



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Марија Анђелковић

УТИЦАЈ ПРАВИЛНЕ СПОРТСКЕ ИСХРАНЕ И СУПЛЕМЕНТАЦИЈЕ
АСТАКСАНТИНОМ НА СПОРТСКУ СПОСОБНОСТ
И ОКСИДАЦИОНИ СТРЕС ПРОФЕСИОНАЛНИХ
МЛАДИХ ФУДБАЛЕРА

докторска дисертација

Крагујевац, 2016

ЗАХВАЛНИЦА

Рад на овом докторату, а пре свега његово писање, сигурно је један од највећих изазова које сам имала. Са овом студијом кренуло је моје интересовање за област исхране и суплементације и то је на време препознао ментор доц. др Ненад Дикић коме дугујем највећу захвалност и поштовање. Драги Ненаде, хвала ти што си мом докторату дао живот, смисао и вредност – без тебе он не би постојао. Твоја вера да људи могу да остваре све што желе, само ако се довољно потруде – овога пута је победила сву моју несигурност и оклевања. Хвала ти што си показао велико стрпљење, упорност и снагу да се истраживање заврши до краја. Честитам ти на твом првом менторству и нека ти сва будућа буду још успешнија.

Велику захвалност дугујем драгој др. сци Ивани Баралић са којом сам заједно кренула у авантуру писања и рада на овом докторату. Њена марљивост, посвећеност и пожртвованост помогле су ми да савладам многе препреке и зато сам јој неизмерно захвална.

Захваљујем се др Ненаду Радивојевићу који је одабиром да своју професионалну каријеру крене у другом правцу, мени препустио да објавим резултате нашег заједничког рада.

Поштовани професоре Јаковљевићу, дугујем Вам захвалност и поштовање што сте мени и мојим колегама омогућила да пут до одбране доктората прођемо достојанствено и да се осећамо вредни титуле коју стичемо.

Драге моје колеге у Антидопинг агенцији Републике Србије, Удружењу за медицину спорта Србије, ординацији “Вита Максима” и Центру за спортску исхрану и суплементацију – хвала вам! Били сте моја свакодневна подршка и овај докторат је и ваша велика заслуга.

Драгој проф. Брижити Ђорђевић и свим њеним колегама на Фармацеутском факултету дугујем захвалност за велики научни допринос у изради мог доктората.

Желим да се захвалим младим фудбалерима и ФК Партизану што су били стрпљиви и истрајни да учествују у овој студији, у данима када им исхрана и суплементација баш и нису били приоритет.

И на крају, а у ствари увек присутни од почетка, налази се моја породица и моји пријатељи. Вама дугујем захвалност што имам са ким искрено да поделим своје најлепше животне тренутке, међу којима је и одбрана моје докторске дисертације.

Искрено се захваљујем свима које можда нисам споменула а осећају да су дали допринос изради моје докторске дисертације.

САДРЖАЈ

ЗАХВАЛНИЦА

САДРЖАЈ

ЛИСТА СКРАЋЕНИЦА КОРИШЋЕНИХ У ТЕКСТУ

1. УВОД

2. ОПШТИ ДЕО

2.1 ФИЗИЧКЕ СПОСОБНОСТИ ФУДБАЛЕРА

2.1.1 Антропометријске одреднице физичке способности

2.1.2 Функционалне одреднице физичке способности

2.1.3 Биоенергетске одреднице физичке способности – аеробна
способност

2.1.4 Психолошке одреднице физичке способности

2.2 НУТРИТИВНИ СТАТУС ФУДБАЛЕРА

2.3 ОКСИДАЦИОНИ СТАТУС ФУДБАЛЕРА

3. ЦИЉ СТУДИЈЕ

4. ХИПОТЕЗА

5. МАТЕРИЈАЛ

5.1 Дизајн студије

5.2 Испитаници

6. МЕТОДЕ

6.1 Антропометријске одреднице физичке способности младих фудбалера

6.2 Функционалне одреднице физичке способности младих фудбалера

6.3 Аеробна способност младих фудбалера

6.4 Нутритивни статус младих фудбалера

6.4.1 Хематолошки и биохемијски параметри крви

6.5 Оксидациони статус

6.6 Процена стања коже лица

6.7 Статистичка обрада података

7. РЕЗУЛТАТИ

7.1 Карактеристике младих фудбалера на почетку студије

7.1. 1 Антропометријске одреднице физичке способности младих фудбалера

7.1. 2 Функционалне одреднице физичке способности младих фудбалера

7.1. 3 Аеробна способност младих фудбалера

7.1. 4 Нутритивни статус младих фудбалера

7.2 Утицај правилне исхране и суплементације атаксантином на спортску способност младих фудбалера

7.2.1 Резултат правилне исхране и суплементације атаксантином на хематолошке и биохемијске параметре

7.2.2 Резултат правилне исхране и суплементације атаксантином на аеробну способност

7.2.3 Резултат правилне исхране и суплементације атаксантином на оксидациони статус

7.2.4 Резултат правилне исхране и суплементације атаксантином на кожу лица

8. ДИСКУСИЈА

9. ЗАКЉУЧАК

10. ЛИТЕРАТУРА

ЛИСТА СКРАЋЕНИЦА КОРИШЋЕНИХ У ТЕКСТУ

ALT- аланин аминотрансфераза

AST- аспартат аминотрансфераза

Asx - астаксантин

BMI – (*eng. Body Mass Index*), индекс телесне масти

CAT- каталаза

СК- креатин киназа

CRP- Ц реактивни протеин

CPT1 - карнитин палмитоилтрансфераза

DOMS- (*eng. Delayed onset of muscle soreness*), одложена упала мишића

EDTA- етилендиаминотетрасирћетна киселина

FIFA – (*fr. Fédération Internationale de Football Association*), Интернационална федерација фудбалских асоцијација

FFM – (*eng. fat free mass*), безмасно ткиво

LBM – (*eng. lean body mass*), безмасно ткиво

F – (*eng. fat mass*), телесна маст

F% - (*eng. fat mass percentage*), проценат телесне масти

GPX- глутатион пероксидаза

GR- глутатион редуктаза

Hb- хемоглобин

Hct- хематокрит

HDL- (*eng. high density lipoprotein*), липопротеини високе густине

LDH -лактат дехидрогеназа

LDL- (*eng. low density lipoprotein*), липопротеини ниске густине

MCV – (*eng. Mean Corpuscular Volume или Mean Cell Volume*), средња запремина еритроцита

MCHC – (*eng. mean corpuscular hemoglobin concentration*), средња концентрација хемоглобина

NADH- редуковани никотинамид аденин-динуклеотид
NADPH- никотинамидаденин-динуклеотид фосфат
PAB- прооксидационо-антиоксидациони баланс
PLA2 - фосфолипаза A2
P - плацебо
PON1- параоксоназа 1
PGC - 1 α – (*eng Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha*),
пероксисом пролифератор активирани рецептор- гама коактиватора-1 α
RDA- (*eng. recommended dietary allowances*) – препоручени дијететски унос
RNS- (*eng. reactive nitrogen species*) – реактивне врсте азота
ROS- (*eng. reactive oxigen species*) – реактивне врсте кисеоника
SOD- супероксид дисмутаза
TAS- тотални антиоксидациони статус
TG- триглицериди
TOS- тотални оксидациони статус
TP - укупни протеини
TM – телесна маса
TB – телесна висина
УХ – угљени хидрати
VLDL- (*eng. very low density lipoprotein*), липопротеини веома ниске густине
VO₂max – максимална потрошња кисеоника или аеробни капацитет

1. УВОД

Импресиван податак да 4% људи (270 милиона) активно учествује у фудбалу, долази из последње доступне велике анализе (Big Count) коју је спровела ФИФА 2006. године међу 207 националних федерација света (1). Кина, Америка, Индија, Немачка и Бразил се налазе у првих 5 земаља по укупном броју фудбалера. Србија се налази у првој половини земаља по броју регистрованих и нерегистрованих играча (на 88.месту са 441.682 фудбалера, са 59 фудбалера на 1000 становника) и у првих 50 ако се посматра број клубова и број званичника у фудбалу. Значајно је да се број младих фудбалера испод 18 година повећао за 7% у односу на 2000.годину, што говори у прилог томе да деца и адолесценти све више бирају фудбал као омиљени спорт.

Табела 1.1. Фудбалски савези на свету по броју активних (регистрованих и нерегистрованих) фудбалера. ФИФА Big Count 2006.

Редни број	Савез	Сви фудбалери	Регистровани фудбалери	Нерегистровани фудбалери	Клубови	Спортски званичници
1	Кина	26.166.335	711.235	25.455.100	2.221	129.057
2	САД	24.472.778	4.186.778	20.286.000	9.000	796.300
3	Индија	20.587.900	384.900	20.203.000	6.540	38.640
4	Немачка	16.308.946	6.308.946	10.000.000	26.837	159.172
5	Бразил	13.197.733	2.141.733	11.056.000	29.208	61.000
6	Мексико	8.479.595	324.595	8.155.000	311	85.789
7	Индонезија	7.094.260	66.960	7.027.300	83	1.069
8	Нигерија	6.653.710	58.710	6.595.000	52	33.122
9	Бангладеш	6.280.300	271.300	6.009.000	4.100	75.604
10	Русија	5.802.536	846.736	4.955.800	14.329	259.830
11	Италија	4.980.296	1.513.596	3.466.700	16.697	78.481
12	Јапан	4.805.150	1.045.150	3.760.000	2.000	249.603
13	Јужна Африка	4.540.410	1.469.410	3.071.000	900	20.557
14	Француска	4.190.040	1.794.940	2.395.100	20.062	285.723
15	Енглеска	4.164.110	1.485.910	2.678.200	42.490	168.186
16	Етиопија	3.474.245	56.245	3.418.000	1.004	310.600

17	Египат	3.138.110	52.110	3.086.000	608	18.270
18	Колумбија	3.043.229	291.229	2.752.000	2.773	15.800
19	Пакистан	2.975.400	64.400	2.911.000	720	9.900
20	Шпанија	2.834.190	653.190	2.181.000	18.190	62.573
...
88	Србија	441.682	132.182	309.500	2.096	14.084

Када се погледају ове цифре, логично је очекивати да постоји велики број научних радова који анализирају фудбал као феномен, као и факторе и механизме који одређују спортске способности играча. Међутим, тек током протекле две деценије повећао се број студија које директно описују фудбалере и фудбал (2). И поред тога, мета анализа доступних радова на интернету о нутритивним интервенцијама у фудбалу, показује скроман број истраживања која не дају јасне поруке и смернице, због чега су додатна истраживања неопходна (3). Од 177 различитих научних радова који су описивали акутне нутритивне интервенције у фудбалу нађених у бази података на интернету до 2013.године, аутор Расел је у метаанализи финално изабрао само 13 радова који су задовољили критеријуме за процену квалитета рада према Physiotherapy Evidence Database (PEDro) скали. Овај податак говори о комплексности проучавања овог феномена код спортиста иако постоји очигледна заинтересованост истраживача. Већина студија (осам) је испитивала утицај угљених хидрата на техничке способности фудбалера, а тек њих неколико утицај кофеина и утицај хидрације.

Кроз научну литературу најчешће се описују физичке способности фудбалера као фактори који могу да утичу на селекцију играча у тиму, а спортске способности се доводе у директну корелацију са неуромишићним системом који утиче на техничке, тактичке, физичке, физиолошке и психолошке карактеристике фудбалера (4). Један од разлога зашто је фудбал толико популаран је управо у чињеници да спортиста не мора да има високоразвијене и натпросечне капацитете већ је довољно да поседује одређен ниво адаптације за сваку физиолошку карактеристику. Физичка способност подразумева способност брзе адаптације на физичке напоре са којима се човек

суочава током рада и у свакодневном животу, као и способност брзог опоравка после напорног физичког рада (5). Захтеви за физичком спремношћу фудбалера зависе од нивоа такмичења, позиције у тиму, стила игре и они варирају сходно старосним групама, између полова, и у различитим фазама фудбалске сезоне (6). Од фудбалера се не очекује да само маневришу са лоптом, већ и да покажу вештине које укључују когнитивне функције (нпр. планирање и организовање акција, доношење тактичких одлука), али и моторну контролу.

Правилна исхрана и суплементација имају комплексну улогу у стварању оптималних физичких способности обезбеђујући управо да мишићни и централни нервни систем буду адекватно снабдевени енергијом. Правилан и уравнотежен режим исхране обезбеђује енергетски и оксидациони баланс фудбалера и директно утиче на спортске способности. Спортисти су изложени изузетно великим оптерећењима у току припрема, а посебно у току такмичарске сезоне, што доводи до посебних нутритивних захтева и утицаја на оксидациони статус. Очигледно је да ово представља посебан изазов за организам у смислу постизања оптималне физичке способности, енергетске потрошње и оксидационог статуса, због чега фудбал захтева уско сагледавање ове три области понаособ, као и све три у целини.

2. ОПШТИ ДЕО

Физичке способности, нутритивни статус и оксидациони статус фудбалера представљају основне компоненте за анализу фактора који значајно утичу на развој успешних спортских способности.

2.1. ФИЗИЧКЕ СПОСОБНОСТИ ФУДБАЛЕРА

Фудбал данас карактерише велика динамичност која захтева од играча изузетну физичку способност, висок ниво технике у кретању, тактичку зрелост и психичку

стабилност. Високо интензивни периоди игре у фудбалу (спринт), смењују се са ниско интензивним активностима као што су стајање, ходање и џогирање. Карактеристике игре различитих позиција у тиму могу изузетно варирати па играчи могу имати различите физичке одлике и могу бити суочени са различитим антропометријским карактеристикама и захтевима по питању исхране.

Физичка способност састоји се од пет основних компоненти: аеробног капацитета или издржљивости, мишићне снаге, мишићне издржљивости, флексибилности и састава тела. Она такође зависи од функционалне способности и адаптабилности кардиоваскуларног, респираторног, локомоторног, ендокриног и нервног система (5). Сходно томе, физичку способност фудбалера условљавају четири основне одреднице:

- a) Антропометријске
- b) Функционалне
- c) Биоенергетске и
- d) Психолошке.

2.1.1. Антропометријске одреднице физичке способности

Антропометријске одреднице физичке способности представљају основне информације о телесним карактеристикама фудбалера. Антропометријско одређивање телесне висине и телесне масе, допуњено је данас са анализом телесног састава. Индекс телесне масе (BMI - body mass index) је опште прихваћен параметар за изражавање висинско-тежинског односа. Формула за његово израчунавање гласи: $BMI = TM (kg)/TB^2 (m)$. Међутим, BMI не узима у обзир телесну грађу, па је његова употреба у спорту ограничена и због тога је неопходно одређивање састава тела, што подразумева одређивање безмасне телесне масе (FFM – fat free mass или LBM - lean body mass) и телесне масти (F - fat mass).

Процент телесних масти (F%) фудбалера описан кроз радове не достиже ниске вредности које су иначе карактеристичне за спортове издржљивости, иако у последње време постоји тренд постепеног смањења нивоа телесних масти код професионалних играча у тимским спортовима (7). Просечне вредности F% код такмичара у разним спортовима показују да фудбалери имају проценат масти који се креће између 6-14% (8). Карактеристике играча у великој мери зависе од њихове позиције у тиму. Везни играчи прелазе статистички значајно већу дистанцу него одбрамбени играчи и самим тим имају другачију телесну конституцију (9). Један од чешћих проблема са којим се суочавају многи фудбалери и због кога траже савет нутриционисте, јесте управо потреба да се смањи ниво телесних масти. Периоди неактивности (нпр. током вансезоне или паузе због повреде) и пре свега недовољна нутритивна едукација, често су разлог за енергетски дисбаланс и повећање F%.

Тешко је проценити директан утицај телесне конституције и веома ниског процента телесних масти на спортске способности у фудбалу, где техника и тактика имају битну улогу и зато се треба усмерити на индивидуалне циљеве.

Табела 2.1. Антропометријске особине фудбалера

Аутори	земља	висина (cm)	тежина (kg)	BMI (kg/m ²)	F%
Nicolaidis, 2015	Грчка	176,4±6,6	67,3 ±9,5	21,6±2,2	15,2±3,3
Magalhaes Sales, 2013	УАЕ	175,1±6,4	70,8±8,0	23,1±2,0	11,6±2,1
Karydis, 2011	Чешка	176,0±0,5	73,19±6,1	23,43±1,6	14.7±3,0
Helegerud, 2002	Норвешка	169,7±7,1	62.5±7,4	22,65±1,7	/
Davis, 1992	Енглеска	166,0±6,1	60,8±5,2	22,02±1,8	/
Tumity, 1992	Аустралија	164,0±6,1	58,5±5,7	21,66±2,3	/

2.1.2. Функционалне одреднице физичке способности

Функционалне одреднице органских система и њихова способност адаптације на физичку активност представљају важну карику физичке способности у фудбалу. Кардиоваскуларни систем има доминантан утицај, али је ниво функционалне

способности локомоторног, респираторног, ендокриног и нервног система од великог значаја. Ови системи дефинишу моторичке способности фудбалера које непосредно одређују кретање на терену, технику покрета и специфичне моторичке задатке у току игре. Утицај мишићно-скелетног система на игру у фудбалу је одређен мишићном снагом, мишићном издржљивошћу и флексибилношћу. Међу најважније моторичке способности свакако спада снага, која се дефинише као способност човека да савлада спољашњи отпор или се супростави мишићним напрезањима (5). Снага, брзина и енергичност су карактеристике које утичу на укупне спортске способности и често су потенциране су од стране тренера и самих играча. Добро осмишљен тренинг који утиче на повећање снаге омогућава фудбалеру да се боље суочи са напорима током утакмице, да побољша брзину, агилност, скочност, смањи ризик од повреда и побољша издржљивост.

