активност

А. Кај седентери

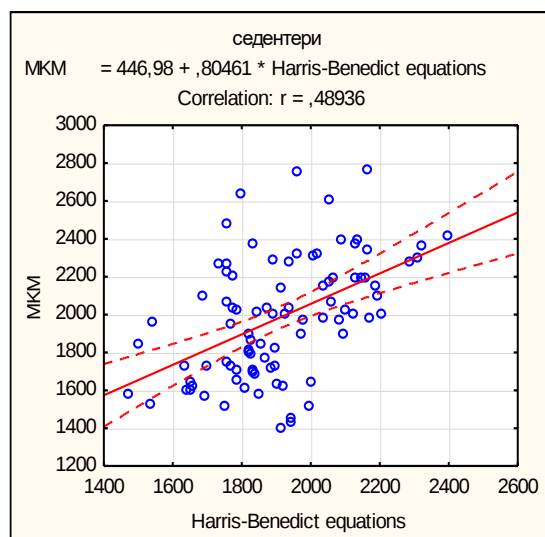
Корелацијата помеѓу метаболитичката количина во мирување добиена со индиректната калориметриска метода и пресметана по равенките на Harris-Benedict, Mifflin-St-Jeor, Katch-Mc-Ardle, Cunningham, Henry, Schofield, Nelson и De Lorenzo, во групата седентери беше статистички сигнификантна ($p < 0.0001$) и позитивна, со вредности за соодветно $r = 0.4894$, $r = 0.4833$, $r = 0.3904$, $r = 0.3904$, $r = 0.4847$, $r = 0.4830$, $r = 0.4251$ и $r = 0.4575$. (табела 7, слика 10, 10а, 10б, 10в, 10г, 10д, 10е, 10ж)

Табела 7. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај Седентери

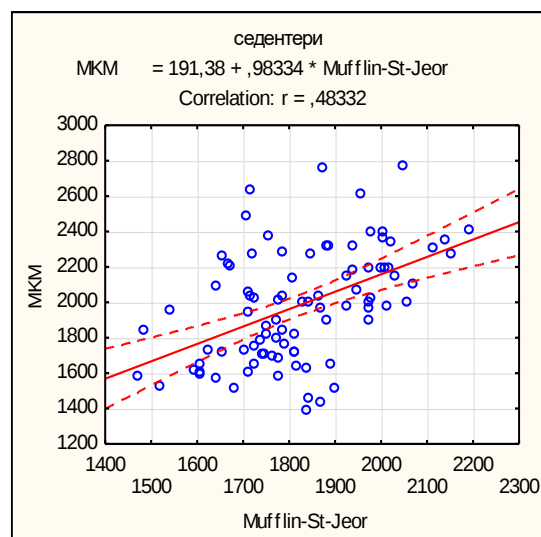
ГРУПА Седентери		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.4894	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.4833	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.3904	***0.000
Cunningham	0.3904	***0.000
Henry	0.4847	***0.000
Schofield	0.4830	***0.000
Nelson	0.4251	***0.000
De Lorenzo	0.4575	***0.000

r(Pearson coefficient)

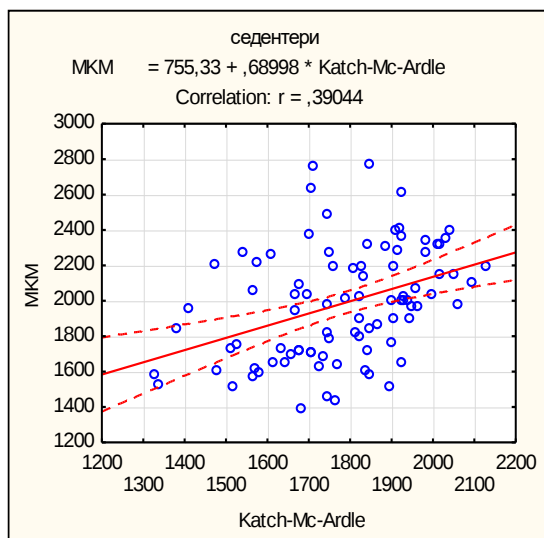
***sig p<0.0001



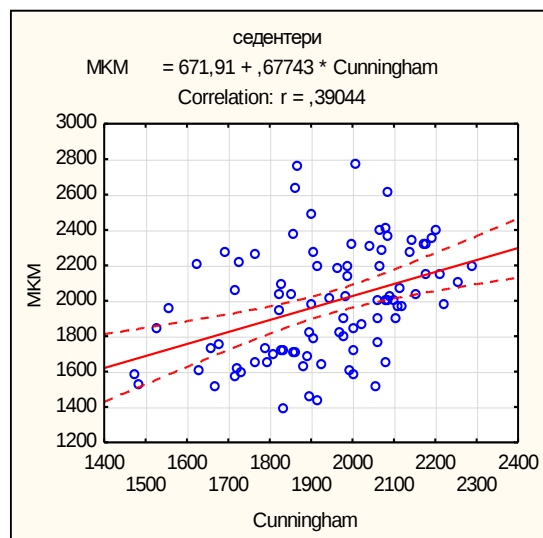
Слика 10. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict – Седентери



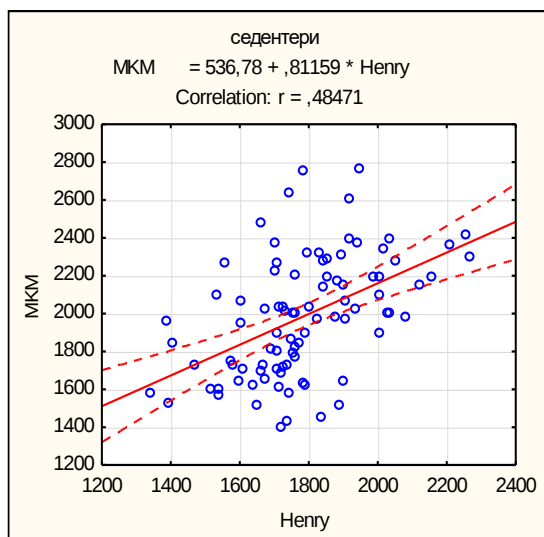
Слика 10а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor – Седентери



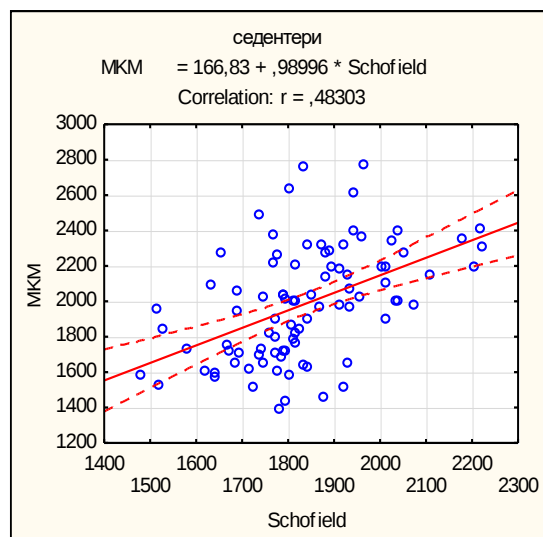
Слика 10б. Корелација међу МКМ и Katch-Mc-Ardle – Седентери



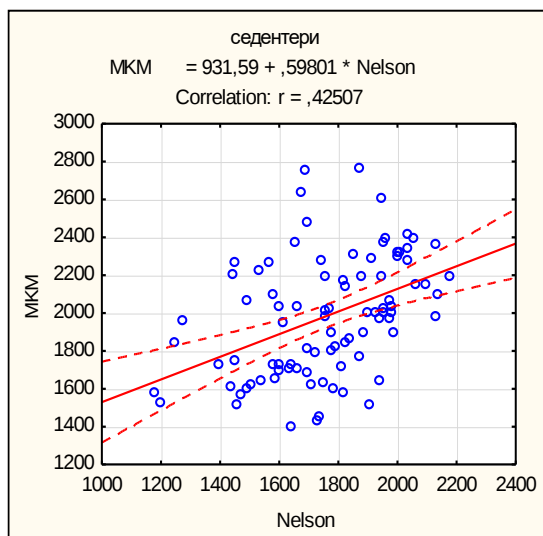
Слика 10в. Корелација међу МКМ и Cunningham – Седентери



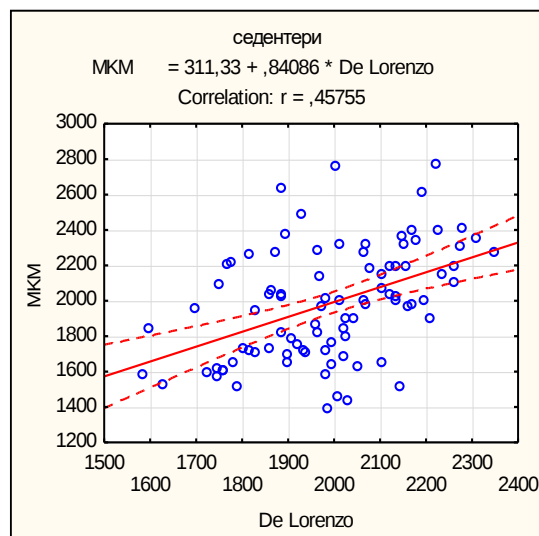
Слика 10г. Корелација међу МКМ и Henry – Седентери



Слика 10д. Корелација међу МКМ и Schofield – Седентери



Слика 10г. Корелација меѓу МКМ и Nelson – Седентери



Слика 10е. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo– Седентери

Б. Кај рекреативни спортисти

Статистичка сигнификантна ($p < 0.0001$) позитивна корелација беше добиена во групата рекреативни спортисти меѓу вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија и вредноста пресметана по равенките на Harris-Benedict ($r = 0.5428$), Mifflin-St-Jeor ($r = 0.5499$), Katch-Mc-Ardle ($r = 0.5271$), Cunningham ($r = 0.5271$), Henry ($r = 0.4841$), Schofield ($r = 0.4733$), Nelson ($r = 0.5390$) и De Lorenzo ($r = 0.5605$). (табела 8, слика 11, 11а, 11б, 11в, 11г, 11д, 11е, 11ф)

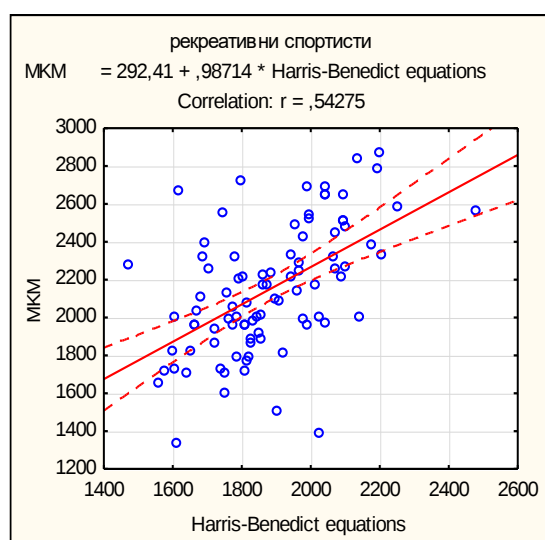
Табела 8. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај рекреативни спортисти

ГРУПА Рекреативни спортисти		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.5428	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.5499	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.5271	***0.000
Cunningham	0.5271	***0.000
Henry	0.4841	***0.000
Schofield	0.4733	***0.000

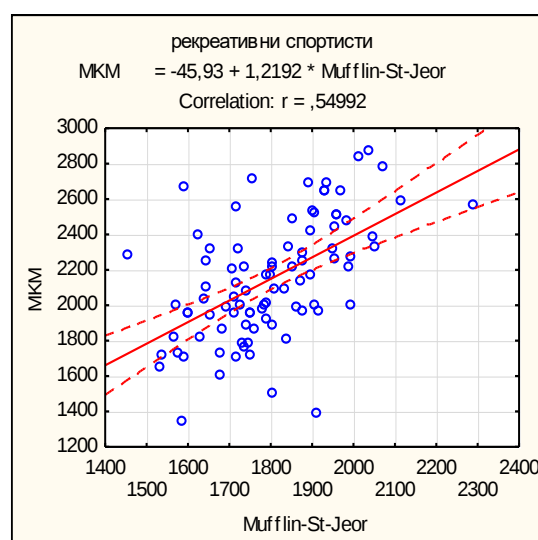
Nelson	0.5390	***0.000
De Lorenzo	0.5605	***0.000

r(Pearson coefficient)

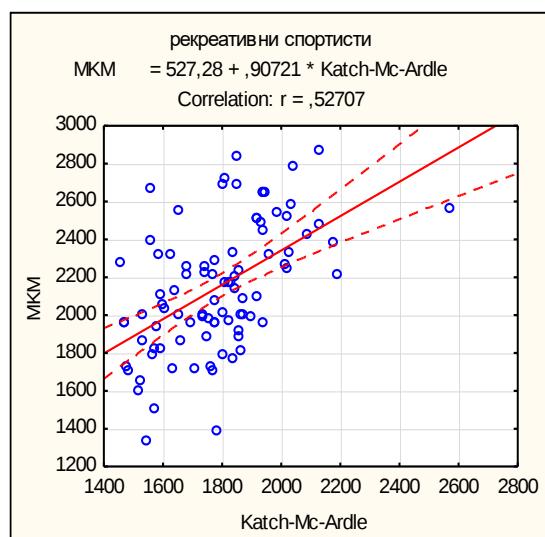
***sig p<0.0001



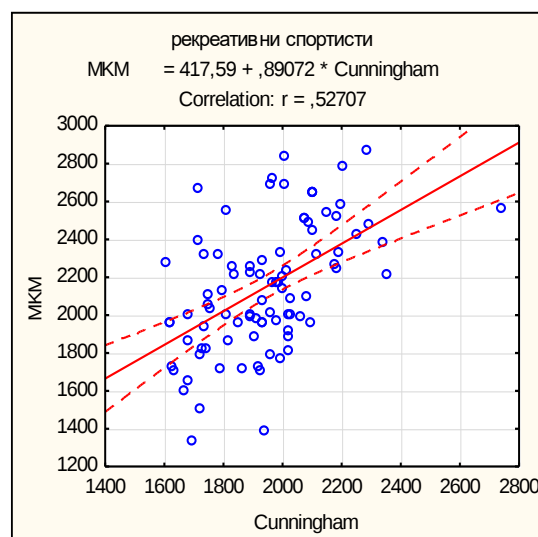
Слика 11. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict/Рекреативни спортисти



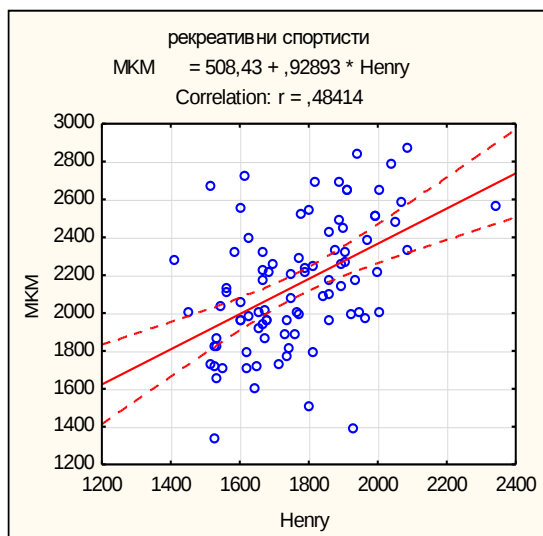
Слика 11а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor/ Рекреативни спортисти



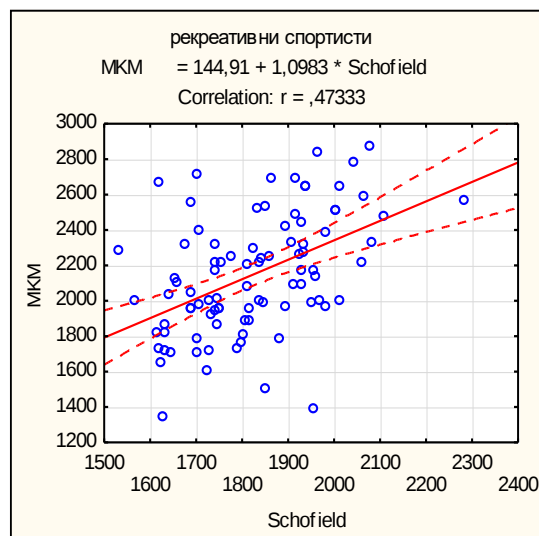
Слика 11б. Корелација меѓу МКМ и Katch-Mc-Ardle /Рекреативни спортисти



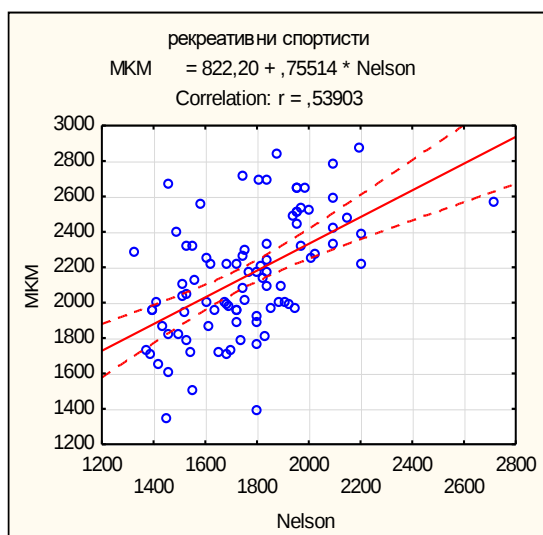
Слика 11в. Корелација меѓу МКМ и Cunningham / Рекреативни спортисти



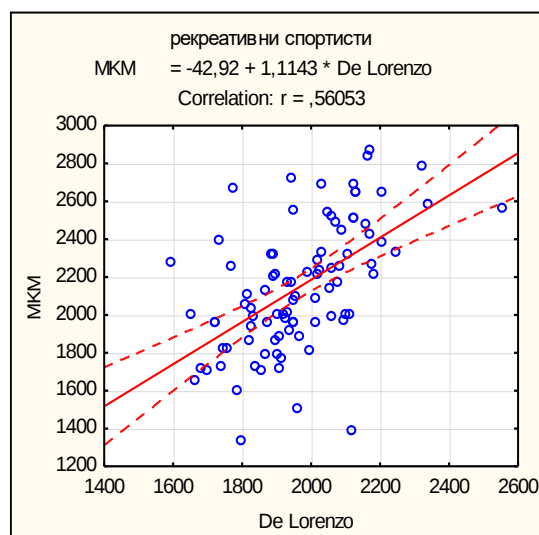
Слика 11г. Корелација меѓу МКМ и Henry /Рекреативни спортисти



Слика 11д. Корелација меѓу МКМ и Schofield / Рекреативни спортисти



Слика 11ф. Корелација меѓу МКМ и Nelson /Рекреативни спортисти



Слика 11е. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo / Рекреативни спортисти

В. Кај спортови на издржливост

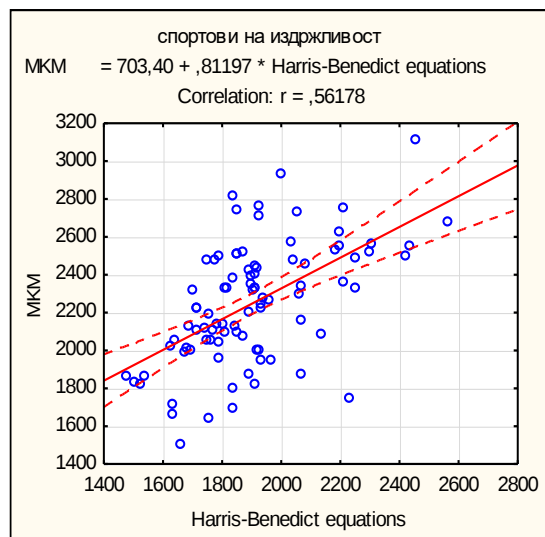
Корелацијата помеѓу вредноста на метаболитичката количина во мирување добиена со индиректната калориметриска метода и вредноста добиена по равенките на Harris-Benedict, Mifflin-St-Jeor, Katch-Mc-Ardle, Cunningham, Henry, Schofield, Nelson и De Lorenzo, во групата спортови на издржливост беше статистички сигнификантна ($p < 0.0001$) и позитивна, со вредности за соодветно $r = 0.5618$, $r = 0.5617$, $r = 0.5320$, $r = 0.5320$, $r = 0.5148$, $r = 0.5015$, $r = 0.5382$ и $r = 0.5379$. (табела 9, слика 12, 12а, 12б, 12в, 12г, 12д, 12ѓ, 12е)

Табела 9. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај спортови на издржливост

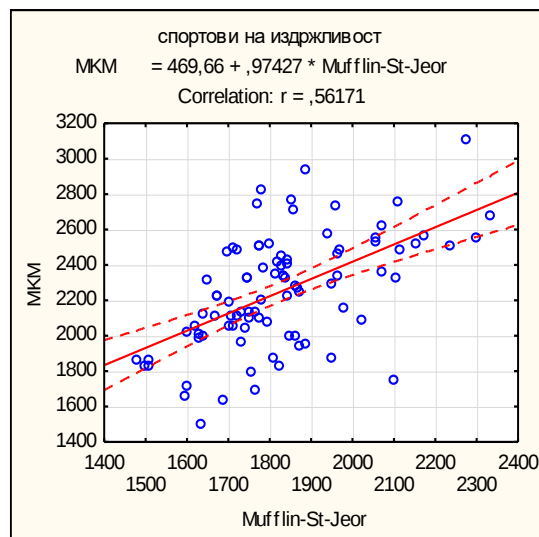
ГРУПА спортови на издржливост		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.5618	***0.000
Mifflin-St-Jeor	0.5617	***0.000
Katch-Mc-Ardle	0.5320	***0.000
Cunningham	0.5320	***0.000
Henry	0.5148	***0.000
Schofield	0.5015	***0.000
Nelson	0.5382	***0.000
De Lorenzo	0.5379	***0.000

r(Pearson coefficient)

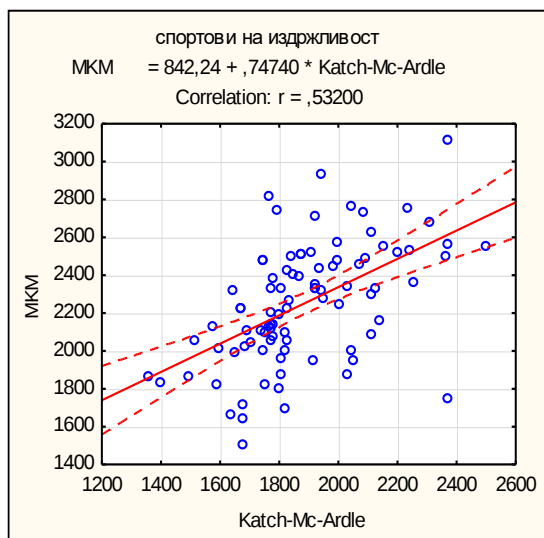
***sig p<0.0001



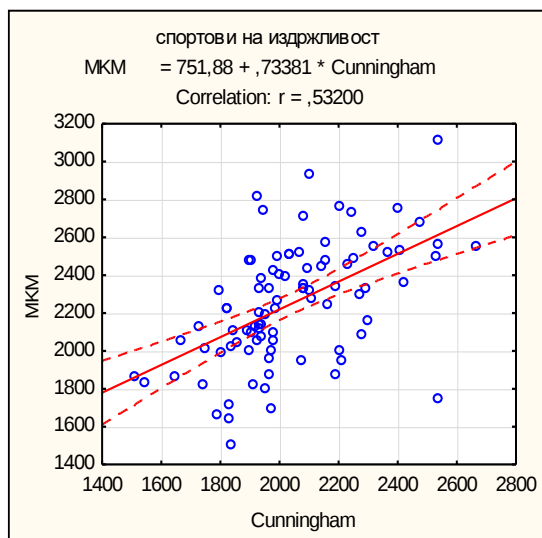
Слика 12. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict/спортови на издржливост



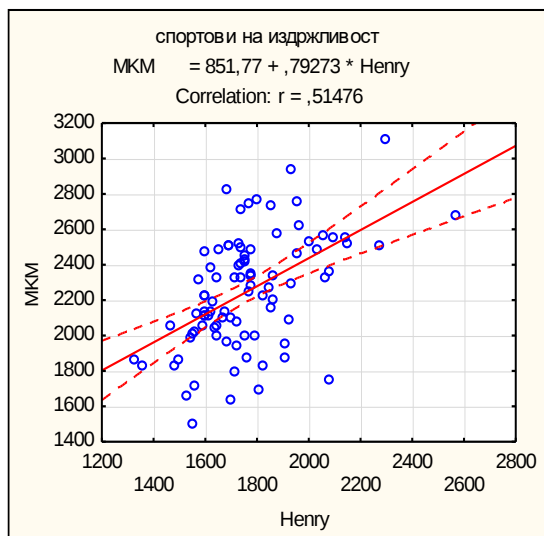
Слика 12а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor/спортови на издржливост



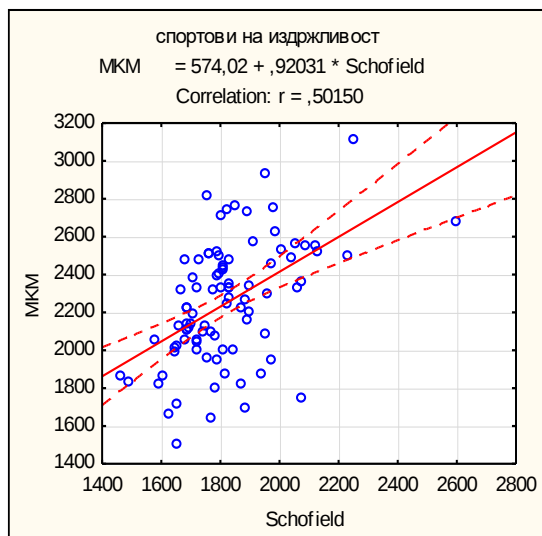
Слика 12б. Корелација меѓу МКМ и Katch-Mc-Ardle /спортови на издржливост



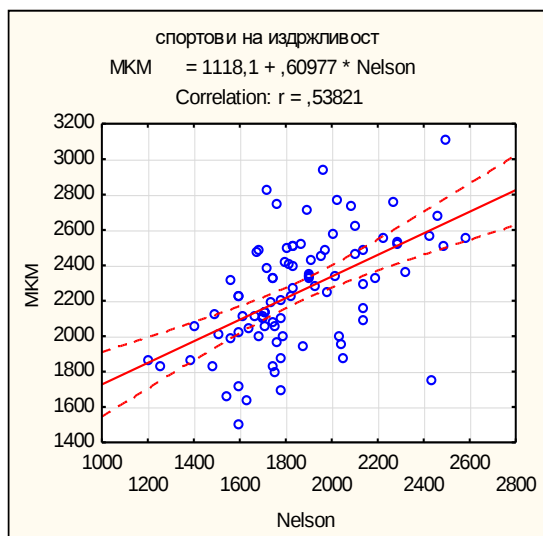
Слика 12в. Корелација меѓу МКМ и Cunningham /спортови на издржливост



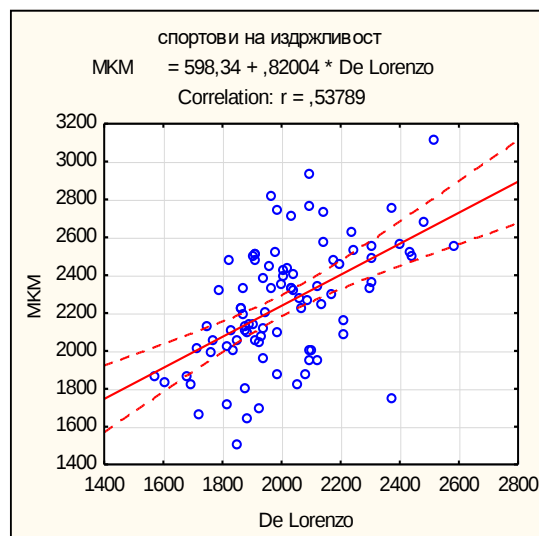
Слика 12г. Корелација меѓу МКМ и Henry / спортови на издржливост



Слика 12д. Корелација меѓу МКМ и Schofield / спортови на издржливост



Слика 12ф. Корелација меѓу МКМ и Nelson / спортови на издржливост



Слика 12е. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo / спортови на издржливост

Г. Кај силови спортови

Вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија во групата силови спортови позитивно сигнификантно корелираше со вредноста пресметана по равенките на Harris-Benedict ($r=0.2871$, $p=0.006$), Mifflin-St-Jeor ($r=0.3085$, $p=0.003$), Katch-Mc-Ardle ($r=0.3167$, $p=0.002$), Cunningham ($r=0.3167$, $p=0.002$), Nelson ($r=0.3001$, $p=0.004$) и De Lorenzo ($r=0.2765$, $p=0.008$), додека несигнификантно позитивно корелираше со вредноста на МКМ пресметана по формулите на Henry ($r=0.1790$, $p=0.09$) и Schofield ($r=0.1708$, $p=0.008$). (табела 10, слика 13, 13а, 13б, 13в, 13г, 13д)

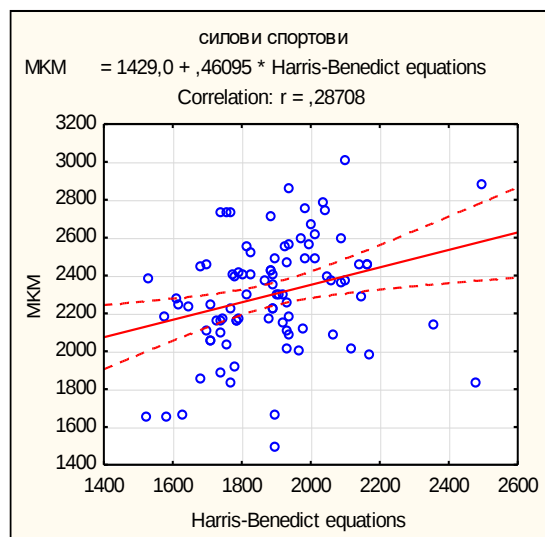
Табела 10. Корелација помеѓу МКМ со индиректна калориметрија и користените равенки кај силови спортови