2.1.3. Биоенергетске одреднице физичке способности

Биоенергетске одреднице физичке способности фудбалера говоре у прилог томе да се после потрошених анаеробних енергетских ресурса кроз креатин фосфат и анаеробну гликолизу, као доминантни извор енергије користи гликоген у аеробном метаболизму. Зато је обезбеђивање адекватне енергије за тренинге који захтевају високо интензивно наизменично вежбање и обнова гликогена између утакмица један од основних нутритивних циљева у фудбалу.

Анаеробни извори обезбеђују енергију само за почетак физичке активности и за мишићни рад који је високог интензитета и кратког трајања. Укључивање аеробних енергетских потенцијала наступа после адаптације кардиореспираторног система на напор како би се омогућила боља снабдевеност активних мишића кисеоником. Аеробна способност је способност организма да аеробним метаболичким процесима (оксидационом разградњом угљених хидрата и слободних масних киселина) створи енергију за физички рад. Мера аеробне способности је

максимална потрошња кисеоника - (VO_2) max, тј. количина кисеоника која се утроши за стварање енергије при раду максималног интензитета. Један од најзаступљенијих тестова за директну процену (VO_2) max изводи се на ергоспирометру где се испитаник постепеним повећањем доводи до максимално могућег оптерећења, при чему се одговарајућим мерењима и анализама из удахнутог ваздуха одређује потрошња кисеоника. Аеробна способност је интегрални показатељ функционалне способности органских система који одређују физичку способност фудбалера и висока аеробна способност је неопходан предуслов за добре такмичарске резултате, али не представља и гаранцију успешности. Опсег вредности максималне потрошње кисеоника (VO_2) max описан кроз радове у фудбалу има широк опсег и износи од 50 до 65 ml/kg/min (2,3,4).

Према новијим студијама, фудбалери националног и интернационалног ранга имају максимални аеробни капацитет од 60 до 65 ml/kg/min, анаеробни алактатни праг изнад просечног и развијенији пуферски капацитет и мишићну снагу у поређењу са онима који не тренирају редовно (2).

Табела 2.2. Аеробне способности фудбалера

Аутори	Земља	Узорак	(VO_2) max ml/kg/min
Gharbi, 2015	Тунис	1.лига	54,16±3,5
Koundourakis, 2015	Грчка	1.лига	59,4±3,07
Magalhaes Sales, 2013	УАЕ	1.лига	62,3±5,1
Helgerud, 2004	Норвешка	1.лига	54,0±3,54
Polman, 2004	Енглеска	1.лига	45,7
Evangelista, 1992	Италија	1.лига	49,75±8,3
Rhodes, 1992	Канада	1.лига	47,1±6,4
Tamer, 1997	Турска	1.лига	43,15±4,06
Tumilty, 1992	Аустралија	1.лига	48,5±4,8

2.1.4. Психолошке одреднице физичке способности

Прва истраживања у психологији спорта углавном су се бавила цртама личности које чине карактеристичан профил личности. Ипак, вишегодишњим праћењем и великим бројем истраживања поуздано је утврђено да не постоји “спортски тип личности” и

да не постоје разлике у профилима личности између спортиста и људи који се не баве спортом, као што не постоје карактеристични профили личности међу спортистима. Из тог разлога савремена истраживања су усмерена на знатно ужи приступ и баве се специфичним психолошким садржајима попут такмичарске анксиозности, самоефикасности, мотивације или механизмима суочавања са стресним ситуацијама који имају добру теоријску основу и за које постоје валидни мерни инструменти. Као основне психолошке карактеристике успешног спортисте у већини референтних научних радова из ове области су: мотивација, ангажовање и побуђеност, постављање адекватних циљева, могућност визуализације, реална процена учинка, савладавање под притиском (Coping стратегије) и социјалне вештине. Референце упућују на закључке да високо самопоуздање, висок ниво посвећености и одлучности, адаптивне когнитивне стратегије, адаптивни механизми превладавања стреса, као и ефикасно управљање предтакмичарским и такмичарским емоционалним стањима олакшавају успех у спорту (10,11).

2.2. НУТРИТИВНИ СТАТУС ФУДБАЛЕРА

Сваки спорт и сваки спортиста имају јединствене нутритивне потребе и циљеве. Иако постоје општа упутства о начину исхране спортиста, примене ових смерница се разликују и међу спортистима који се баве истим спортом. Основне нутритивне потребе прозилазе из следећих фактора: физиолошки захтеви тренирања, начин живота спортисте и култура спорта (6).

Циљеви које би спортска исхрана у фудбалу требало да испуни су:

1. Задовољавање енергетских потреба везаних за тренинг
2. Надокнада енергије и течности током тренинга
3. Достижање и одржавање оптималне физичке конституције за такмичење
4. Адаптација и опоравак између тренинга и утакмица
5. Одржавање оптималних спортских способности током напорних тренинга

6. Смањење ризика од болести и повреда током периода напорних тренинга

7. Промишљене и оправдане одлуке у вези са коришћењем суплемената

Пре креирања индивидуалног и/или тимског програма исхране и суплементације, нутритивни интервју са спортистом је од пресудног значаја. Он омогућава одређивање енергетских и нутритивних захтева фудбалера, дефинисање проблема са исхраном, питања и циљева који нису уско везани за дијету или суплементацију, одређивање различитих комбинација код мењања избора хране, обезбеђивање основних података за праћење промена, едукацију везану за навике у исхрани и начину живота и наравно дефинисање нутритивног статуса спортисте.

Нутритивни статус спортисте се одређује на основу 4 параметра: антропометријских мерења, интернистичког прегледа, биохемијске анализе крви и дијетарног уноса микро и макроелемената (8).

Дијетарни унос се може одредити испитивањем уноса хране у предходна 24 сата, затим вођењем дневника исхране (најчешће у периоду од 3-7 дана) или испуњавањем упитника о учесталости коришћења намирница. Тродневни дневник исхране је уобичајан одабир за поуздан извештај о дијетарном уносу који је у складу са начином живљења једног спортисте. Спортисти треба да воде дневник исхране јер врло често нису свесни личног режима исхране и имају погрешну процену о броју и саставу оброка током дана. Дневник исхране може да омогући и спортистима и њиховим сарадницима да идентификују дуге периоде без хране током дана, ситуације и активности које ограничавају приступ храни, гастроинтестиналне проблеме и варијације у апетиту. Резултати досадашњих истраживања указују на типске грешке и проблеме које спортисти имају у својој исхрани: недовољна нутритивна едукација, ограниченост у куповини услед финансијске (не)могућности, мањак времена који отежава одабир хране, честа путовања, неразноверсна и монотона исхрана, прескакање оброка, велики размаци

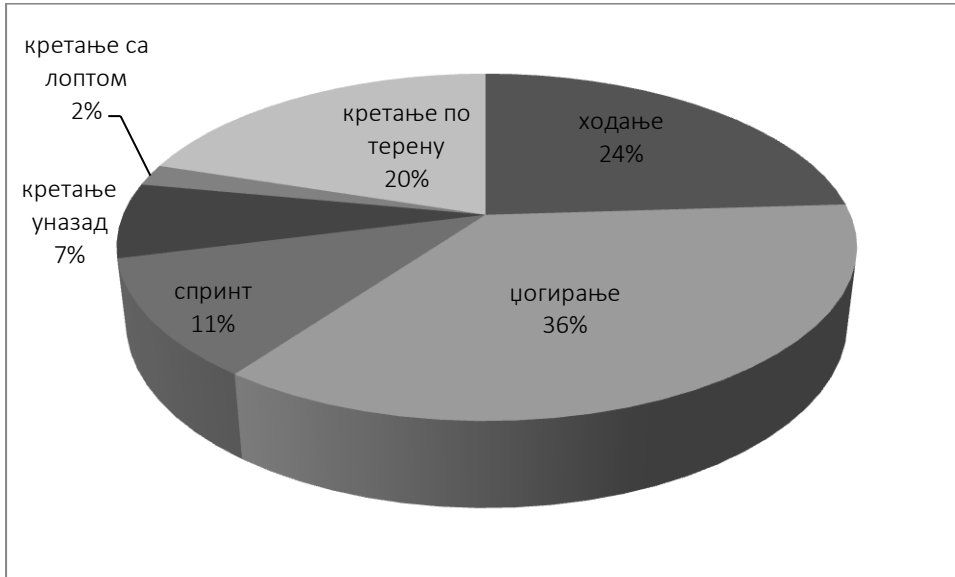
између оброка, смањен унос воде и спортских пића а повећан унос сокова, недовољан број порција воћа, поврћа, млека и млечних производа, повећан унос брзе хране и недовољно развијене кулинарске способности.

Уколико спортиста жели да исхрана и суплементација позитивно утичу на његове спортске способности, енергетски унос мора да буде у равнотежи са енергетском потрошњом. Мерење енергетске потрошње може се вршити на следеће начине: директном калориметријом, индиректном калориметријом, спиromетријом, методом двоструко обележене воде и акцелерометром. Акцелерометар је једноставан, економичан и поуздан начин процене интензитета физичке активности и енергетске потрошње спортисте. Акцелерометар је уређај за мерење акцелерација, односно убрзање неког тела које је у покрету у односу на силу земљине теже. Највећи удео у енергетској потрошњи спортиста свакако припада тренинзима и/или утакмицама, док су редовне активности и дневне обавезе на другом месту. Пређено растојање током утакмице варира и зависи од позиције у тиму (9). Анализа триста професионалних фудбалера шпанске лиге показала је да играчи везног реда прелазе око 11 км по утакмици при чему је пређено растојање расподељено у оквиру стајања, чекања, цогирања (~62%), трчања ниског интензитета (~ 14%), трчање умереног интензитета (~ 15%), трчања високог интензитета (~ 5%) и спринта (~ 3%) (4,12).

Табела 2.3. Дистанца који фудбалери прелазе током утакмице

Аутори, година	Земља	Узорак	Одбрана км/утакмица	Везни км/утакмица	Напад км/утакмица
Di Salvo, 2006	Шпанија	20 мечева 1. лиге и 10 Лиге шампиона	11,41±0,78	12,02±0,63	11,99±0,77
Stolen, 2005	Шпанија	300	-	11	-
Rienzi, 2000	Енглеска	1.лига и међународни мечеви	8,7	10	7,7
Bangsbo, 1991	Данска	1. и 2. лига	10.1	11,4	10,5
Ekblom, 1986	Шведска	4 тима 1. лиге	9,1 - 9,6	10,2 -11	9,8 – 10,6
Reilly, 1976	Енглеска	1.лига	7,8	9,8	8,4
Whiters, 1952	Аустралија	1. лига	10.2	12,2	11,8

Један од најранијих радова који проучава кретање фудбалера на терену долази од аутора Reilly и Thomas и написан је давне 1976.године (13). У овом раду је описано да је укупна пређена дистанца везног играча током утакмице процентуално подељена на ходање (24%), џогирање (36%), кретање по терену (20%), спринт (11%), кретање узад (7%) и кретање у поседу лопте (2%).



Слика 2.1. Различите врсте кретања фудбалера током утакмице (13)

Запажено је да се у другој половини утакмице смањују укупно пређена дистанца и време проведено у високо интензивним активностима, што наговештава замор. Различите студије су још у деведесетим годинама откриле да просечан интензитет фудбалске утакмице захтева око 75% аеробног капацитета играча (14). Метаболичко оптерећење током утакмице се повећава када се од играча захтева да убрзава, успорава, мења правац, трчи у угао или води лопту. Уопштено, активности током утакмице могу да се рангирају у две категорије: низак до умерен интензитет активности (80-90% утакмице) и висок ниво интензитета активности (10-20% утакмице), па су аутори у различитим радовима приказали резултате као модификације ове две категорије (15).

Табела 2.4. Пређена дистанца током фудбалске утакмице на различитим интензитетима

Аутори, година	Земља	Узорак	Ходање (m)	Џогирање (m)	Трчање (m)	Спринт (m)
Bangsbo, 1991	Данска	1. и 2. лига	3600	5200	2100	300
Rienzi, 2000	Енглеска	1. лига	3068	6111	887	268
Ohasshi, 1988	Јапан	1. лига	7709	/	2035	589
Castagna, 2003	Италија	1. лига млади	1144	3200	986	468

Најновија истраживања су анализирали моделе активности фудбалера који се примењују у елитним и нижим европским лигама (15). Анализа 129 утакмица је показала да врхунски играчи изврше 28% више високо интензивног трчања и 58% више спринта него другоразредни професионални играчи, и да прелазе веће дистанце током утакмице. Анализа фудбалера енглеске Премијер лиге описана у раду Блумфилда 2007. године говори о томе да је мање од половине покрета изведено у кретању напред. Значајна разлика постоји у кретању нападача у односу на везне и одбрамбене играче у погледу мањег времена који проводе у активностима трчања и спринта и више времена проведеног у скоковима (16,17,18).

На основу различитих типова и модела игре, ниво физичке активности током утакмице диктира енергетску потрошњу фудбалера. Дневна енергетска потрошња која се описује код нпр. професионалних фудбалера у Јапану износи око 3500 kcal, код полупрофесионалних грчких фудбалера око 3600 kcal, док неки радови пружају вредности од 2800 до 4300 kcal (19, 20, 21). Сматра се да ће фудбалер током тренинга од 90 min потрошити сличну количину калорија као и током утакмице и да та потрошња износи око 1000-1800 kcal (22).

Табела 2.5. Енергетска потрошња данског националног тима током припрема за Светски куп 2002.

играч	број тренинга недељно	време по тренингу (min)	време по тренингу за недељу дана (min)	енергетска потрошња на тренинзима(kcal)	енергетска потрошња недељно (kcal)
одбрана	11	82,3	905	1744	12253
средина	11	79	869	1791	12563
напад	9	80,9	728	1505	10605

Периодизација микроциклуса и макроциклуса у оквиру фудбалске такмичарске сезоне је прави изазов и зависи од стручности тренера, распореда такмичења (учесталост утакмица, страштешко позиционирање утакмица које се сматрају важним) и методе одлучивања везане за крајњи резултат. Треба организовати тренажни процес који остварује ове циљеве, али и омогућава оздрављење и опоравак између утакмица уз поштовање основних начела спортске исхране и суплементације. Фудбалери и њихов стручни тим морају да мисле о нутритивној потпори свих тренинга и обезбеђивању адекватне енергије током вежбања у циљу што бољег опоравка и оптимизације постигнутих ефеката. Смернице правилне спортске исхране у начелу, налазе примену и у фудбалу са процентуалним дневним уносом угљених хидрата од 55-60%, масти испод 30% и протеина 10-15%. Угљени хидрати представљају основу исхране фудбалера јер директно учествују у депоновању гликогена који се користи као извор енергије током дуготрајних утакмица и тренинга. Унос угљених хидрата од 5 до 7 g/kg/дан је довољан за ситуације са мање захтевним распоредом тренирања али активни играчи који желе да повећају мишићни гликоген захтевају унос од 7 до 10 g/kg/дан. Многи тимови организују заједничке оброке пре утакмице управо да би задовољили нутритивне потребе за такмичење, што је поред тога добро и због могућности за зближавањем и развијањем логистике.

Табела 2.6. Енергетска потрошња (ЕП) фудбалера (6)

Аутори	Популација	Метод испитивања (дани вођења дневника)	узраст	ТМ	енергетска потрошња (Е)		Угљени хидрати			Протеини			Маси	
					год.	kg	kcal	kcal/kg	g	g/kg	%E	g	g/kg	%E
Jacobs Westlin и сар. 1982	Шведски професионални фудбалери (n = 15)	7	24	74	4944,11± 1124,96	67,35	596 ± 127	8,1	47± 3	170 ± 27	2,3	13,5 ± 1,5	217± 36	29± 8
Short i Short 1983	САД колеџ фудбалери (n = 8)	3	-	-	2959,30	-	320	-	43	113	-	16	135	41
Van Erp-Baart и сар. 1989	Холандски фудбалери (интернационални ниво) (n = 20)	4-7	20	74	3415,50	45,86	420	5,6	47	111	1,5	13	134	35
Caldarone и сар. 1990	Италијански професионални фудбалери (n = 33)	7	26	76	3059,61± 566,06	40,36	449	5,9	56	-	-	-	-	-
Bangsbo и сар. 1992	Дански професионални фудбалери (n = 7)	10	23	77	3749,88	48,72	426	5,5	46	144	1,9	16	152	38
Schena и сар. 1995	Италијански национални фудбалери (n = 16)	7	25	74	3210,088± 353,49	42,99	454 ± 32	6,1	57	86± 16	1,2	19	90± 14	24
Zuliani и сар. 1996	Италијански професионални фудбалери (n = 25)	4	25	71	3644,78± 432,31	50,87	532	7,4	56	-	-	-	-	-
Maughan 1997	Шкотски професионални фудбалери, два клуба (n = 51)	7	23	80	2627,30± 620,99	327,22	354 ± 95	4,4	51± 8	103 ± 26	1,3	16± 2	93± 33	31± 5
			26	75	3057,22± 525,46	40,84	397 ± 94	5,3	48± 4	108 ± 20	1,4	14± 2	118± 24	35± 4
Rico-Sanz и сар. 1998	Олимпијска фудбалска репрезентација Порторика (n = 8)	12	17	63	3945,73± 4,48	62,10	526 ± 62	8,3	53± 6	143 ± 23	2,3	14± 2	142± 17	32± 4
Ebine и сар. 2002	Јапански професионални фудбалери (n = 7)	7	22	70	3104,99± 1070,02	44,43	-	-	-	-	-	-	-	-
Reeves i Collins 2003	Енглески професионални фудбалери (n = 21)	7	20	74	2956,91± 191,07	44,43	437 ± 40	5,9	57± 4	115 ± 2	1,6	15± 2	94± 1	27± 3
Wray и сар. 1994	Аустралијски професионални фудбалери (n = 15)	-	-	-	3248,30	-	410 ± 123	4,7± 1,4	48	138 ± 35	1,6± 0,4		116± 45	31
Graham i Jackson 1998	Аустралијски професионални фудбалери (n = 10)	-	-	-	3343,00	-	489 ± 89	5,9± 1,2	57	148 ± 30	1,8± 0,2	19	88± 32	24
Schokman и сар. 1999	Аустралијски професионални фудбалери (n = 40)	4	23	86	3152,76± 597,11	36,88	415 ± 110	4,8± 1,3	52± 9	139 ± 27	1,6± 0,3	18± 3	104± 35	29± 8

Практичне нутритивне препоруке за примену током тренинга и такмичења разматрају потребу за обновом угљених хидрата, у истој мери као и уноса течности. Изузетно важан сегмент исхране и суплементације у фудбалу је правилна хидрација. Препорука је да спортисти конзумирају одговарајућу количину течности током тренинга и утакмица, као и да почну да пију пре него што осете да су жедни јер ће у супротном бити дехидрирани. Играчи често започињу тренинге са значајним дефицитом течности, вероватно као резултат недовољне надокнаде комплетног губитка путем зноја током претходног тренинга или такмичења (21,22). Дехидрација може довести до бројних органских поремећаја а као последица тога, код фудбалера се може очекивати погоршање вештине и смањење кретања. Препорука је да се пију пића која имају оптимални ниво натријума од 50 до 80 mmol/l, међутим због питкости највећи број пића препоручених спортистима има у себи од 10 до 25 mmol/l. Такође, пиће које пију спортисти треба да садржи од 30 до 60 g/l угљених хидрата. Враћање електролита и угљених хидрата путем спортских пића пре, током и после тренинга и такмичења, повољно ће утицати не само на физичку способност у фудбалу већ и на тактику и технику.

Табела 2.7. Дехидрација фудбалера (6)

Аутори	Учесници	Температура (°C)	Влажност (%)	Губитак зноја		Хипохидрација %BMI
				Укупно (ml)	Стопа (ml/h)	
Broad и сар. 1996	Елитни јуниорски играчи (80) лето	25	41	1.555 ± 510	985 ± 320	1,2 ± 0,7
	(46) зима	9	61	1.095 ± 425	745 ± 260	0,8 ± 0,5
Shirreffs и сар. 2005	Елитни професионални играчи (26)	32	20	2.193 ± 365	1.462	1,59 ± 0,6
Maughan и сар. 2004	Елитни професионални играчи (24)	24-29	46-64	2.033 ± 413	1.355	1,4 ± 0,5
Maughan и сар. 2005	Елитни професионални играчи (20)	28	56	2221 (1.515-2.895)	1.481	1.15 (-0,24-2,3)
Maughan и сар. 2005	Елитни професионални играчи (24)	25	60	1827 (884-3.100)	1218	1,22 (-0,24-2,6)
Maughan и сар. 2005	Елитни професионални играчи (16)	5	81	1.690 ± 450	1.130 ± 300	1,62 ± 0,55
Mustafa i Mahmoud 1979	Играчи међународног ранга (8)	33	40	2.089 ± 637		1,4kg
Leatt 1986	Играчи на колеџу (7)			2.000		1,0 kg
Kirkendall 1993	Играчи на колеџу	19	55	1.310		0,5
Zeederberg и сар. 1996	Елитни јуниорски играчи (22)	13-15	63-69	1.700	1.133	1± 0,2 kg
Broad и сар. 1996	Елитни јуниорски играчи (46) лето	25	41	1.935 ± 620	1.210 ± 330	1,4 ± 0,9
	(13) зима	10	56	1.585 ± 585	1.025 ± 265	1,4 ± 0,7

Дехидрација и неправилна исхрана спортиста могу да резултирају дисфункцијом органа и клиничким симптомима које некада спортиста и/или тренер не могу да препознају већ их замене са претренираношћу. Клинички симптоми настају најчешће због неодговарајућег енергетског уноса и дефицита микроелемената. На интернистичком прегледу који је обавезан приликом процене нутритивног статуса, лекар треба да обрати пажњу на присуство типичних клиничких манифестација неправилне исхране: анемија, велике варијације у телесној маси, дехидрација, пад имунитета, гастроинтестинални проблеми, повреде током тренинга и такмичења, пад концентрације, главобоља и поспаност, недовољан опоравак између активности, осећај умора и стреса који не пролази, болови у мишићима и зглобовима, честе респираторне инфекције, смањење физичке способности итд.

Биохемијске анализе крви и контрола хематолошког статуса спортисте су део рутинског здравственог прегледа. Под термином крвна слика подразумева се одређивање броја еритроцита, леукоцита и тромбоцита, док комплетна крвна слика обухвата и леукоцитарну формулу, која говори о расподели леукоцита. Основна биохемијска анализа подразумева одређивање нивоа глукозе, укупних протеина, креатинина, урее, липидног профила, ензима јетре (AST И ALT), мишићних ензима (CK, LDH), гвожђа, феритина, билирубина.

Спортистима се препоручује да редовно раде хематолошке и биохемијске анализе које обавезно требају да тумачи медицински стручни тим. Због специфичних физичких захтева спорта, неки од ових параметара могу значајно одступати од референтних вредности, што не мора да указује на поремећај у раду органа и система, односно болест. Још увек изостају студије које указују на референтне вредности биохемијских параметара код спортиста. Сигурно је да се забележене вредности разликују од вредности код популације која није физички активна. Анализирање шире популације спортиста се препоручује не само да би се добио

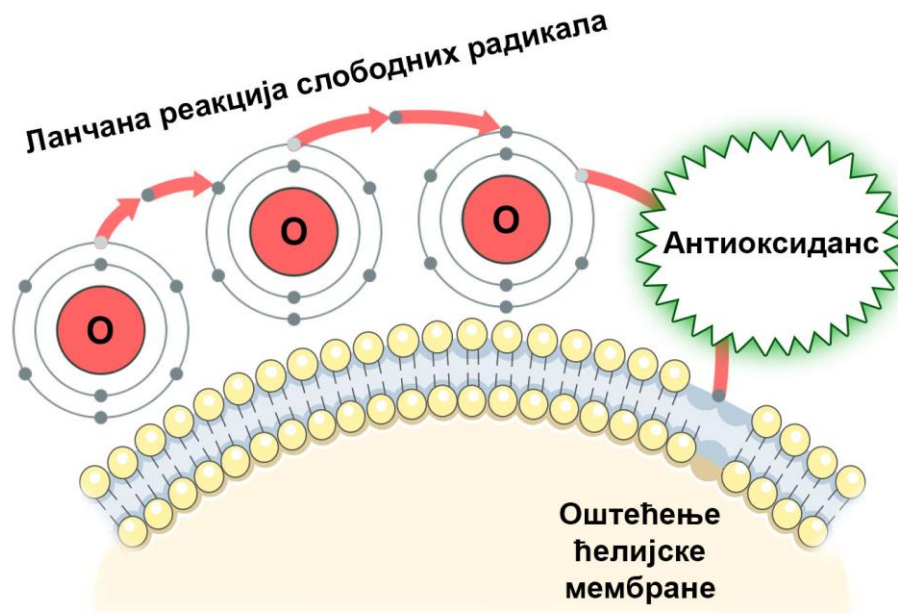
опсег референтних вредности за врхунске спортисте већ и да би се поставили параметри за биохемијско праћење тренинга. Зато је од изузетне важности да спортиста и тренер схвате значај укључења тимског лекара тј. медицинског особља у стручни тим чија је дужност, између осталог, и праћење поменутих параметара.

2.3. OKSIDACIONI STATUS FUDBALERA

Оксидациони стрес је стање у коме је деликатна равнотежа између продукције прооксиданаса-слободних радикала и њиховог уклањања путем антиоксидационих заштитних механизма померена у смеру стварања ROS (23). Слободни радикали су молекули који имају један или више неспарених електрона у последњој орбитали и углавном се мисли на реактивна кисеоникова једињења (reactive oxygen species-ROS), мада слободни радикали могу да садрже и атом азота (енг. reactive nitrogen species - RNS) или сумпора (енг. reactive sulfur species -RSS) (24). Базални ниво ROS се константно продукује и елиминише из организма.

У живим организмима ова деликатна равнотежа је одговорна за успостављање интрацелуларног редокс стања, који има улогу у одржавању ћелијских функција. Продукција прооксиданаса која нарушава равнотежу, може да надмаши антиоксидациону заштиту и изазове трајна оксидациона оштећења. Савремена истраживања су показала да повећана продукција ROS, нпр. током и после тренинга, може да утиче на антиоксидациону заштиту и механизме. Сматра се да су потребе спортиста за антиоксидансима повећане у периоду интензивних тренинга и такмичења, док је унос антиоксиданаса путем хране врло често нижи од препорученог. Сходно томе, суплементација антиоксидансима може пружити значајну потпору ендогеним антиоксидансима у циљу неутралисања повећаног продукције ROS и оксидационог стреса.

Антиоксиданси су једињења која умањују оксидациона оштећења у биолошким системима тако што спречавају ланчану реакцију слободних радикала. Ћелије су заштићене од оксидационих оштећења комплексном мрежом антиоксиданаса, која укључује ензимске и неензимске антиоксидансе (25).



Слика 2.2. Механизам деловања антиоксиданса на ћелијску мембрану

Антиоксидациони ензими катализују реакције уклањања ROS из система или реакције регенерације, односно редукције оксидованих антиоксиданаса (26). Најважнији ензимски антиоксиданси су: супероксид дизмутаза (SOD), глутатион пероксидаза (GPx), глутатион редуктаза (GR), каталаза (CAT), хумана серумска параоксоназа 1 (PON1) и липопротеин високе густине (HDL).

Табела 2.8. Ензимски и неензимски антиоксиданси

ЕНЗИМСКИ АНТИОКСИДАНСИ	НЕЕНЗИМСКИ АНТИОКСИДАНСИ
супероксид дизмутаза (SOD)	тиоли (глутатион - GSX, α -Липонска киселина)
глутатион пероксидаза (GPx)	мокраћна киселина

глутатион редуктаза (GR)	билирубин
каталаза (CAT)	феритин
параоксоназа 1 (PON1)	витамин Це
липопротеин високе густине (HDL)	витамин Е
	астаксантин

Неензимски антиоксиданси су једињења мале молекулске тежине, која се синтетишу у организму или се уносе путем хране. Ефикасност антиоксидационог система зависи од уноса витамина и микронутријената путем хране и синтезе антиоксидационих ензима, која се може мењати под утицајем редовних и једнократних тренинга, исхране или старења. Најважнији неензимски антиоксиданси су: тиоли (глутатион - GSX, α -Липонска киселина) , мокраћна киселина, билирубин, витамин Це и Е, атаксантин и феритин. Адекватан унос антиоксиданса путем хране је од кључног значаја у борби против оксидационог стреса. Дефицит дијетарних антиоксиданаса може бити узрок повећане осетљивости на оксидациона оштећења током физичке активности, али и утицати на слабљење спортске способности.

Оксидациони стрес се може одредити преко промена у антиоксидационом систему заштите. Често се прате промене концентрације глутатиона, као и ниво витамина Це и Е. Активност одређених ензима: SOD, GPx, CAT и GR може послужити као индикатор оксидационог стреса коме је ткиво изложено. Међутим, свака категорија биомаркера има своја ограничења. Избор адекватног биомаркера представља велики изазов, јер оксидовани продукти могу бити нестабилни и тешко мерљиви или је њихова количина јако мала.

С обзиром на велики број антиоксиданаса, мерење њихове концентрације и активности може бити тешко и компликовано. Стога је развијено неколико метода за мерење укупне антиоксидационе активности, као што је нпр. тотални антиоксидациони статус (енг. Total Antioxidant Status - TAS). Одређивањем

вредности прооксидационог-антиоксидационог баланса (PAB) омогућава се истовремено одређивање прооксиданаса и антиоксиданаса у датом узорку, а тиме и мерење равнотеже између њих (27).

Постоји велики број реакција током којих настају ROS услед физичке активности и у њима учествују: ксантин дехидрогеназа, никотинамид аденин динуклеотид фосфат (NADPH) оксидаза, фосфолипаза A₂ (PLA₂) и аутооксидација катехоламина. Након иницијалног повећања продукције ROS током вежбања, долази и до секундарног генерисања прооксиданаса од стране активираних макрофага и неутрофила (фагоцита), затим губитка хомеостазе калцијума и деструкције протеина који садрже гвожђе. Формирање ROS зависи од врсте тренинга (аеробни или анаеробни), интензитета, као и трајања вежбања, јер се различити типови физичке активности међусобно разликују по енергетским потребама, по нивоу потрошње кисеоника, као и по механичком оштећењу ткива током тренинга.

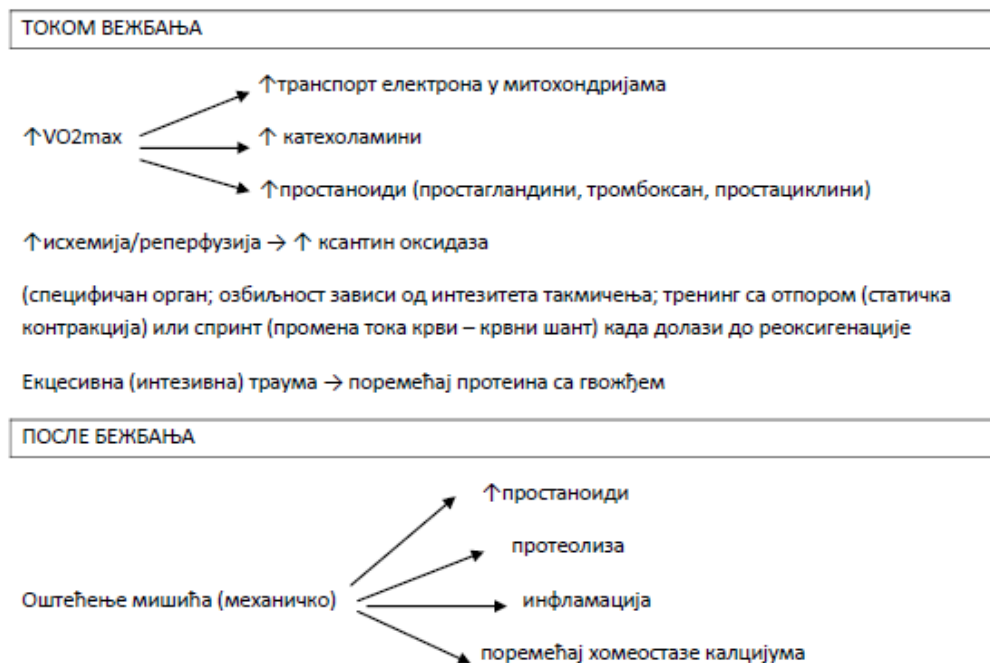
Постоји неслагања између студија које су испитивале оксидациони стрес у току и након аеробног тренинга. Бројна истраживања су показала повећање пероксидације липида и нивоа продуката оксидације протеина након субмаксималног и максималног аеробног тренинга у трајању до два сата ().