ГРУПА силови спортови		
Корелација МКМ	r	p-level
Harris-Benedict equations	0.2871	**0.006
Mifflin-St-Jeor	0.3085	**0.003
Katch-Mc-Ardle	0.3167	**0.002
Cunningham	0.3167	**0.002

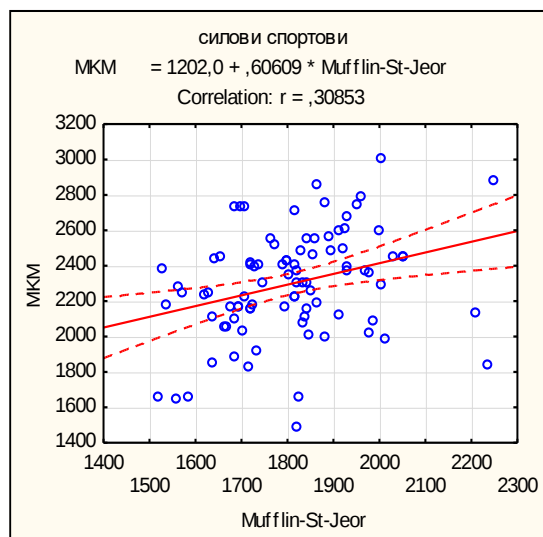
Henry	0.1790	0.091
Schofield	0.1708	0.107
Nelson	0.3001	**0.004
De Lorenzo	0.2765	**0.008

r(Pearson coefficient)

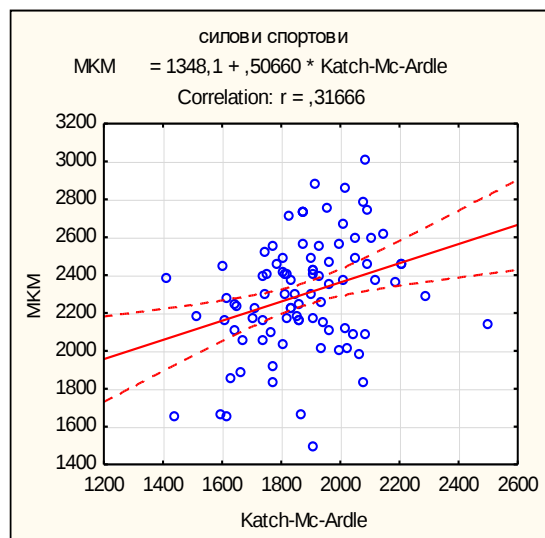
**sig p<0.01



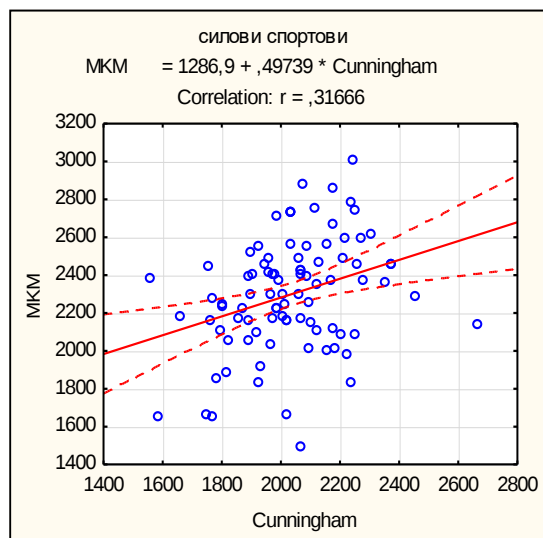
Слика 13. Корелација меѓу МКМ и Harris-Benedict/ силови спортови



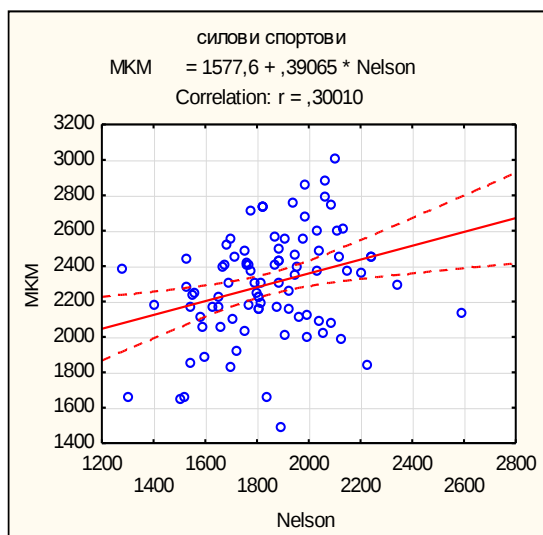
Слика 13а. Корелација меѓу МКМ и Mifflin-St-Jeor/ силови спортови



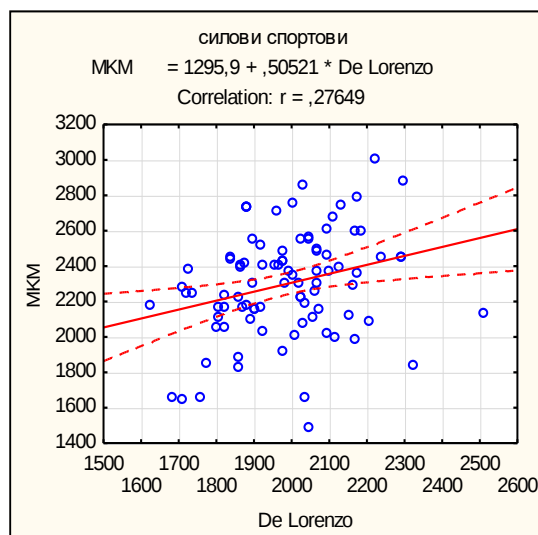
Слика 13б. Корелација меѓу МКМ и Katch-Mc-Ardle / силови спортови



Слика 13в. Корелација меѓу МКМ и Cunningham / силови спортови



Слика 13г. Корелација меѓу МКМ и Nelson / силови спортови



Слика 13д. Корелација меѓу МКМ и De Lorenzo / силови спортови

12.1.3 Компарација на МКМ кај различни спортови

Метаболитичката количина во мирување имаше сигнификантно различни вредности меѓу седентерите и трите анализирани групи спортисти ($p < 0.0001$). Post-hoc анализата за меѓугрупни споредби покажа дека оваа сигнификантност се должи на сигнификантна разлика меѓу седентерите и сите групи спортови ($p = 0.003$, $p = 0.000008$ и $p = 0.000008$, соодветно), и меѓу групите спортови PC vs CC ($p = 0.008$).

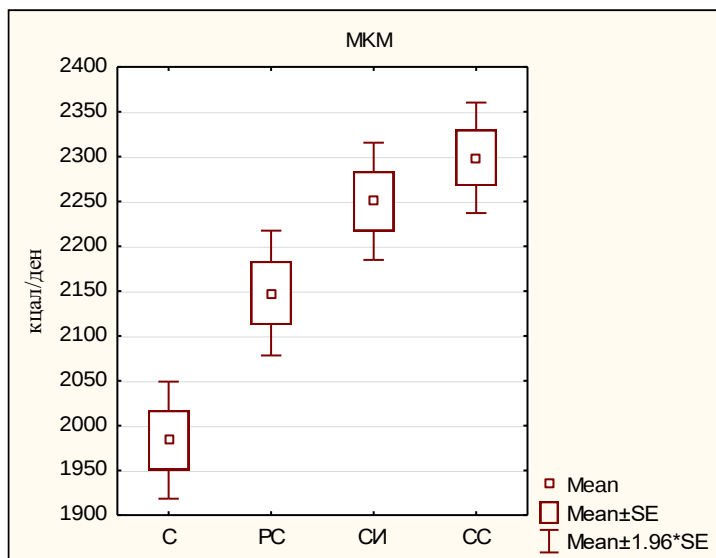
Просечната вредност на МКМ изнесуваше 1983.79 ± 316.1 ккал/ден во групата седентери и беше значајно помала од нејзината просечна вредност кај рекреативните спортисти (2147.80 ± 337.3 ккал/ден), спортовите на издржливост (2250.21 ± 316.3 ккал/ден) и силовите спортови (2298.67 ± 298.1 ккал/ден). Значајно пониска просечна МКМ беше регистрирана и кај рекреативните спортови наспроти силовите спортови (2147.80 ± 337.3 vs 2298.67 ± 298.1 ккал/ден). (табела 10а, слика 14)

Табела 10а. Вредности на МКМ по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (С)	рекреативни спортисти (РС)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (СС)
МКМ(кцал/ден)				
mean ± SD	1983.79 ± 316.1	2147.80 ± 337.3	2250.21 ± 316.3	2298.67 ± 298.1
min- max	1399 – 2770	1343 – 2876	1502 – 3115	1494 – 3005
p-level	F=17.3 ***p=0.000000 post-hoc Cvs PC **p=0.003 CvsСИ ***p=0.000008 CvsСС ***p=0.000008 PCvs CC **p=0.008			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

sig p<0.01; *sig p<0.0001



С-седентери, РС-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, СС-силови спортови

Слика 14. Графички приказ на просечена МКМ по групи спортови и седентери

12.2 Резултати од споредбата на телесниот состав по групи спортови и седентери

Телесната висина просечно изнесуваше 178.92 ± 6.8 цм во групата седентери, 178.67 ± 6.4 цм во групата рекреативни спортисти, 182.21 ± 8.1 цм во групата спортови на издржливост и 180.43 ± 7.1 цм во групата силиви спортови.

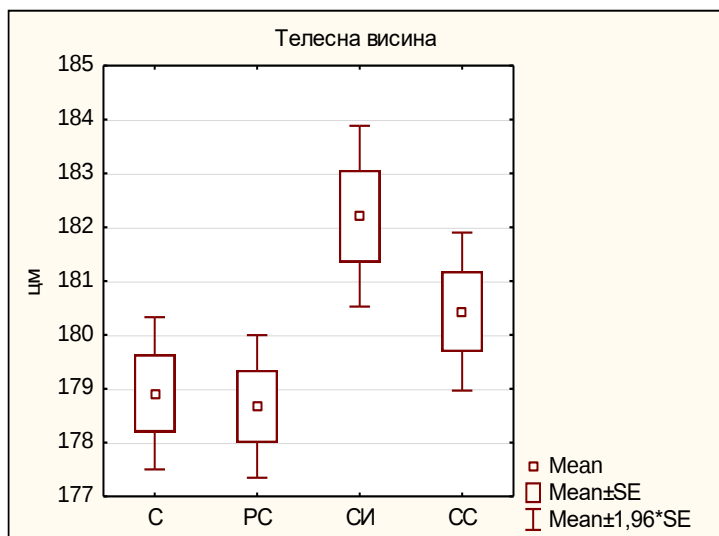
За $p=0.0032$ се потврди вкупна статистичка сигнификантна разлика во телесната висина меѓу 4-те испитувани групи. Post-hoc анализата покажа дека оваа вкупна сигнификантност се должи на значајно поголема телесна висина кај спортовите на издржливост во однос на седентерите ($p=0.011$) и во однос на рекреативните спортисти ($p=0.005$). (табела 11, слика 15)

Табела 11. Вредности на телесна висина по групи спортови и седентери.

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силиви спортови (CC)
Телесна висина (цм)				
mean $\pm$ SD	178.92 ± 6.8	178.67 ± 6.4	182.21 ± 8.1	180.43 ± 7.1
min- max	161 – 195	165 – 197	168 – 210	163 – 202
p-level	F=4.7 **p=0.0032 post-hoc CvsСИ *p=0.011 PCvsСИ **p=0.005			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$



C-сидентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 15. Графички приказ на просечена телесна висина по групи спортови и сидентери

Во групите сидентери, рекреативни спортови, спортови на издржливост и силовите спортови телесната тежина просечно изнесуваше 83.63 ± 13.2 кг, 81.39 ± 12.4 кг, 82.17 ± 13.9 кг и 81.20 ± 12.1 кг. немаше статистичка сигнификантна разлика меѓу овие групи ($p=0.58$). (табела 11а)

Табела 11а. Вредности на телесна тежина по групи спортови и сидентери.

статистички параметри	група			
	сидентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Телесна тежина (кг)				
mean ± SD	83.63 ± 13.2	81.39 ± 12.4	82.17 ± 13.9	81.20 ± 12.1
min- max	52.6 – 117.7	57.4 - 123	51.5 – 126.4	55.6 – 126
p-level	F=0.66 p=0.58			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)

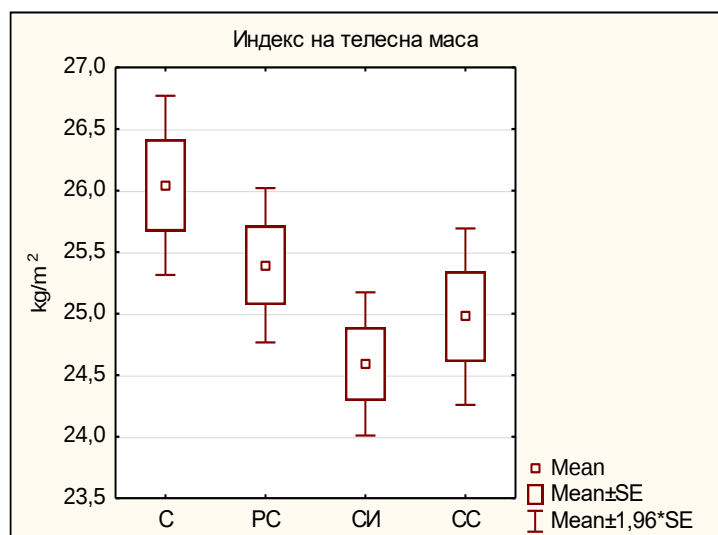
Индексот на телесна маса имаше највисоки просечни вредности кај седентерите ($26.04 \pm 3.5 \text{ kg/m}^2$), следено од испитаниците кои рекреативно спортуваат ($25.39 \pm 3.0 \text{ kg/m}^2$), испитаниците од групата силиови спортови ($24.98 \pm 3.5 \text{ kg/m}^2$) и од испитаниците од групата спортови на издржливост ($24.59 \pm 2.8 \text{ kg/m}^2$). Во вкупната статистичка сигнификантна разлика ($p=0.019$), како значајна се потврди меѓугрупната разлика меѓу седентери и спортовите на издржливост. Таа се должи на значајно повисок ВМІ кај седентерите ($p=0.013$). (табела 12, слика 16)

Табела 12. Вредности на индекс на телесна маса кај различните групи испитанци

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силиови спортови (CC)
Индекс на телесна маса ВМІ (kg/m^2)				
mean $\pm$ SD	26.04 ± 3.5	25.39 ± 3.0	24.59 ± 2.8	24.98 ± 3.5
min- max	18.3 – 37.6	19.8 – 33.1	18.2 – 35.8	18.4 – 41.8
p-level	F=3.34 * $p=0.019$ post-hoc CvsСИ * $p=0.013$			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силиови спортови

Слика 16. Графички приказ на просечен индекс на телесна маса кај различните групи испитанци

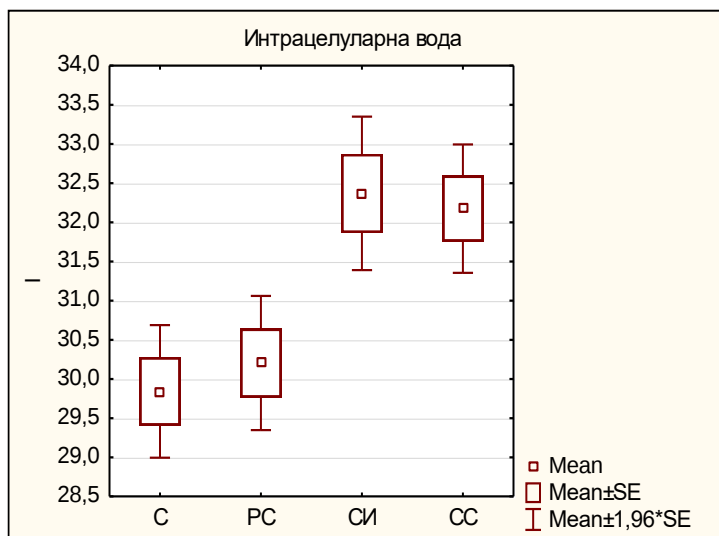
Меѓу четирите групи се потврди вкупна статистичка сигнификантна разлика во количината на интрацелуларна вода ($p=0.00002$), која при меѓугрупните споредби се покажа дека се должи на сигнификантна разлика меѓу седентерите и двете групи професионални спортисти (post-hoc $p=0.00004$ и $p=0.0013$, соодветно), и меѓу рекреативците и двете групи професионални спортисти (post-hoc $p=0.0035$ и $p=0.01$, соодветно).

Табела 13. Вредности на ICW по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Интрацелуларна вода ICW(l)				
mean $\pm$ SD	29.84 $\pm$ 4.1	30.20 $\pm$ 4.1	32.37 $\pm$ 4.7	32.17 $\pm$ 3.9
min- max	16.4 – 37.5	23.4 – 46.8	20.9 – 45.1	22 – 45.3
p-level	F=8.55*** $p=0.00002$ post-hoc CvsСИ *** $p=0.00004$ CvsCC** $p=0.0013$ PCvsСИ ** $p=0.0035$ PCvsCC * $p=0.01$			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$; ***sig $p<0.0001$



C-сидентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 17. Графички приказ на просечен ICW по групи спортови и сидентери

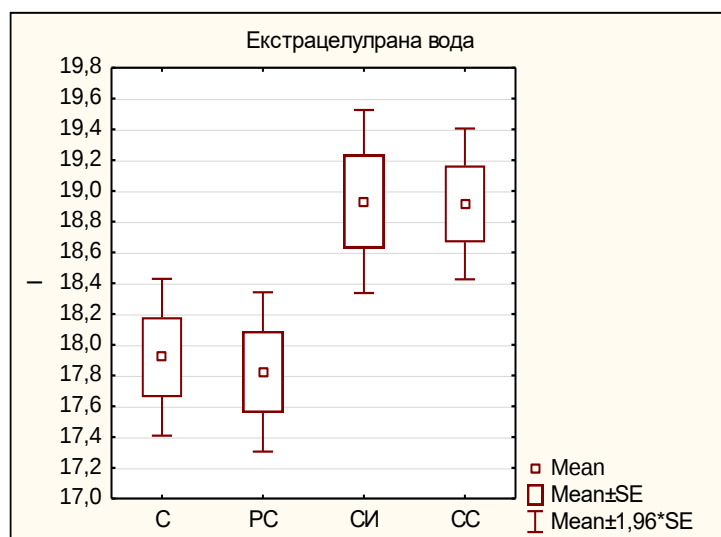
Професионалните спортисти, односно испитаниците кои тренираат спортови на издржливост и силови спортови имаа значајно поголема количина и на екстрацелуларна вода од сидентерите и рекреативните спортисти (18.93 ± 2.9 и 18.92 ± 2.4 наспроти 17.92 ± 2.5 и 17.82 ± 2.5 L). Сигнификантните разлики беа на ниво од $p=0.0019$ за вкупната разлика меѓу четирите групи; $p=0.04$ и $p=0.045$ за разликата меѓу сидентери и спортови на издржливост и силови спортови, соодветно; и $p=0.02$ и $p=0.022$ за разликата меѓу рекреативни спортисти vs спортови на издржливост и силови спортови, соодветно. (табела 14, слика 18)

Табела 14. Вредности на ECW по групи спортови и сидентери

статистички параметри	група			
	сидентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Екстрацелуларна вода-ECW(I)				
mean ± SD	17.92 ± 2.5	17.82 ± 2.5	18.93 ± 2.9	18.92 ± 2.4
min- max	12.3 – 27.8	13.4 – 27.8	12.7 – 27.2	13.2 – 26.7

p-level	F=5.1 **p=0.0019 post-hoc CvsСИ*p=0.04 CvsCC*p=0.045 PCvsСИ *p=0.02 PCvsCC*p=0.022
---------	--

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)*sig p<0.05; **sig p<0.01



С-седентери, РС-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, СС-силови спортови

Слика 18. Графички приказ на просечен ECW по групи спортови и седентери

Просечната вредност на протеините беше 12.95 ± 1.6 кг во групата седентери, потоа 13.05 ± 1.8 кг во групата рекреативни спортови, 14.03 ± 2.1 кг во групата спортови на издржливост, 13.91 ± 1.7 кг во групата силови спортови.

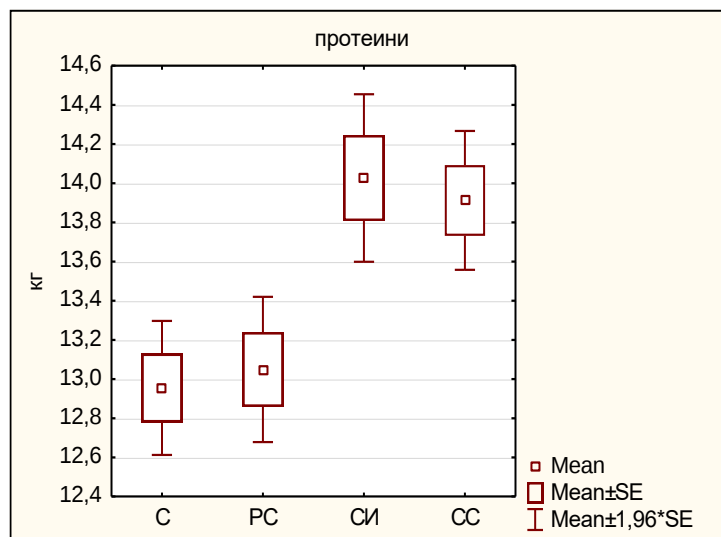
Статистичката анализа презентира вкупна сигнификантна разлика меѓу четирите анализирани групи ($p=0.000016$). Со меѓугрупните споредби направени со post-hoc анализата се покажа дека оваа вкупна сигнификантност се должи на значајно повисоки вредности на протеини кај спортовите на издржливост наспроти седентерите ($p=0.00046$) и наспроти рекреативните спортови ($p=0.0075$), и, значајно повисоки вредности на протеини кај силовите спортови наспроти седентерите ($p=0.0023$) и наспроти рекреативните спортови ($p=0.0078$). (табела 15, слика 19)

Табела 15. Вредности на протеини по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Протеини (кг)				
mean $\pm$ SD	12.95 $\pm$ 1.6	13.05 $\pm$ 1.8	14.03 $\pm$ 2.1	13.91 $\pm$ 1.7
min- max	8.8 – 16.2	10.1 – 20.2	9 – 19.5	9.5 – 19.6
p-level	F=8.6***=0.000016 post-hoc CvsСИ ***p=0.00046 CvsCC **p=0.0023 PCvsСИ **p=0.0075 PCvsCC **p=0.0078			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

sig p<0.01; *sig p<0.0001



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 19. Графички приказ на просечени протеини по групи спортови и седентери

Највисоки просечни вредности на минералите имаше кај спортистите кои тренираат спортови на издржливост ($4.79 \pm 0.8\text{кг}$), следено од испитаниците кои тренираат силови спортови ($4.73 \pm 0.6 \text{ кг}$), потоа од испитаниците кои рекреативно спортуваат и

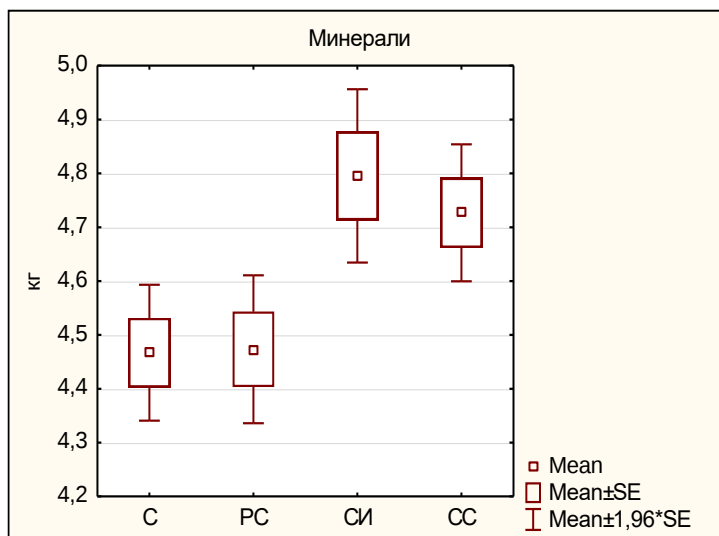
седентерите кои имаат идентична просечна вредност на минерали (4.47 ± 0.7 и 4.47 ± 0.6 кг, соодветно). Во вкупната статистичка сигнификантна разлика ($p=0.00071$), како значајни се потврдија меѓугрупните разлики: спортовите на издржливост наспроти седентери и рекреативни спортисти, што се должи на значајно повисоки минерали кај спортовите на издржливост ($p=0.0057$ и $p=0.007$, соодветно); и силовите спортови наспроти седентерите што се должи на значајно повисоки минерали кај силовите спортови ($p=0.046$). (табела 16, слика 20)

Табела 16. Вредности на минерали по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Минерали (кг)				
mean $\pm$ SD	4.47 ± 0.6	4.47 ± 0.7	4.79 ± 0.8	4.73 ± 0.6
min- max	2.93 – 5.66	3.14 – 7.03	3.05 – 6.71	3.37 – 6.78
p-level	F=5.8 *** $p=0.00071$ post-hoc CvsСИ ** $p=0.0057$ CvsCC * $p=0.046$ PCvsСИ ** $p=0.007$			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$; ***sig $p<0.0001$



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 20. Графички приказ на просечени минерали и по групи спортови и седентери

Меѓу четирите групи се потврди вкупна статистичка сигнификантна разлика во количината на масна компонента ($p < 0.0001$), која при меѓугрупните споредби се покажа дека се должи на сигнификантна разлика меѓу седентерите и двете групи професионални спортисти (post-hoc $p < 0.0001$), и меѓу рекреативците и двете групи професионални спортисти (post-hoc $p = 0.00038$ и $p = 0.000017$, соодветно).

Професионалните спортисти, односно испитаниците кои тренираат спортови на издржливост и силови спортови имаа значајно помала количина на масна компонента од седентерите и рекреативните спортисти (11.99 ± 5.9 и 11.50 ± 7.2 наспроти 18.52 ± 8.0 и 15.78 ± 7.1 kg) (табела 17, слика 21).

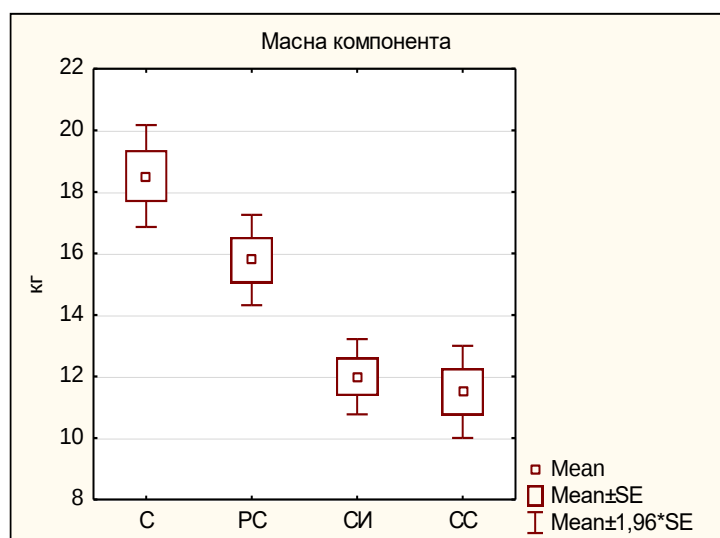
Табела 17. Вредности на масна компонента по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Масна компонента (кг)				
mean ± SD	18.52 ± 8.0	15.78 ± 7.1	11.99 ± 5.9	11.50 ± 7.2

min- max	5.6 – 47.7	2.5 – 29.9	3 – 36.8	2.5 – 53.5
median (IQR)	17.2(12.2 – 22.7)	14.3(10 – 20.4)	10.6(7.5 – 14)	10.45(7.3 – 12.7)
p-level	H=65.42***p=0.00000 post-hoc CvsСИ ***p=0.00000 CvsCC ***p=0.00000 PCvsСИ ***p=0.00038 PCvsCC***p=0.000017			

H(Kruskal-Wallitests;post-hoc Mann-Whitney test)

*sig p<0.05; **sig p<0.01; ***sig p<0.0001),



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост,CC-силови спортови

Слика 21. Графички приказ на просечена масна компонента и по групи спортови и седентери

Процентот на масна компонента просечно изнесуваше 21.36 ± 6.8 во групата седентери, 18.89 ± 6.8 во групата рекреативни спортисти, 14.21 ± 5.1 во групата спортови на издржливост и 13.73 ± 5.9 во групата силови спортови.

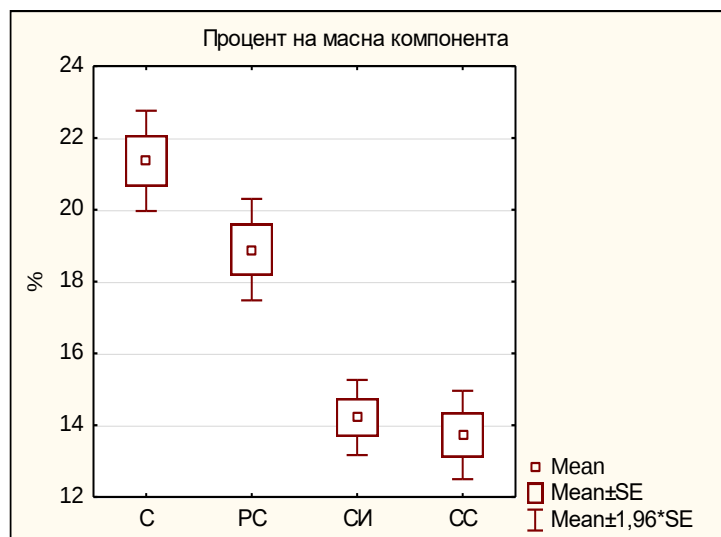
За $p < 0.001$ се потврди вкупна статистичка сигнификантна разлика во процентот на масна компонента меѓу четирите испитувани групи. Post-hoc анализата покажа дека оваа вкупна сигнификантност се должи на значајно помал процент на масна компонента кај сите спортисти во однос на седентерите, односно за $p = 0.037$ кај рекреативните спортисти наспроти седентерите, за $p = 0.000008$ кај спортовите на издржливост и силовите спортови во однос на седентерите, и за соодветно $p = 0.00001$ и $p = 0.000008$ кај спортовите на издржливост и силовите спортови во однос на рекреативните спортисти. (табела 18, слика 22)

Табела 18. Вредности на процент на масна компонента по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Процент на масна компонента (%)				
mean $\pm$ SD	21.36 $\pm$ 6.8	18.89 $\pm$ 6.8	14.21 $\pm$ 5.1	13.73 $\pm$ 5.9
min- max	8.3 – 40.5	3.7 – 35	4.3 – 29.1	3 – 42.8
p-level	F=32.1 ***p=0.000000 post-hoc CvsPC*p=0.037 CvsСИ***p=0.000008 CvsCC***p=0.000008 PCvsСИ ***p=0.00001 PCvsCC***p=0.000008			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig p<0.05; **sig p<0.01; ***sig p<0.0001



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 22. Графички приказ на просечен процент на масна компонента по групи спортови и седентери

Параметарот WHR, кој го изразува соодносот струк/колк имаше најголема вредност кај седентерите (0.92 ± 0.077), следено со рекреативните спортисти (0.88 ± 0.072) и двете групи професионални спортисти, кои имаа идентична просечна вредност за WHR (0.84 ± 0.07).