Ипак, поједине студије нису уочиле значајно повећање параметара оксидационог стреса код сличних протокола (32-37). Студије које су уочиле значајно повећање ових параметара оксидационог стреса углавном су примењивале протоколе максималног напора (~75% VO₂max), што указује на значај интензитета вежбања на оксидациона оштећења липида. У већини студија која је испитивала утицај аеробне активности дуже од 2 сата уочено је повећање антиоксидационог капацитета.

С друге стране студије су показале да и анаеробни тренинг доводи до стања оксидационог стреса, што је закључено на основу повећања пероксидације липида, оксидације протеина, променама у глутатион редокс статусу (37-42). Вредности

параметара оксидационог стреса су достигале максимум између 48 сати и 72 сата након анаеробног тренинга, указујући да је вероватно оксидациони стрес одговор на оштећење мишића и повећану продукцију ROS, а посредством NADPH оксидазе у активираним макрофагама и неутрофилима.

Механичко оштећење мишића и/или повећан ниво ROS стимулишу акутни локални инфламаторни одговор који подразумева ослобађање инфламаторних цитокина у циљу мобилизације неутрофила и моноцита на место инфламације како би се опоравило оштећено ткиво. Из инфилтрираних фагоцита ослобађају се слободни радикали, који учествују у пероксидацији фосфолипида сарколеме и тако додатно могу оштетити мишићно ткиво и учествовати у развоју одложене упале мишића (енг. delayed onset of muscle soreness - DOMS). Поремећаји у ослобађању и преузимању калцијума могу довести до смањења контрактилности мишића и продукције снаге. ROS може узроковати и оксидацију протеина, што доприноси замору мишића. Поремећај ћелијске хомеостазе у мишићима узрокован ROS резултира оштећењем мишића, болом, замором и смањењем спортских перформанси (43).



Слика 2.3. Механизам повећања продукције ROS као последица акутног вежбања (32).

Висок апсолутни ниво потрошње кисеоника, висок ниво циркулишућих катехоламина, оштећење мишића услед ексцентричних контракција и последична инфламација, интермитентни понављајући спринтови, који проузрокују привремену исхемију, а потом реперфузију у скелетним мишићима, могући су фактори који утичу на продукцију ROS током и после тренинга код фудбалера (44). С обзиром да ROS учествују у иницијацији и прогресији оштећења мишића током вежбања, верује се да примена антиоксиданаса може ублажити знаке и симптоме оштећења мишића, умањујући негативан утицај ROS.

Редовни тренинзи код професионалних фудбалера се повезују са повећаном продукцијом ROS и са већим степеном оксидационог стреса у односу на одговарајућу групу испитаника која се не бави физичком активношћу (45). Оксидациони стрес код фудбалера може бити компензован повећањем укупног антиоксидационог капацитета и нивоа солубилних антиоксиданса мале молекулске тежине (витамина Е и витамина Це), али и повећањем активности антиоксидационих ензима (45-48).

Испитивања утицаја антиоксиданаса на оксидациони стрес код фудбалера дају нам опречне резултате. Суплементација са 1000 мг витамина Це и 800 мг α -токоферола у периоду од 3 месеца, довела је до смањења пероксидације липида (измерено преко MDA) и оштећења мишића (мерено преко креатинфосфокиназе -СК) током периода интензивних тренинга, али није имало утицаја на побољшање спортских перформанси. Није уочен значајан ефекат суплементације ни редовних тренинга на активност ензима GR и CAT у еритроцитима (49,50).

Уопштено гледајући, од када су антиоксиданси откривени, од њих се много очекивало јер је ROS био етиолошки фактор у многим патолошким стањима. Термин “оксидациони стрес” примарно је требало да указује на дисбаланс између оксиданаса (ROS) и антиоксиданаса (51). Постизање те равнотеже требало је да

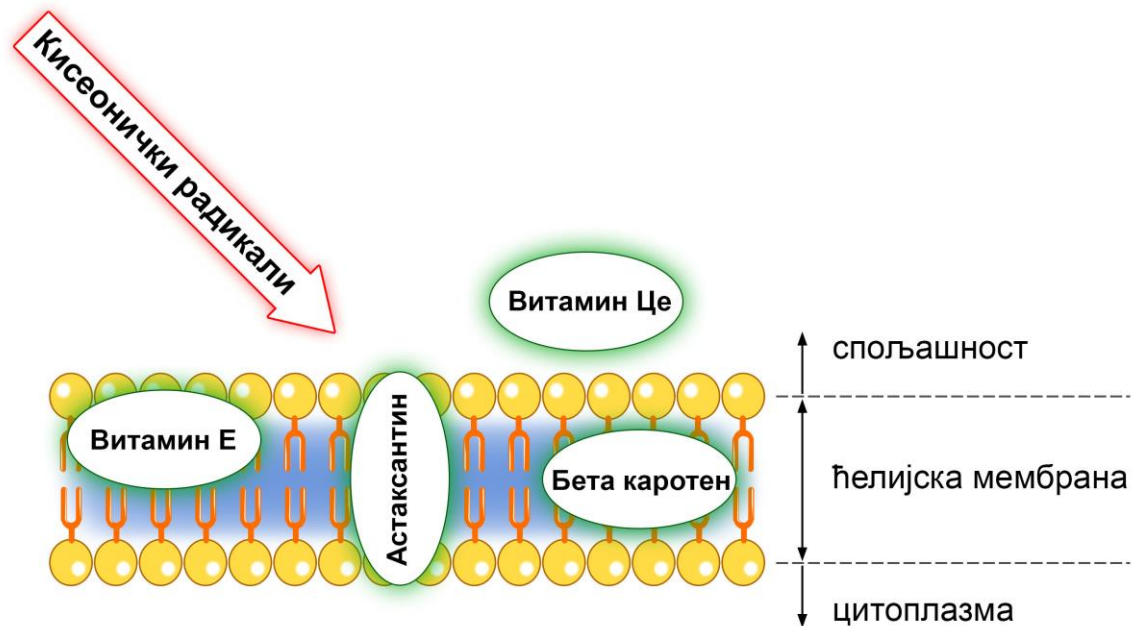
доведе до општег благостања у циљу постизања савршеног здравља. Временом се показало да антиоксиданси нису чудотворни и да своје дејство остварују индиректно. Тренутна истраживања показују да физичка активност доводи до повећања продукције слободних радикала и других ROS који су примарни узрок поремећаја редокс баланса изазваних вежбањем. Озбиљне неправилности у оксидо-редуктивној равнотежи промовишу повреде, мишићна оштећења и мишићни замор и то значајно утиче на спортске способности (52). Зато спортисти морају да побољшају своју антиоксидациону заштиту и повећају физичке способности помоћу уравнотежене исхране и коришћењем нутритивних антиоксиданаса.

Један од најпотентнијих антиоксиданаса је Астаксантин (Asx) односно (3,3'-dihydroxy- β,β' -carotene-4,4'-dione). У питању је липосолубилна супстанца која припада групи ксантофила, оксидованих деривата каротеноида. Широко је распрострањен у природи као црвени пигмент: у микроорганизмима (бактерије, алге, квасац), раковима (шампи, јастог), рибама (лосос, пастрмка) и неким птицама (фламинго, препелица). Већина љускара као што су шампи, крабе, ракови и јастози су црвенкасте боје због накупљеног астаксантина. Боја рибе је такође у већини случајева резултат астаксантина и розе боја свежег лосоа је очигледан пример за то. Као и остали каротеноиди, астаксантин је липофилна супстанца која има ниску оралну биорасположивост и из интестиналног тракта се апсорбује пасивним транспортом. Максимална концентрација у крви се достиже за око 8 сати и не зависи од технолошке формулације препарата (53). Показано је да се код сисара после оралног уноса астаксантин акумулира у мишићима, јетри и бубрезима и да му је елиминације линеарна са полуживотом од $15,9 \pm 5,3$ сати (54,55).

Постоје два природна извора која могу да задовоље економске критеријуме производње астаксантина: зелена алга *Nematococcus pluvialis* и црвени квасац *Phaffia rhodozyma*. Током производње, врши се микроскопска контрола култура, које

морају бити савршено чисте, без икаквих загађујућих микроорганизама. Софистицираним процесом екстракције добија се крајњи производ у виду прашка црвенкасте боје. Тренутно се на тржишту повећава број препарата на бази астаксантина који су добијени из микроалги. Они садрже 1,5 % - 2 % астаксантина и користе се као пигменти и нутријенти.

Због своје јединствене структуре, астаксантин има способност да се простира кроз ћелијску мембрану и тако неутралише слободне радикале са унутрашње и спољашње стране мембране, али и унутар фосфолипидног двослоја. На тај начин пружа ћелији свеукупну заштиту за разлику од осталих антиоксиданаса (витамин Це, витамин Е, бета каротен) који су лимитирани позицијом у ћелијској мембрани у односу на астаксантин.



Слика 2.4. Позиција антиоксиданаса у ћелијској мембрани

Показано је да је астаксантин моћан антиоксидант који има око 10 пута већу антиоксидациону активност од осталих каротеноида и око 100 пута већу од α -токоферола. Присуство хидроксилне и кето групе на сваком јонском прстену је разлог високе антиоксидационе активности и хидрофилних карактеристика

астаксантина (56). Имуномодулаторно, антиинфламаторно и дејство на оксидацију масти су три основна механизма деловања атаксантина.

Многобројна дејства атаксантина су испитивана кроз студије годинама уназад а најважнија међу њима су:

- 1) Антиоксидационо дејство на очи, мозак и централни нервни систем, пошто атаксантин има способност да пролази кроз крвно-моздану и крвно-ретиналну баријеру
- 2) Заштита коже од UV зрачења али уједно и утицај на њен квалитет.
- 3) Антиинфламаторно дејство атаксантина долази од способности да смањи ниво ROS и факторе запаљења.
- 4) Побољшање спортске способности захваљујући оксидацији масти коју изазива на нивоу ћелије и укупном антиоксидационом деловању.
- 5) Смањење ризика од кардиоваскуларних болести тако што утиче на оксидацију ЛДЛ и превенцију атеросклерозе.

Доказано је да је атаксантин један од најефикаснијих антиоксиданаса у борби против липидне пероксидације и оксидационог стреса у *in vivo* и *in vitro* системима (57). Он има потенцијална дејства у побољшању симптома код различитих болести као што хроничне инфламаторне болести, малигне болести, кардиоваскуларне и неуродегенеративне болести (58).

Хронична суплементација атаксантином је код мишева довела до побољшања времена до отказа у пливању и трчању (59). Примећено је да 4 недеље суплементације атаксантином има утицај на побољшање спортских способности код трчања на 1200 метара смањењем концентрације млечне киселине (60). У другој студији, истраживачи су приметили значајно побољшање од 5% на трци од 20км после 4 недеље суплементације Asx (4мг) код седам утренираних бициклиста (61). Међутим, у супротности са овим резултатима су нпр. закључци студије која је

показала да суплементација Asx није довела до побољшања спортских способности код професионалних бициклиста (62).

Једно од објашњења како астаксантин утиче на физичке способности спортиста заснива се на чињеници да Asx доводи до повећања оксидације масти. Кроз неколико радова где је коришћен модел миша, 4-5 недеља суплементације астаксантином (6-30 мг/кг ТМ) утицало је на побољшање оксидације липида током вежбања и последично довело до продужења времена до отказа током пливања и трчања на траци (63). Оксидација масти је објашњена већим капацитетом за преузимање ацетил коензима А у митохондријама захваљујући побољшању функције карнитин палмитоилтрансферазе (CPT1) која се налази на митохондријалној мембрани и лимитирајући је ензим за метаболизам масних киселина (64). Астаксантин, поред тога, утиче на повећање рецептора за активацију пролиферације пероксисом гама коактиватора 1 алфа (PGC - 1 α) који је кључни транскрипциони коактиватор у метаболизму липида у скелетним мишићима. Други неензимски антиоксиданти, укључујући витамин Це и Е не повећавају PGC- 1 α у скелетним мишићима (65).

Астаксантин утиче на смањено стварање лактата у плазми и смањује катаболизам мишићног гликогена током вежбања, што иде у прилог његовом липолитичном ефекту (66). У студији новијег датума, демонстрирано је да 4 недеље суплементације астаксантином (20мг/дан) подиже ниво Asx у плазми али не утиче значајно на ниво оксидације масти током одмора и субмаксималног напора, што је објашњено кратким периодом суплементације (67). Супротно томе, 12 недеља суплементације Asx је довело до побољшања TAS код седентарних и гојазних особа и до смањење липидне пероксидације код здравих нетренираних мушкараца (68,69).

Сматра се да Asx значајно смањује оксидацију LDL-а, а самим тим и смањује ризик од атеросклерозе крвних судова. Парк и сарадници су испитивали потенцијалне имуномодулаторне, антиоксидационе и антиинфламаторне особине Asx у популацији младих, здравих жена и показали да суплементације Asx може смањити оштећење ДНК, ниво биомаркера оксидационог стреса и инфламације и побољшати имуни одговор. Asx је довео до повећане пролиферације лимфоцита, цитотоксичне активности НК ћелија и повећао је укупан број Т и Б лимфоцита (70).

Примећено је да Asx фаворизује коришћење масти у односу на глукозу током физичке активности, и на тај начин повећава издржљивост и могућност смањења F% са тренирањем (71,72). Сачуван гликоген је доступан извор енергије за касније стадијуме тренирања, што утиче на повећање издржљивости и одлагање замора. Астаксантин се показао као ефикасан и код повећања снаге и издржљивости спортиста јер је довео до повећања броја чучњева након шестомесечне суплементације у количини од 4 мг дневно (73).

Саваци и сарадници су приказали позитиван ефекат употребе астаксантина на спортску способност и смањење замора мишића јер су вредности СК биле мање у Asx групи у односу на плацебо (74). Резултати свих набројаних студија о ефекту астаксантина су контадикторни када се анализира оштећење мишића услед вежбања. У једној студији је сугерисано да Asx може да смањи оштећење у скелетном и срчаном мишићу миша настало услед вежбања, укључујући ту и неутрофилну инфилтрацију која може да потенцира повреде (75). С друге стране, научник Блумер и сарадници нису пронашли позитиван утицај астаксантина на смањење мишићног оштећења после тренирања (76).

Интересантно је да неки спортисти користе Asx као заштиту од сунчевих зрака. Пронађено је да суплементација астаксантином штити од УВА оштећења коже тако што обезбеђује фото-заштиту површинског слоја коже (77).

Поред потенцијалног утицаја на побољшање способности спортиста, атаксантин се показао у превенцији и лечењу кардиоваскуларних обољења јер смањује оксидацију масних киселина, оксидациони стрес и продукцију ROS који су значајно повећани код кардиоваскуларних болести и дијабетеса.

Каротеноиди су у последње време постали атрактивни када је утврђено да постоји веза између ниског нивоа ових супстанци у организму и преваленце тумора. Иако Asx, кантаксантин и β -каротен показују инхибиторни ефекат на раст тумора, највећу антитуморску активност ипак има атаксантин (78,79).

Захваљујући антиоксидационим карактеристикама и способности да прође хематоенцефалну баријеру и баријеру крв-мрежњача, атаксантин је пожељан суплемент у борби против дегенеративних обољења ока. Примена 6 мг атаксантина током 4 недеље може да смањи симптоме замора ока, повећа оштрину вида, побољша акомодацију ока и повећа циркулацију крви у капиларима мрежњаче (80).

Кожа је орган који је значајно изложен факторима спољашње средине, као и утицају оксидационог стреса. Заштита коже од ROS мотивисала је истраживаче да испитају антиоксидационо деловање атаксантина на кожу и размисле о његовој комерцијалној употреби у козметичким препаратима. У научној литератури се могу наћи две велике студије које су се бавиле овим феноменом (81). Козметички ефекат атаксантина на људску кожу у дози од 6мг дневно током 8 недеља, показан је у отвореној неконтролисаној студији на 30 здравих жена средње животне доби (82). Оне су атаксантин истовремено користиле и локално у виду крема. Дошло је до значајног смањења степена бора, побољшања еластичности и текстуре коже, хидрираности и степена заступљености корнеоцита. Узимајући у обзир овај козметички ефекат на кожу после оралне и локалне употребе атаксантина, саветује се комбиновање ове две врсте примене.

У другој дупло слепој студији са плацебом испитаници су били 36 здравих мушкараца током 6 недеља (83). Такође је дошло до значајног побољшања еластичности, степена хидрација и смањења степена бора. Лучење себума и контролисаност масноће коже показали су своја побољшања у суплементираној групи. Ово указује на могућност да антиоксидационо дејство астаксантина испољава своје позитивне ефекте и код мушкараца.

И на крају овог дела о астаксантину, занимљиво је напоменути да у последње време астаксатин привлачи пажњу у погледу његовог регенеративног дејства на гласне жице. Код пацова је доказано да оштећења гласних жица која настау услед старења и активирања ROS система, могу бити значајно смањена услед коришћења астаксантина (84).

3. ЦИЉЕВИ СТУДИЈЕ

1. Испитати физичке способности фудбалера
2. Одредити нутритивни статус фудбалера
3. Испитати нутритивне навике, ставове и знања фудбалера везаних за исхрану
4. Испитати ефекат правилне спортске исхране и суплементације астаксантином на телесну композицију
5. Испитати утицај правилне спортске исхране и суплементације астаксантином на смањење оштећења мишића и повећање толеранције на физички напор
6. Утврдити утицај правилне спортске исхране и суплементације астаксантином на повећање аеробне способности спортиста
7. Испитати ефекат правилне спортске исхране и суплементације астаксантином на снагу и флексибилност мишића
8. Испитати ефекат дијететског суплемента астаксантина на оксидациони стрес младих фудбалера у току тренажног периода

9. Успоставити посебне дијететске смернице са циљем да се побољша спортска способност и укупно здравље младих фудбалера
10. Успоставити препоруке за коришћење антиоксиданаса у суплементацији фудбалера

4. ХИПОТЕЗЕ СТУДИЈЕ

1. На основу резултата до сада објављених радова очекујемо да ће правилна спортска исхрана и суплементација астаксантином имати повољан ефекат на оксидациони стрес код спортиста тј. да ће доћи до смањења параметара оксидационог стреса код суплементиране групе у односу на плацебо групу.
2. Последица суплементације астаксантином ће бити смањено деловање слободних радикала на мембрану мишићних ћелија, смањено оштећење мишића, повећање издржљивости, повишење лактатног прага и повећање спортских способности фудбалера.
3. Нутритивна интервенција и едукација младих спортиста о значају правилне исхране довешће до постизања енергетске равнотеже којој млади спортисти треба да теже. Правилан унос макро и микронутријената и правилна хидрација утицаће на побољшање параметара који дефинишу спортску способност.

5. МАТЕРИЈАЛ

5.1 Дизајн студије

У овој студији која је трајала 12 недеља спроведене су две врсте интервенције – једна која је обухватила правилну исхрану и друга која је обухватила суплементацију астаксантином као представником антиоксидационих суплемената.

Прво је спроведена нутритивна анализа спортиста и процењен њихов нутритивни статус на почетку студије. На основу добијених резултата спортистима је предложен режим правилне спортске исхране и суплементација астаксантином.

Нутритивна интервенција спроведена је у договору са клупским куваром који је модификовао оброке за спортисте у ресторани тренажног центра, поштујући препоруке истраживача а у складу са могућостима. Нутритивна едукација је била саставни део интервенције и огледала се кроз предавања и радионице у којима су фудбалери учествовали. С обзиром да су млади фудбалери у клубу имали минимално један, а често и два главна obroка, очекивало се да ће мењање клупске исхране уз корекцију исхране код куће повољно утицати на нутритивни статус фудбалера.

Истовремено са нутритивном интервенцијом спроведена је суплементација астаксантином у виду студије која је била рандомизирана, двоструко слепа и плацебо контролисана. Испитаници су били подељени у две групе: групу која је примала астаксантин (Asx) и групу која је примала плацебо (P). Asx група добијала је капсулу астаксантина једном дневно, а P група је добијала плацебо капсуле са простим шећером, идентичног укуса и изгледа као капсуле са астаксантином. Суплементација је спроведена са 4 мг астаксантина, што представља стандардну препоручену дозу која је испитивана кроз многобројне радове и истовремено је одобрена од стране етичког комитета.

Током студије, истраживачи су редовно (на дневној бази путем телефона) подсећали спортисте да узимају капсуле са астаксантином. Тимски лекари су помагали у вођењу евиденције повреде и/или обољења спортиста према направљеним картонима повреда/оболевања.

Шематски приказ студије

Улазно тестирање	Спровођење студије између Аsx групе и плацебо групе	Излазно тестирање
<1>	АСТАКСАНТИН 4 мг	<1>
<2>		<2>
<3>		<3>
<4>	ПЛАЦЕБО	<4>
<5>		<5>
<6>		<6>
1. недеља	12 недеља	14. недеља

Легенда

- <1> Антропометрија, динамометрија и флексибилност
- <2> Нутритивни статус
- <3> Хематолошка и биохемијска анализа крви
- <4> Антиоксидациони статус
- <5> Спортско тестирање и процена аеробне способности
- <6> Процена стања коже лица

Астаксантин корићен у студији припада бренду AstaREAL AB (Густавберг, Шведска) који се производи од алге *Haematacoccus pluvialis* у затвореном производном процесу, у виду праха. Овај производ је богат астаксантином (око 3.8%).

5.2 Испитаници

У овој студији је учествовало 60 младих фудбалера фудбалског клуба „Телеоптик“ и младе селекције фудбалског клуба „Партизан“, са просеком тренирања фудбала од 10.1± 1.2 година. Испитаници су били здрави спортисти који нису користити лекове

и/или суплементе који утичу на процену нутритивног профила и редокс статуса организма, најмање три месеца пре почетка и током трајања студије. Родитељи свих испитаника су дали писмени пристанак за учествовање у студији уз сагласност тренера. Студија је изведена у складу са етичким стандардима и правилима Етичког комитета Удружења за медицину спорта Србије.

Студија је спроведена током такмичарске сезоне када су фудбалери имали један тренинг дневно током недеље, једну утакмицу недељно у оквиру државног првенства и један дан одмора током 7 дана. Поред тога спортисти су имали и два тренинга недељно у теретани. Тренинг је у просеку трајао око сат и по, прилагођен одређеној фази такмичарског циклуса. Ниво активности током тренинга се кретао од средњег до високо интензивног, док су спортисти остали део дана проводили у активностима ниског интензитета (школске обавезе, седентарне активности код куће и спавање).

6. МЕТОДЕ

У овој студији код испитаника су одређивани следећи параметри:

6.1 Антропометријске одреднице физичке способности младих фудбалера:

- а) Телесна висина - помоћу мобилног висинометра
- б) Телесна маса и састав тела – помоћу ваге TANITA BC-418
- ц) Процент телесних масти - помоћу ваге TANITA BC-418, односно методом биоелектричне импедансе (БИА) којом се процењује структура тела емитовањем ниске и безбедне дозе струје кроз људски организам. Струја пролази кроз тело са малим отпором кроз мишиће, док већи отпор постоји при проласку кроз масно ткиво. Овај отпор се зове биоелектрична импеданса и мери се мониторима телесне масти као што су ваге (TANITA), које софтверски, према оригиналном алгоритму, израчунавају процентуални садржај масти у структури тела.

6.2 Функционалне одреднице физичке способности младих фудбалера

- а) Мишићна снага стиска шаке – помоћу динамометра (Takei A5001 Hand Grip Dynamometer). Сабрани су најбољи резултати за леву и десну шаку и приказани као: д+л вредност.
- б) Флексибилност трупа – помоћу теста дубоког претклона

6.3 Аеробна способност младих фудбалера

Спортскомедицинско тестирање је спроведено у просторијама Удружења за медицину спорта Србије, односно специјалистичкој ординацији спортске медицине Вита максима. Урађен је ЕКГ и срчана фреквенција у миру (помоћу апарата Fukuda). Ергоспирометријско испитивање на тредмилу спроведено је по методи прилагођеној фудбалерима (Quark b2-Cosmed), односно максималн тест оптерећења до субјективног отказа спортисте и/или достизања максималне потрошње кисеоника. Праћени су следећи параметри: VO₂max, HRmax, TA max, HR у

миру у 1, 2 и 3 минути, систолни и дијастолни притисак у миру и током максималног напора, максимална брзина, трајање теста, пређена дистанца, минутни волумен дисања (VE) и Rq.

6.4 Нутритивни статус младих фудбалера:

- а) Енергетски унос и нутритивне навике - испитане су помоћу тродневног дневника исхране (испод) који је анализиран електронским софтвером (COSMED Softwer for Nutritional Assesment)

Тродневни дневник исхране се састојао од А) упутства за вођење дневника исхране, Б) питања која се односе на вођење дневника исхране и В) табеле у који се уписује конзумирана храна по данима

А) УПУСТВО ЗА ВОЂЕЊЕ ДНЕВНИКА ИСХРАНЕ

- ✓ Потруди се да будеш што искренији јер од тога зависи успешност анкете
- ✓ Немој да мењаш своје навике у исхрани како би изгледале што боље
- ✓ Забележи све што поједеш и попијеш за минимум 3 одређена дана – рачунајући од поноћи првог дана до поноћи трећег дана
- ✓ Најбоље је да дневник (тј.папир за сваки дан) носиш свугде са собом током три дана
- ✓ Ради тачности најбоље је да забележиш сваки оброк или ужину одмах после јела а не на крају дана
- ✓ Означи главне оброке- доручак, ручак или вечера, као и време и место obroка
- ✓ Немој да заборавиш да забележиш воду, кафу, чај или сокове
- ✓ Потруди се да забележиш марку прехранбеног производа, нпр.кекс Плазма или сок Некст
- ✓ Увек наведи начин припреме хране, нпр.печено, кувано, пржено или поховано
- ✓ Од изузетне је важности да забележиш тачну количину или тежину намирница. Кад год можеш користи кашике и шоље као меру- нпр.пола шоље за чај, две супене кашике шећера
- ✓ Опиши све намирнице што потпуније, нпр.пилећи батак без коже, шпагете у сосу од парадајза
- ✓ Наведи све састојке у оквиру сендвича-нпр.једна кифла, два листа зелене салате, три кришке качкаваља
- ✓ Забележи све додатке храни, нпр. со или шећер
- ✓ Не заборави да унесеш алкохолна пића која конзумираш
- ✓ Кад поједеш неке намирнице које су упаковане, потруди се да погледаш грамажу и напиши да си појео пола кутије кекса од нпр. 500 гр или чоколаду од 100 гр
- ✓ Молимо те да табеле испуниш што потпуније и детаљније!
- ✓ Још једном те подсећамо да је у заједничком интересу да добијемо праве и искрене резултате јер је то једини начин да заиста видимо како се храниш, са циљем да ти помогнемо у очувању здравља и постизању бољих спортских резултата.

Б) ПИТАЊА КОЈА СЕ ОДНОСЕ НА ВОЂЕЊЕ ДНЕВНИКА ИСХРАНЕ

1. Да ли мислиш да су у току три дана за које си водио/ла дневник имао уобичајен начин исхране? Објасни.
2. Да ли сматраш да твоје навике у исхрани говоре о томе да стално једеш помало или имаш редовне оброке? Објасни.
3. Када погледаш шта си све појео/ла, да ли мислиш да си некада јео/ла из психолошких, емоционалних или социјалних разлога а не због тога што си био гладан/а? Објасни.
4. Шта си научио/ла о својим навикама у исхрани водећи овај дневник током протекла три дана?
5. Шта мислиш-колико је вођење дневника утицало на то шта си јео/ла?(заокружи)
-пуно -мало -врло мало -није уопште утицало

В) ТАБЕЛА У КОЈУ СЕ УПИСУЈЕ КОНЗУМИРАНА ХРАНА ПО ДАНИМА

Дневник исхране - Дан 1				
Име и презиме: _____		Датум: _____		
Време оброка	Оброк (доручак, ручак, вечера или ужина)	Врста и опис хране	Количина	Место
Слободно пиши и на следећој страни →				

б) Енергетска потрошња – измерена помоћу акцелерометра COSMED Life Recorder и дневника физичке активности којег су спортисти носили у периоду писања дневника исхране

в) Енергетске потребе –представљају енергетски унос усклађен са енергетским потрошњом у циљу одржања енергетске равнотеже појединца. Израчунате су код младих фудбалера помоћу једначине која укључује базалну потрошњу и коефицијенти физичке активности.

г) Нутритивна интервенција се огледала у давању основних смерница и предлога за исхрану младих фудбалера. Сажетак менија који су добили фудбалери и кувар клупског ресторана приказан је испод:

ПРЕДЛОГ МЕНИЈА ЗА ФК ПАРТИЗАН

Предлог за доручак

1. Житарице
мусли (виталис)
корн флекс
црни хлеб
интегралне кифле
тост
пита са немасним сиром
кукурузни хлеб
2. Млечни напитци
млеко (2,8%)
чоколадно млеко
јогурт (до 1,5%)
воћни јогурт (до 1,6 мм)
кисело млеко (2,8 - 3,2)
3. Воће
сезонско воће
ананас
јабуке
банане
4. Сокови
цеђени сок од поморанџе
млечни "шејк" на бази воћа
5. Додаци
шунка
рибља паштета
путер од кикирикија

6. Сир
крем сир
качкаваљ
фета
млади сир

7. Поврће
парадајз
паприка
краставац

8. Намази
џем
мед
путер

Препоруке за припремање доручка

1. Уместо рафинисаног уља користити маслиново кад год је могуће или неко друго нерафинисано уље.
2. Качкаваљ и фета сир користити у мањим количинама
3. За намаз, као добар извор омега 3 масних киселина убацити намаз од леблеблија направљен са маслиновим уље и зачинским биљкама
4. Такодје намаз од туне је добар извор беланчевина и омега 3 масних киселина
5. печеница и кувана шунка садрже најмању количину масноћа, а самим тим и калорија. Приближно имају сличан садржај нитрита.

6. Воћни "шејк" на бази немасног млека, свежег воћа и меда представља лако сварљив и препоручљив додатак доручку

Предлог за ручак или вечеру

Житарице
црни хлеб
бели хлеб
кукурузни хлеб

Млечни напитци
млеко (2,8%)
јогурт (0,5% и 1%)
воћни јогурт
кисело млеко

Супа
потаж од поврћа
пилећа супа

Воће
сезонско воће
јабукe
банане
воћна салата

Сокови
сок од поморанџе
предјела

Јела
мусака од кромпира са јунећим месом
телеће шницле у сосу од печурака

Прилози
пекарски кромпир
барени кукуруз шећерац

Салата

салата од купуса
салата од руколе са "чери" парадајзом

Десерт
Кох, колач са јабукама

Предлози везани за ручак и вечеру

1. Као додатак салатама: семенке (пињоле, сунцокрет, голица, као одличан извор незасићених масних киселина
2. Као базу прелив за салате увек користити квалитетно нерафинисано уље
3. Месо не пржити на дубоком уљу и не поховати га
4. Нови предлог за десерт: кувано жито са орашастим плодовима, сувим воћем или медом

Предлог за ужину

1. интегрални кекс
2. палачинке са намазом
3. сутлијаш
4. воће
5. сладолед
6. воћни јогурт
7. воћно-млечни "схаке"
8. сендвич са медом-џемом-нутелом
9. спортски бар

6.4.1 Хематолошки и биохемијски параметри крви

Узорци крви прикупљани су у јутарњим часовима (око 08.00 сати) са испуњеним условом да је од последњег оброка прошло 8 до 10 сати. У овој студији су анализирани узорци који су прикупљени пре почетка студије и после дванаест недеља суплементације. Узорци крви су прикупљени венепункцијом са вакутајнерима који садрже ЕДТА (етилен диамин тетрасирћетна киселина) или хепарин. Узорци су чувани на -80°C до анализе. Из узорака су одређени следећи параметри: комплетна крвна слика (еритроцити, леукоцити, тромбоцити, хематокрит, MCV, MCHC), уреа, креатинин, холестерол, HDL, LDL, триглицериди, CRP, глукоза, укупни протеини, ALT, AST, мокраћна киселина, билирубин, CK, LDH. Ови параметри су одређени рутинском аутоматском ензимском методом на анализатору.

6.5 Оксидациони статус

- Тотални антиоксидантни статус (TAS) и тотални оксидантни статус (TOS) су одређени методама које су предходно објављене у радовима и спроведени на Фармацеутском факултету у Београду.

6.6 Процена стања коже лица

Истраживачи су пратили промене на кожи помоћу скале за процену комедона, папула и макула ((Grading Scale for Comedones, Papules and Macules (GS-CPM)) и скале за оцену тежине промена на кожи ((Grading Scale for Overall Severity (GS-OS))).

Лице сваког спортисте је фотографисано уз коришћење рефлектора, уз посебно дизајнирану столицу која је имала сталак за позиционирање и фиксацију лица. Коришћено је следеће степеновање промена на лицу:

Табела 6.1. Скала за процену комедона, папула и макула

Степен	Прекривеност
0	Неколико промена је дозвољено; мале су и није потребно трагати за њима
1	Постоји мали број промена, али су лако уочљиве
2	Више него степен 1; лако уочљиве; највећи део лица није прекривен
3-4	Прогресивно већи број промена; већа површина лица је захваћена
5	Око половине лица је захваћено
6-7	Прогресивно већи број промена; више од пола лица је захваћено у степену 6
8	Највећи део лица је захваћен
9	Цело лице је генерално прекривено променама

Табела 6.2. Скала за оцену тежине промена на кожи

Степен	Опис промена
0	Лице не мора да буде апсолутно без промена; дозвољена су 3 мала комедона и/или мале папуле уколико су расуте по лицу (да нису груписане)
2	Врло мало пустула или 30-ак папула и/или комедона; без великих избочених (упадљивих) промена; промене треба да су једва видљиве са удаљености од 2.5 м
4	Између 2. и 6. степена; присутне су црвене и упаљене промене значајног степена; потребно је лечити
6	Лице испуњено комедонима без или са инфламованих промена; морају бити присутне бројне пустуле; промене се лако уочавају са даљине од 2.5м; неке од пустула могу бити и величине 1-2 цм
8	Сливени, типа удубљења или цистични облик акни; или високо инфламиране акне које прекривају већи део лица, жуте пустуле се шире на браду, подбрадак и врат

Наведена испитивања су урађена седам дана пре почетка суплементације и поновљена након 12 недеља суплементације.