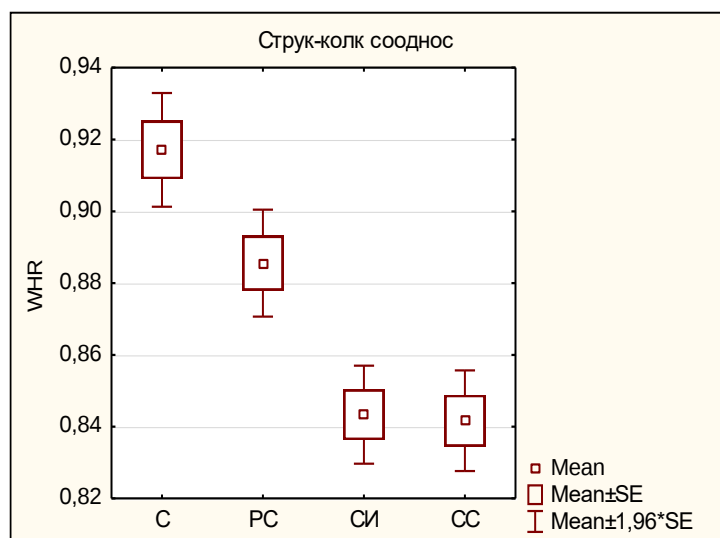
За $p < 0.0001$ се потврди вкупна статистичка сигнификантна разлика во вредноста на WHR соодносот: испитаниците со спортови на издржливост имаа значајно помал сооднос струк/колк од седентерите и рекреативните спортисти (post-hoc $p = 0.000008$ и $p = 0.0004$, соодветно), испитаниците со силиви спортови имаа значајно помал сооднос струк/колк од седентерите и рекреативните спортисти (post-hoc $p = 0.000008$ и $p = 0.0002$, соодветно); значајно помал WHR параметар беше добиен и кај рекреативните спортисти наспроти седентерите (post-hoc $p = 0.015$). (табела 19, слика 23).

Табела 19. Вредности на WHR по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силиви спортови (CC)
Струк-колк сооднос WHR				
mean $\pm$ SD	0.92 ± 0.077	0.88 ± 0.072	0.84 ± 0.07	0.84 ± 0.07
min- max	0.78 – 1.21	0.72 – 1.05	0.74 – 1.05	0.7 – 1.11
p-level	F=23.7*** $p = 0.00000$ post-hoc CvsPC * $p = 0.015$ CvsСИ*** $p = 0.000008$ CvsCC*** $p = 0.000008$ PCvsСИ*** $p = 0.0004$ PCvsCC*** $p = 0.0002$			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig $p < 0.05$; **sig $p < 0.0001$



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 23. Графички приказ на просечен WHR по групи спортови и седентери

Меѓу четирите групи се потврди вупна статистичка сигнификантна разлика во количината на обезмастена компонента ($p=0.00009$), која при меѓугрупните споредби се покажа дека се должи на сигнификантна разлика меѓу седентерите и двете групи професионални спортисти (post-hoc $p=0.00251$ и $p=0.0061$, соодветно за разликата во однос на спортовите на издржливост и силовите спортови), и меѓу рекреативците и двете групи професионални спортисти (post-hoc и $p=0.0051$ за рекреативни наспроти спортови на издржливост) и ($p=0.012$ за рекреативните наспроти силовите спортови).

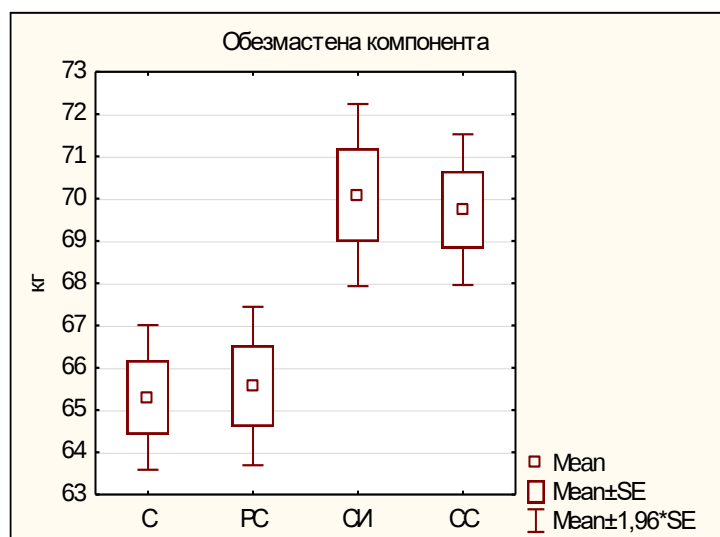
Професионалните спортисти, односно испитаниците кои тренираат спортови на издржливост и силови спортови имаа значајно поголема количина на обезмастена компонента од седентерите и рекреативните спортисти (70.08 ± 10.4 и 69.74 ± 8.6 наспроти 65.29 ± 8.3 и $65.57 \pm 9.1\text{kg}$). (табела 20, слика 24)

Табела 20. Вредности на FFM по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Обезмастена компонента- FFM (кг)				
mean $\pm$ SD	65.29 $\pm$ 8.3	65.57 $\pm$ 9.1	70.08 $\pm$ 10.4	69.74 $\pm$ 8.6
min- max	44.3 – 81.4	50.3 – 101.9	45.8 – 98.5	48.1 – 98.4
p-level	F=7.24***p=0.00009 post-hoc CvsСИ **p=0.0025 CvsCC ** p=0.0061 PCvsСИ **p=0.0051 PCvsCC *p=0.012			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

*sig p<0.05;**sig p<0.01;* **sig p<0.0001



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 24. Графички приказ на просечен FFM по групи спортови и седентери

Скелетната мускулна маса имаше највисоки просечни вредности кај спортистите кои тренираат спортови на издржливост ($40.20 \pm 6.2\text{кг}$), следено со испитаниците кои тренираат силови спортови ($39.96 \pm 5.2\text{кг}$), потоа испитаниците кои рекреативно спортуваат ($37.39 \pm 5.4\text{кг}$) и седентерите ($37.08 \pm 5.0\text{кг}$). Во вкупната статистичка сигнификантна разлика

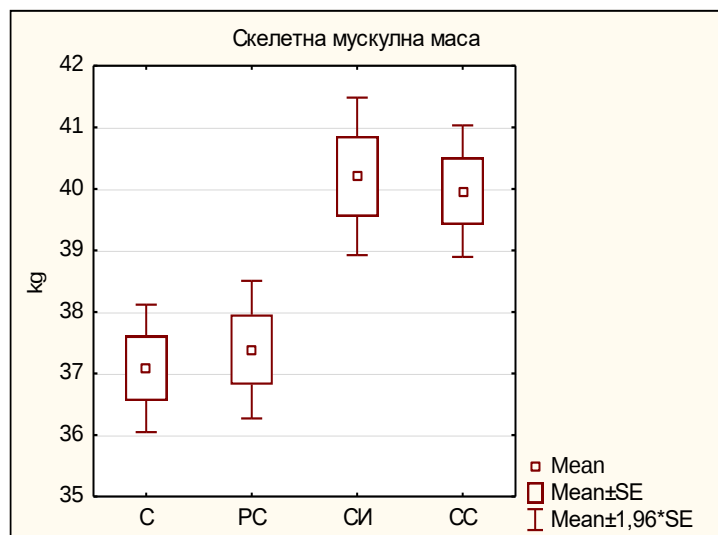
($p=0.000027$), како значајни се потврдија меѓугрупните разлики: спортовите на издржливост наспроти седентери и рекреативни спортисти, и се должи на значајно повисока скелетна мускулна маса кај спортовите на издржливост ($p=0.00076$ и $p=0.0031$, соодветно); и, силовите спортови наспроти седентерите и рекреативните спортисти, и се должи на значајно повисока скелетна мускулна маса кај силовите спортови ($p=0.0031$ и $p=0.0086$, соодветно), (табела 21, слика 25)

Табела 21. Вредности на SMM по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (СИ)	силови спортови (CC)
Скелетна мускулна маса-SMM (кг)				
mean $\pm$ SD	37.08 $\pm$ 5.0	37.39 $\pm$ 5.4	40.20 $\pm$ 6.2	39.96 $\pm$ 5.2
min- max	24.5 – 46.9	28.5 – 59.1	25.2 – 56.8	26.6 – 57.1
p-level	F=8.2*** $p=0.000027$ post-hoc CvsСИ *** $p=0.00076$ CvsCC ** $p=0.0023$ PCvsСИ ** $p=0.0031$ PCvsCC ** $p=0.0086$			

F(Analysis of Variance; post-hoc Tukey honest test)\

sig $p<0.01$; *sig $p<0.0001$



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 25. Графички приказ на просечен SMM по групи спортови и седентери

Процентот на скелетна мускулна маса просечно изнесуваше 44.53 ± 3.9 во групата седентери, 46.19 ± 4.1 во групата рекреативни спортисти, 49.11 ± 3.0 во групата спортови на издржливост и 49.36 ± 3.6 во групата силиви спортови.

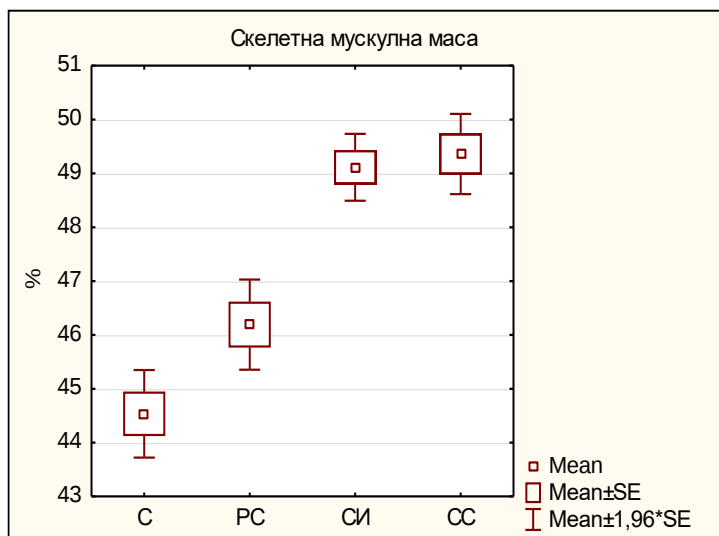
За $p < 0.001$ се потврди вкупна статистичка сигнификантна разлика во процентот на скелетна мускулна маса меѓу 4-те испитувани групи. Post-hoc анализата покажа дека оваа вкупна сигнификантност се должи на значајно поголем процент на скелетна мускулна маса кај сите спортисти во однос на седентерите, со сигнификантност за $p = 0.01$ кај рекреативните спортисти наспроти седентерите, за $p = 0.000008$ кај спортовите на издржливост и силивите спортови во однос на седентерите, и, за $p = 0.000008$ кај спортовите на издржливост и силивите спортови во однос на рекреативните спортисти. (табела 22, слика 26)

Табела 22. Процентуална вредности на скелетна мускулна маса по групи спортови и седентери

статистички параметри	група			
	седентери (C)	рекреативни спортисти (PC)	спортови на издржливост (CI)	силиви спортови (CC)
Скелетна мускулна маса %				
mean $\pm$ SD	44.53 ± 3.9	46.19 ± 4.1	49.11 ± 3.0	49.36 ± 3.6
min- max	33.73 – 52.57	36.62 – 55.42	40.82 – 55.33	32.53 – 55.79
p-level	F=36.5*** $p=0.00000$ post-hoc CvsPC* $p=0.01$ CvsCI*** $p=0.000008$ CvsCC *** $p=0.000008$ PCvsCI *** $p=0.000008$ PCvsCC *** $p=0.000008$			

F(Analysis of Variance)

***sig $p < 0.0001$



C-седентери, PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 26. Графички приказ на процентуална просечна скелетна мускулна маса по групи спортови и седентери

Согласно добиените резултати, двете групи професионални спортисти не се разликуваа сигнификантно во однос на телесниот состав.

12.3 Корелации помеѓу МКМ со VO2 max

Не беше најдена статистичка сигнификантна корелација меѓу МКМ и VO2 max во целата група испитаници, како и во возрастните групи и анализираните групи спортови. (табела 23)

Табела 23. Корелации меѓу МКМ и VO2 max

КОРЕЛАЦИИ		
варијабла		
	r	p-level
МКМ со VO2 max/ сите испитаници	0.0453	0.53
МКМ со VO2 max/возрасна група 18 – 24 год.	0.0328	0.8
МКМ со VO2 max / возрасна група 25 – 31 год.	0.1319	0.3

МКМ со VO2 max / возрасна група 32 – 38 год.	-0.0758	0.56
МКМ со VO2 max/ рекреативни спортисти	0.1848	0.49
МКМ со VO2 max/ спортови на издржливост	-0.0698	0.53
МКМ со VO2 max/ силиви спортови	0.1502	0.16

12.4 Споредба на VO2 max по групи спортови

Просечните вредности на VO2 max беа сигнификантно различни меѓу испитуваните групи спортисти ($p=0.039$).

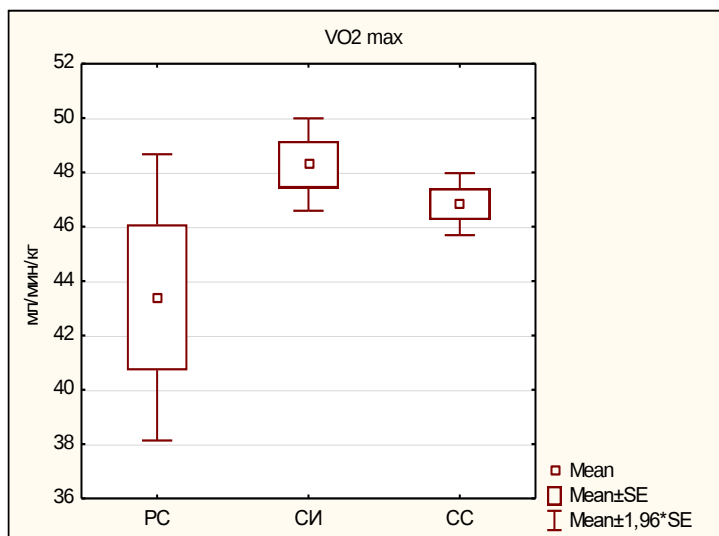
Највисоки просечни вредности за овој параметар беа измерени во групата спортови на издржливост (48.29 ± 7.9 мл/мин/кг), следено со групите силиви спортови и рекреативни спортови (46.83 ± 5.5 и 43.40 ± 10.7 мл/мин/кг). Post-hoc анализата за меѓугрупни споредби како значајна ја потврди разликата во VO2 max меѓу силивите спортови и рекреативните спортисти ($p=0.034$). (табела 24, слика 27)

Табела 24. Вредности на VO2 max по групи спортови

статистички параметри	група		
	рекреативни спортисти	спортови на издржливост	силиви спортови
VO2 max (мл/мин/кг)			
mean $\pm$ SD	43.40 ± 10.7	48.29 ± 7.9	46.83 ± 5.5
min- max	16.7 – 52	35 – 71	35 – 58
p-level	F=3.3 * $p=0.039$ post-hoc 1vs3 * $p=0.034$		

F(Analysis of Variance)

*sig $p<0.05$



PC-рекреативни спортисти, СИ-спортови на издржливост, CC-силови спортови

Слика 27. Графички приказ на просечен VO2 max по групи спортови

12.5 Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав

12.5.1. Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав кај рекреативни спортисти

A. МКМ со телесен состав

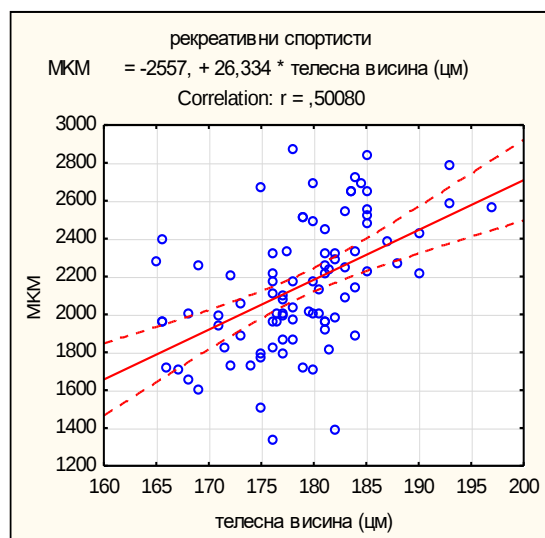
Вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија во групата рекреативни спортисти позитивно сигнификантно корелираше со телесната висина ($r=0.5008$, $p<0.0001$), телесната тежина ($r=0.5151$, $p<0.0001$), индексот на телесна маса ($r=0.3426$, $p=0.001$), интрацелуларната вода ($r=0.5261$, $p<0.0001$), екстрацелуларната вода ($r=0.5161$, $p<0.0001$), протеините ($r=0.5226$, $p<0.0001$), минералите ($r=0.5778$, $p<0.0001$), масната компонента ($r=0.2231$, $p=0.035$), обезмастената компонента ($r=0.5271$, $p<0.0001$) и скелетната мускулна маса ($r=0.5226$, $p<0.0001$), додека несигнификантно корелираше со процентот на масна компонента ($r=0.0671$, $p=0.53$), со WHR соодносот ($r=0.1402$, $p=0.19$) и со процентот на скелетна маса ($r=-0.0382$, $p=0.72$). (табела 25, слика 28, 28a, 28б, 28в, 28г, 28д, 28е, 28ж)

Табела 25. Корелација помеѓу МКМ и телесен состав кај рекреативни спортисти

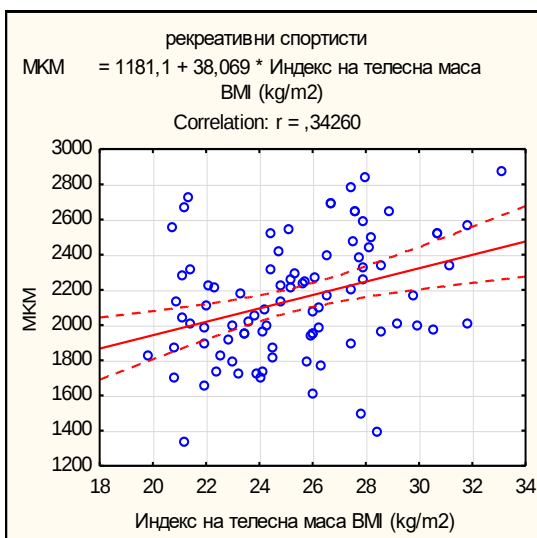
Рекреативни спортисти		
Корелации МКМ и телесен состав	r	p-level
Телесна висина (цм)	0.5008	***0.000
Телесна тежина (кг)	0.5151	***0.000
Индекс на телесна маса BMI (kg/m ²)	0.3426	**0.001
Интрацелуларна вода ICW(l)	0.5216	***0.000
Екстрацелуларна вода-ECW(l)	0.5161	***0.000
Протеини (кг)	0.5226	***0.000
Минерали (кг)	0.5778	***0.000
Масна компонента (кг)	0.2231	*0.035
Процент на масна компонента (%)	0.0671	0.53
Струк-колк сооднос WHR	0.1402	0.19
Обезмастена компонента- FFM (кг)	0.5271	***0.000
Скелетна мускулна маса (кг)	0.5226	***0.000
Процент на скелетна мускулна маса(%)	-0.0382	0.72

r(Pearson coefficient)

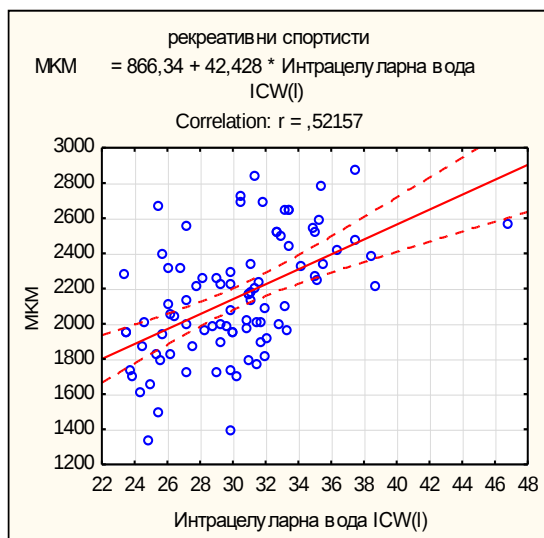
***sig p<0.0001



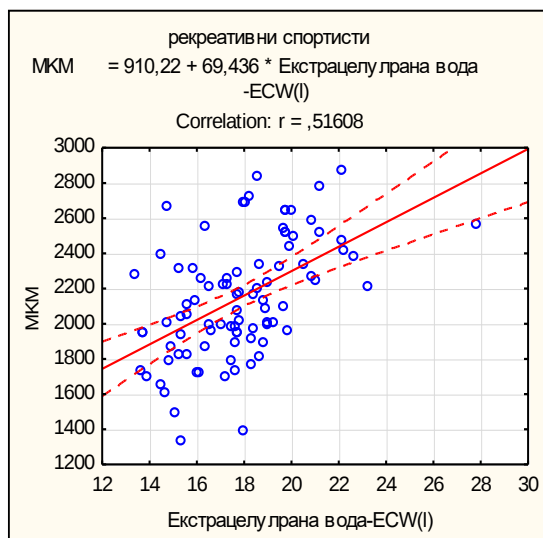
Слика 28. Корелација меѓу МКМ и Телесна висина/Рекреативни спортисти



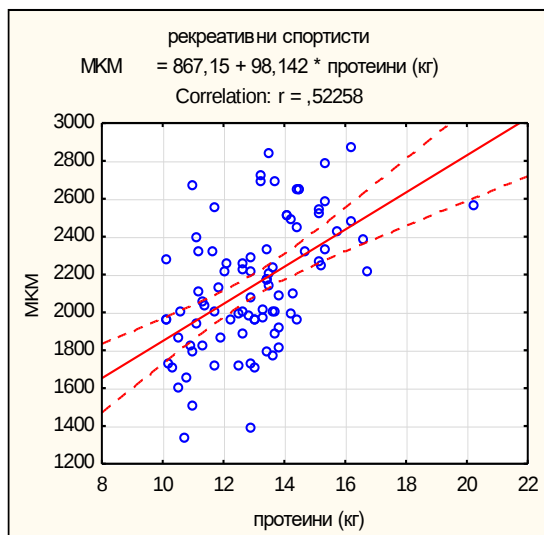
Слика 28а. Корелација меѓу МКМ и BMI/Рекреативни спортисти



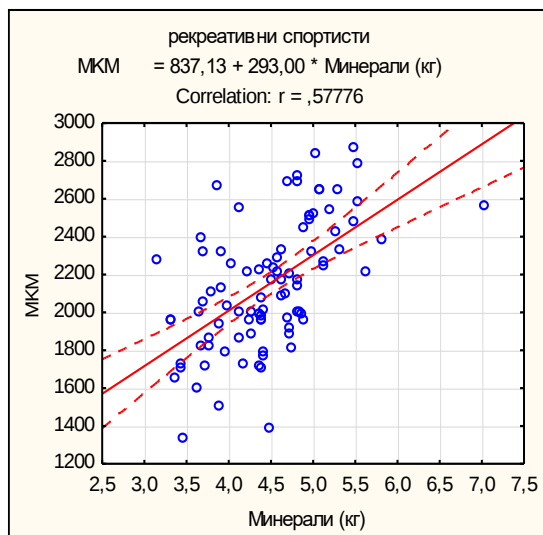
Слика 28б. Корелација меѓу МКМ и Интрацелуларна вода /Рекреативни Спортисти



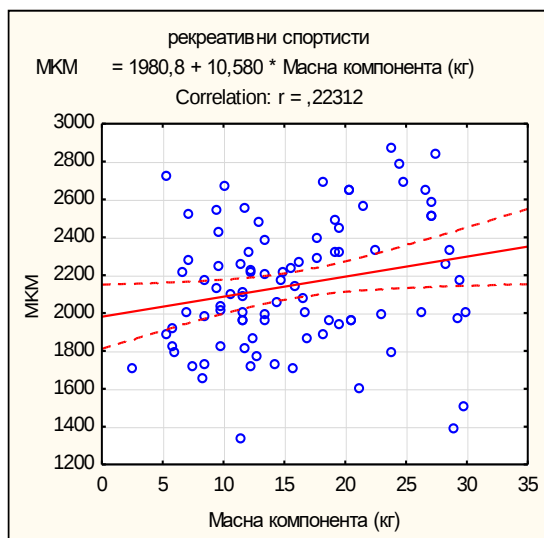
Слика 28в. Корелација меѓу МКМ и Екстрацелуларна вода /Рекреативни спортисти



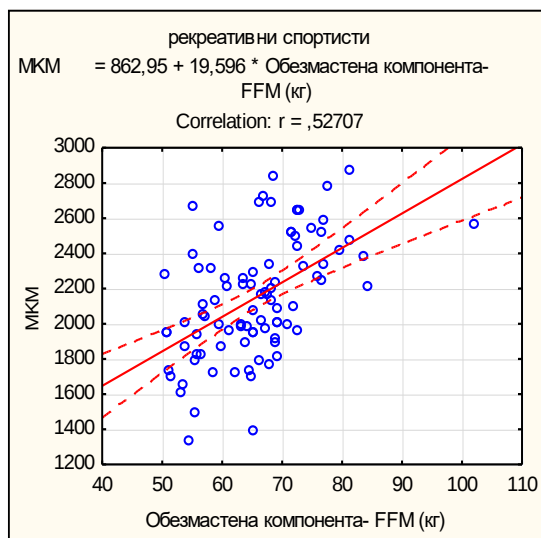
Слика 28г. Корелација меѓу МКМ и Протеини /Рекреативни спортисти



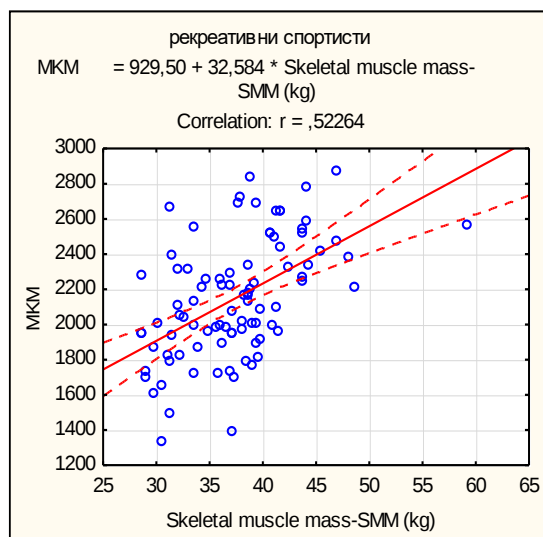
Слика 28д. Корелација меѓу МКМ и Минерали /Рекреативни спортисти



Слика 28г. Корелација меѓу МКМ и Масна компонента /Рекреативни Спортисти



Слика 28е. Корелација меѓу МКМ и Обезмастена компонента /Рекреативни спортисти



Слика 28ж. Корелација меѓу МКМ и Скелетна мускулна маса /Рекреативни Спортисти

Б. VO2 max и телесен состав

Во групата рекреативни спортови, максималната кислородна потрошувачка во мл/мин/кг (VO2) позитивно сигнификантно корелираше со телесната висина ($r=0.8061$, $p<0.0001$), интрацелуларната вода ($r=0.7228$, $p=0.002$), екстрацелуларната вода ($r=0.6718$, $p=0.004$), протеините ($r=0.7212$, $p=0.002$), минералите ($r=0.7418$, $p=0.001$), обезмастената компонента ($r=0.7130$, $p=0.002$), скелетната мускулна маса ($r=0.7208$, $p=0.002$) и процентот на скелетна мускулна маса ($r=0.7601$, $p=0.001$), негативно сигнификантно корелираше со масната компонента ($r=-0.5930$, $p=0.015$), процентот на масна компонента ($r=-0.7489$, $p=0.001$) и соодносот струк/колк ($r=-0.5632$, $p=0.023$).

Корелацијата меѓу VO2 max и индексот на телесна маса беше статистички несигнификантна ($r=-0.3617$, $p=0.169$).