6.7. Статистичка обрада података

Статистичка обрада података изведена је коришћењем рачунарског програма PASW Statistics ver. 18.0. Резултати пре и после интервенције поређени су помоћу Студентовог Т теста. За испитивање корелације између различитих параметара који су одређивани у студији, коришћена је Спирманова непараметарска корелациона анализа.

7. РЕЗУЛТАТИ СТУДИЈЕ

7.1 Испитиване карактеристике младих фудбалера на почетку студије

7.1.1 Антропометријске одреднице физичке способности младих фудбалера

Један од циљева овог истраживања била је анализа основних антропометријских карактеристика младих фудбалера, њихове спортске способности и њиховог нутритивног статуса. У оквиру овог дела истраживања представљене су морфолошке карактеристике фудбалера које непосредно утичу на способност организма за физички напор.

- Телесна висина и телесна маса

Табела бр.7.1. Године старости, телесна висина и телесна маса младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
Године старости	17	20	17,65	0,685
Телесна висина (cm)	163	193	179,89	5,957
Телесна маса (kg)	55,5	87,2	71,81	7,248

Статистички показатељи година старости, телесне висине (ТВ) и телесне масе (ТМ) приказани су у табели бр.7.1. Група од шездесет младих фудбалера имала је малу стандардну девијацију за године старости које су просечно износиле 17 година. Из података се може видети да млади фудбалер има висину од 179 ± 5 cm а телесну масу од 71 ± 7 kg.

- Висинско-тежински однос (BMI – body mass index)

У табели бр.7.2. приказане су вредности BMI за шездесет младих фудбалера.

Табела бр 7.2. BMI младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
BMI (kg/m ²)	18,8	26,0	22,17	1,5574

Према класификацији Светске здравствене организације (WHO), вредност BMI 22.1 kg/m² сврстава ове фудбалере у групу нормално ухрањених.

- Састав тела (BC – *Body composition*)

Анализа састава тела помоћу биоелектричне импедансе (BIA) пружа вредности у виду процента за телесне масти (F%) и у килограмима за FFM.

Табела бр 7.3. Приказ састава тела младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
F %	2,3	17,1	9,16	2,9853
FFM (kg)	50,3	73,9	64,32	5,6113

Распон за вредност F% је нумерички велики што говори у прилог различитости састава тела у групи младих фудбалера.

7.1.2 Функционалне одреднице физичке способности младих фудбалера

- Мишићна снага

Према класификацији (Canadian Public Health Association Project, 1977), млади фудбалери имају мишићну снагу која је оцењена са добар (3).

Табела бр 7.4. Мишићна снага младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
десна рука	30,0	67,0	41,50	15,6395
лева рука	27,0	59,0	44,38	6,9619
д+л (kg)	57,0	126,0	90,50	13,2875

- Одређивање флексибилности трупа

За мерење флексибилности трупа коришћен је тест дубоког претклона. Флексибилност шездесет младих фудбалера оцењена је са добар (3) према класификацији од један до пет (Canadian Public Health Association Project, 1977).

Табела бр 7.5. Флексибилност трупа младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
флексибилност	-24,0	1,0	-9,902	5,5399

7.1.3 Аеробна способност младих фудбалера

Табела 7.6. Аеробна способност 60 младих фудбалера на почетку студије

	минимум	максимум	средња вредност	стандардна девијација
Срчана фреквенција у миру (HR rest) (откуцај/минути)	40	88	61,3	10,7
Систолни притисак у миру (mmHg)	90	150	109	11,1
Дијастолни притисак у миру (mmHg)	50	80	63,8	6,7
Максимална аеробна способност - VO2 max (ml/kg/min)	44,3	68,2	54,4	4,4
Срчана фреквенција на RER = 1 (откуцај/минути)	170	205	182,1	7,4
Брзина тредмила на RER = 1 (m/s)	12	17	14,9	1,2
Ve - минутни волумен дисања (L/min)	116,6	184,9	144,7	14,4
TA max систолни (mmHg)	140	210	160,1	13,4
TA max дијастолни (mmHg)	50	85	69,4	8,2
Максимална срчана фреквенција – HR max (откуцај/минути)	183	213	196,6	6,6

HR у 1.мин. одмора (откуцај/минути)	154	196	176,0	8,7
HR у 2.мин. одмора (откуцај/минути)	125	175	150,4	11,3
HR у 3.мин. одмора (откуцај/минути)	108	166	133,9	11,7
Респираторни коефицијент (RQ)	1.05	1,36	1,17	0,06
Трајање теста (sec)	464	2126	614,79	208,1
Пређена дистанца (m)	640	2289	1807,7	273,5
Максимална брзина (m/s)	15	20	18,25	1,05

Велика јачина позитивне корелације (већа од 0,05) за параметре аеробне способности младих фудбалера који су од значаја за дискусију, пронађени су код следећих параметара:

- Телесна маса ~ безмасна телесна маса
- Брзина на RER 1 ~ HR max

7.1. 4 Нутритивни статус младих фудбалера

Нутритивни статус спортисте је дефинисан са више фактора који утичу на опште стање али и стање ухрањености организма. Поред спортскомедицинског прегледа који је саставни део процене нутритивног статуса, фудбалерима су током студије одређени енергетски унос, енергетска потрошња, крвни и биохемијски параметри. У одређивању енергетског уноса учествовало је 40 младих фудбалера. Резултати анализе дневника исхране приказани су у једном делу као одступања од препорученог дневног уноса ((Recommended Dietary Allowances (RDA)).

- Енергетски унос (ЕУ) и унос макронутријената

Табела бр 7.7. Енергетски унос и дневни унос макронутријената младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
Енергетски унос (kcal/дан)	1725	6955	3042	905
Протеини (g/kg/дан)	0,87	2,85	1,70	0,41
Протеини (% ЕУ)	5,65	23,45	16,56	3,59
Маси (g/kg/дан)	0,71	2,27	1,38	0,38

Масти (%ЕУ)	10,34	38,51	29,67	5,56
Угљени хидрати (g/kg/дан)	2,43	11,29	5,30	1,60
Угљени хидрати (%ЕУ)	16,27	64,70	50,23	8,24

Просечан процентуални унос угљених хидрата био је 50% што је мање у односу на препоруке у литератури за фудбалере где пише да је оптималан унос од 55 % до 60 % енергетског уноса. Процентуални дневни удео масти у енергетском уносу био је на горњој граници која према препорукама не треба да прелази 30 %. Протеини су били у границама препоручених вредности за спортисте (од 15% до 20%) са дневним уносом око 16%.

Средња и висока корелација пронађена је за енергетски унос с једне стране и унос гвожђа и калцијума у исхрани с друге стране. Показан је значајан утицај енергетског уноса на вредности VO_2max у смеру позитивне корелације.

Табела бр 7.8. Просечан дневни унос осталих макронутријената код фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
Вода (ml/дан)	759,00	4081,0	1782,32	714,70
Влакна(g/дан)	4,00	30,0	12,87	6,51

Унос воде је био испод препоручених вредности (3,3 l) датих за мушкарце од 14 до 18 година (према препорукама U.S. Department of Health & Human Services).

Следећи исте препоруке, можемо да потврдимо нижи унос влакана код младих фудбалера са 38 g/дан. Дневник исхране је показао да су млади фудбалери у односу на препоруке (RDA у табели) имали дневни унос холестерола ближи горњим вредностима (300 mg) и повишен унос засићених масних киселина.

Табела 7.9. Просечан унос витамина код младих фудбалера

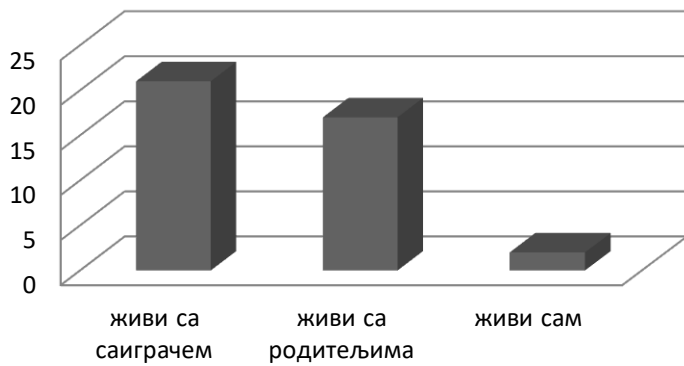
	Средња вредност±SEM	RDA
Витамин А (IU)	2216±415	900
Витамин Це (mg)	142±27	90
Витамин Е (mg)	5,7±1	15
Пиридоксин – Бе 6 (mg/дан)	0,22±0,8	1,3
Кобаламин – Бе 12 (mcg)	3.72±0,6	2.4

Табела бр 7.10. Просечан унос минерала код младих фудбалера

	Средња вредност±SEM	RDA
Ca (mg/дан)	931,82±60	1300
Mg (mg/дан)	389,04±19	410
P (mg/дан)	1701,15±71	1250
K (mg/дан)	3350,47±175	3500
Na (mg/дан)	4165,38±147	2400
Cu (mg)	2,11±0,45	0,89
Fe (mg)	14,7±1,3	11
Mn (mg)	4,45±0,6	2,5
Se (µg)	175,5±11,5	55
Zn (mg)	13,25±1,6	11

Нутритивна анализа је показала нижи унос витамина Е у односу на препоручен дневни уноса (RDA за витамин Е-15 mg). Анализа уноса витамина и минерала указала је на последице неправилне исхране фудбалера у виду дефицита калцијума, магнезијума, калијума и витамина Бе 6, док је суфицит примећен за фосфор, натријум и витамин Бе 12 ((према RDA вредностима које износе за калцијум 1300 mg/дан, магнезијум 410 mg/дан, фосфор 1250 mg/дан, калијум 3500 mg/дан, натријум 2400 mg/дан, витамин Бе 6 13 mg/дан и витамин Бе 12 2.4 (mcg)).

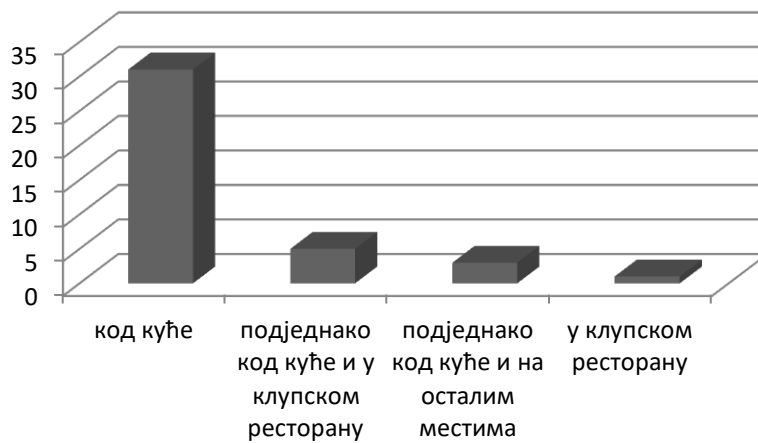
У циљу процене нутритивног статуса, код фудбалера су такође анализирани навике у исхрани, услови становања и услови везани за припремање и послуживање оброка.



Слика бр 7.1. Услови становања младих фудбалера

Као што можемо видети, спортисти су најчешће живели са са играчем који је био фудбалер из истог тима (22/40), онда са родитељима (17/40) и најређе су живели сами (2/40).

Спортисти су у просеку имали четири оброка дневно и то у највећем броју случајева у кућним условима (31/40).



Слика бр 7.2. Место где су млади фудбалери најчешће јели током дана

- Енергетска потрошња (ЕП)

Енергетска потрошња младих фудбалера измерена је помоћу акцелерометра којег су фудбалери носили у периоду када су писали дневник исхране.

Табела бр 7.11. Енергетска потрошња младих фудбалера

	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација
енергетска потрошња (kcal/дан)	2821	3640	3147,20	259,967

Не постоји статистички значајна разлика између енергетске потрошње и енергетског уноса ($p > 0,05$).

Постоји статистички значајна разлика између формулом израчунатих енергетских потреба младих фудбалера и измереног енергетског уноса, што наговештава енергетски дефицит код ових спортиста.

Табела бр 7.12. Однос између енергетског уноса и енергетских потреба код младих фудбалера

	Средња вредност	Стандардна девијација	p
Енергетски унос (kcal/дан)	3042	905	0,001*
Енергетске потребе (kcal/дан)	3631	290	

* $p < 0.05$ - постоји статистичка значајност



Слика бр 7.3. Приказ односа просечних вредности енергетских потреба, ЕП и ЕУ

Табела бр.7.13. Пирсонове корелације пронађене на почетку студије код 60 младих фудбалера приликом поређења нутритивног статуса и аеробне способности

средња јачина корелације (0,3-0,49)		велика јачина корелације (0,5-1,0)	
позитивна	негативна	позитивна	негативна
Телесна маса – F%	ТМ - VO ₂ max	телесна маса -FFM	ЕУ - унос протеина
стисак шаке - максимална брзина	ЕУ-унос УХ	FFM - стисак шаке	
максимална брзина-пређена дистанца	Унос УХ -унос гвожђа у храни	FFM -унос протеина	
ЕУ-унос калцијума		ЕУ - унос влакна	
ЕУ-унос магнезијума	унос протеина-унос влакна	ЕУ - унос гвожђа	
ЕУ-унос калијума		унос фосфора –унос калијума	
унос масти-унос засићених масних киселина		унос магнезијума -унос фосфора	
унос влакна-унос витамина Це		унос магнезијума -унос калијума	
унос магнезијума - унос калцијума		унос фосфора - унос холестерола	
ЕУ-унос фосфора		унос К-унос влакна	
унос фосфора - унос натријума		унос К-унос Ца	
унос фосфора - унос засићених масних киселина		АСТ-АЛТ	
унос холестерола - унос натријума		феритин-трансферин	
унос триглицерида - холестерол у крви		Креатин киназа - АСТ	
ЕУ - холестерол у крви			
ЕУ – VO ₂ max			

7.2 Утицај правилне исхране и суплементације астаксантином на спортску способност младих фудбалера

Други део истраживања обухватио је суплементацију астаксантином и саветовања фудбалера и њиховог стручног тима о правилним нутритивним навикама. Представићемо резултате који показују значајност и њихово тумачење пружа одређене смернице фудбалерима везане за исхрану и коришћење суплемената.

7.2.1 Утицај правилне исхране и суплементације астаксантином на хематолошке и биохемијске параметре

Основни биохемијски и хематолошки параметри 40 младих фудбалера на почетку студије и после 90 дана редовних тренинга и суплементације астаксантином приказани су у табелама 7.13. и 7.14.

Уочено је статистички значајно повећање броја леукоцита у плацебо групи, али не и у Asx након 90 дана редовних тренинга и суплементације. Број еритроцита се није мењао у обе испитиване групе ($p > 0,05$). Количина хемоглобина се није мењала у обе испитиване групе ($p > 0,05$). Хематокрит се статистички значајно смањио само у астаксантин групи док је у плацебо остао непромењен. Уочено је смањење MCV у обе испитиване групе ($p < 0,05$). Број тромбоцита је остао непромењен у односу на суплементирану и плацебо групу.

Табела бр 7.14. Крвна слика пре и после 90 дана суплементације у астаксантин (Asx) и плацебо (P) групи

	Asx	P
Леукоцити ($\times 10^9/L$)		
пре суплементације	6,3 \pm 1,32	5,8 \pm 0,93
после суплементације	6,0 \pm 1,25	6,5 \pm 1,43
p	0,287	0,039*

Еритроцити ($\times 10^{12}/L$)		
пре суплементације	5,4 \pm 0,43	5,4 \pm 0,35
после суплементације	5,3 \pm 0,46	5,3 \pm 0,22
p	0,188	0,236
Хемоглобин (g/L)		
пре суплементације	156,4 \pm 10,2	156,7 \pm 12,8
после суплементације	152,8 \pm 13,1	152,0 \pm 7,1
p	0,158	0,076
Хематокрит (L/L)		
пре суплементације	0,485 \pm 0,027	0,480 \pm 0,032
после суплементације	0,463 \pm 0,036	0,463 \pm 0,021
p	0,010*	0,060
MCV (fL)		
пре суплементације	88,74 \pm 4,5	88,66 \pm 2,7
после суплементације	86,25 \pm 3,45	87,15 \pm 2,39
p	0,001*	0,025*
MCHC (pg)		
пре суплементације	28,6 \pm 1,47	28,9 \pm 0,94
после суплементације	28,4 \pm 1,51	28,6 \pm 0,99
p	0,445	0,060
Тромбоцити ($\times 10^9/L$)		
пре суплементације	235 \pm 30,9	261 \pm 48,4
после суплементације	233 \pm 34,7	256,4 \pm 36,9
p	0,878	0,458

Резултати су приказани као средње вредности \pm SD; $p < 0,05$ (*) и $p < 0,001$

(*): статистички значајна разлика у односу на почетак суплементације.

Табела бр 7.15. Основни биохемијски параметри пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи

	Asx	P	p
ALT (U/L)			
пре суплементације	22,5 \pm 9,3	20,7 \pm 2,4	0,076
после суплементације	19,4 \pm 5,6	19,2 \pm 5,1	0,869
p	0,04*	0,324	
AST (U/L)			
пре суплементације	41,0 \pm 23,5	44,6 \pm 12,8	0,950
после суплементације	24,4 \pm 7,7	28,79 \pm 8,0	0,107
p	0,001*	0,001*	

Билирубин ($\mu\text{mol/L}$)			
пре суплементације	11,37 \pm 8,1	13,07 \pm 10,8	0,321
после суплементације	15,21 \pm 5,2	20,21 \pm 10,4	0,05*
p	0,111	0,001*	
Креатинин ($\mu\text{mol/L}$)			
пре суплементације	130,4 \pm 8,2	133,1 \pm 9,1	0,825
после суплементације	127,0 \pm 8,2	130,5 \pm 9,6	0,392
p	0,039*	0,104	
СК (U/L)			
пре суплементације	587,4 \pm 454,5	744,6 \pm 614,1	0,972
после суплементације	347,6 \pm 308,8	458,2 \pm 327,1	0,320
p	0,05*	0,06	
LDH (U/L)			
пре суплементације	384,5 \pm 75,0	429,0 \pm 85,2	0,114
после суплементације	290,1 \pm 11,6	353,0 \pm 58,0	0,002*
p	0,000*	0,000*	
CRP (mg/dL)			
пре суплементације	1,6 \pm 0,7	1,5 \pm 1,0	0,630
после суплементације	1,9 \pm 1,6	2,0 \pm 2,1	0,461
p	0,503	0,491	
Трансферин (g/L)			
пре суплементације	2,72 \pm 0,4	2,92 \pm 0,2	0,288
после суплементације	2,67 \pm 0,4	2,77 \pm 0,4	0,690
p	0,668	0,165	
Феритин ($\mu\text{g/L}$)			
пре суплементације	75,7 \pm 52,7	54,1 \pm 25,6	0,397
после суплементације	95,0 \pm 50,9	75,7 \pm 30,4	0,238
p	0,011*	0,018*	
HDL (mmol/L)			
пре суплементације	1,11 \pm 0,32	1,15 \pm 0,37	0,904
после суплементације	1,11 \pm 0,32	1,08 \pm 0,27	0,670
p	1,000	0,337	
Гвожђе ($\mu\text{mol/L}$)			
пре суплементације	10,11 \pm 2,2	10,69 \pm 2,5	0,359
после суплементације	10,11 \pm 3,5	10,92 \pm 2,8	0,759
p	1,000	0,832	
Глукоза (mmol/L)			
пре суплементације	6,05 \pm 0,4	6,29 \pm 0,6	0,316
после суплементације	5,74 \pm 0,4	5,71 \pm 0,6	0,985
p	0,010*	0,014*	

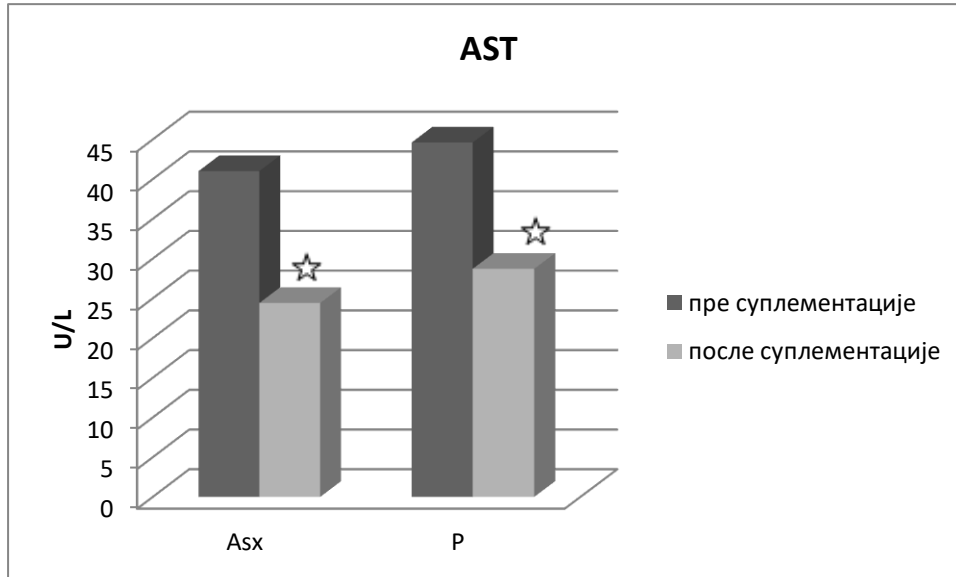
Уреа (mmol/L)			
пре суплементације	6,42±1,0	6,64±1,0	0,955
после суплементације	6,11±1,0	6,79±1,6	0,233
p	0,209	0,635	
Холестерол (mmol/L)			
пре суплементације	4,37±0,8	4,50±0,7	0,940
после суплементације	4,32±0,9	4,57±0,7	0,346
p	0,749	0,583	
Триглицериди (mmol/L)			
пре суплементације	1,00±0,3	0,93±0,7	0,735
после суплементације	0,79±0,4	0,79±0,5	0,749
p	0,042*	0,336	
Укупни протеини (g/L)			
пре суплементације	75,6±3,5	76,14±3,5	0,882
после суплементације	72,05±0,3	72,5±4,2	0,650
p	0,003*	0,005*	

Резултати су приказани као средње вредности \pm SD;
 $p < 0,05$ (*) и $p < 0,001$ (*): статистички значајна разлика у односу на почетак суплементације.

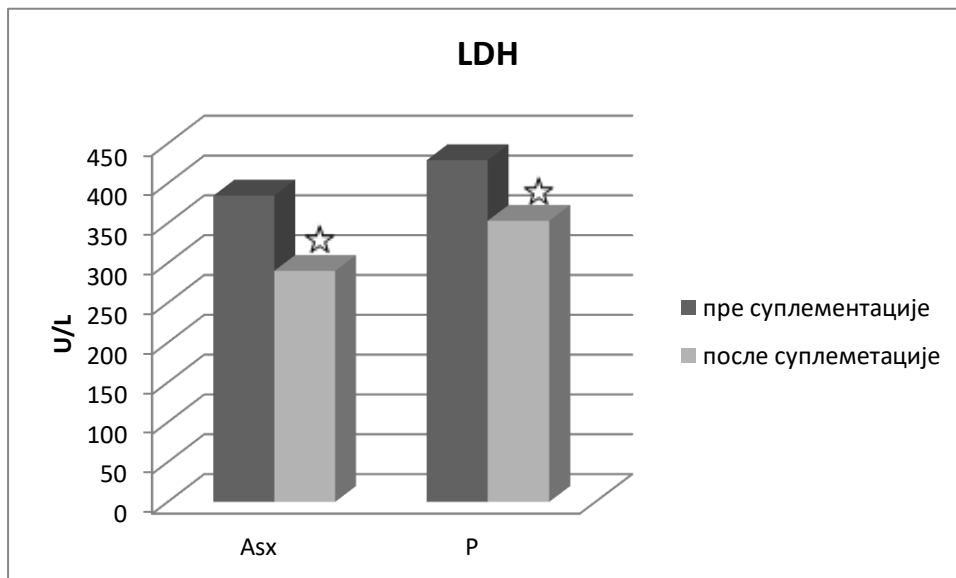
У атаксантин групи је забележено статистички значајно смањење ALT за разлику од плацеба ($p < 0,05$). AST се смањио у обе иститиване групе, без обзира на суплементацију атаксантином ($p < 0,001$). Када се посматра билирубин у обе групе, значајно се повећао само у плацебо групи, а ако се ове две групе пореде на крају студије онда је то повећање значајно веће у плацебо групи ($p < 0,05$). Благи али статистички значајан пад креатинина примећен је у атаксантин групи. Дошло до смањења креатин киназе (СК) у суплементираној групи, што није примећено у плацебу ($p = 0,05$). LDH се смањио у обе групе ($p < 0,001$) али је значајно то што између група пронађена статистички значајна разлика после 90 дана за вредност LDH која је била већа код спортиста који нису пили атаксантин.

Нису уочене значајне промене вредности CRP, трансферин, HDL, уреа и холестерол током посматраног периода у обе групе. Феритин је био статистички значајно смањен код плацеба и код групе која је узимала суплементацију ($p = 0,05$).

Занимљиво је да су на почетку студије у обе групе фудбалери имали глукозу изнад или на горњој граници референтних вредности (6,05-6,29) и да се та вредност статистички значајно смањила у обе групе после 90 дана. Вредност триглицерида је под дејством суплементације значајно статистички смањена само у Asx групи ($p=0,05$). Укупни протеини су у обе групе забележили значајно мању вредност у односу на почетак студије ($p=0,05$).

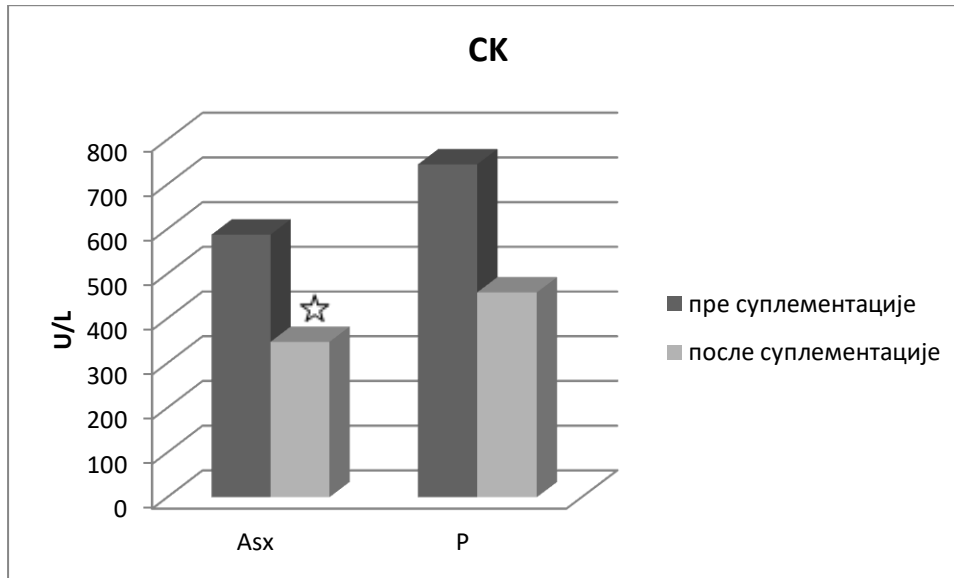


Слика 7.4. Активност AST пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност. $p < 0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан.



Слика 7.5. Активност LDH пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност. $p < 0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан.

Само у Asx групи забележено је значајно смањење вредности креатин киназе ($p=0.05$)



Слика 7.6. Активност СК пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност. $p<0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан.

7.2.2 Утицај правилне исхране и суплементације астаксантином на аеробну способност

Вредности аеробне способности 40 младих фудбалера измерене субмаксималним тестом на почетку студије и после 90 дана правилне исхране и суплементације, приказане су у табели 7.14.

Табела 7.16. Резултати теста оптерећења код Asx и P групе на почетку и крају студије

	Asx	P	p
Срчана фреквенција у миру (HR rest) (откуцај/минути)			
пре суплементације	62,22±11,1	58,09±10,39	0,205
после суплементације	59,57±11,9	61,59±11,82	0,571
p	0,197	p=0,05*	

Систолни притисак у миру (mmHg)			
пре суплементације	111,96±12,49	106,59±9,8	0,118
после суплементације	111,52±11,02	112,05±14,4	0,832
р	0,837	р=0,05*	
Дијастолни притисак у миру (mmHg)			
пре суплементације	65,0±6,7	61,8±5,2	0,085
после суплементације	67,6±9,1	67,7±7,5	0,962
р	0,228	0,001**	
Максимална аеробна способност - VO ₂ max (ml/kg/min)			
пре суплементације	54,7±4,9	53,55±3,7	0,374
после суплементације	56,5±5,0	55,1±2,8	0,243
р	0,006**	0,002**	
Срчана фреквенција на RER = 1 (откуцај/минути)			
пре суплементације	180,9±7,2	183,5±6,5	0,924
после суплементације	180,7±7,5	183,4±7,5	0,877
р	0,250	0,202	
Брзина тредмила на RER = 1 (m/s)			
пре суплементације	14,6±1,0	15,3±1,3	0,042*
после суплементације	15,7±1,0	16,0±0,7	0,334
р	0,000**	0,031**	
V _e -минутни волумен дисања (L/min)			
пре суплементације	147,3±16,8	142,5±13,8	0,297
после суплементације	155,3±21,5	144,1±12,4	0,040*
р	0,046*	0,542	
ТА max систолни (mmHg)			
пре суплементације	160,4±11,6	159,3±12,1	0,775
после суплементације	155,8±11,7	150,4±10,7	0,115

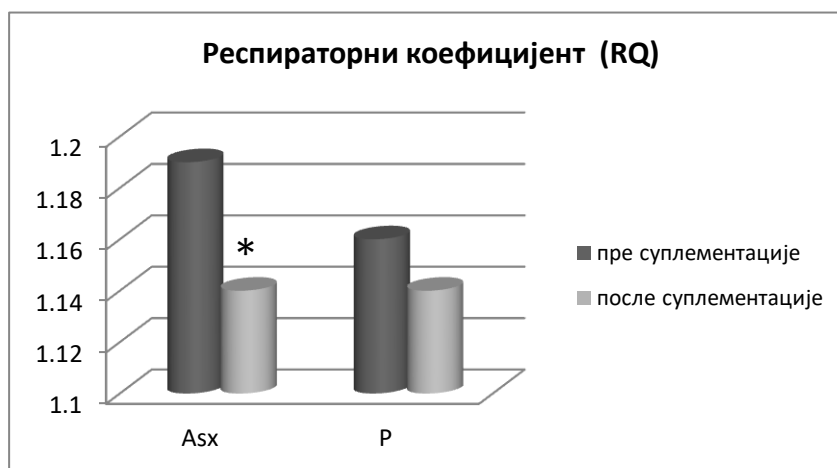
p	0,063	0,005**	
ТА max дијастолни (mmHg)			
пре суплементације	70,6±7,4	69,7±9,1	0,725
после суплементације	67,3±6,7	67,5±6,8	0,957
p	0,096	0,324	
Максимална срчана фреквенција – HR max (откуцај/минути)			
пре суплементације	195,4±6,7	196,7±6,8	0,514
после суплементације	193,5±7,0	194,7±7,2	0,561
p	0,117	0,007**	
HR у 1. минути одмора (откуцај/минути)			
пре суплементације	174,2±9,4	174,5±7,3	0,911
после суплементације	167,5±8,4	167,2±9,3	0,913
p	0,004**	0,000**	
HR у 2. минути одмора (откуцај/минути)			
пре суплементације	147,6±12,7	150,2±9,0	0,462
после суплементације	138,1±10,5	139,5±11,0	0,662
p	0,001**	0,000**	
HR у 3. минути одмора (откуцај/минути)			
пре суплементације	131,7±13,4	133,1±9,5	0,701
после суплементације	121,4±9,3	124,6±10,2	0,281
p	0,000**	0,000**	
Респираторни коефицијент (RQ) max			
пре суплементације	1,19±0,07	1,16±0,04	0,589
после суплементације	1,14±0,04	1,14±0,03	0,097
p	0,05*	0,410	
Трајање теста (sec)			
пре суплементације	581,6±48,1	603,7±37,3	0,093

после суплементације	599,4±37,1	606,3±39,3	0,549
р	0,037*	0,729	
Пређена дистанца (m)			
пре суплементације	1791,6±242,8	1918,7±208,1	0,05*
после суплементације	1876,6±191,2	1917,6±220,9	0,513
р	0,05*	0,979	
Максимална брзина (m/s)			
пре суплементације	18.0±1.1	18,6±0,9	0,05*
после суплементације	18,5±0,8	18.5±1,0	0,813
р	0,011*	0,833	

Резултати су приказани као средње вредности ± SD;
 $p < 0,05$ (*) значајна и $p < 0,001$ (*): високо статистички значајна разлика у односу на почетак студије

У плацебо групи је забележено статистички значајно повећање у вредностима за HR у миру, дијастолни притисак у миру, систолни притисак у миру, максимални TA и максималну срчану фреквенцију ($p < 0,05$). У обе групе је дошло до статистички значајног повећања VO_{2max} ($p < 0,05$), и смањења HR у 1., 2. и 3. минути. Минутни волумен дисања је био статистички повећан у групи фудбалера који су били суплементирани ($p < 0,05$).