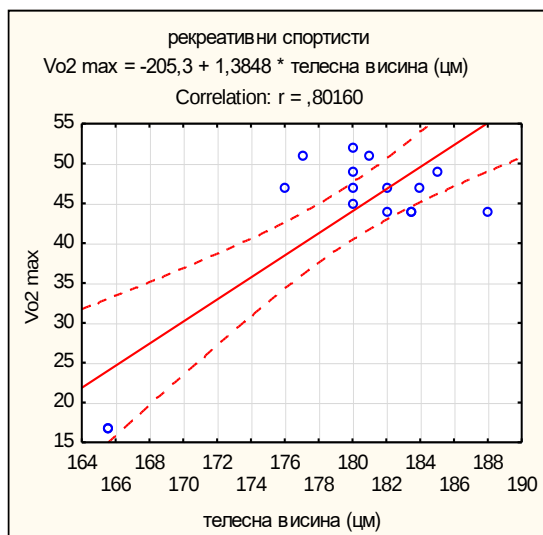
(табела 26, слика 29, 29а, 29б, 29в, 29г, 29д, 29е, 29ж, 29з)

Табела 26. Корелација помеѓу VO2 max и телесен состав кај рекреативни спортисти

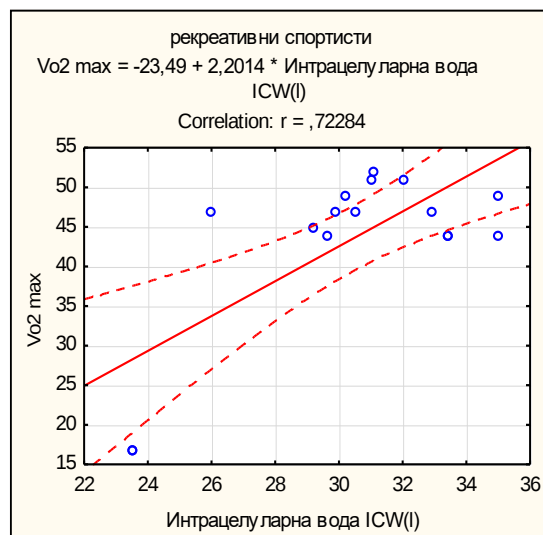
Рекреативни спортисти		
Корелации VO2 max и телесен состав	r	p-level
Телесна висина (цм)	0.8016	***0.000
Телесна тежина (кг)	0.1823	0.5
Индекс на телесна маса BMI (kg/m ²)	-0.3617	0.169
Интрацелуларна вода ICW(l)	0.7228	**0.002
Екстрацелуларна вода-ECW(l)	0.6718	**0.004
Протеини (кг)	0.7212	**0.002
Минерали (кг)	0.7418	**0.001
Масна компонента (кг)	-0.5930	*0.015
Процент на масна компонента (%)	-0.7489	**0.001
Струк-колк сооднос WHR	-0.5632	*0.023
Обезмастена компонента- FFM (кг)	0.7130	**0.002
Скелетна мускулна маса (кг)	0.7208	**0.002
Процент на скелетна мускулна маса (%)	0.7601	**0.001

r(Pearson coefficient)

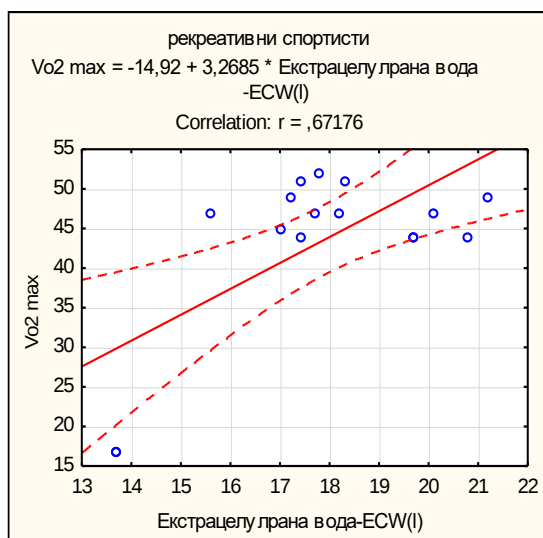
*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$; ***sig $p<0.0001$



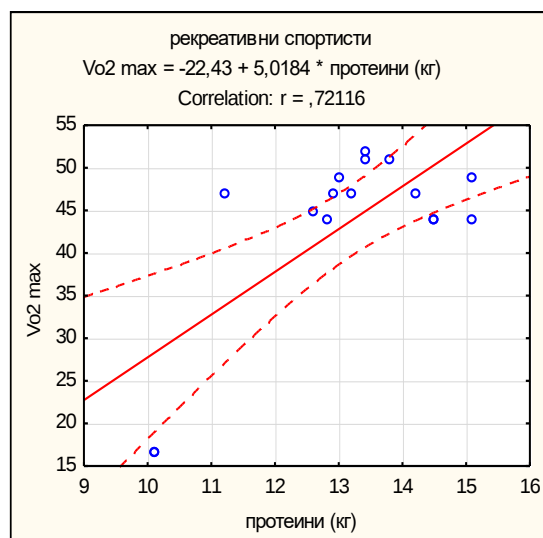
Слика 29. Корелација међу VO2 max и Телесна висина/Рекреативни спортисти



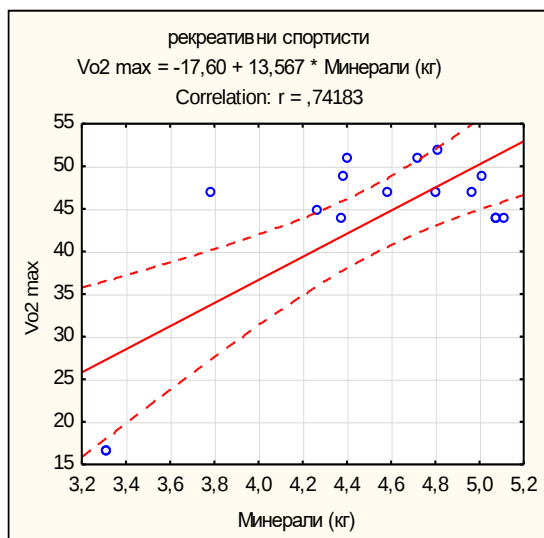
Слика 29а. Корелација међу VO2 max и Интрацелуларна вода /Рекреативни спортисти



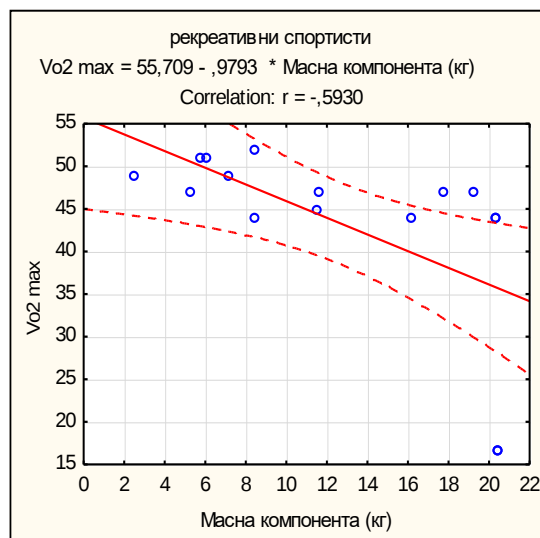
Слика 29б. Корелација међу VO2 max и Екстрацелуларна вода /Рекреативни Спортисти



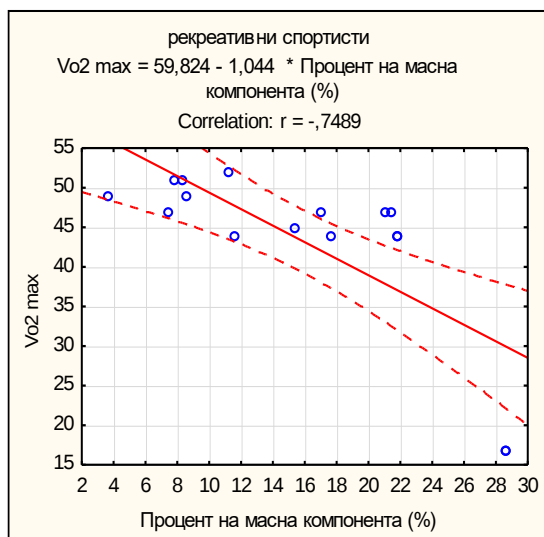
Слика 29в. Корелација међу VO2 max и Протеини /Рекреативни спортисти



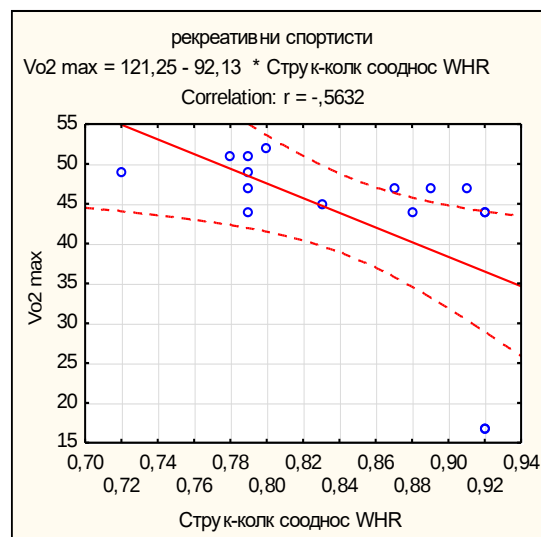
Слика 29г. Корелација меѓу VO2 max и Минерали/Рекреативни спортисти



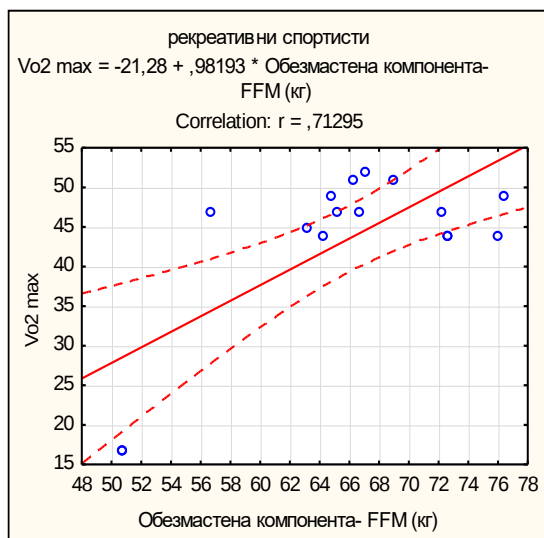
Слика 29д. Корелација меѓу VO2 max и Масна компонента /Рекреативни спортисти



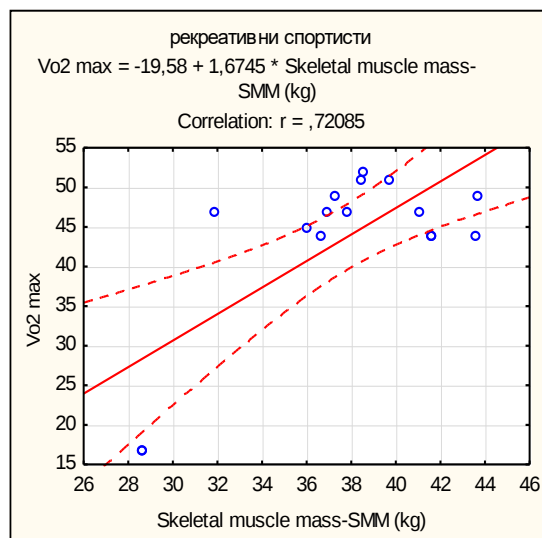
Слика 29ф. Корелација меѓу VO2 max и Процент на масна компонента / Рекреативни спортисти



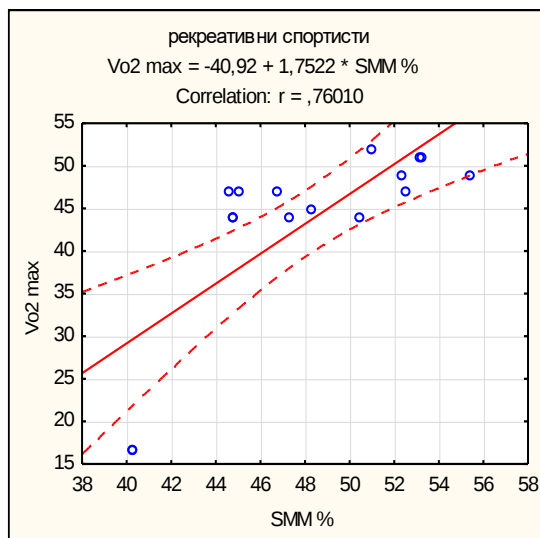
Слика 29е. Корелација меѓу VO2 max и Струк-колк сооднос / Рекреативни спортисти



Слика 29ж. Корелација меѓу VO2 max и Обезмастена компонента /Рекреативни спортисти



Слика 29з. Корелација меѓу VO2 max и Скелетна мускулна маса/Рекреативни спортисти



Слика 29ж. Корелација меѓу VO2 max и SSM % / Рекреативни спортисти

12.5.2 Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав кај спортови на издржливост

А. МКМ и телесен состав

Вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија во групата спортови на издржливост позитивно сигнификантно корелираше со телесната висина ($r=0.4575$, $p<0.0001$), телесната тежина ($r=0.5358$, $p<0.0001$), индексот на телесна маса ($r=0.4131$, $p<0.0001$), интрацелуларната вода ($r=0.5278$, $p<0.0001$), екстрацелуларната вода ($r=0.5394$, $p<0.0001$), протеините ($r=0.5359$, $p<0.0001$), минералите ($r=0.5173$, $p<0.0001$), масната компонента ($r=0.3008$, $p=0.004$), струк-колк соодносот ($r=0.2112$, $p=0.046$), обезмастената компонента ($r=0.5320$, $p<0.0001$), додека корелацијата со процентот на масна компонента беше несигнификантна ($r=0.1239$, $p=0.245$).

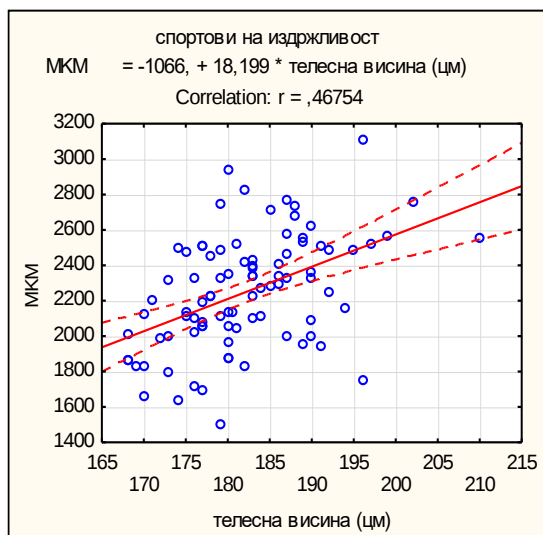
(табела 27, слика 30, 30а, 30б, 30в, 30г, 30д, 30ѓ, 30е, 30ж, 30з)

Табела 27. Корелација помеѓу МКМ и телесен состав кај спортови на издржливост

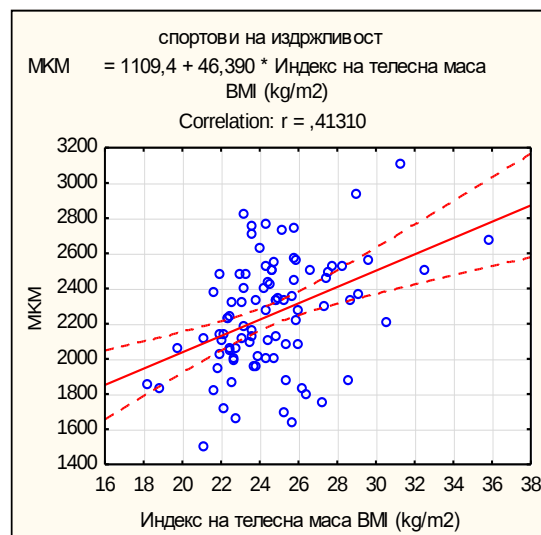
Спортови на издржливост		
Корелации МКМ и телесен состав	r	p-level
Телесна висина (цм)	0.4575	***0.000
Телесна тежина (кг)	0.5358	***0.000
Индекс на телесна маса BMI (kg/m ²)	0.4131	***0.000
Интрацелуларна вода ICW(l)	0.5278	***0.000
Екстрацелуларна вода-ECW(l)	0.5394	***0.000
Протеини (кг)	0.5359	***0.000
Минерали (кг)	0.5173	***0.000
Масна компонента (кг)	0.3008	**0.004
Процент на масна компонента (%)	0.1239	0.245
Струк-колк сооднос WHR	0.2112	*0.046
Обезмастена компонента- FFM (кг)	0.5320	***0.000
Скелетна мускулна маса (кг)	0.5273	***0.000
Процент на скелетна мускулна маса (%)	-0.1060	0.320

r(Pearson coefficient)

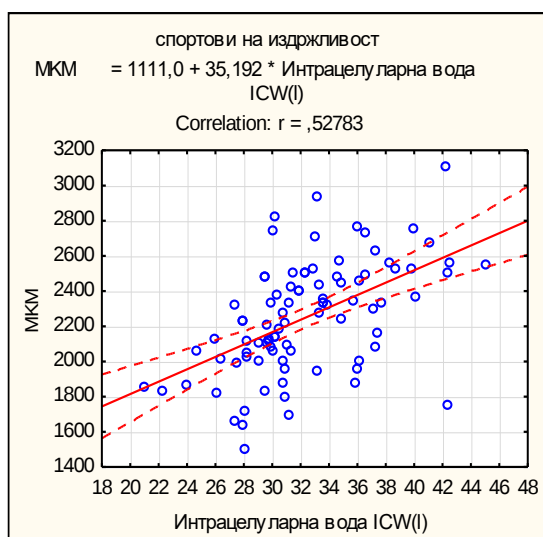
*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$; ***sig $p<0.0001$



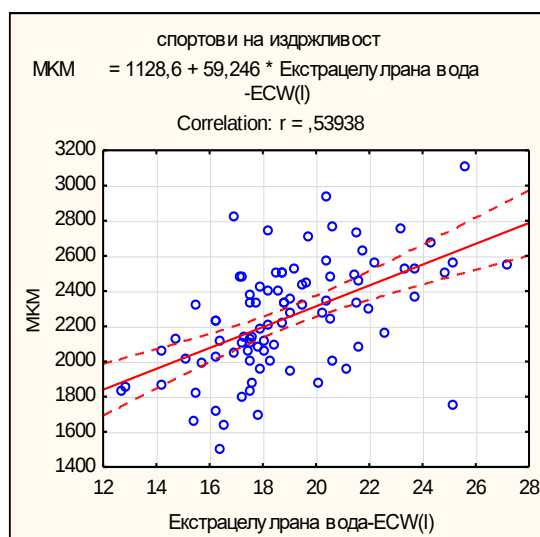
**Слика 30. Корелација меѓу МКМ и
Телесна висина/ Спортови на издржливост**



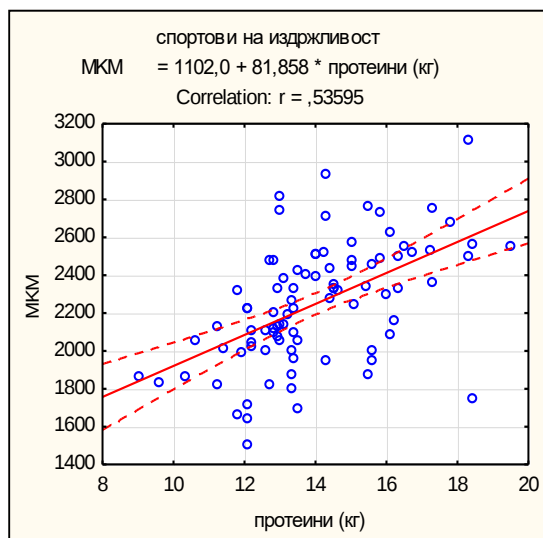
**Слика 30а. Корелација меѓу МКМ и
BMI/Рекреативни спортисти**



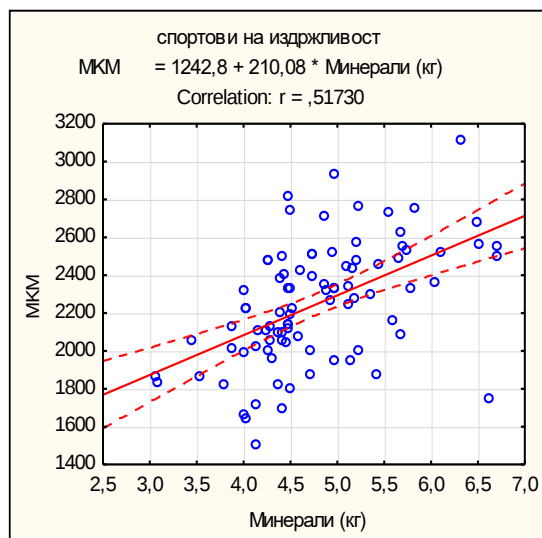
**Слика 30б. Корелација меѓу МКМ и
Интрацелуларна вода /Спортови на
издржливост**



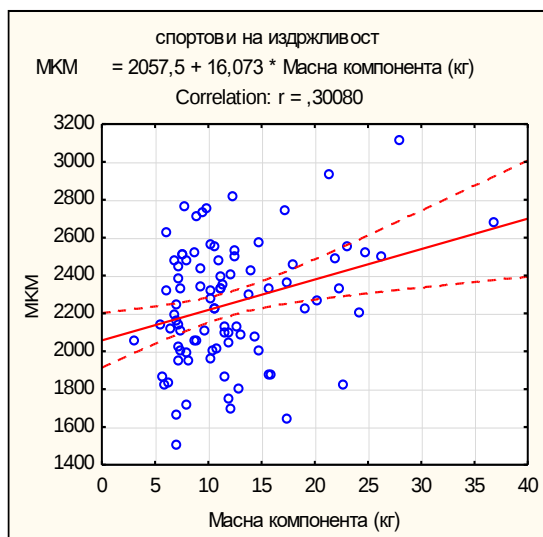
**Слика 30в. Корелација меѓу МКМ и
Екстрацелуларна вода / Спортови на
издржливост**



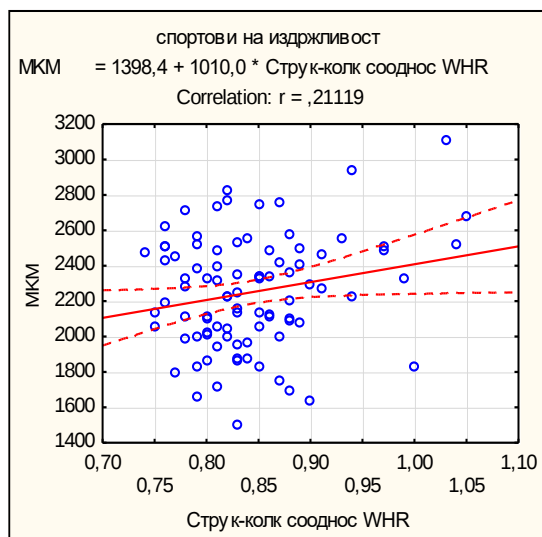
**Слика 30г. Корелација меѓу МКМ и
Протеини/ Спортови на издржливост**



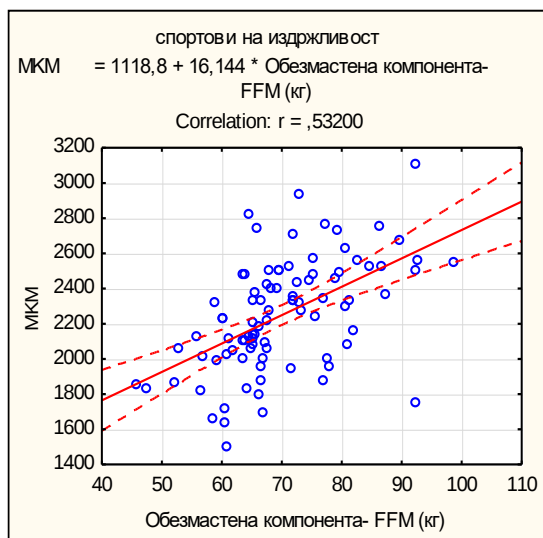
**Слика 30д. Корелација меѓу МКМ и
Минерали / Спортови на издржливост**



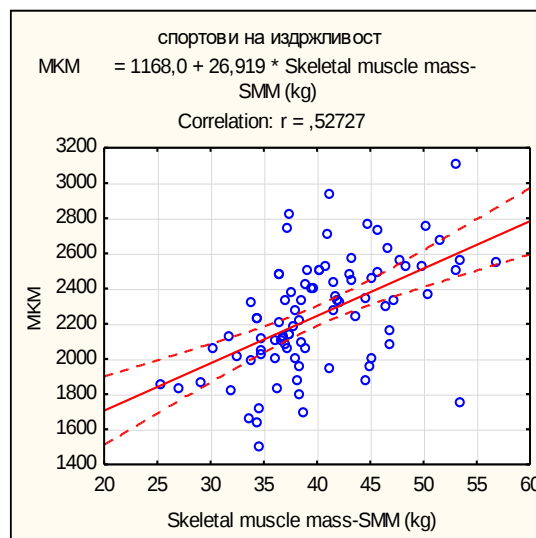
**Слика 30ѓ. Корелација меѓу МКМ и
Масна компонента /Спортови на
издржливост**



**Слика 30е. Корелација меѓу МКМ и
Струк-колк сооднос / Спортови на
издржливост**



Слика 30ж. Корелација меѓу MKM и Обезмастена компонента /Спортови на издржливост



Слика 30з. Корелација меѓу MKM и Скелетна мускулна маса / Спортови на издржливост

Б. VO2 max и телесен состав

Статистичка сигнификантна корелација меѓу максималната кислородна потрошувачка во мл/мин/кг (VO2 max) и параметрите на телесниот состав во групата спортови на издржливост беше добиена само за масната компонента и нејзиниот процент ($p=0.044$ и $p=0.027$,соодветно).И двете корелации беа негативни со вредност за $r=-0.220$ и $r=-0.2416$, соодветно. (табела 28,слика 31,31а)

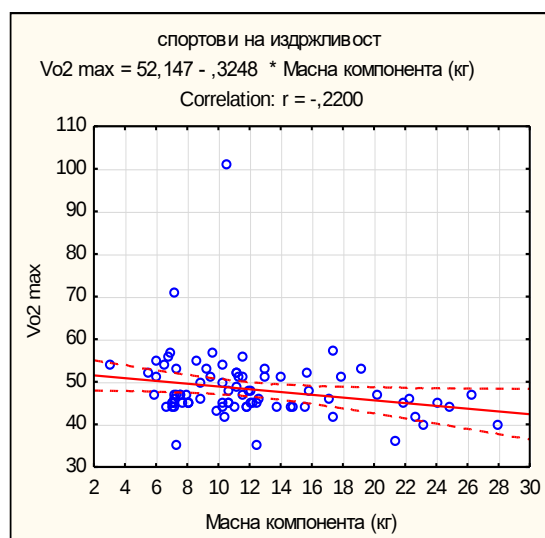
Табела 28. Корелација помеѓу VO2 max и телесен состав кај спортови на издржливост

Спортови на издржливост		
Кореалции VO2 max и телесен состав	r	p-level
Телесна висина (цм)	0.1790	0.103
Телесна тежина (кг)	0.003	0.98
Индекс на телесна маса BMI (kg/m ²)	-0.1844	0.093
Интрацелуларна вода ICW(l)	0.1112	0.314
Екстрацелуларна вода-ECW(l)	0.1223	0.268

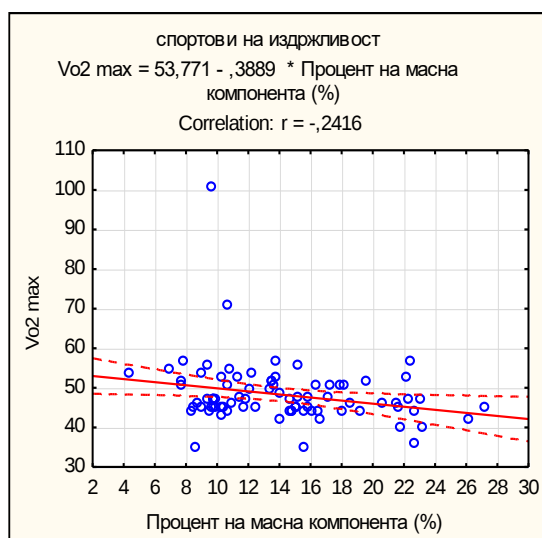
Протеини (кг)	0.0821	0.458
Минерали (кг)	0.1054	0.340
Масна компонента (кг)	-0.220	*0.044
Процент на масна компонента (%)	-0.2416	*0.027
Струк-колк сооднос WHR	-0.1993	0.069
Обезмастена компонента- FFM (кг)	0.1141	0.301
Скелетна мускулна маса	0.1113	0.313
Процент на скелетна мускулна маса	0.2094	0.056

r(Pearson coefficient)

*sig p<0.05



Слика 31. Корелација меѓу VO2 max и Масна компонента /Спортови на издржливост



Слика 31а. Корелација меѓу VO2 max и Процент на масна компонента / Спортови на издржливост

12.5.3. Корелации меѓу МКМ и VO2 max со телесен состав кај спортови на сила

А. МКМ и телесен состав

Во групата силиви спортови статистичка сигнификантна позитивна корелација беше добиена меѓу вредноста на МКМ пресметана со методата на индиректна калориметрија и вредноста на телесната висина ($r=0.2994$, $p=0.005$), интрацелуларната вода ($r=0.3206$, $p=0.002$), екстрацелуларната вода ($r=0.2966$, $p=0.005$), протеините ($r=0.3201$, $p=0.002$), минералите ($r=0.3191$, $p=0.002$), обезмастената компонента ($r=0.3167$, $p=0.002$) и скелетната мускулна маса ($r=0.3210$, $p=0.002$); статистички сигнификантна негативна корелација беше добиена меѓу МКМ и соодносот струк-колк ($r=-0.2309$, $p=0.029$).

МКМ несигнификантно корелираше со телесната тежина ($r=0.1897$, $p=0.07$), индексот на телесна маса ($r=0.0572$, $p=0.592$), процентот на масна компонента ($r=-0.1669$, $p=0.116$) и процентот на скелетна мускулна маса ($r=0.1980$, $p=0.061$). (табела 29, слика 32, 32а, 32б, 32в, 32г, 32д, 32ѓ, 32е)

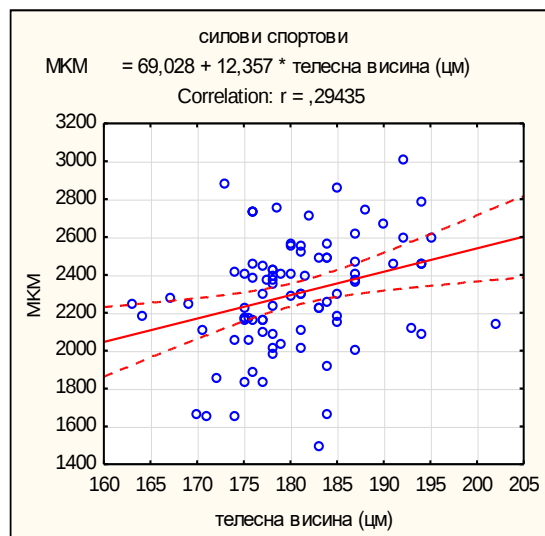
Табела 29. Корелација помеѓу МКМ и телесен состав кај силиви спортови

Силиви спортови		
Корелации МКМ и телесен состав	r	p-level
Телесна висина (цм)	0.2994	**0.005
Телесна тежина (кг)	0.1897	0.07
Индекс на телесна маса BMI (kg/m ²)	0.0572	0.592
Интрацелуларна вода ICW(l)	0.3206	**0.002
Екстрацелуларна вода-ECW(l)	0.2966	**0.005
Протеини (кг)	0.3201	**0.002
Минерали (кг)	0.3191	**0.002
Масна компонента (кг)	-0.0599	0.575
Процент на масна компонента (%)	-0.1669	0.116
Струк-колк сооднос WHR	-0.2309	*0.029

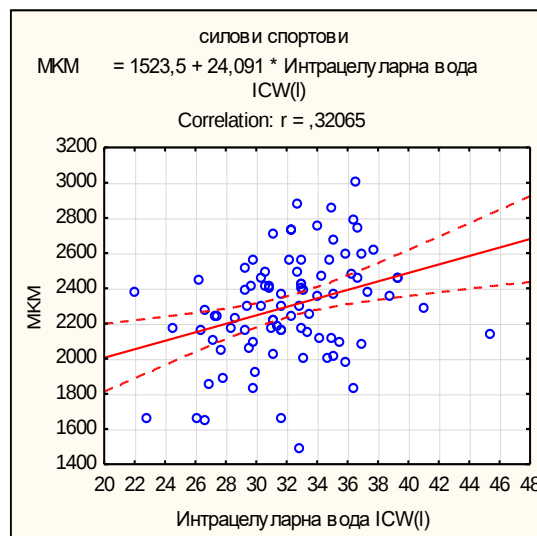
Обезмастена компонента- FFM (кг)	0.3167	**0.002
Скелетна мускулна маса	0.3210	**0.002
Процент на скелетна мускулна маса	0.1980	0.061

r(Pearson coefficient)

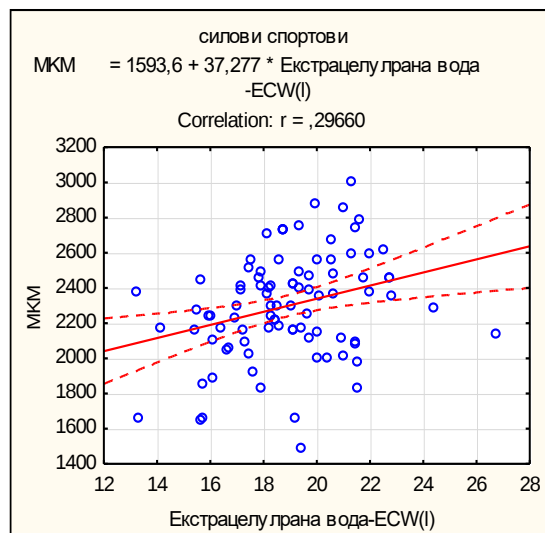
*sig p<0.05; **sig p<0.01



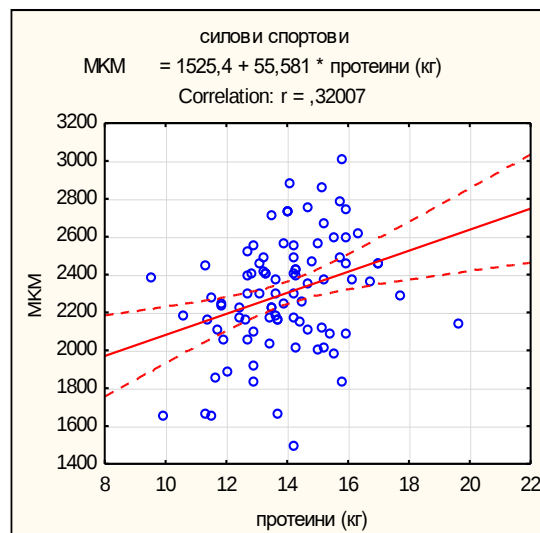
Слика 32. Корелација меѓу МКМ и Телесна висина/ Силови спортови



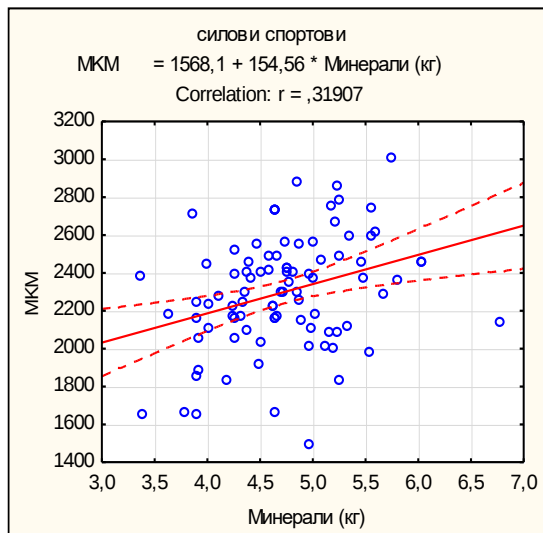
Слика 32а. Корелација меѓу МКМ и Интрацелуларна вода /Силови спортови



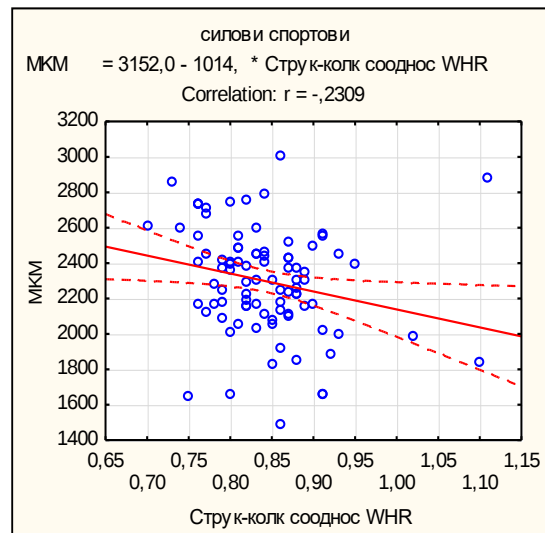
Слика 32б. Корелација меѓу МКМ и Екстрацелуларна вода / Силови спортов



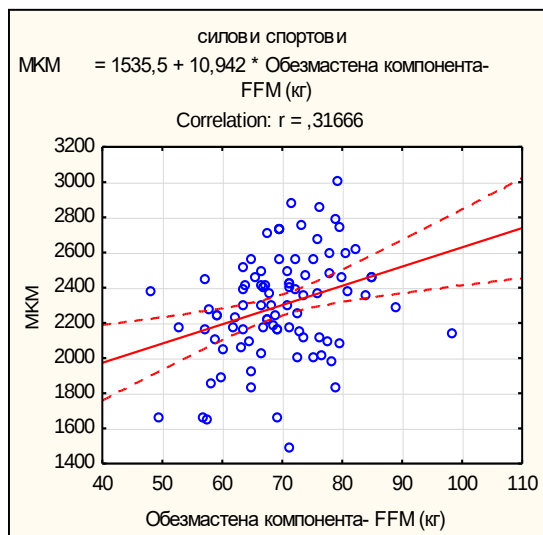
Слика 32в. Корелација меѓу МКМ и Протеини /Силови спортови



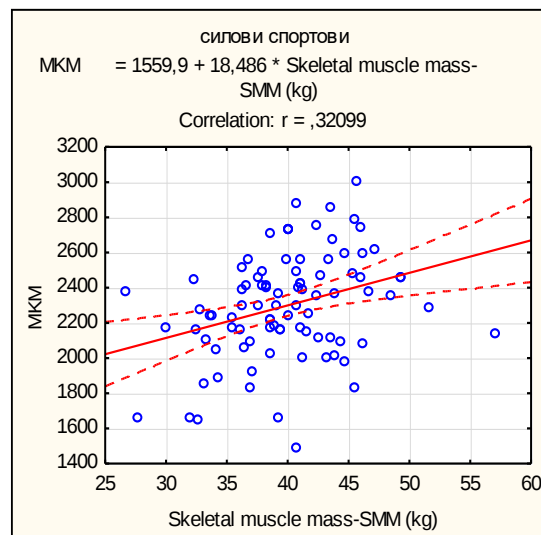
Слика 32г. Корелација међу МКМ и Минерали / Силови спортови



Слика 32д. Корелација међу МКМ и Струк-колк сооднос /Силови спортови



Слика 32г. Корелација међу МКМ и Обезмастена компонента / Силови спортови



Слика 32е. Корелација међу МКМ и Скелетна мускулна маса /Силови спортови

Б. VO2 max и телесен состав

Во групата силиви спортови,максималната кислородна потрошувачка во мл/мин/кг (V02) негативно сигнификантно корелираше со телесната тежина ($r=-0.2689$ $p=0.01$), масната компонента ($r=-0.2253$ $p=0.033$), процентот на масна компонента ($r=-0.2351$ $p=0.026$) и соодносот струк-колк ($r=-0.3428$ $p=0.001$), додека сигнификантната корелација со процентот на скелетна мускулна маса беше позитивна ($r=0.2187$ $p=0.038$). Поврзноста на V02 со останатите параметри на телесниот состав (телесна висина, индекс на телесна маса, нтра и екстрацелуларна вода, протеини, минерали, обезмастена компонента и скелетна мускулна маса) беше статистички несигнификантна ($p>0.05$).

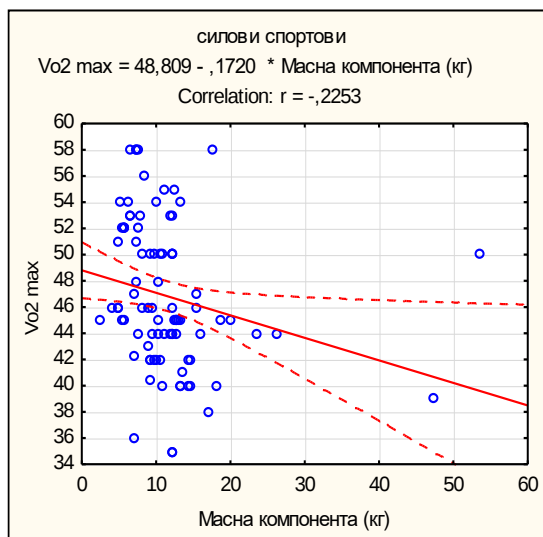
(табела 30, слика 33, 33а, 33б, 33в, 33г, 33д, 33ѓ, 33е)

Табела 30. Корелација помеѓу VO2 max и телесен состав кај силиви спортови

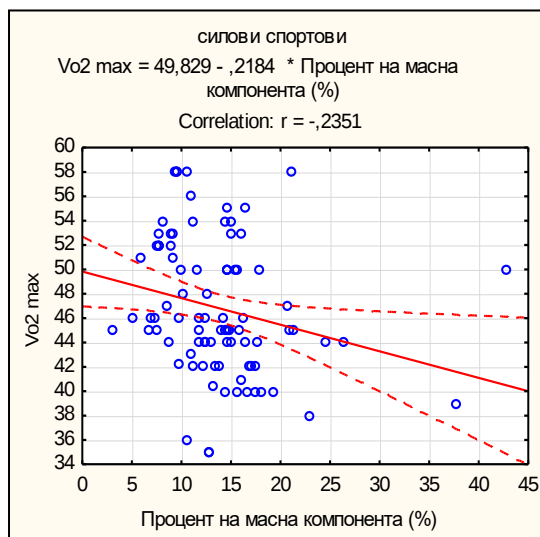
Силиви спортови		
Кореалции VO2 max и телесен состав	r	p-level
Телесна висина (цм)	-0.1963	0.064
Телесна тежина(кг)	-0.2689	**0.01
Индекс на телесна маса BMI (kg/m2)	-0.1610	0.130
Интрацелуларна вода ICW(l)	-0.1903	0.072
Екстрацелуларна вода-ECW(l)	-0.1846	0.082
Протеини (кг)	-0.1868	0.078
Минерали (кг)	-0.1500	0.158
Масна компонента (кг)	-0.2253	*0.033
Процент на масна компонента (%)	-0.2351	*0.026
Струк-колк сооднос WHR	-0.3428	**0.001
Обезмастена компонента- FFM (кг)	-0.1877	0.076
Скелетна мускулна маса	-0.1899	0.073
Процент на скелетна мускулна маса	0.2187	*0.038

r(Pearson coefficient)

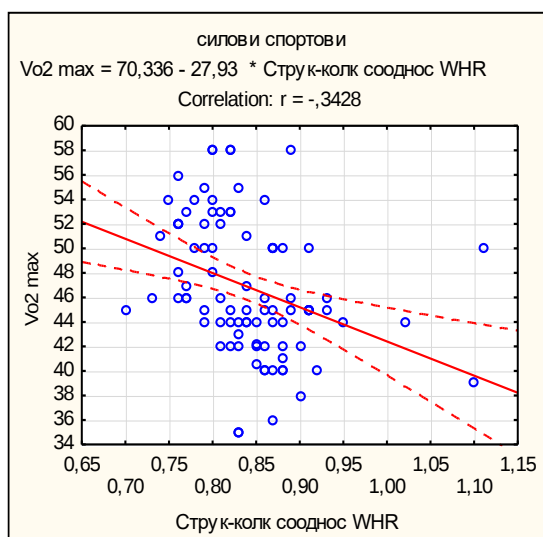
*sig $p<0.05$; **sig $p<0.01$;***sig $p<0.0001$



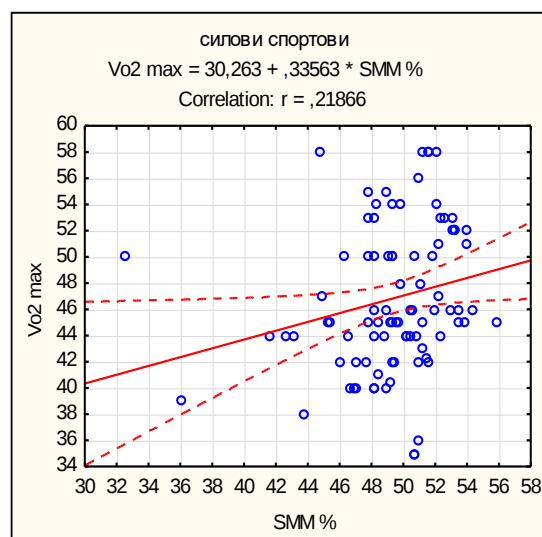
Слика 33. Корелација меѓу VO2 max и Масна компонента / Силови спортови



Слика 33а. Корелација меѓу VO2 max и Процент на масна компонента /Силови спортови



Слика 33б. Корелација меѓу VO2 max и Струк-колк сооднос / Силови спортови



Слика 33в. Корелација меѓу VO2 max и Процент на скелетна мускулна маса /Силови спортови

13. ДИСКУСИЈА

Со резултатите од оваа студија за прв пат се добија вредности за индивидуална енергетска потрошувачка во мирување кај седентерна и спортска популација во Република Северна Македонија. Со резултатите од анализата на телесниот состав може да се увидат сите недостатоци и неправилности во телесниот состав кај испитуваните групи. Овие податоци се доволни и би служеле за изготвување на соодветни индивидуални нутритивни протоколи со кои ќе може да се корегира телесниот состав со цел да се подобри генералното здравје или спортскиот перформанс. Затоа оваа студија имаше за цел да ја одреди енергетската потрошувачка, телесниот состав и аеробниот капацитет кај професионалните спортисти, рекреативните спортисти и седентерите за да ги увиди отстапките и да даде препораки за правилен и избалансиран нутритивен протокол кај сите испитувани групи. Податоците кои се собрани во однос на конзумирање на храна сугерираат дека енергетскиот внес е останат стабилен (Alexy, Sichert-Hellert & Kersting, 2002) дури и намален (Cavadini et al., 2000), исто така е намалена и енергијата која доаѓа од масите (Willett & Leibel, 2002). Ова покажува дека намалувањето на енергетската потрошувачка го има дестабилизирано енергетскиот баланс низ текот на годините резултирајќи со позитивен енергетски баланс (Speakman & Selman, 2003). Ова допринесува во последните години физичката активност повторно да се актуелизира како дел од секојдневниот живот. Трендот на здрав начин на живот се повеќе зафаќа замав, а физичката активност освен кај професионалните спортисти стана дел од секојдневието и на рекреативните спортисти. Здравјето е глобална примарна цел. Една индивидуа се смета за здрава кога има добра физичка кондиција (подготвеност). Една индивидуа се смета за фит кога може да исполни дополнителна физичка активност подолго време без да се осеќа изнемоштено и слабо, а притоа да си ги извршува секојдневните обврски (Fayazmilani et al., 2022). Физичката спремност може да се подобри преку ефективно вежбање. Скорашни студии покажуваат дека популацијата која практикува физичка активност особено силов тренинг, цели кон зголемување на мускулната маса со цел подобрување на физичкиот изглед (Smith et al., 2019). Сепак најважниот ефект од физичката активност е

подобрување на физичката спремност и генералното здравје (Schott et al., 2019). Една индивидуа се смета дека е во добра физичка кондиција не само ако има атлетски изглед туку ако исполнува критериуми за физичка спремност. Тие се: аеробен капацитет (VO_2 max), мускулна издржливост, мускулна сила, флексибилност и добар телесен состав (De Oliveira Segundo et al., 2019). Телесниот состав се смета за најважниот фактор кој влијае врз спортскиот перформанс. Тој се состои од обезмастена маса и масна компонента. Оптимална обезмастена маса влијае позитивно на спортскиот перформанс, додека масната компонента влијае негативно (Suchomel et al., 2016; Sutton et al., 2009). Поврзаноста на телесниот состав со спортскиот перформанс може да варира според енергетските потреби на типот на спорт. Затоа е многу важно секој спортист па и рекреативец да биде во енергетски баланс за да може да го одржува оптимален телесниот состав. Доста грешки во нутритивните протоколи се увидуваат кај помладите професионални спортисти, како и кај рекреативните спортисти. Тие можат да доведат до неправилен телесен состав и други заболувања кои се предизвикани од несоодветен внес на нутритиенти.

13.1 МКМ по возрасни групи и МКМ корелации со равенките

Од резултатите во нашата студија можеме да видиме дека метаболитичката количина во мирување кај различните возрасни групи има слична вредност, односно нема статистички значајни разлики меѓу возрасните групи. Тоа се должи на фактот дека што луѓето, особено мажите во возраста од 18-38 години се во најдобрата физичка кондиција. Во овој период мускулната маса и нивото на физичка активност се релативно високи и стабилни, а тие се фактори кои придонесуваат за промена на МКМ. Мускулното ткиво е метаболно активно и согорува повеќе калории во мирување споредено со масното ткиво. Одржувањето на стабилна мускулна маса во таа возраст придонесува за одржување на повисока вредност на МКМ (Tontodonati & Gallagher, 2010). Начинот на живот, физичката активност, нутритивниот режим и генералното здравје се константни кај машката популација во оваа возрасна група. Кај машката популација нивото на тестостерон кое има највисоки вредности во оваа возраст е еден од главните фактори за одржување на висока мускулната маса, а со тоа и стабилна вредност на МКМ. МКМ се менува со возраста. Иако

има мали промени во правец на намалување на МКМ со тек на годините поради процесите на стареење, овие промени не можат да се видат во оваа тесна возрасна граница. Поголемо намалување на МКМ се забележува подоцна во животот, после 40-тите години кога доаѓа до намалување на мускулната маса. Генерално, здрава машка популација меѓу 20 и 30 годишна возраст без сигнификантни медицински проблеми (како тироидни нарушувања), одржува стабилна МКМ поради нормалните физиолошки процеси. Хроничните нарушувања кои го афектираат метаболизмот имаат поголема преваленца во повозрасната популација споредено со младата популација (Manini, 2010). Од резултатите во оваа студија можеме да видиме и дека сите од математичките предвидени равенки даваат сигнификантна позитивна корелација со вредноста за МКМ во сите возрасни групи. Две равенки во сите возрасни групи се издвојуваат со највисока позитивна корелација. Тие се равенките Katch-Mc-Ardle и Cunningham ($p=0,00^*$). Ова се должи на тоа што во оваа возрасна граница (18-38 години) машката популација одржува високо ниво на мускулна маса. Дополнително, поголем дел од испитаниците во нашата студија се спортисти кои рекреативно или професионално се занимаваат со спорт. Тие имаат повисоко ниво на мускулна маса, а со тоа и поголеми дневни енергетски потреби. Математички предвидени равенки за МКМ кои ја земаат како параметар обезмастената мускулна маса се посоодветни за оваа популација и оваа возрасна група. Равенките Katch-Mc-Ardle и Cunningham како параметар ја земаат обезмастената мускулната маса, која дава поверодостојни вредности за МКМ за популација на оваа возраст. Од резултатите во нашата студија можеме да видиме дека сите равенки имаат статистички сигнификантна позитивна корелација во сите групи на испитаници поделени по начин на живот (седентери, рекреативни спортисти и професионални спортисти по спортови на издржливост), освен кај професионалните спортисти во силови спортови. Кај професионалните спортисти по спортови на издржливост единствено две равенки даваат статистички незначајна корелација. Равенката на Henry ($r=0.1790$ $p=0.091$) и равенката на Schofield ($r=0.1708$ $p=0.107$). Од претходни студии е докажано дека равенката на Schofield е најадекватна за детска популација од 11-18 годишна возраст, а таа како параметар ги зема телесната тежина и висина. Високата мускулна маса и обезмастена компонента се многу поголеми кај возрасната спортска популација споредено со детската, а равенката на Schofield не ги зема предвид овие параметри, па со тоа ја прави не

адекватна за спортска популација. Shofield равенката била широко употребувана од нутриционистите во клиничката пракса до скоро (Judges et al., 2012), но поновите студии препорачуваат користење на Henry равенката бидејќи Shofield равенката ги потценува вредностите на метаболитичката количина во мирување (European Food Safety Authority (EFSA), 2012; Todorovic & Micklewright, 2011; Scientific Advisory Committee on Nutrition, 2012). Henry равенката ги има земено предвид некои од ограничувањата на Shofield-овата равенка така што има вклучено податоци од поголема популациона група, но од тропските краеве, а голема кохортна група на млади и физички активни италијански испитаници биле исклучени од групата за испитување за оваа равенка затоа што имале поголема метаболитичка количина во мирување на килограм телесна тежина од другите Кавкаски групи (Henry, 2005). Во студија на Thom, Gerasimidis, Rizou et al. (2020) каде што испитувана популација е од женски пол, а групите варираат во БМИ не е најдена разлика во вредноста на МКМ добиена со индиректна калориметрија и предвидената вредност за МКМ користејќи ја Henry равенката, во сите испитувани групи. Ова ја прави Henry равенката соодветна за женска популација. Женската популација споредено со машката и спортска популација има помал процент на скелетна мускулна маса, а поголем процент на масна компонента, ова може да биде една од причините зошто равенката на Henry не одговара на нашата испитувана група посебно што во нашата студија се докажа дека испитаниците од силовите спортовите имаат најголем процент на скелетна мускулна маса споредено со другите испитувани групи.

Од резултатите можеме да видиме исто така дека кај седентерната група на испитаници и кај спортовите на издржливост Harris-Benedict равенката има најсилна корелација споредена со вредностите за МКМ добиени од индиректната калориметрија. Тоа ја прави Harris-Benedict равенката најсоодветна за равенка за МКМ кај овие испитувани групи. Ова се должи на тоа што оваа равенка е меѓу најстарите равенки, развиена во 1918 година и е најчесто користена и валидизирана низ годините. Создадена е специфично за да може да го одреди базалниот метаболизам на индивидуи според параметри како: телесна висина, телесна тежина, возраст и пол кои се најрелеватни кај седентерна популација (Harris & Benedict, 1918). Равенката е рекалибрирана низ годините со цел да се подобри нејзината точност за да биде користена како соодветна

алатка во популацијата. Популацијата на која е испитувана оваа равенка вклучува индивидуи кои имале седентерен начин на живот. Затоа оваа равенка е аплиকাбилна за седентерната популација од која што е и изведена, наспроти физички активната популација. Бидејќи вклучува базични податоци како висина, тежина, пол и возраст е практична за седентери, а не бара податоци од телесен состав како мускулна маса кои се покомплексни и потешко изводливи за пресметување (Roza & Shizgal 1984). Кај седентерната популација најважно е да ја одржат телесната тежина во нормалните граници, преку разбирање на енергетските потреби. Поради нивниот неактивен начин на живот најважно е да внимаваат на внесот на калориите за да одржат на енергетски баланс со цел да спречат наголемување на телесната тежина. Harris-Benedict равенката обезбедува адекватна процена на МКМ, која е основата за калкулирање на вкупната дневна енергетска потрошувачка. Ова помага во планирање на нутритивниот режим кај седентерите притоа разбирајќи ги енергетските потреби без да се прават покомплексни калкулации кои може да бидат неопходни кај здрава и активна популација. Други предвидени равенки како Mifflin-St Jeor или Katch-McArdle може да бидат поверодостојни и да дадат поточни резултати за друга популациона група како бодибилдери или индивидуи кои варираат со телесниот состав. Сепак иако ни една предвидена равенка не е совршена, Harris-Benedict равенката поради нејзината едноставност за користење, емпириско искуство и практичност за планирање на енергетските потреби е доволно адекватна за седентерна популација (Mifflin et al., 1990). Со резултатите од нашата студија, за вредностите од измерената МКМ можеме да увидиме дека Harris-Benedict равенката ќе биде поверодостојна во групата на седентерни испитаници ако се корегира. Таа во групата на **седентерни испитаници** ќе биде поверодостојна ако се корегира со следната формула (слика 10):

$$446,98 + 0,80461 * \text{Harris-Benedict равенката}$$

Иако групата на испитаници во спортовите на издржливост имаат повиска мускулна маса во споредба со седентерите причината поради која Harris-Benedict равенката е равенка со најсилна позитивна корелација, а со тоа и најсоодветна за професионалните спортисти во спортови на издржливост во нашата студија најверојатно е

затоа што во нашата група испитаници има многу ракометари кои освен висока мускулна маса имаат и поголема масна компонента во споредба со останатите спортови на издржливост, па тоа ја прави оваа равенка соодветна за оваа група испитанци. Иако Harris-Benedict равенката е изменувана со текот на годините сепак се темели на постари податоци. Модерниот начин на живот и здравите навики може да влијаат на промената на телесниот состав, а со тоа и на точноста на Harris-Benedict-овата равенка, затоа некои од поновите равенки може да бидат поадекватни. Од нашите резултати за добиените вредности за МКМ во однос на испитаниците од групата на **спортови на издржливост** можеме да увидиме дека Harris-Benedict равенката ќе биде посоодветна ако се корегира според следната формула (слика 12):

703,40 +0,81197 * Harris-Benedict равенката

Од резултатите во нашата студија може да видиме дека кај рекреативните спортисти равенката на De Lorenzo (1965 ± 169 ккал/ден) има највисока позитивна корелација ($r=0.5605$, $p=0,000^*$) со вредностите за МКМ измерени со индиректна калориметрија (2147 ± 337 ккал/ден), што значи дека таа равенка би била најсоодветна за користење во групата на рекреативни спортисти. De Lorenzo равенката е создадена за да ја подобри точноста за математички пресметана МКМ со тоа што внесува параметри поврзани со телесниот состав. Цел на оваа равенка е да даде поточна проценка на МКМ посебно во популација која има варијации во телесниот состав. Рекреативните спортисти учествуваат во регуларни физички активности, но нивото на физичка активност е помалку интензивно и фреквентно во споредба со професионалните спортисти. Рекреативните спортисти имаат поголема мускулна маса споредено со седентерната популација, но помала од професионалните спортисти. Кај рекреативните спортисти не е важно да имаат константен телесен состав, а со тоа и константен перформанс во текот на целата година или целиот тренинжен циклус. Рекреативните спортисти подложат на повеќе варијации во процентот на мускулната маса и масната компонента. De Lorenzo равенката би била посоодветна доколку вклучува ниво на физичка активност, така ќе се осигура дека вредноста за МКМ добиена со неа ќе одговара на енергетската потрошувачка на спортистот.

Од друга страна De Lorenzo равенката (De Lorenzo et al., 1999) е единствена равенка изведена од спортска популација. Нејзината точност е поголема споредена со другите повеќе користени предвидени равенки, но помала од Cunningham равенката. Испитаниците од студијата на De Lorenzo имаат физичка активност најмалку три часа на ден. Равенката вклучува телесна тежина и висина и најверојатно не е доволно точна за предвидување на МКМ кај рекреативни спортисти поради разликите во телесниот состав меѓу рекреативните и професионалните спортисти. Со ова се нагласува потребата да се специфицира популацијата на која се прави испитувањето. Има студии кои укажуваат дека точноста на предвидените равенки не зависи од нивото на физичка активност. На пример Henry (2005) има најдено дека FAO равенката (FAO/WHO/UNU, 1985) не е соодветна за многу заедници. Популацијата користена за оваа равенка е составена од диспропорционален број на италијанци кои имаат поголема МКМ споредена со луѓе кои живеат во тропските краишта, Кина и Австралија. Равенки кои вклучуваат параметар обезмастена компонента како равенката на Cunningham се повалидни кај спортската популација иако самата Cunningham равенка е изведена од неатлетска популација. Ова укажува дека обезмастената компонента е важен фактор во одредување на енергетската потрошувачка и кај рекреативните спортисти.

Во студија на Ten Haaf (Ten Haaf & Weijs, 2014) се изведени нови равенки за МКМ базирани обезмастена компонента и базирани на телесна тежина. Оние нови равенки на Ten Haaf базирани за обезмастена компонента кои биле изведени од Mifflin (Mifflin et al., 1990; Owen et al., 1986) дале полоши резултати од De Lorenzo равенката, како и од останатите равенки кои не вклучуваат обезмастена компонента. Разликата меѓу овие нови равенките базирани на Mifflin и Owen кои содржат обезмастена маса и равенката на Cunningham може да биде објаснета со разликите во популациите на кои се изведени овие равенки. Mifflin има користено обезни субјекти. Средната вредност за БМИ индексот во студијата на Mifflin била $27.564.1 \text{ kg/m}^2$ за мажи и $26.264.9 \text{ kg/m}^2$ за жени со максимален БМИ индекс 42 kg/m^2 . Поради тоа поголема точност кај равенките кои содржат обезмастена маса во споредба со оние базирани само на телесна висина и тежина се должи на разликите во телесниот состав кај рекреативните спортисти споредено со генералната популација. Од ова може да заклучиме дека равенката на De Lorenzo е најадекватна кај

нашата испитувана група на рекреативни спортисти бидејќи е равенката која е изведена од атлетска популација која имала повисока телесна тежина заради висока мускулна маса. Самата равенка не вклучува параметар како обезмастена маса но е поадекватна за рекреативните спортисти бидејќи и тие имаат повисока мускулна маса споредено со генералната популација, а со тоа и поголема телесна тежина. Но сепак од нашите резултати за добиените вредности за МКМ во однос на испитаниците од групата **рекреативни спортисти** можеме да увидиме дека равенката De Lorenzo ќе биде посоодветна ако се корегира според следната формула (слика 11e):

$$-42,92 + 1,1143 * \text{De Lorenzo равенката}$$

Во однос на испитаниците од спортовите на сила од резултатите можеме да видиме дека, равенки кои имаат најсилна позитивна корелација се равенките на Katch-McArdle и Cunningham ($r=0.3167$, $p=0.002^*$). Ова ги прави овие две равенки најсоодветни за оваа популација односно за силовите спортови. Од резултатите за телесниот состав можеме да видиме дека испитаниците од силовите спортови имаат најголем процент на мускулна маса ($49.36\% \pm 3.6$) споредено со другите испитани групи. И двете равенки ја земаат како параметар обезмастената маса која е всушност дел од скелетната мускулатура. Бидејќи во нашата студија голем дел од групата на испитаници од силовите спортови беа бодибилдери на тоа се должи повисоката мускулна маса во споредба со останатите групи. Генерално, спортистите кои се занимаваат со спортови на сила имаат повисока мускулна маса споредена со генералната популација па затоа равенките на Cunningham и Katch McArdle се соодветни за пресметка на МКМ кај нив. Овие равенки се создадени со цел да се имплементираат кај спортска популација посебно оние спортови во кои е вклучено нагло зголемување на мускулната маса (Katch & McArdle, 1973). Овие равенки имаат поспецифичен пристап кон испитаниците споредено со останатите равенки кои почесто се употребуваат кај генералната популација како Harris Benedict и Mifflin St. Jeor. Во студија на Jack Eoin Rua O'Neill, Clare & Katy (2023) од систематски преглед со мета-анализа од 29 студии и 1490 испитаници е најдено дека вредностите за МКМ добиени со равенките на Cunningham, Harris-Benedict, De Lorenzo и Ten-Haaf не се разликуваат сигнификатно од вредностите за МКМ добиени со индиректна калориметрија. Во студија

на Twan ten Haaf & Weijs (2014) каде се вклучени 90 холандски рекреативни спортисти на возраст од 18-35 години е докажано дека равенката на Cunningham дава прецизни вредности за МКМ споредно со вредностите од индиректна калориметрија што ја прави оваа равенка соодветна за користење во европска спортска популација, посебно во оние спортови кои имаат висока мускулна маса како силовите спортови. Од нашите резултати за добиените вредности за МКМ во однос на испитаниците од групата **силови спортови** можеме да увидиме дека равенката Katch-Mc-Ardle ќе биде посоодветна ако се корегира според формулата (слика 13б):

$$1348,1 + 0,50660 * \text{Katch-Mc-Ardle равенка},$$

а равенката Cunningham според следнава формула (слика 13в):

$$1286,9 + 0,49739 * \text{Cunningham равенка}$$

Во однос на типовите спорт и седентерната популација можеме да видиме дека МКМ има највисоки вредности за спортовите на сила со просечна вредност од 2298.67 ± 298 ккал/ден, па следат спортовите на издржливост со просечна вредност од 2250.21 ± 316.3 ккал/ден, па рекреативните спортисти (2147.80 ± 337.3 ккал/ден) и на крај со најмала вредност се седентерната група на испитаници со просечна вредност за МКМ од 1983.79 ± 316.1 ккал/ден. Статистички значајна разлика е најдена меѓу седентерите и сите типови спортисти, како и меѓу рекреативните спортисти и спортовите на сила. Од резултатите видовме дека спортистите од спортовите на сила имаат најголем процент на мускулна маса, а МКМ е правопрпорционално зависна од мускулната маса затоа спортовите на сила имаат значајно повисоки вредности за МКМ споредено со рекреативните спортисти. Ова се должи на тоа што професионалните спортисти имаат повисока мускулна маса од седентерната популација и рекреативните спортисти заради интензивната физичка активност и начинот на исхрана. Мускулното ткиво е метаболно повеќе активно од масното ткиво и согорува повеќе енергија дури и во мирување споредено со масното ткиво. Силовите спортисти се вклучени во високо интензивни тренинзи со големо оптоварување кои доведуваат до мускулна хипертрофија и зголемена метаболичка активност. Ваквиот тренинг ја зголемува енергетската потрошувачка за време, но и после физичката активност како резултат на „afterburn“ ефектот, кој доведува до преумерно

конзумирање на кислород во поствежбачкиот период (excess post-exercise oxygen consumption, EPOC), (Siedler et al., 2023).

Редовните тренинзи кај професионалните спортистите доведуваат до физиолошки адаптации како: зголемена митохондријална густина и функција, подобување на кардиоваскуларната ефикасност во функционирањето и подобра ензимска активација за енергетска продукција кои го забрзуваат метаболизмот, а со тоа ја зголемуваат и МКМ. Заради обемот на физичка активност кои го имаат спортистите, посебно оние на силиви спортови тие почесто подлежат на мускулно оштетување и на нивните тела им треба повеќе енергија за опоравок, а ова доведува до зголемување на МКМ (Siedler et al., 2023). Исто така спортистите имаат повисоки нивоа на одредени хормони кои влијаат на метаболизмот какви што се тироидни хормони, хормон на раст, тестостерон и кои доведуваат до зголемување на МКМ. Во однос на нутрицијата, спортистите внесуваат поголема количина на храна богата со протеини кои имаат повисок термички ефект на храната кој може да допринесе за зголемување на МКМ. Во студија на Poehlman, Melby и Badylak (1988) е докажано дека тренираните индивидуи имаат повисока МКМ во споредба со нетренираните што се совпаѓа и со нашето испитување. Во друга студија е најдено дека МКМ е повисока за 11 % кај тренирани во споредба со нетренирана индивидуи. (Tremblay et al., 1986).

Од ова можеме да заклучиме дека професионалните спортисти посебно од спортовите на сила имаат поголема МКМ споредено со останатите групи спортисти и седентерната популација поради повисоката мускулна маса кои тие ја имаат, физиолошките адаптации од тренирањето, поголемите енергетски потреби за опоравок, хормоналните промени и поголемата енергетска потрошувачка од генералната активност како и термичкиот ефект на храната поради повисокиот енергетски и протеински внес.

13.2 Компарација на телесен состав кај различни типови спорт

Една од целите на нашата студија беше да се анализира телесниот состав кај различните типови на спорт. Од резултатите можеме да видиме во однос на **телесната висина** дека највисоки се спортистите од спортовите на издржливост (182.21 ± 8.1), следено со спортови на сила (180.43 ± 7.1), а рекреативните спортисти и седентерите имаат иста

средна телесна висина (178.92 ± 6.8 цм за седентери и 178.67 ± 6.4 за рекреативни спортисти). Статистички сигнификантна разлика беше најдена помеѓу спортовите на издржливост и седентерите ($p=0.011$) како и меѓу рекреативните спортисти и спортовите на издржливост ($p=0.005$). Една од причините на кое се должи ова е тоа што во спортовите на издржливост во нашата студија беа вклучени кошаркари и ракометари. Спортистите од спортовите на издржливост имаат поголема висина споредни со другите спортови поради повеќе фактори кои вклучуваат генетска предиспозиција, процес на селекција во кои се фаворизираат повисоки атлети како и физиолошките предности кои висината ги дава. Врз телесната висина најмногу влијаат генетските фактори. Некои од спортистите кои се истакнуваат во спортовите на издржливост може да имаат наследни особини кои вклучуваат висок раст (Pitsiladis & Wang, 2014). Низ генерациите семејства со историја на спортови на издржливост може да ги предадат овие гени поврзани со висината. Спортистите од спортовите на издржливост се вклучени во интензивни тренинзи уште од млада возраст и подлежат да соодветен нутритивен план кој овозможува правилен раст и развој, а тоа дополнително овозможува да се реализира генетската предизпозиција за раст (Saltin & Grimby, 1968). Спортовите на издржливост фаворизираат повисоки спортисти, на пример кај спортови како пливање, атлетика (трчање на долги дистанци), кошарка, ракомет. Големата телесна висина, долгите екстремитети, поголемиот физикус допринесуваат за подобар перформанс. И самите тренери најчесто бираат вакви спортисти, бидејќи тие можат да поминат поголема дистанца со едно движење поради должината на екстремитетите и дополнително имаат поголема функција на белите дробови. Во студијата на Sallet et al. каде се испитувани 58 кошаркари е најдено дека повеќе физички карактеристики, а најмногу висината имаат влијание во позицијата која ја имаат кошаркарите, но генерални разлики во перформансот не се најдени. Генерално, поголема телесна висина има предност во кошарката во споредба со други спортови (Sallet, Perrier, Ferret, Vitelli, & Baverel, 2005). Висината кај ракометарите и кошаркарите им дава предност во перформансот затоа што типот на спорт содржи скокови каде поголемата висина дава предност во блокирањето и фрлањето на топката, односно во генералниот перформанс. Сите овие фактори допринесуваат спортистите од спортовите на издржливост да имаат поголема висина споредено со рекреативните спортисти и седентерната популација.

Во однос на **телесната тежина** од резултатите можеме да видиме дека најтешки беа испитаниците од седентерната популација со просечна вредност од 83.63 ± 13.2 кг, следеа спортовите на издржливост (82.17 ± 13.9 кг), па рекреативните спортисти (81.39 ± 12.4 кг) и најлесни беа силовите спортисти со просечна вредност од 81.20 ± 12.1 кг. Кај испитуваните групи не се најде статистички сигнификатна разлика. Ова не се совпаѓа со повеќе студии каде обично спортовите на издржливост се полесни од силовите спортови поради помалата мускулна маса и привилегиите кои што ги носи помалата тежина во однос на перформаност. Пониска телесна тежина дава предност во спортовите на издржливост, намалувајќи ја енергијата која е потребна за движење, а притоа давајќи поголема ефикасност и подобар перформанс. Полесните спортисти, на пример маратонците, користат помалку енергија по чекор што е најважниот фактор кај трчањето на долги дистанци. Спортови како атлетика (долги дистанци) и велосипедизам побаруваат лесни, обезмастени спортисти кои го оптимизираат соодносот на тежина со сила и ја минимизираат енергетската потрошувачка (Slater & Phillips, 2011). Во нашата студија ова не се совпаѓа бидејќи многу од испитаниците од спортовите на издржливост отпаѓаат на ракометари. Кај нив поголемата телесна тежина и крупниот физички изглед има предност во перформансот (Nestorova Brazanska, Spirkovska Vangelovska, Dejanova, Karagjozova, & Pluncevic Gligoroska, 2022). Ова е причината зошто спортовите на издржливост во нашата студија имаат поголема телесна тежина од спортовите на сила и рекреативните спортисти.

Во однос на **индексот на телесна маса (BMI)** од резултатите можеме да видиме дека спортистите од спортовите на издржливост имаат најнизок BMI (24.59 ± 2.8 кг/м²) и само кај нив е во граници на нормалата, додека следни се спортовите на сила со BMI (24.98 ± 3.5 кг/м²), па рекреативите спортисти и седентерите кои имаат индекс на телесна маса над нормалните гранци и спаѓаат во групата на прекумерно тешки (25.46 ± 3.3). Статистички значајна разлика има меѓу спортовите на издржливост и седентерната испитувана група. Ова се должи на тоа што спортистите од спортови на издржливост имаат повисока пропорција на обезмастена маса во однос на масната компонента, наспроти седентрената група која поради пасивниот начин на живот има пониска обезмастена маса (мускулна маса), а повисока масна компонента. Самиот тренинг кои го практикуваат придонесува за поголема мускулна издржливост и кардиоваскуларно приспособување за тој тип на активност наместо хипертофија на мускулот. За да имаат подобар перформанс

спортистите од спортовите на издржливост често одржуваат низок процент на масна компонента. Висок процент на масти кај нив бара повеќе енергија за движење и влијае негативно на перформансот (Sundgot-Borgen & Garthe, 2011). Спортовите на издржливост вклучуваат долготрајни, аеробни движења кои ја зголемуваат енергетската потрошувачка и помагаат да се намалат масите. Од друга страна, овие спортисти одржуваат доволен енергетски внес кој ги држи во енергетски баланс, низок ВМІ и превенира зголемување на телесна тежина. Спортовите на издржливост фаворизираат развивање на тип I (спори влакна) мускулни влакна кои се поефикасни за дологтрајни активности и не хипертофираат толку многу во споредба со тип II (брзи влакна) мускулните влакна кои доминираат кај силовите спортови.

Нормално **вкупната телесна вода (ВТВ)** е 60% од тежината, така што еден спортист од 72 кг би имал ВТВ од 43 L. ВТВ на единица обезмастена маса е релативно константна (74%) меѓу половите, возраста и расите. ВТВ е дистрибуирана меѓу интрацелуларна вода (65%) од ВТВ и екстрацелуларна вода (35%) во која од околу 15L на екстрацелуларната вода на плазмата отпаѓа 3L (IOM, 2005). Од резултатите во нашата студија можеме да видиме дека за параметрите интрацелуларна вода, екстрацелуларна вода и протеини од телесниот состав спортистите од спортови на издржливост се издвојуваат со највисоки вредности, а потоа следат спортовите на сила, па рекреативните спортисти и седентерната група на испитаници. Статистички значајна разлика има меѓу седентерите и двата типа на професионални спортисти, како и меѓу рекреативните спортисти и двата типа на професионални спортисти. Ова се должи на тоа што професионалните спортисти имаат поголема мускулна маса споредено со рекреативните спортисти и седентерите. Мускулното ткиво содржи голема количина на интрацелуларна вода и екстрацелуларна вода како и протеини (како актин и миозин), а спортистите од спортовите на сила најчесто имаат доминантно тип II (брзи) мускулни влакна, кои се големи и содржат поголема количина на интрацелуларна вода и протеини. Професионалните спортисти обично подобро се хидрираат во споредба со генералната популација, бидејќи хидратацијата е важен дел во нивниот тренингов процес и опоравок. Соодветна хидратација е круцијална за добар перформанс, бидејќи обезбедува доволен крвен волумен, нутритивен транспорт и терморегулација (Shirreffs & Sawka, 2011). Промените во телото кои настануваат поради тренирањето кај спортистите често водат до зголемена

задршка на течности и соодветна дистрибуција на водата обезбедувајќи им на мускулите доволна хидратација и оптимално функционирање. Овие адаптации на телото поради тренирањето вклучуваат зголемена митохондријална густина и промени во клеточната осмоларност кои помагаат задршка на поголема количина на вода во клетките (Hoppeler & Vogt, 2001). Редовниот тренинг ја зголемува и капиларната густина која го подобрува крвниот проток и нутритивниот транспорт до мускулите. Ова овозможува зголемена размена на течности и електролити помеѓу крвните садови и мускулите што допринесува за повисока екстрацелуларна вода (Saltin & Gollnick, 1983).

Водата во текот на денот се губи од телото преку респирација, преку урината и фецесот и преку потта, но во тек на физичка активност и експозиција на топло и сонце потењето е зголемено, а со тоа и губењето на водата (Sawka, Cheuvront, & Carter, 2005). Затоа на спортистите им се препорачуваат и тие конзумираат суплементи со електролити и храна која е богата со електролити за да можат да го одржат водниот баланс. Соодветниот електролитен статус помага во осмотскиот баланс меѓу интра и екстрацелуларните компартмани на вода. Интензивниот тренинг често предизвикува микротрауми кои тригерираат инфламаторен одговор доведувајќи до привремено зголемување на екстрацелуларната вода поради акумулација на течност во интестициелните простори. Регуларниот тренинг и фазите на опоравок помагаат во адаптирање на овие промени кои допринесуваат до генерално зголемени нивоа на течноста кај спортистите (Nielsen, Secher, & Christensen, 1996). На се ова се должи поголемата застапеност на параметрите интра и екстрацелуларна вода и протеини кај професионалните спортисти.

Во однос на **минералното ткиво** од резултатите можеме да видиме дека највисоки минерали имаат спортовите на издржливост, па спортовите на сила, додека седентерите и рекретивните спортисти имаат исти вредности за минерали. Статистички значајна разлика има помеѓу седентерите и двата типа на професионални спортисти, како и меѓу рекреативните спортисти и спортовите на издржливост. Генерално спортистите во споредба со седентерите имаат повисоки минерали поради поголемата густина на коските, посебно спортовите кои совладуваат поголеми тежини (бодибилдинг или кревање тегови) и оние спортови кои имаат висок интензитет (фудбал, ракомет, гимнастика). Зголемената густина на коските се должи на механичкиот товар со кој се оптоваруваат коските за

време на интензивниот тренинг кој дополнително стимулира коскена формација и минерализација. Во студија на Nikander et al. (2005) во која се вклучени 10 рандомизирани контролни студии е најдено дека програми за вежбање кои регуларно вклучуваат совладување тежина може да резултираат со подобрување на густината (цврстина) на коските за 1-8% врз оние коски врз кои што се става најголемо оптеретување (Nikander, Sievänen, Heinonen, Daly, Uusi-Rasi & Kannus, 2005). Редовната физичка активност го подобрува коскено здравје со зголемување на депонирањето на минерали како калциум или фосфор кои се неопходни за коскената цврстина. Во студија на Burr, Robling и Turner (2002) е најдено дека механичките оптоварувања имаат остеогенски ефект само ако стресот што се нанесува на коските е уникатен, варијабилен и динамичен. Статично оптеретување на коските (единечно оптеретување со товар) не ги тригерира адаптивните одговори кои се случуваат со динамичното оптоварување. Ова може да биде причината зошто спортовите на издржливост имаат сигнификантно повисоки минерали во споредба со рекреативните спортисти и седентерите. Спортистите освен што имаат добро испланиран нутритивен план со кој внесуваат доволна количина минерали преку овошје, зеленчук, протеини и млечни производи, најчесто и дополнително комзумираат суплементи кои ги зголемуваат нивните минерали.

За вредностите на **масна компонента** во килограми и проценти можеме да видиме дека седентерната популација има сигнификантно поголеми вредности во споредба со спортистите. Ова се должи на тоа што седентерната популација има минимална или никаква физичка активност, а со тоа и помала дневна потрошувачка. Ниската дневна енергетска потрошувачка допринесува вишокот на калории внесени преку храната да се складираат како масти. Во студија на Church et al. (2011) е најдено дека во последните 50 години во САД дневната енергетска потрошувачка поврзана со професијата е намалена за 142 кџал/ден кај машката популација, а со тоа и просечната тежина од 76.9 кг би се зголемила на 89.7 кг кај мажите (Church, Thomas, Tudor-Locke, Katzmarzyk, Earnest, Rodarte, Martin, Blair & Bouchard, 2011). Ова може да биде и една од причините зошто седентерната популација која во денешно време има се повеќе статични професии има поголем процент на масна компонента споредено со спортистите. Аеробните како и силовите вежби допринесуваат за горење на калории, а со тоа и намалување на масното ткиво. Дополнително заради помалата мускулна маса која влијае на МКМ, седентерната

популација има помала МКМ споредено со спортската популација. Седентерната популација најчесто има лоши нутритивни навики и конзумира храна која е богата со „празни“ калории и сиромашни со нутритивни вредности, кои допринесуваат за прекумерно внесување калории и складирање на истите како масти (Drewnowski & Almiron-Roig, 2010). Редовна физичка активност ја подобрува и сензитивноста на инсулинот која помага во подобар метаболизам на глукозата и намалување на масните наслаги. Таа исто така доведува до лачење на хормони како адипонектин и лептин кои го регулираат масниот метаболизам и апетитот (Bird & Hawley, 2017; Kadowaki & Yamauchi, 2005). Седентерите често имаат намалена сензитивност на инсулинот, што може да биде една од причините зошто имаат повисока масна компонента во споредба со споптистите.

Од резултатите гледаме дека анаеробните спортови имаат пониска масна компонента во споредба со спортовите на издржливост иако статистички нема значајна разлика. Ова се должи на тоа што во нашата студија од анаеробните спортови испитаниците припаѓаат на спортови како боди билдинг, функционален фитнес и кревање тегови. Овој тип на спортисти целат да ја зголемуваат мускулната маса, а намалуваат масната маса (посебно боди билдингот пред натвревар) со крајна цел да ја дефинираат мускулната маса. Ниската масна компонента е најважна за перформансот кај овие спортови (Schoenfeld, 2010).

Од друга страна иако спортовите на издржливост (аеробните) имаат бенефит од ниска мускулна маса (полесни со цел совладување на отпорот) сепак тие прават приоритети за поголеми енергетски резерви кои имаат предност кај повисоката масна компонента. Заради временски долгите активности кои ги практикуваат овие спортисти, повисоката масна компонента има предност во перформансот, бидејќи им пружа подолга издржливост (Jeukendrup, 2011). Од друга страна самиот тренинг кај спортовите на сила доведува до зголемување на метаболитичката количина заради развивањето на висока мускулна маса која ја намалува масната компонента, додека кај спортовите на издржливост ефектот од тренингот (кој е долг на времетраење) може да ја одржи, но не и да ја зголеми мускулната маса и нема толку ефект во намалување на масните (кои се примарниот извор на енергија) како што има високо интензивниот тренинг кај спортовите на сила. Метаболните потреби на елитните спортисти се комплексни вклучувајќи делови кои траат од секунди (скокови, фрлања, подигнувања) до неколку недели (Grand Tour cycling races). Перформансот

кулминира ако тренингот е специфичен, насочен и цели да се прилагоди и да го максимизира индивидуалниот генетски потенцијал (Hawley, Lundby, Cotter, & Burke, 2018).

Токму затоа во однос на **нутрицијата** има разлика помеѓу овие два спорта. Спортите на сила потенцираат високо протеински режим на исхрана, го планираат калорискиот внес и времето на внесување на нутриенти, додека спортовите на издржливост се фокусираат на енергетските вредности и резерви кои некогаш доведуваат до поголем внес на јаглени хидрати за поголемо гликогенско складирање кои често доведуваат и до складирање на масти (Burke & Hawley, 2018). Силовит тренинг стимулира ослободување на анаболни хормони како тестостерон и хормон на раст кои промовираат мускулен раст и намалување на масти. Спротивно на нив во спортовите на издржливост самиот тренинг ги зголемува нивоата на кортизол (катаболичен хормон) кој промовира задршка на мастите како одговор на пролонгираниот физички стрес (Kraemer & Ratamess, 2005). Ова дава објаснување зошто силовите спортови имаат пониска масна компонента во споредба со спортовите на издржливост.

Во однос на **струк-колк соодносот (waist-hip ratio-WHR)** се добија слични резултати како и за масната компонента каде седентерната популација има значително повисоки вредности од рекреативните спортисти и двата типа на професионалните спортисти. Ова се должи на тоа што WHR е дистрибуцијата на масното ткиво, а седентерната популација е повеќе наклонета околу таложење на централна дебелина (околу stomакот), водејќи до поголем обем на струкот во однос на колковите. Дополнително нашата група на испитанци е од машки пол, а машката популација има повеќе наклонетост кон ваков тип надебелеење (Després, 2012). Останатите причини поради кои се добија вакви резултати се слични како и за масната компонента, а тоа се: начинот на живот кај седентерната популација кој е пасивен во однос на спортската популација и кој допринесува за ниско развиена мускулна маса, што пак допринесува за помала енергетска потрошувачка, потоа лошите нутритивни навики и вишокот на калории кои ги внесуваат седентерите допринесуваат за таложење на повеќе масти. Хроничниот стрес и лошиот сон кои се почести кај седентерната популација и доведуваат до лачење на поголеми количини на кортизол кои пак предизвикуваат таложење на абдоминални масти (Ross & Janssen, 2007).

Исто така и рекреативните спортисти имаат значително повисоки вредности за WHR во споредба со двата типа професионални спортисти. Причината за тоа е што рекреативните спортисти често практикуваат различен тип на активности, не фокусирајќи се на еден тип на спорт (издржливост или силов тренинг), а ваквиот пристап може да нема толку ефекти во намалување на абдоминалните масти, како што би имал специјализираниот тренинг кај професионалните спортисти. Во студија на Willis et al. (2012) каде се вклучени 119 рандомизирани прекумерно тешки и обезни испитаници кои се ставени на различни тренинг програми за да се види која група ќе има најдобар ефект во намалувањето на мастите е добиено дека аеробен тренинг е најдобар за намалување на мастите, додека силов тренинг за зголемување на мускулната маса, кај обезни испитаници (Willis, Slentz, Bateman, Shields, Piner, Bales, Houmard & Kraus, 2012). Исто така сите бенефити од интензивниот тренинг кај професионалните спортисти во однос на физиолошките, метаболните и хормоналните адаптации кои претходно ги спомнавме не доаѓаат толку до израз кај рекреативните спортисти бидејќи тренинг програмите немаат толку интензивен карактер, па ова е причина зошто имаат повисок WHR споредено со спортистите.

Обезмастената маса (Fat free mass-FFM) ги вклучува сите компоненти од телото освен масната маса. Скелетната мускулна маса (skeletal muscle mass- SMM) е тежината на мускулите и таа спаѓа во FFM. FFM е важна за генералното здравје, нутритивните потреби и телесниот состав, додека SMM е важна за физичката сила, функционалниот капацитет и спортскиот перформанс (Kyle, Genton, & Pichard, 2005; Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000).

Од резултатите можеме да видиме дека професионалните спортисти имаат значително повисоки вредности за FFM и SMM во споредба со седентерите и професионалните спортисти. Ова е очекуван резултат и се должи на сите оние промени кои телото ги претрпува и се адаптира на интензивниот тренинг кај професионалните спортисти. Професионалните спортисти следат стручни и наменети за нив тренинг програми кои ја максимизираат мускулната маса, силата и издржливоста. Овие програми се специјализирани за поголемо зголемување на мускулната маса и обезмастената маса во споредба со генералната фитнес рутина на рекреативните спортисти како и неактивниот начин на живот на седентерите. Во однос на нутритивниот режим, професионалните спортисти освен што ги планираат оброците и составот на нутриентите (високо

протеински оброци) конзумираат и суплементи како протеински прашоци, аминокиселини и други ерогени супстанции кои дополнително го зголемуваат мускулниот раст. Професионалните спортисти во споредба со рекреативните спортисти користат соодветни техники за опоравок и регенерација на мускулното ткиво како физиотерапија, криотерапија и адекватен одмор со доволен сон. Правилниот опоравок е најважен во одржувањето и зголемувањето на мускулната и обезмастената маса (Antonio & Stout, 2002). Исто така многу од професионалните спортисти носат генетски предиспозиции кои одат во прилог на повисока мускулна маса. Генетската предиспозиција игра важна улога во детерминирање на индивидуалниот потенцијал за мускулен раст и генерален телесен состав, кој претставува предност во селекцијата кај спортистите (MacArthur & North, 2005).

Во однос на процентот на SMM се добиваат истите статистички значајни разлики како и за SMM во кг и FFM, но кога ќе се направи споредба меѓу професионалните спортови се гледа дека иако статистички незначајно во килограми скелетната мускулна маса е поголема кај спортовите на издржливост, а во процент кај спортовите на сила. Ова се должи на тоа што во спортовите на издржливост во нашата студија се вклучени повеќето кошаркари, ракометари, фудбалери кои имаат голема телесна висина, тежина и мускулна маса споредено со спортовите на сила, па затоа во однос на килограмите на мускулна маса се издојуваат спортовите на издржливост со поголема вредност. Но скелетната мускулна маса кога ќе се изрази во процент од телесната тежина доаѓа до израз правилниот телесен состав каде се гледа дека спортовите на сила, кои целат најмногу кон зголемување на мускулната маса имаат повисоки вредности во однос на спортовите на издржливост.

13.3 Корелации меѓу МКМ и VO2 max

Од резултатите во нашата студија можеме да видиме дека меѓу овие два параметри не се најде статистички сигнификантна корелација во целата група испитаници, ниту во возрастните групи и анализираните групи спортови ($p > 0.05$). Ова се должи на тоа што овие два параметри се различни физиолошки мерки кои имаат различни цели во индивидуалниот метаболички и аеробен капацитет. МКМ е примарно детерминирана од обезмастената компонента и метаболитичката количина на ткивата во мирување (Blair &

Brodney, 1999) додека VO2 max е детерминиран од ефикасноста на кардиоваскуларниот и респираторниот систем во дистрибуцијата на кислород до мускулите и неговото искористување за продукција на енергија за време на физичка активност (Saltin & Rowell, 1980). Фактори кои влијаат на МКМ како тироиден хормон, обезмастена компонента, возраст се различни од оние кои влијаат на VO2 max (ударен волумен, концентрација на хемоглобин и оксидативниот капацитет на мускулите). Еден спортист може да има висока МКМ поради високата мускулна маса и другите метаболички фактори, но да нема висок VO2 max ако способноста на кардиоваскуларниот систем или аеробната кондиција не му е добро развиена. МКМ значајно не се менува со аеробен тренинг, туку повеќе е поврзана со базалните физиолошки процеси и телесен состав (Blair & Brodney, 1999) додека VO2 max може да се подобри со константен аеробен тренинг како што телото се приспособува на зголемениот ударен волумен, белодробниот капацитет и оксидативната способност на мускулот (Saltin & Rowell, 1980). Разбирајќи ја разликата во физиолошките промени на овие два параметри ни помага да разбереме зошто не постои корелација помеѓу нив.

13.4 Споредба на VO2 max по групи спортови

Една од целите на студијата беше да направи споредба на VO2 max кај различните типови на спорт. Од резултатите можеме да видиме дека спортовите на издржливост имаат највисоки вредности за VO2 max (48.29 ± 7.9), па следат спортовите на сила (46.83 ± 5.5) и на крај со најниска вредност се рекреативните спортисити (43.40 ± 10.7). Статистички значајна разлика е најдена помеѓу спортовите на сила и рекреативните спортисити. Ова се должи на тоа што во спортовите на издржливост за временски долгите активности кои тие ги практикуваат зависат многу од аеробниот енергетски систем кој бара доволно кислород за пренесување и искористување до активните ткива. Овие спортисити тренираат за максимално искористување на кислородот за време на пролонгирана физичка активност, со адаптација на кардиоваскуларниот систем со зголемување на ударниот и минутниот волумен на срцето и капиларната густина во мускулите. Овие промени доведуваат до зголемување на VO2 max (Favier, Constable, Chen, & Holloszy, 1986).

Спротивно на нив спортовите на сила зависат повеќе од анаеробниот енергетски систем кој не бара кислород. Фокусот кај нив е на кратки високо-интензивни и експлозивни движења каде побарувачката на кислород не е лимитирачки фактор (Hughes, Ellefsen, & Baar, 2018). Веќе декади наназад се знае дека $VO_2 \max$ има високи вредности кај спортовите на издржливост (Astrand, Robinson, Edwards, & Dill, 1955; Saltin & Astrand, 1967). Спортистите од спортовите на издржливост обично имаат поголема пропорција на спори (тип I) мускулни влакна кои се поефикасни во искористивањето на кислород за продукција на енергија. Овој тип мускулни влакна подржуваат пролонгирана физичка активност со нисок интензитет и го подобруваат $VO_2 \max$. Додека спортистите од спортовите на сила имаат поголема пропорција на брзи мускулни влакна (тип II), кои даваат предност во кратки и експлозивни движења кои не зависат толку од аеробниот метаболизам. Причината поради која е најдена статистички значајна разлика за вредностите на $VO \max$ меѓу силовите спортови и рекреативните спортисти, може да биде што спортистите од силовите спортови, иако се фокусираат на сила сепак во своите тренинзи инкорпорираат кардио-тренинг за подобрување на севкупниот фитнес степен како и за побрз опоравок. Ова оди во прилог на тоа што во нашата група на испитаници од силовите спортови освен бодибилдинг има доста спортисти од функционален фитнес и cross-fit, кои не вклучуваат само силов тип на тренинг туку комбинација и од кардио-вежби. Оваа комбинација на високо интензивен силов тренинг со примеси на кардио-тренинг допринесува за повисоки вредности на $VO_2 \max$ кај силовите спортови во споредба со рекреативните спортисти кои генерално имаат помалку конструктивни и интензивни тренинг програми (Hackney, 2019).

Спортистите од спортовите на сила имаат голема мускулна маса која бара повеќе кислород за да може да го издржи физичкото оптоварување дури и кај силовиот тренинг. Зголемување на мускулната маса ја зголемува генералната енергетска побарувачка, а со тоа и кардиоваскуларниот капацитет допринесувајќи за повисок $VO_2 \max$ (Hackney, 2019). Професионалните спортисти следат ригорозни и персонализирани тренинг програми кои вклучуваат периоди на интензивни вежби следени со адекватен одмор. Овој регуларен циклус на стрес и опоравок ги оптимизира физиолошките адаптации, подобрувајќи кардиоваскуларната ефикасност, кислородното искористување допринесувајќи за повисок $VO_2 \max$ (Parry-Williams, Gati, & Sharma, 2021; Hackney, 2019). Во студија на Rønnestad

and Mujika (2014) се открило дека ефектите на комбиниран тренинг (трчање) до субмаксимален или максимален пулс кај спортовите на издржливост често допринесува за подобрување на невромускулната ефикасност, зголемена силова способност и одложено активирање на тип II мускулните влакна како и конверзија на брзите тип IIx мускулни влакна во отпорни на замор тип Ia мускулни влакна. Ова може да е една од причините зошто аеробните спортови имаат повисоки вредности за $VO_2 \max$, но и спортовите на сила во споредба со рекреативните спортисти.

13.5 Корелација помеѓу МКМ и телесен состав кај типовите на спорт

Една од целите на студијата беше да се направи корелација на МКМ со параметрите од телесниот состав кај различните типови на спорт.

Во однос на телесната висина можеме да видиме дека кај сите типови на спорт (рекреативни, издржливост и сила) има позитивна корелација со МКМ. Најсилна корелација на висината со МКМ се гледа кај рекреативните спортисти ($r=0.5008$, $p=0.000^*$), па следат спортовите на издржливост ($r=0.4575$, $p=0.000^*$) и на крај спортовите на сила ($r=0.2994$, $p=0.005$). Ова може да се должи на тоа што рекреативните спортисти обично практикуваат не толку интензивни и специјализирани тренинг програми во споредба со професионалните спортисти. Ова значи дека нивниот телесен состав е одраз на природниот физички изглед, а не на адаптациите од тренингот, вклучувајќи ги варијациите на обезмастената компонента поврзани со телесната висина. Рекреативните спортисти, бидејќи не поседуваат толку висока мускулна маса како професионалните спортисти (хипертрофирани мускули-кај силовите спортови или специјализирана и обезмастена мускулна маса- кај спортовите на издржливост), нивната МКМ има поголемо влијание од другите фактори како телесната висина и типот на тело. Рекреативните спортисти најчесто имаат тип на активност од мешан карактер, аеробно/анаеробно што прави генерализирана адаптација на телото и остава телесната висина да биде еден од детерминирачките фактори кои влијаат врз МКМ. Спротивно на нив кај спортовите на

издржливост адаптациите со кои тренингот влијае на телото како зголемена обезмастена маса и ниска масна компонента, мускули со збогатена митохондријална густина, капиларна застапеност, како и присуството на повеќе мускулни влакна кои имаат висока оксидативна способност може да влијаат повеќе на МКМ отколку самата висина. Спортите на сила, имаат највисока обезмастена компонента изразена во проценти, но не и телесна висина и тежина. Обезмастената маса е метаболички поактивна од останатото ткиво, па затоа кај нив МКМ е повеќе зависна од мускулното ткиво отколку од самата телесна висина.

Истото се однесува и за телесната тежина и гледаме дека сите типови на спорт имаат позитивна корелација со МКМ. Најсилна е кај спортовите на издржливост ($r=0.5358$, $p=0.000^*$), па рекреативните спортисти ($r=0.5151$, $p=0.000^*$), додека кај спортовите на сила ($r=0.1897$, $p=0.07$) иако има позитивна корелација не е статистички значајна. Спортите на издржливост во нашата студија имаат најголема телесна висина, телесна тежина и мускулна маса во килограми, споредена со останатите спортови, а МКМ е правопрпорционално зависна од мускулната маса, затоа тие даваат најсилна позитивна корелација со МКМ. Во студија на Jagim et al. (2023) е најдено дека телесната висина заедно со телесната тежина, БМИ, обезмастената компонента и масната компонента имаат позитивна корелација со МКМ, што се совпаѓа со нашите резултати (Jagim, Jones, Askow, Luedke, Erickson, Fields & Kerksick, 2023).

За параметарот БМИ и корелацијата со МКМ од резултатите можеме да видиме дека најсилна и статистички значајна позитивна корелација има кај спортовите на издржливост ($r=0.4131$, $p=0.0000^*$) па рекреативните спортисти ($r=0.3426$, $p=0.0010^*$), додека неситнифактно позитивно корелира кај спортовите на сила. Кај спортовите на издржливост, врз БМИ повеќе влијае мускулната маса отколку масната компонента. Затоа корелацијата помеѓу БМИ и МКМ кај овие спортисти е посилен од другите, затоа што БМИ го опфаќа метаболното активно мускулно ткиво. Затоа во метаболизмот кај овие спортисти секое зголемување на БМИ (дури и мали промени заради мускулната маса) допринесуваат за зголемување на МКМ бидејќи зголемената тежина е прединатно мускулно и активно ткиво. Рекреативните спортисти имаат поголема количина на масно ткиво во споредба со спортовите на издржливост, па масното ткиво допринесува за поголема тежина а со тоа и поголем БМИ. Ова ја прави послаба позитивната корелација на

МКМ и БМИ кај овие спортисти. Со студијата на Jagim et al. (2023) се совпаѓаат нашите резултати на позитивна корелација помеѓу МКМ и БМИ (Jagim, Jones, Askow, Luedke, Erickson, Fields & Kerksick, 2023).

Интрацелуларната вода, екстрацелуларната вода, протеините, минералите, скелетната мускулна маса во килограми и обезмастената компонента имаат позитивна корелација со МКМ кај сите типови на спорт. Најсилна корелација за овие параметри имаат спортовите на издржливост, па рекреативните спортисти и на крај спортовите на сила. Бидејќи во обезмастената компонента спаѓаат мускулите, коските и водата, а во мускулите спаѓаат протеините, во коските минералите и во водата интра и екстрацелуларната вода овие параметри ќе се обработат како целина. Генерално сите типови на спорт имаат позитивна корелација со овие параметри затоа што мускулната маса е главен детерминирачки фактор во одредувањето на МКМ. МКМ е правопрпорционална со чистата мускулна маса (Tataranni & Ravussin, 1995; Henry, 2000; Paolisso et al., 1995). Спортистите од спортовите на издржливост имаат поголема метаболичка активност споредено со другите спортисти затоа што имаат поголема застапеност на митохондрии кои го зголемуваат аеробниот метаболизам, а тоа се зголемува метаболитичката активност и МКМ. Во спортовите на издржливост (аеробните) спортистите имаат поголема обезмастена компонента споредена со другите спортови, бидејќи обезмастената компонента е главен фактор во детерминирањето на МКМ затоа овие спортисти имаат најсилна корелација. Редовниот аеробен тренинг ја подобрува способноста на телото да ја регулира телесната вода, правејќи подобар сооднос на интра со екстрацелуларната вода. Исто така ја зголемува синтезата на протеини, а со тоа и содржината на протеините во мускулите кои се активно ткиво и бараат енергија, а со тоа ја зголемува и МКМ (Müller, Bosy-Westphal, Kutzner, & Heller, 2002). Споротивно на нив спортистите од спортовите на сила се фокусираат на анаеробен тип на тренинг и мускулна хипертофија. Енергетските системи кои се активни кај анаеробниот тренинг не допринесуваат толку во зголемување на МКМ како кај аеробните тренинзи што одговара на најслабата корелација на МКМ со овие параметри кај силовите спортови (Janssen, Heymsfield, Wang, & Ross, 2000).

Во однос на корелацијата на масната компонента со МКМ добивме дека масната компонента има сигнификатно позитивна корелација со МКМ кај рекреативните

спортисти ($r=0.2231$, $p=0.035$) и спортовите на издржливост ($r=0.3008$, $p=0.004$), додека кај силовите спортови има несигнификантна, но негативна корелација ($r=-0.0599$, $p=0.575$). Ова се должи на тоа што кај рекреативните и аеробните спортисти масната компонента допринесува за поголема тежина кај спортистот и резултира со повисока МКМ поради потребата од повеќе енергија за одржување на поголемата телесна површина кај овој тип на спортисти. Ова се потврдува и со тоа што во нашата студија спортовите на издржливост (аеробните) имаа и најголема висина бидејќи голем дел од нив се кошаркари и ракометари каде поголемиот физички изглед има предност, а со тоа и повисоката масна компонента. Од друга страна кај спортовите на сила негативната корелација со МКМ може да се должи на тоа што овие спортисти целат кон максимално зголемување на мускулната маса, а намалување на масната маса. Бидејќи мускулното ткиво е матаболички поактивно од масното оние спортисти со ниска масна маса, но висока мускулна маса може да имаат повисока МКМ без разлика на ниските масти. Повеќе студии се совпаѓаат со нашите резултати. Во студија на Ten Haaf и Weijs (2014) каде се вклучени 90 рекреативни машки спортисти е докажано дека масната компонента има сигнификантно влијание врз МКМ што се потврдува и со нашата студија (Ten Haaf & Weijs, 2014). Друга студија на de Souza Marques, Coelho, de Oliveira и сор. (2021) каде се вклучени 65 универзитетски машки спортисти на средна возраст од 23 години се покажува дека аеробните спортисти може да одржуваат повисока масна компонента како енергетска резерва за долгите активности, што допринесува за повисока МКМ. Сигнификатна позитивна корелација на WHR со МКМ кај спортовите на издржливост ($r=0.2112$, $p=0.046$), а негативна кај силовите спортови ($r=-0.2309$, $p=0.029$) се должи од истите причини како и за масната компонента затоа што WHR е параметар за распределба на масната компонента.

13.6 Корелација помеѓу VO2 max и телесен состав

Во однос на корелациите помеѓу телесниот состав и максималната кислородна потрошувачка (VO2 max), статистички значајна негативна корелација имаше само кај VO2 max и масната компонента во килограми и проценти и кај двата типа на професионални спортисти, а кај спортовите на сила статистички значајна негативна корелација беше најдена помеѓу VO2 max и WHR и помеѓу VO2 max и телесната тежина, додека позитивна

статистички значајна корелација помеѓу $VO_2 \max$ и процентот на мускулната маса. Ова се должи на тоа што повисока масна компонента ја зголемува телесната тежина со што се зголемува кислородната побарувачка за време на физичка активност, но бидејќи масното ткиво е помалку метаболички активно во споредба со мускулното тоа не допринесува за поголема кислородна потрошувачка. Поголемата масна компонента може да влијае негативно врз кардиоваскуларниот систем и пулмоналната функција. Срцето и белите дробови даваат повеќе напор за да обезбедат повеќе кислород кај поголемата телесна површина и тело, кое ја намалува целосно ефикасноста на кислородниот транспорт и неговото искористување, а со тоа и намалување на $VO_2 \max$. Високата масна компонента може да влијае и врз волуменот на крвта и циркулацијата. Поголем процент на масно ткиво може да го намали снабдувањето со крв во активните мускули, а со тоа ја лимитира способноста на мускулите за ефикасно искористување на кислородот за време на високо интензивни физички активности. Во студија каде се испитувани машки и женски атлетичари се потврдува негативната корелација меѓу масното ткиво и $VO_2 \max$ како и во нашите резултати (Demirkan, Can, & Arslan, 2016). Бидејќи WHR е индикатор за дистрибуцијата на масно ткиво, повисок WHR значи поголема пропорција на абдоминални масти која што е асоцирана со различни метаболички и кардиоваскуларни болести кои негативно влијаат на аеробниот капацитет и $VO_2 \max$. Зголемена абдоминална дебелина односно висок WHR има негативни ефекти врз кардиоваскуларниот систем, промовирајќи инфламација, зголемување на крвен притисок и липиден статус, кои влијаат врз намалување на $VO_2 \max$. Висок WHR е асоциран со инсулинска резистенција и метаболичен синдром и влијае на метаболизмот на масните и јаглениите хидрати допринесувајќи до помала ефикасност во искористувањето на енергијата за време на физичка активност, а со тоа и намалување на $VO_2 \max$ (Ortega, Grandes, Sanchez, Montoya, & Torcal, 2019). Мускулното ткиво е метаболички поактивно и поефикасно во искористувањето на кислород споредено со масното ткиво што директно влијае на $VO_2 \max$. Енергетската потрошувачка е повеќе ефикасна кај индивидуи со пониски масти. Ниски масти, а висока мускулна маса влијаат за подобар перформанс, а со тоа и повисок $VO_2 \max$. Спортисти со ниски масти и WHR и повисока мускулна маса имаат подобар телесен состав за аеробни и анаеробни активности. Во студија на Venkata et al. (2004) е најдена позитивна корелација помеѓу $VO_2 \max$ и обезмастената компонента

што се совпаѓа со нашите резултати (Venkata, Surya, Sudhakar & Balakrishna, 2004). За негативната корелација на VO2 max и телесната тежина кај спортовите на сила може да се најде следното објаснување, а тоа е дека спортистите од силовите спортови (анаеробните) имаат поголема мускулна маса, а со тоа и телесна тежина но поголема пропорција на брзи-мускулни влакна (тип II), кои не се толку ефикасни во кислородното искористување како брзите (тип I) мускулни влакна кои се доминантни кај спортовите на издржливост (аеробните). Силовиот тренинг е повеќе анаеробен и не е зависен толку од кислородното снабдувањето што како резултат доведува до недоволно развивање на кардиоваскуларна ефикасност и кислородно искористување, што доведува до понизок VO2 max споредено со спортовите на издржливост. Во студија со боксери и борачи (силови спортови) е најдено дека телесната тежина, BMI и масната компонента имаат негативна корелација со VO2 max, додека мускулната маса има силна позитивна корелација со VO2 max кај боксерите и средно силна кај борачите што се потврдува со нашата студија (Balci, Tortu, Kabak, Akinoğlu, Hasanoğlu, & Kocahan, 2020). Во студија со испитаници со висока обезмастена компонента е најдено дека има статистички сигнификантна позитивна корелација меѓу обезмастената компонента и VO2 max (Maciejczyk, Więcek, Szymura et al., 2014). Истото се потврдува и во други студии каде мускулната маса и обезмастената маса имаат позитивна корелација со VO2 max (Goran, Fields, Hunter et al., 2000; Vogel & Friedl, 1992). McInnis и Balady (1999) нашле дека VO2 max има повисоки вредности кај бодибилдери со низок процент на маст (8%) споредено група на испитаници со нормален процент на масно ткиво (24%) иако имале слична телесна тежина и двете испитувани групи, што се поклопува и со нашата студија дека VO2 max има позитивна корелација со мускулната маса, а негативна со масната компонента кај силовите спортови. Ниската масна компонента, а оптималната до висока мускулна маса ја намалува енергетската потреба на секој потег што помага во одржување на повисок VO2 max.

14. ЗАКЛУЧОК

Од нашата студија можеме да донесеме повеќе заклучоци. Во однос на **метаболичката количина во мирување** можеме да заклучиме дека:

1. Кај различните возрасни групи нема значајна разлика во метаболичката количина во мирување, бидејќи возрасната рамка во која се поделени нашите испитаници е мала.
2. Во сите возрасни групи сите математички предвидени равенки за МКМ имаат позитивна корелација, но равенките на Katch Mc Ardle и Cunningham се издвојуваат со највисока позитивна корелација, бидејќи овие две равенки ја земаат предвид мускулната маса во нивната формула, а нашите испитаници се претежно спортисти кои имаат повисока мускулна маса која влијае врз метаболизмот со зголемување на МКМ.
Во однос на поврзаноста на предвидените равенки за МКМ со типовите на спорт, можеме да заклучиме дека кај седентерната група на испитаници и спортовите на издржливост најсоодветна равенка е Harris-Benedict равеката, но посоодветена ако е корегирана со формулата: **$446,98 + 0,80461 * \text{Harris-Benedict равенката за седентерна популација} + 703,40 + 0,81197 * \text{Harris-Benedict равенката за спортови на издржливост}$** . Кај групата на рекреативните спортисти најсоодветна е равенката на De Lorenzo, но посоодветна е корегирана со формулата: **$-42,92 + 1,1143 * \text{De Lorenzo равенката}$** . Кај групата на силовите спортови најсоодветни се равенките на Katch-McArdle и Cunnugham, но посоодветни се ако се корегираат со следните формули: **$842,24 + 0,74740 * \text{Katch-Mc-Ardle равенка}$** и **$751,88 + 0,73381 * \text{Cunningham равенка}$** .
3. Во однос на типовите на спорт можеме да заклучиме дека МКМ кај професионалните спортисти има поголеми вредности од рекреативните спортисти и седентерите. Силовите спортови имаат повисока МКМ во споредба со спортовите на издржливост.

Во однос на **телесниот состав** можеме да заклучиме дека:

4. Меѓу професионалните спортисти, спортовите на издржливост се извојуваат со поголем физикус односно поголема телесна тежина, висина, процент на масна компонента, поголема застапеност на ICW, ECW, протеини, минерали, скелетна мускулна маса, обезмастена компонента, а понизок БМИ и процент на мускулна маса во споредба со силовите спортисти.
5. Рекреативните спортисти имаат поголема висина, ICW, ECW, протеини, минерали, скелетна мускулна маса, обезмастена компонента, а пониска масна компонента, БМИ и WHR споредено со седентерната испитувана група, односно рекреативните спортисти имаат подобар телесен состав.

За **максималната кислородна потрошувачка ($VO_2 \max$)** можеме да заклучиме дека:

6. Аеробната издржливост ($VO_2 \max$) е поголема кај испитаниците од спортовите на издржливост во споредба со силовите спортови.
7. МКМ има позитивна и статистички значајна корелација со телесната висина, интрацелуларната вода, екстрацелуларната вода, протеините минералите, обезмастената компонента и скелетната мускулна маса кај сите типови на спортисти, додека кај спортовите на издржливост и рекреативните спортисти се гледа значајна позитивна корелација на МКМ и со телесната висина и БМИ. Ова значи дека генерално поголемиот физикус има поголема енергетска потрошувачка.
8. $VO_2 \max$ има значајна негативна корелација со масната компонента кај двата типа на професионални спортисти (аеробни и анаеробни), додека кај силовите спортови $VO_2 \max$ има значајна негативна корелација со телесната тежина, но позитивна со процентот

на мускулна маса. Ова значи дека полесни и обезмастени спортисти имаат повисоки вредности за $VO_2 \max$, споредено со покрупните и тешки спортисти.

Од сето ова можеме да донесеме еден генерален заклучок дека професионалните спортисти имаат повисока МКМ односно поголема енергетска потрошувачка и подобар телесен состав во споредба со рекреативните спортисти и седентерите. Бидејќи МКМ е директно поврзана со мускулната маса, анаеробните спортисти имаат поголем енергетски метаболизам и потреба од поголем калориски внес. Максималната кислородна потрошувачка зависи од типот на мускулното влакно, а не од големината на мускулот односно од процентуална застапеност на мускулната маса.

Анекс 1

Асист. д-р Михаела Несторова Бражанска: Протокол за испитување на спортисти	
Лични податоци	
Име:	
Презиме:	
Датум на раѓање:	
Возраст:	
Адреса:	
Е – mail:	
Телефонски број:	
Спортска активност	Одговори
Спортска организација / клуб	
Спорт со кој се професионално се занимава?	
Колку години се занимава со спорт?	
Колку пати во неделата?	
Колку минути дневно?	
Дали се бави со рекреативен спорт?	

Ако сте одговориле ДА на претходното прашање колку пати неделно, колку часа дневно?		
Анамнеза	Заокружи	
Дали сте моментално болни или имате некаков медицински проблем?	ДА	НЕ
Дали сте имале подолга пауза со тренинзи поради медицинска причина?	ДА	НЕ
Дали некогаш сте имале забрана за бавење со физичка активност од страна на лекар ?	ДА	НЕ
Дали имате некакви хронични заболувања? (метаболни, респираторни, кардиолошки)	ДА	НЕ
Дали земате редовна терапија?	ДА	НЕ
Дали во моментот земате некакви лекови?	ДА	НЕ
Колку оброци во имате во текот на денот (главни оброци и ужинки)?		
Дали сте на некаков посебен режим на исхрана кој не ги вклучува некоја од основните макронутритиенти (протеини, јаглени хидрати или масти)?	ДА	НЕ
Ако сте одговориле со ДА на претходното прашање, за каков режим станува збор?		
Дали примате некакви суплементи (ако да, кои, колку пати на ден и колку време?)		
Дали имате јадено во последните 8 саати?	ДА	НЕ
Потврдувам дека сите податоци се точни	Дата	
Потпис		

ИНФОРМИРАНА СОГЛАСНОСТ

КЛУЧНИ ИНФОРМАЦИИ ЗА СТУДИЈАТА И ИСТРАЖУВАЧИТЕ

Наслов на студија: „Определување на метаболитичката количина во мирување и телесен состав кај спортска популација”

Главен истражувач: д-р Михаела Несторова Бражанска, специјалист по спортска медицина, ассистент, МЕП Институт за Физиологија, Медицински Факултет - Скопје.

Ментор : Бети Дејанова, професор и специјалист по спортска медицина, МЕП Институт за Физиологија, Медицински Факултет - Скопје.

Спонзор/и на студијата: МЕП Институт за Физиологија, Медицински Факултет - Скопје.

Поканети се сите спортисти (професионални и рекреативни) и седентери на возраст од 18 до 38 години со цел да се испитаат вредностите на метаболитичката количина во мирување, телесниот состав и максималната кислородна потрошувачка.

Со потпишувањето на овој документ, Вие се сложувате да учествувате во студијата. Осигурајте се дека добро разбравте за што се работи во студијата пред да потпишете.

Ќе добиете копија од овој документ за вас лично, а оригиналната потпишана форма ќе се чува во Вашето досие на оваа студија. Ако имате какво било прашање за студијата откако го потпишавте овој документ, можете да ја контактирате личноста дадена погоре.

Внимателно ги прочитав сите горенаведени информации и ја разбираам целта на истражувањето на кое се однесува. Имав можност да поставувам прашања и на сите прашања што ги поставив добив задоволителни одговори. Доброволно се согласувам да учествувам во ова истражување.

Име и презиме: _____

Потпис: _____

Датум на потпишување (ден/месец/година): _____

(Сите полиња мора да бидат пополнети!)

На учесникот му се дава копијата, а оригиналот ја задржува истражувачот!)

9. ИНФОРМАЦИИ ЗА КОНТАКТ

9.1. Кого може да контактира во случај на потреба додека учествува во оваа студија?

За време на траењето на студијата, во случај да имате какви било прашања можете да ги контактирате следниве особи:

Одговорниот истражувач: асист. д-р Михаела Несторова Бражанска

тел. број: +38978337781

e-mail: mihaelanestorova0@gmail.com

Коориднатор на студијата: проф. д-р Бети Дејанова

e-mail: betidejanova@medf.ukim.edu

Институција: Институт за Физиологија

тел. број: +389- 23-111-774

ЛИТЕРАТУРА

1. Adriaens, M. P., Schoffelen, P. F., & Westerterp, K. R. (2003). Intra-individual variation of basal metabolic rate and the influence of daily habitual physical activity before testing. *British Journal of Nutrition*, 90(3), 419–423.
2. Alexy, U., Sichert-Hellert, W., & Kersting, M. (2002). Fifteen-year time trends in energy and macronutrient intake in German children and adolescents: Results of the DONALD study. *British Journal of Nutrition*, 87(6), 595–604. <https://doi.org/10.1079/BJN2002574>
3. Allen, J. G., & Overbaugh, K. A. (1994). The adolescent athlete. Part III: The role of nutrition and hydration. *Journal of Pediatric Health Care*, 8(5), 250–254.
4. Antonio, J., & Stout, J. R. (2002). *Sports supplements*. Lippincott Williams & Wilkins.
5. Arciero, P. J., Goran, M. I., Gardner, A. M., Ades, P. A., Tyzbir, R. S., & Poehlman, E. T. (1993).
6. A practical equation to predict resting metabolic rate in older females. *Journal of the American Geriatrics Society*, 41(4), 389–395.
7. Astrand, P., Robinson, S., Edwards, H. T., & Dill, D. B. (1955). New records in human power. *Nature Science*.
8. Aub, J. C., & DuBois, E. F. (1917). Clinical calorimetry: The basal metabolism of dwarfs and legless men with observations on the specific dynamic action of protein. *Archives of Internal Medicine*, 19, 840–864.
9. Aub, J. C., & DuBois, E. F. (1917). The basal metabolism of old men. *Archives of Internal Medicine*, 19, 823–831.
10. Balcı, A., Tortu, E., Kabak, B., Akınoğlu, B., Hasanoğlu, A., & Kocahan, T. (2020). Investigation of the body composition and maximal oxygen consumption capacity

of elite boxing and wrestling athletes. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 22(3), 452-457.

11. Bathgate, K. E., Bagley, J. R., Jo, E., Talmadge, R. J., Tobias, I. S., Brown, L. E., & Galpin, A. J. (2018). Muscle health and performance in monozygotic twins with 30 years of discordant exercise habits. *European Journal of Applied Physiology*, 118(12), 2493–2504. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3943-7>
12. Bedogni, G. (2002). Per un profilo etico dei prodotti finanziari. In AA. VV. (Ed.), *Responsabilità sociale dell'impresa e finanza etica* (pp. [insert page range if available]). Milano: EGEA.
13. Bera T.K. (2014). Bioelectrical Impedance Methods for Noninvasive Health Monitoring: A review. *Journal of Medical Engineering*, article ID381251, 28 pages.
14. Bergström, J. (1962). Muscle electrolytes in man determined by neutron activation analysis on needle biopsy specimens. *The Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigations*, 14(Suppl. 68), 1-110.
15. Bird, S. R., & Hawley, J. A. (2017). Exercise and type 2 diabetes: New prescription for an old problem. *Maturitas*, 104, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.07.015>
16. Black AE, Coward WA, Cole TJ, Prentice AM. Human energy expenditure in affluent societies: an analysis of 574 doubly-labelled water measurements. *Eur J Clin Nutr*. 1996;50:72–92.
17. Blair, S. N., & Brodney, S. (1999). Effects of physical activity and body composition on resting metabolic rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(1), 141–146. <https://doi.org/10.1097/00005768-199901000-00020>
18. Bray, G. A. (1998). *Contemporary diagnosis and management of obesity*. Handbooks in Health Care.
19. Bucholz, A.C., Bartok, C., & Schoeller, D.A. (2004). The validity of bioelectrical impedance models in clinical populations. *Nutrition Clinical Practice*, 19, 433-446;

20. Burke, L. M., & Hawley, J. A. (2018). Swifter, higher, stronger: What's on the menu? *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 228-234.
21. Burke, L. M., & Hawley, J. A. (2018). Swifter, higher, stronger: What's on the menu? *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(2), 228–234. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0071>
22. Burke, L. M., Hawley, J. A., Jeukendrup, A., Morton, J. P., Stellingwerff, T., & Maughan, R. J. (2018). Toward a common understanding of diet–exercise strategies to manipulate fuel availability for training and competition preparation in endurance sport. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 28(5), 451-463.)
23. Burke, L. M., van Loon, L. J., & Hawley, J. A. (2017). Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *Journal of applied physiology*.
24. Burke LM, Loucks AB, Broad N. Energy and carbohydrate for training and recovery. *J Sports Sci* 2006; 24: 675–685.
25. Burr, D. B., Robling, A. G., & Turner, C. H. (2002). Effects of biomechanical stress on bones in animals. *Bone*, 30(6), 781–786.
26. Case, K. O., Brahler, C. J., & Heiss, C. (1997). Resting energy expenditures in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from prediction equations. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(11), 1288–1292.
27. Cavadini, C., Siega-Riz, A. M., & Popkin, B. M. (2000). US adolescent food intake trends from 1965 to 1996. *Western Journal of Medicine*, 173(6), 378–383.
28. Church, T. S., Thomas, D. M., Tudor-Locke, C., Katzmarzyk, P. T., Earnest, C. P., Rodarte, R. Q., Martin, C. K., Blair, S. N., & Bouchard, C. (2011). Trends over 5 decades in U.S. occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS ONE*, 6(5), e19657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019657>
29. Cooper, J. A., Manini, T. M., Paton, C. M., Yamada, Y., Everhart, J. E., Cummings, S. R., Mackey, D. C., Newman, A. B., Glynn, N. W., & Tykavsky, F. (2013).

Longitudinal change in energy expenditure and effects on energy requirements of the elderly. *Nutrition Journal*, 12, 73.

30. Cooper, J., Watras, A., O'Brien, M., Luke, A., Dobratz, J., Earthman, C., & Schoeller, D. (2009). Assessing validity and reliability of resting metabolic rate in six gas analysis systems. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(1), 128–132.
31. Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., & Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 149–154. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.40.2.149>
32. Cunningham, J. J. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 33(11), 2372–2374. <https://doi.org/10.1093/ajcn/33.11.2372>
33. da Rocha, E. E., Alves, V. G., & da Fonseca, R. B. (2006). Indirect calorimetry: Methodology, instruments, and clinical application. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 9(3), 247–256.
34. de Boer, J. O., van Es, A. J., Voorrips, L. E., Blokstra, F., & Vogt, J. E. (1988). Energy metabolism and requirements in different ethnic groups. *European Journal of Clinical Nutrition*, 42(12), 983–997.
35. De Jesus, S., Fitzgeorge, L., McGowan, E., & Prapavessis, H. (2012). Physical activity and body composition relations: Accurate and objective assessment of physical activity matters. *International Journal of Body Composition Research*, 10(2), 73–78.
36. De Lorenzo, A., Bertini, I., Candeloro, N., Piccinelli, R., Innocente, I., & Brancati, A. (1999). A new predictive equation to calculate resting metabolic rate in athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(3), 213–219.
37. Demirkan, E., Can, S., & Arslan, E. (2016). The relationship between body composition and aerobic fitness in boys and girls distance runners. *International Journal of Sports Science*, 6(2), 62–65.

38. de Oliveira, E. P., Orsatti, F. L., Teixeira, O., Maesta, N., & Burini, R. C. (2011). Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in overweight and obese adults. *Journal of Obesity*, 2011, 534714.

39. De Oliveira Segundo, V. H., Piuvezam, G., De Azevedo, K. P. M., De Medeiros, H. J., Leitão, J. C., & Knackfuss, M. I. (2019). Can people self-select an exercise intensity sufficient to enhance muscular strength during weight training?: A systematic review protocol of intervention studies. *Medicine (United States)*, 98(38).

40. de Souza Marques, D. C., Coelho, A. A., de Oliveira, F. M., Souza, M. A., & Borges, J. L. (2021). Resting metabolic rate: A comparison between different measurement methods used in male university students. *Sport Sciences for Health*, 17(3), 449–457. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-01470-6>

41. Després, J. P. (2012). Body fat distribution and risk of cardiovascular disease: An update. *Circulation*, 126(10), 1301–1313. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.067264>

42. Drewnowski, A., & Almiron-Roig, E. (2010). Human perceptions and preferences for fat-rich foods. In J. P. Montmayeur & J. le Coutre (Eds.), *Fat detection: Taste, texture, and post ingestive effects* (pp. [page numbers]). CRC Press/Taylor & Francis.

43. Durnin, J. V., & Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32(1), 77–97. <https://doi.org/10.1079/BJN19740060>

44. Essen, B., Jansson, E., Henriksson, J., Taylor, A. W., & Saltin, B. (1975). Metabolic characteristics of fibre types in human skeletal muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 95(2), 153-165.

45. European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). (2013). Scientific opinion on dietary reference values for energy. *EFSA Journal*, 11, 3005. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3005>

46. Favier, R. J., Constable, S. H., Chen, M., & Holloszy, J. O. (1986). Endurance exercise training reduces lactate production. *Journal of Applied Physiology*, 61(3), 877–881. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.61.3.877>

47. Fayazmilani, R., Abbasi, A., Hovanloo, F., & Rostami, S. (2022). The effect of TRX and bodyweight training on physical fitness and body composition in prepubescent soccer athletes. *Sport Sciences for Health*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11332-022-00908-1>

48. Fields, D., Wilson, D., Gladdens, B., Hunter, G., & Pascoe, D. (2001). Comparison of the Bod Pod with the four-compartment model in adult females. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(10), 1605–1610. <https://doi.org/10.1097/00005768-200110000-00008>

49. Fomon, S. J., Haschke, F., Ziegler, E. E., & Nelson, S. E. (1982). Body composition of reference children from birth to age 10 years. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 35(5), 1169–1175. <https://doi.org/10.1093/ajcn/35.5.1169>

50. Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., & Compher, C. (2005). Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: A systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 105(5), 775–789.

51. Frankenfield, D., Rowe, W., Smith, S., & Cooney, R. N. (2003). Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(9), 1152–1159

52. Frankenfield, D. C., Muth, E. R., & Rowe, W. A. (1998). The Harris-Benedict studies of human basal metabolism: History and limitations. *Journal of the American Dietetic Association*, 98(4), 439–445.

53. Fry, A. C., Schilling, B. K., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., & Thrush, J. T. (2003). Muscle fiber characteristics and performance correlates of male Olympic-style weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 746–754. <https://doi.org/10.1519/1533-4287>

54. Galpin, A. J., Raue, U., Jemiolo, B., Trappe, T. A., Harber, M. P., Minchev, K., et al. (2012). Human skeletal muscle fiber type specific protein content. *Analytical Biochemistry*, 425(2), 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2012.03.018>
55. Ghosh, A. (2004). Anaerobic threshold: Its concept and role in endurance sport. *The Malaysian Journal of Medical Sciences*, 11(1), 24-36.
56. Gibson, J. C., Stuart-Hill, L., Martin, S., & Gaul, C. (2011). Nutrition status of junior elite Canadian female football athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(6), 507–514. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.21.6.507>
57. Gibson, R. S. (1990). *Principles of nutritional assessment*. Oxford University Press.
58. Gibson A.L., Holmes C.J., Desautels R.L., Edmonds L.B. & Nuudi L.(2008) Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-component-model percentage body fat in Hispanic, black, and white adults. *Am J Clin Nutr*, 87:332-8.
59. Goran, M., Fields, D.A., Hunter, G.R., Herd, S.L., & Weinsier, R.L. (2000). Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *International Journal of Obesity*, 24, 841–848. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801263>
60. Hackney, A. C. (2019). Molecular and physiological adaptations to endurance training. In M. Schumann & B. Rønnestad (Eds.), *Concurrent aerobic and strength training* (pp. 37–58). Springer.
61. Hafekost, K., Lawrence, D., Mitrou, F., et al. (2013). Tackling overweight and obesity: Does the public health message match the science? *BMC Medicine*, 11, 41. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-41>
62. Harris, J. A., & Benedict, F. G. (1918). A biometric study of human basal metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 4(6), 370–373.
63. Hasson, R., Howe, C., Jones, B., & Freedson, P. (2011). Accuracy of four resting metabolic rate prediction equations: Effects of sex, body mass index, age, and race/ethnicity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(4), 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.02.008>

64. Hawley, A., Lundby, C., Cotter, J. D., & Burke, L. M. (2018). Cellular metabolism and its implications. *Cell Metabolism*, 27(6), 962–976. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.05.009>
65. Henry, C. J., & Rees, D. G. (1991). New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *European Journal of Clinical Nutrition*, 45(3), 177–185.
66. Henry, C. J. (2000). Mechanisms of changes in basal metabolism during ageing. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(6), 468–472. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600996>
67. Henry, C. J. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: Measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 1133–1152.
68. Heyward, V. H., & Stolarczyk, L. M. (1996). *Applied body composition assessment*. Human Kinetics.
69. Hickson, J. F., Johnson, C. W., Schrader, J. W., & Stockton, J. E. (1987). Promotion of athletes' nutritional intake by a university foodservice facility. *Journal of the American Dietetic Association*, 87(7), 926–927.
70. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. Energy balance and obesity. *Circulation*. 2012;126:126–32.
71. Hoppeler, H., & Vogt, M. (2001). Muscle tissue adaptations to training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 217–224.
72. Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6), a029769. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
73. Institute of Medicine. (2005). *Water*. In *Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate* (pp. 73–185). National Academies Press.

74. Ivy, J. L., Withers, R. T., van Handel, P. J., Elger, D. H., & Costill, D. L. (1980). Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 48(3), 523-527.
75. Jagim, A. R., Jones, M. T., Askow, A. T., Luedke, J., Erickson, J. L., Fields, J. B., & Kerkick, C. M. (2023). Sex differences in resting metabolic rate among athletes and association with body composition parameters: A follow-up investigation. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(3), 45-58. <https://doi.org/10.3390/jfmk8030045>
76. Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
77. Jensen, J., Rustad, P. I., Kolnes, A. J., & Lai, Y. C. (2011). The role of skeletal muscle glycogen breakdown for regulation of insulin sensitivity by exercise. *Frontiers in Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2011.00065>
78. Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Applied Physiology*, 110(2), 585–596. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00949.2010>
79. Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. (1985). *Energy and protein requirements: Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation*. World Health Organization Technical Report Series, 724, 1–206.
80. Judges, D., Knight, A., Graham, E., & et al. (2012). Estimating energy requirements in hospitalized underweight and obese patients requiring nutritional support: A survey of dietetic practice in the United Kingdom. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66, 394–398. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2011.146>
81. Kadowaki, T., & Yamauchi, T. (2005). Adiponectin and adiponectin receptors. *Endocrine Reviews*, 26(3), 439–451. <https://doi.org/10.1210/er.2004-0012>

82. Koehler, K., Braun, H., Achtzehn, S., Hildebrand, U., Predel, H. G., Mester, J., & Schaenzer, W. (2012). Iron status in elite young athletes: Gender-dependent influences of diet and exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 513–523. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2009-1>
83. Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 35(4), 339–361. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00002>
84. Krogh, A. (1923). Determination of standard (basal) metabolism of patients by recording apparatus. *Boston Medical and Surgical Journal*, 189, 313–317.
85. Kushner R.F. (1992). Bioelectrical Impedance Analysis: A Review of Principles and Applications. *Journal of the American College of Nutrition*. 11(2):199-209.
86. Kyle, U. G., Genton, L., & Pichard, C. (2005). Body composition: What's new? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 8(5), 511–516. <https://doi.org/10.1097/01.mco.0000181932.51040.06>
87. Kyle U, Bosaeus I, Lorenzo A, et al. (2003) Bioelectrical impedance analysis – part II: Utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23:1430-53.
88. Lee, R. D., & Nieman, D. C. (1998). *Nutritional assessment* (2nd ed.). McGraw-Hill.
89. Leung, R., Woo, J., Chan, D., & Tang, N. (2000). Validation of prediction equations for basal metabolic rate in Chinese subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 54(7), 551–424.
90. Liu, H. Y., Lu, Y. F., & Chen, W. J. (1995). Predictive equations for basal metabolic rate in Chinese adults: A cross-validation study. *Journal of the American Dietetic Association*, 95(12), 1403–1408.
91. Loucks, A. B. (2004). Energy balance and body composition in sports and exercise. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 1–14.

92. Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 41(5), 810–817. <https://doi.org/10.1093/ajcn/41.5.810>
93. Lukaski, H.C. (1987). Methods for the assesement of human body composition: traditional and new. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46, 537-556.
94. MacArthur, D. G., & North, K. N. (2005). Genes and human elite athletic performance. *Human Genetics*, 116(5), 331–339. <https://doi.org/10.1007/s00439-005-0008-1>
95. Maciejczyk, M., Więcek, M., Szymura, J., Szyguła, Z., Wiecha, S., et al. (2014). The influence of increased body fat or lean body mass on aerobic performance. *PLOS ONE*, 9(4), e95797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095797>
96. Magnus-Levy, A. (1895). Über den respiratorischen Gaswechsel unter Einfluss der Thyroidea sowie unter verschiedenen pathologischen Zuständen. *Zeitschrift für Klinische Medizin*, 27, 1–26.
97. Manini, T. M. (2010). Energy expenditure and aging. *Ageing Research Reviews*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2009.05.002>
98. Martin, L., Lambeth, A., & Scott, D. (2006). Nutritional practices of national female football players: Analysis and recommendations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 130–137. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.018366>
99. Mazic, S., Lazovic, B., Djelic, M., Suzic-Lazic, J., Acimovic, T., & Brkic, P. (2014). Body composition assesemnt in athletes: systematic review. *Medicinski pregled*, 67(7-8), 255-260.
100. McArdle W (2006). „Essentials of exercise physiology.“ *Lippincott Williams & Wilkins*. p. 266. ISBN 9780495014836.
101. McInnis, K.J., & Balady, G.J. (1999). Effect of body composition on oxygen uptake during treadmill exercise: Body builders versus weight-matched men. *Research*

Quarterly for Exercise and Sport, 70, 150–156.
<https://doi.org/10.1080/02701367.1999.10608025>

102. Methenitis, S., Karandreas, N., Spengos, K., Zaras, N., Stasinaki, A. N., & Terzis, G. (2016). Muscle fiber conduction velocity, muscle fiber composition, and power performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(9), 1761–1771.
103. Mialich, M.S., Faccioli Sicchieri, J.M., & Jordao, J.A.A. (2014). Analysis of Body Composition: A critical review of the use of bioelectrical impedance analysis. *Internationale Journal of Clinical Nutrition*, 2(1):1-10.
104. Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., & Koh, Y. O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51(2), 241–247.
105. Mitchell, H. H. (1964). *Comparative nutrition of man and domestic animals* (Vol. I). Academic Press.
106. Moon, J.R., Tobkin, S.E., Stout, J.R., Smith, A.E., Roberts, M.D, Ryan, E.D., et al. (2008). Percent of body fat estimations in college men using field and laboratory methods: A three-compartment model approach. *Dynamic Medicine*, 7(7), 63-68.
107. Moon JR. (2013). Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedanc analysis technique. *Eur J Clin Nutr* 67 (1):S54-9.
108. Muller, M. J., Bosy-Westphal, A., Klaus, S., Kreymann, G., Luhrmann, P. M., Neuhauser-Berthold, M., Noack, R., Pirke, K. M., Platte, P., Selberg, O., & Steiniger, J. (2004). World Health Organization equations have shortcomings for predicting resting energy expenditure in persons from a modern, affluent population: Generation of a new reference standard from a retrospective analysis of a German database of resting energy expenditure. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80(5), 1379–1390. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1379>
109. Müller, M. J., Bosy-Westphal, A., Kutzner, D., & Heller, M. (2002). Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: Recent lessons from imaging technologies. *Obesity Reviews*, 3(2), 113–122. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2002.00062.x>

110. Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., & Warren, M. P. (2007). The Female Athlete Triad. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10), 1867–1882. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111>
111. Nelson, K. M., Weinsier, R. L., Long, C. L., & Schutz, Y. (1992). Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56(5), 848–856. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.5.848>
112. Nestorova Brazanska, M., Spirkovska Vangelovska, B., Dejanova, B., Karagjozova, I., & Pluncevic Gligoroska, J. (2022). The resting metabolic values related to different sport disciplines. *Research in Physical Education, Sport and Health*, 11(1), 147–151.
113. Nielsen, H. B., Secher, N. H., & Christensen, N. J. (1996). Whole body glucose homeostasis during exercise: The role of the sympathetic nervous system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 157(4), 397–404.
114. O'Neill, J. E. R., Corish, C. A., & Horner, K. (2023). Accuracy of resting metabolic rate prediction equations in athletes: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 53(12), 2373–2398
115. Ortega, R., Grandes, G., Sanchez, A., Montoya, I., & Torcal, J. (2019). Cardiorespiratory fitness and development of abdominal obesity. *Preventive Medicine*, 118, 232-237. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.11.008>
116. Owen, O. E., Holup, J. L., D'Alessio, D. A., Craig, E. S., Polansky, M., Smalley, K. J., Kavle, E. C., Bushman, M. C., Owen, L. R., Mozzoli, M. A., & et al. (1987). A reappraisal of the caloric requirements of men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46(5), 875–885.
117. Owen, O. E., Kavle, E., Owen, R. S., Polansky, M., Caprio, S., Mozzoli, M. A., Kendrick, Z. V., Bushman, M. C., & Boden, G. (1986). A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 44(1), 1–19.
118. Padykula, H. A., & Herman, E. (1955). The specificity of the histochemical method for adenosine triphosphatase. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 3(2), 170-195.

119. Paolisso, G., Gambardella, A., Balbi, V., Ammendola, S., D'Amore, M., & Varricchio, M. (1995). Body composition, body fat distribution, and resting metabolic rate in healthy centenarians. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62(4), 538–543. <https://doi.org/10.1093/ajcn/62.4.538>
120. Parry-Williams, G., Gati, S., & Sharma, S. (2021). The heart of the ageing endurance athlete: The role of chronic coronary stress. *European Heart Journal*, 42(28), 2737–2744. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab095>
121. Pellegrino, M. A., Canepari, M., Rossi, R., & Reggiani, C. (1999). Specific contributions of various muscle fibre types to human muscle performance: An in vitro study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9(2), 87–95. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(98\)00040-6](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(98)00040-6)
122. Pette, D., & Staron, R. S. (2000). Myosin isoforms, muscle fiber types, and transitions. *Microscopy Research and Technique*, 50(6), 500–509.
123. Phang, P. T., Rich, T., & Ronco, J. (1990). A validation and comparison study of two metabolic monitors. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 14(3), 259–264.
124. Piers, L. S., & Shetty, P. S. (1993). Basal metabolic rates of Indian women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 47(9), 586–591.
125. Pitsiladis, Y. P., & Wang, G. (2014). The role of genes and environmental factors in the success of elite athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(4), 561–572.
126. Poehlman, E. T., Melby, C. L., & Badylak, S. F. (1988). Resting metabolic rate and postprandial thermogenesis in highly trained and untrained males. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 47(5), 793–798.
127. Prince, F. P., Hikida, R. S., & Hagerman, F. C. (1976). Human muscle fiber types in power lifters, distance runners, and untrained subjects. *Pflugers Archiv: European Journal of Physiology*, 363(1), 19–26. <https://doi.org/10.1007/BF00584834>

128. Rao, Z. Y., Wu, X. T., Liang, B. M., Wang, M. Y., & Hu, W. (2012). Comparison of five equations for estimating resting energy expenditure in Chinese young, normal weight healthy adults. *European Journal of Medical Research*, 17(1), 26.
129. Ravussin, E., & Bogardus, C. (1989). Relationship of genetics, age, and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49(5), 968–975.
130. Rising, R., Harper, I. T., Fontvielle, A. M., Ferraro, R. T., Spraul, M., & Ravussin, E. (1994). Determinants of total daily energy expenditure: Variability in physical activity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59(3), 800–804.
131. Rosenbloom, C. A., Loucks, A. B., & Ekblom, B. (2006). Special populations: The female player and the youth player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 783–793.
132. Ross, R., & Janssen, I. (2007). Physical activity, total and regional obesity: Dose-response considerations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1777–1783. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616c3f>
133. Roza AM, Shizgal HM (1984). „The Harris Benedict equation reevaluated: resting energy requirements and the body cell mass". *The American Journal of Clinical Nutrition*. 40 (1): 168–82
134. Rønnestad, B. R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.12177>
135. Sallet, P., Perrier, D., Ferret, J. M., Vitelli, V., & Baverel, G. (2005). Physiological differences in professional basketball players as a function of playing position and level of play. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 291–294.
136. Saltin, B., & Astrand, P.-O. (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *Journal of Applied Physiology*, 22(3), 647–661. <https://doi.org/10.1152/jappl.1967.22.3.647>
137. Saltin, B., & Gollnick, P. D. (1983). Skeletal muscle adaptability: Significance for metabolism and performance. In L. D. Peachy, R. H. Adrian, & S. R. Geiger (Eds.), *Handbook of physiology: Skeletal muscle*. American Physiological Society.

138. Saltin, B., & Grimby, G. (1968). Physiological analysis of middle-aged and old former athletes. Comparison with still active athletes of the same ages. *Circulation*, 38(6), 1104–1115.
139. Saltin, B., & Rowell, L. B. (1980). Functional adaptations to physical activity and inactivity. *Federation Proceedings*, 39(5), 1506–1513.
- Favier, R. J., Constable, S. H., Chen, M., & Holloszy, J. O. (1986). Endurance exercise training reduces lactate production. *Journal of Applied Physiology*, 61(3), 877–881. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.61.3.877>.
140. Sawka, M. N., Cheuvront, S. N., & Carter, R. (2005). Human water needs. *Nutrition Reviews*, 63, S30–S39.
141. Schmalz, K. (1993). Nutritional beliefs and practices of adolescent athletes. *Journal of School Nursing*, 9(2), 18–22.
142. Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
143. Schofield, C. (1985). An annotated bibliography of source material for basal metabolic rate data. *Human Nutrition: Clinical Nutrition*, 39(Suppl. 1), 42–91.
144. Schofield, W. N. (1985). Predicting basal metabolic rate: New standards and review of previous work. *Human Nutrition: Clinical Nutrition*, 39(Suppl 1), 5–41.
145. Schott, N., Johnen, B., & Holfelder, B. (2019). Effects of free weights and machine training on muscular strength in high-functioning older adults. *Experimental Gerontology*, 122, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.03.012>.
146. Scientific Advisory Committee on Nutrition. (2012). *Dietary reference values for energy*. London: The Stationery Office

147. Serrano, N., Colenso-Semple, L. M., Lazauskus, K. K., Siu, J. W., Bagley, J. R., Lockie, R. G., Costa, P. B., & Galpin, A. J. (2019). Extraordinary fast-twitch fiber abundance in elite weightlifters. *PLoS One*, 14(3), e0214462.
148. Shetty, P. (2005). Energy requirements of adults. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 994–1009.
149. Shetty P. Energy requirements of adults. *Public Health Nutr.* 2005;8:994–1009.
150. Shirreffs, S. M., & Sawka, M. N. (2011). Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 29(S1), S39–S46.
151. Siedler, M. R., De Souza, M. J., Albracht-Schulte, K., et al. (2023). The influence of energy balance and availability on resting metabolic rate: Implications for assessment and future research directions. *Sports Medicine*, 53(12), 1507–1526. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01901-2>
152. Slater, G., & Phillips, S. M. (2011). Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Sciences*, 29(S1), S67–S77.
153. Slater, J., Brown, R., McLay-Cooke, R., & Black, K. (2016). Low energy availability in exercising women: Historical perspectives and future directions. *Sports Medicine*, 46(12), 1817–1833. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0583-0>
154. Smith, M., et al. (2019). Variable resistance training versus traditional weight training on the reflex pathway following four weeks of leg press training. *Somatosensory & Motor Research*, 36(3), 223–229. <https://doi.org/10.1080/08990220.2019.1659238>
155. Soares, M. J., Francis, D. G., & Shetty, P. S. (1993). Predictive equations for basal metabolic rates of Indian males. *European Journal of Clinical Nutrition*, 47(6), 389–394.
156. Song, T., Venkataraman, K., Gluckman, P., Seng, C. Y., Meng, K. C., Khoo, E. Y., Leow, M. K., Seng, L. Y., & Shyong, T. E. (2014). Validation of prediction

equations for resting energy expenditure in Singaporean Chinese men. *Obesity Research & Clinical Practice*, 8(2), e201–e298.

157. Souza, F. I., Amâncio, O. M., Sarni, R. O., Pitta, T. S., Fernandes, A. P., Fonseca, F. L., et al. (2008). Nonalcoholic fatty liver disease in obese children. *Revista Paulista de Pediatria*, 26(2), 136–141.
158. Speakman, J. R., & Selman, C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(3), 621–634. <https://doi.org/10.1079/pns2003282>.
159. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
160. Sundgot-Borgen, J., & Garthe, I. (2011). Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body composition. *Journal of Sports Sciences*, 29(S1), S101–S114.
161. Sutton, L., Scott, M., Wallace, J., & Reilly, T. (2009). Body composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *Journal of Sports Sciences*, 27(10), 1019–1026. <https://doi.org/10.1080/02640410903017005>
162. Tataranni, P. A., & Ravussin, E. (1995). Variability in metabolic rate: Biological sites of regulation. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders*, 19(10), 725–734. <https://doi.org/10.1038/ijo.0800423>
163. Ten Haaf, T., & Weijs, P. J. M. (2014). Resting energy expenditure prediction in recreational athletes of 18–35 years: Confirmation of Cunningham equation and an improved weight-based alternative. *PLoS ONE*, 9(10), e108460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108460>
164. Tesch, P. (1980). Muscle fatigue in man with special reference to lactate accumulation during short term intense exercise. *Acta Physiologica Scandinavica, Suppl. 480*, 1–40.

165. Tesch, P. A., & Karlsson, J. (1985). Muscle fiber types and size in trained and untrained muscles of elite athletes. *Journal of Applied Physiology* (1985), 59(6), 1716–1720. <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.59.6.1716>

166. Thom, G., Gerasimidis, K., Rizou, E., Alfheaid, H., Barwell, N., Manthou, E., & Malkova, D. (2020). Validity of predictive equations to estimate RMR in females with varying BMI. *Journal of Nutritional Science*, 9, e11. <https://doi.org/10.1017/jns.2020.11>

167. Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(3), 543–568. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852>

168. Thompson, J. L. (1998). Energy balance in young athletes. *International Journal of Sport Nutrition*, 8(2), 160–174.

169. Thorstensson, A. (1976). Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiologica Scandinavica, Suppl.* 443, 1-45.

170. Tobias, I. S., Lazauskas, K. K., Arevalo, J. A., Bagley, J. R., Brown, L. E., & Galpin, A. J. (2017). Fiber type-specific analysis of AMPK isoforms in human skeletal muscle: Advancement in methods via capillary nano-immunoassay. *Journal of Applied Physiology*(1985). Advance online publication. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00894.2017>

171. Todorovic, V. E., & Micklewright, A. (2011). *A pocket guide to clinical nutrition* (4th ed.). Birmingham: PENG, The Parenteral and Enteral Nutrition Group of the British Dietetic Association.

172. Tontodonati, M. P., & Gallagher, D. (2010). Body composition changes with aging: The cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*, 26(4), 1074–1084. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.12.003>

173. Trappe, S., Luden, N., Minchev, K., Raue, U., Jemiolo, B., & Trappe, T. A. (2015). Skeletal muscle signature of a champion sprint runner. *Journal of Applied*

174. Tremblay, A., Fontaine, E., Poehlman, E. T., Mitchell, D., Perron, L., & Bouchard, C. (1986). The effect of exercise-training on resting metabolic rate in lean and moderately obese individuals. *International Journal of Obesity*, 10(6), 511–517. PMID: 3492457
175. Vander Weg, M. W., Watson, J. M., Klesges, R. C., Eck Clemens, L. H., Slawson, D. L., & McClanahan, B. S. (2004). Development and cross-validation of a prediction equation for estimating resting energy expenditure in healthy African-American and European-American women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(3), 474–480.
176. Venkata, R. Y., Surya, K. M., Sudhakar, R. S., & Balakrishna, N. (2004). Effect of changes in body composition profile on VO₂max and maximal work performance in athletes. *Professionalization of Exercise Physiology*, 7(1).
177. Vogel, J.A., & Friedl, K.E. (1992). Army data: Body composition and physical capacity. In *Body composition and physical performance* (pp. 89–103). National Academy Press. Washington, DC.
178. Wang Z, Bosy-Westphal A, Schuatz B, Muller M: Mechanistic model of mass-specific basal metabolic rate: Evaluation in healthy young adults. *Int J Body Comp Res* 9:147–152, 2011.
179. Weijs, P. J. (2008). Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18–65 years. *American Journal of Clinical Nutrition*, 88(4), 959–970.
180. Westerterp, K. R. (2003). Impacts of vigorous and non-vigorous activity on daily energy expenditure. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(3), 645–650.
181. Willett, W. C., & Leibel, R. L. (2002). Dietary fat is not a major determinant of body fat. *American Journal of Medicine*, 113(9), 47–59.

182. Willis, L. H., Slentz, C. A., Bateman, L. A., Shields, A. T., Piner, L. W., Bales, C. W., Houmard, J. A., & Kraus, W. E. (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults. *Journal of Applied Physiology*, 113(12), 1831–1837.
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01043.2011>
183. Yang, X., Li, M., Mao, D., Zeng, G., Zhuo, Q., Hu, W., Piao, J., & Huang, C. (2010). Basal energy expenditure in southern Chinese healthy adults: Measurement and development of a new equation. *British Journal of Nutrition*, 104(12), 1817–1823.

Биографски податоци за кандидатот

Д-р Михаела Несторова Бражанска

Асист. д-р Михаела Несторова Бражанска е родена 1988 година во Скопје. Основно и средно образование завршила во Скопје со одличен успех. Медицинскиот факултет го завршила во Скопје во 2013 година, со среден успех 9.05. Од април, 2016 година е вработена на Институтот за физиологија каде зема учеството во практичната настава, како и во здравствената дејност во Кабинетот за спортска медицина. Специјализацијата по спортска медицина ја завршува во октомври 2019. Студент е на трет циклус – докторски студии на Школата за докторски студии на УКИМ во Скопје од научната област базична медицина. Кандидатката активно го владее англискиот јазик (Cambridge Certificate of Preliminary English –B1). Во рамките на наставно- образовната дејност на Катедрата за физиологија при Медицинскиот факултет во Скопје, кандидатката ја изведува практичната настава на прв циклус студии на студиските програми на Факултетите за медицина, стоматологија, фармација, како и на Тригодишните стручни студии за медицински сестри, физиотерапевти, логопеди, акушерки и за инжењери по медицинска лабораториска дијагностика.

ИЗЈАВА

Изјавувам дека докторскиот труд е оригинален труд, изработен самостојно, дека уредно ги цитирам сите користени извори и литература и дека трудот не е користен во рамките на други универзитетски студии или за стекнување на друго звање.

Своерачен потпис на авторот

Михаела Несторова Бражанска

ИЗЈАВА

Изјавувам дека електронската верзија на докторскиот труд е идентична со отпечатениот докторски труд.

Своерачен потпис на авторот

Михаела Несторова Бражанска