Респираторни коефицијент (RQ) мах се значајно смањио само у Asx групи ($p < 0,05$).

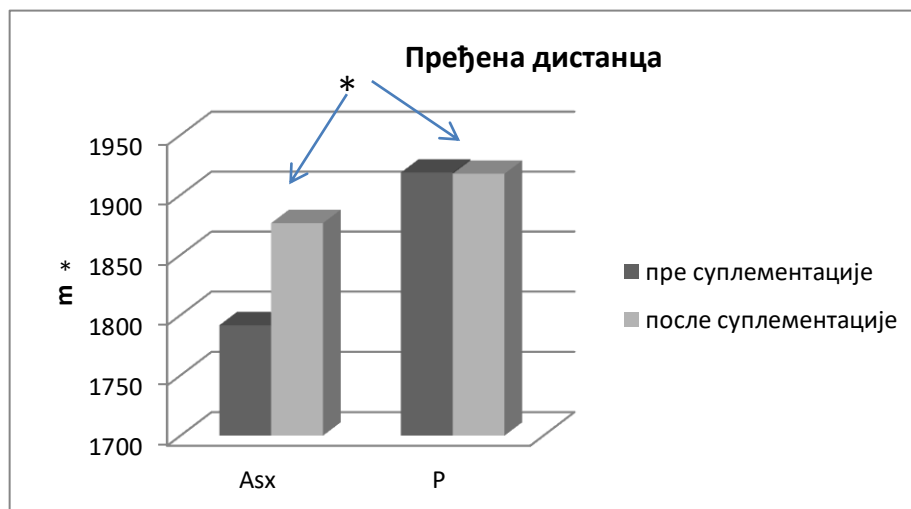


Слика 7.7. Респираторни коефицијент пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност, $p < 0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан.



Слика 7.8. Максимална брзина пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност, $p < 0,05$ (*): статистички значајна разлика у односу на 0 дан.

Значајно је статистички повећање максималне брзине ($p < 0,05$) у Asx после 90 дана суплементације, што није забележено код плацебо групе. На почетку студије је постојала статистички значајна разлика између група, јер је плацебо група имала много веће вредности за максималну брзину, што може бити узрок губитку значајне разлике између група на крају студије.



Слика 7.9. Пређена дистанца пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност, $p < 0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан

Пређена дистанца је на крају студије била статистички значајно већа у Asx групи, док у плацебо групи није дошло до промене. И тест на траци је статистички значајно трајао дуже у групи спортиста који су били суплементирани астаксантином.

7.2.3. Утицај правилне исхране и суплементације астаксантином на телесни састав и функционалну способност

Као саставни део спортског тестирања у оквиру кога се примарно мери аеробна способност, фудбалерима је одређена телесна композиција, измерена флексибилност и мишићна снага. Резултати пре и после 90 дана програма правилне исхране и суплементације приказани су у табелама 7.16, 7.16. и 7.18.

У обе групе на почетку истраживања није постојала статистичка значајност између вредности F% и FFM, што говори у прилог хомогености групе ($p=0,918$ за F% и $p=0,627$ за FFM). У погледу смањења F% забележена је статистичка значајност само у плацебо групи ($p<0,05$). Што се тиче FFM, у обе групе је дошло до значајног повећања.

Табела 7.17. F% и FFM код Asx и P групе на почетку и крају студије

	Пре суплементације	После суплементације	p
F%			
Астаксантин	9,6±2,9	9,1±2,7	0,159 0,001*
Плацебо	9,9±3,3	8,6±3,2	
p	0,918	p=0,410	
FFM			
Астаксантин	64,7±7,1	65,6±6,8	0,045* 0,001*
Плацебо	64,7±5,2	66,3±5,7	
p	0,627	0,893	

Резултати су приказани као средње вредности±SD; * $p<0,05$ – постоји статистичка значајност

Статистички значајна разлика за мишићну снагу није постојала код Asx и P групе на почетку студије ($p=0,648$). Уочено је повећање снаге стиска шаке на крају студије код обе групе испитаника (Asx и P).

Табела 7.18. Снага стиска шаке код Asx и P групе на почетку и крају студије

	пре суплементације	после суплементације	p
Снага стиска шаке д+л (kg)			
Астаксантин	95,7±12,4	98,7±10,9	p<0,05* p<0,001*
Плацебо	94,4±13,3	101,0±13,0	

Резултати су приказани као средње вредности±SD; *p<0,05 – постоји статистичка значајност

Табела 7.19. Флексибилност код Asx и P групе на почетку и крају студије

	Пре суплементације	После суплементације	p
Флексибилност (cm)			
Астаксантин	-9,6±5,5	-9,5±5,8	p=0,832 p=0,840
Плацебо	-10,6±5,4	-10,7±5,1	

Резултати су приказани као средње вредности±SD. Није уочена разлика између група.

Није постојала статистичка значајност у вредностима флексибилности између две групе на почетку и на крају истраживања.

Измерена је енергетска потрошња на почетку и на крају студије. Забележена је статистичка значајност на крају студије у плацебо групи.

Табела 7.20. Енергетска потрошња фудбалера на крају студије

	Пре суплементације	После суплементације	p
Енергетска потрошња (kcal)			
Астаксантин	3125±238	3248±265	p=0,832 p= 0,049*
Плацебо	3161±318	3415±351	

Резултати су приказани као средње вредности±SD; *p<0,05 – постоји статистичка значајност

7.2.4 Утицај правилне исхране и суплементације астаксантином на оксидациони статус

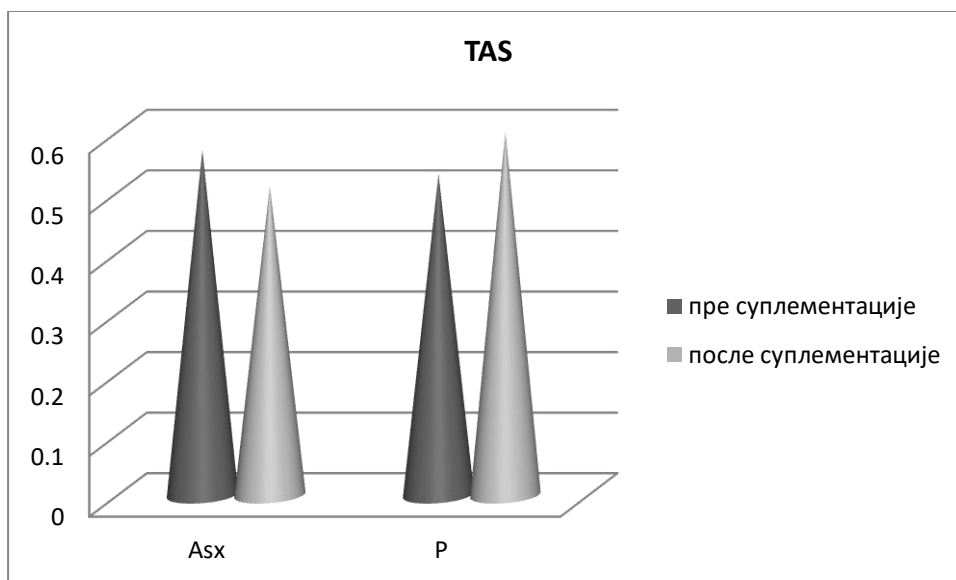
У нашој студији са 40 младих фудбалера мерили смо три свеобухватна параметра прооксидационог и антиоксидационог деловања: TOS - маркер прооксидационих процеса, TAS - маркер свеукупне антиоксидационе заштите у плазми и ПАБ - меру равнотеже између TOS и TAS.

Табела 7.20. TAS, TOS и ПАВ на почетку и на крају студије

	Asx	P	p
TAS - тотални антиоксидациони статус ($\mu\text{mol vit.E Eq/L}$)			
пре суплементације	0,57 \pm 0,13	0,53 \pm 0,13	0,529
после суплементације	0,51 \pm 0,13	0,60 \pm 0,12	0,065
p	0,151	0,069	
TOS - тотални оксидантни статус ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ Eq/L}$)			
пре суплементације	14,3 \pm 6,0	17,4 \pm 7,0	0,209
после суплементације	5,2 \pm 2,0	4,6 \pm 2,4	0,460
p	0,000*	0,000*	
ПАВ- прооксидационо-антиоксидациони баланс (НКУ)			
пре суплементације	453,1 \pm 217,6	393,7 \pm 188,6	0,492
после суплементације	321,4 \pm 144,0	280,7 \pm 169,6	0,455
p	0,009**	0,015*	

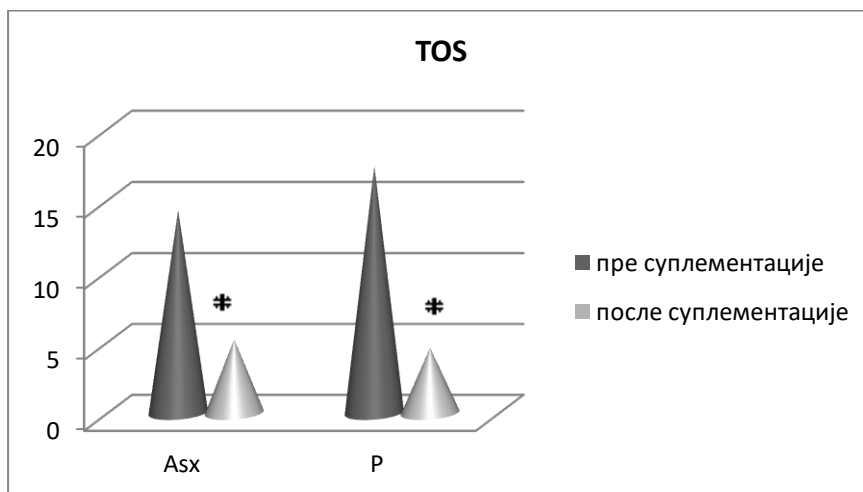
Резултати су приказани као средње вредности \pm SD; *p<0,05 – постоји статистичка значајност; p<0,001** - висока статистичка значајност

Није уочен статистички значајан утицај суплементације астаксантином на базалне вредности TAS у обе групе фудбалера, на основу Т теста.



Слика 7.10. Вредности TAS пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност.

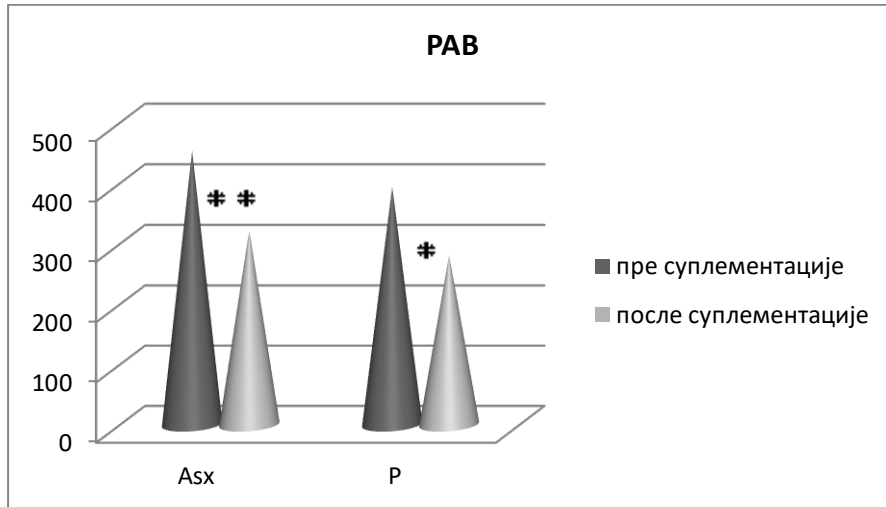
Уочено је значајно смањење TOS у Asx и P групи након 90 дана ($p < 0,001$) редовних тренинга и суплементације у односу на почетак студије.



Слика 7.10. Вредности TOS пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност, $p < 0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан.

T тест је показао значајно смањење PAB у обе групе, с тим што је у Asx групи након 90 дана забележено високо статистичко смањење после суплементације ($p < 0,001$) у

односу на плацебо ($p < 0,05$). PAB омогућава процену оптерећења организма прооксидационим врстама и његовог антиоксидационог капацитета извођењем једне аналитичке методе.



Слика 7.12. Вредности PAB пре и после 90 дана суплементације у Asx и P групи. Резултати су приказани као средња вредност, $p < 0,05$ (*): значајна разлика у односу на 0 дан.

7.2.5 Утицај правилне исхране и суплементације астаксантином на кожу лица

У овом делу студије смо испитивали утицај суплементације астаксантином код промена на кожи лица младих фудбалера. Укупно 17 младих фудбалера је имало проблеме са кожом који су могли да се оцењују и чије су промене могле да се евалуирају помоћу скале.

Табела 7.21. Утицај астаксантина на промене на кожи младих фудбалера

	Пре суплементације	После суплементације	p
Скала за процену комедона, папула и макула GS-CPM (степен од 0 до 9)			
Астаксантин	2,00±1,69	1,12±1,72	p<0,001*** p=0,05
Плацебо	2,22±1,39	1,55±1,01	
Скала за оцену тежине промена на кожи GS-OS (степен од 0 до 8)			
Астаксантин	1,62±1,30	1,00±1,41	p<0,05* p=0,104
Плацебо	1,88±1,36	1,44±0,88	

Резултати су приказани као средње вредности \pm SD; $p < 0,05$ (*), $p < 0,01$ (**) и $p < 0,001$ (***): значајна разлика у односу на 0 дан

У астаксантин групи, забележена је високо статистички значајна разлика ($p < 0,001$) у побољшању промена на кожи младих фудбалера према GS-CPM скали, после 90 дана суплементације. Такође, у астаксантин групи је примећено статистички значајно побољшање промена оцењених према GS-OS скали после 90 дана суплементације ($p < 0,05$). У плацебо групи није дошло до статистички значајне разлике у променама на кожи оцењених процењеним са обе скале.

Слика 7.13. Промене на лицу младог фудбалера пре и после суплементације Asx



8. ДИСКУСИЈА

Резултати наше студије испунили су циљеве постављене на почетку и потврдили тачност хипотеза. Поред научног доприноса који је представљен кроз закључке ове студије, значај овог рада огледа се у свеобухватној анализи професионалних фудбалера наше земље која је реткост и треба да послужи као материјал за давање смерница. Дискусију ћемо искористи да системски и прегледно прокоментаришемо добијене резултате.

8.1. Мали проценат масти у телесној конституцији младих фудбалера

Снага, брзина и енергичност у игри фудбалера су пожељне карактеристике које директно зависе од телесне грађе. Фудбалери у нашој студији су имали састав тела који им даје предиспозицију за успешну спортску способност. Имали су телесну висину која је била у просеку већа од оне која је описана у другим радовима, док телесна маса није показала одступања (табела 2.1.). С друге стране, њихов проценат масти са просечних 9% је значајно испод цитираних вредности у радовима који су испитивали антропометријске карактеристике младих фудбалера. Овакав телесни састав олакшава фудбалерима брзо кретање по терену и омогућава агилност коју од њих захтевају тренери.

Корелације у оквиру наше студије су показале да са порастом телесне масе расте F% и FFM код младих фудбалера. Негативна корелација је израчуната за $VO_2 \max$ чија се вредност смањује са повећањем телесне масе.

Уобичајен проблем са којим се суочавају тимски играчи јесте потреба да се смањи ниво телесних масти, што није случај код наших професионалних фудбалера. Пратили смо F% на почетку такмичарске сезоне, који иначе има тенденцију да се смањује у времену. Поређењем наших младих фудбалера са фудбалерима енглеске

Премијер лиге, видимо да имају исти проценат масти ($F\% 10.0 \pm 1.6$) (85). За разлику од њих, код младих енглеских фудбалера испод 18 и испод 21 године описан је $F\%$ изнад 11%, и зато им је дата препорука да достигну жељени проценат масти.

8.2. Просечна мишићна снага и флексибилност младих фудбалера

Мишићна снага може да се мери помоћу више метода, међу којима је најчешће коришћена динамометрија (86). Фудбалери у нашој студији имали су мишићну снагу која је оцењена са 3 на скали од 1-5. Ако се узме у обзир да су фудбалери имали 17 година и да ће снагу развијати у годинама које долазе, постоји потреба да се тренерима укаже на врсту тренинга која ће им помоћи да повећају снагу (тренинг са отпором).

У нашој студији указано је на постојање позитивне корелације између мишићне масе и стиска шаке, што директно указује на повезаност телесне конституције и снаге спортиста. Такође је позитивна корелација пронађена за стисак шаке и брзину трчања на траци тј. они који су имали боље вредности динамометрије, достигали су већу брзину.

Недовољно развијена флексибилност фудбалера (изузетак су голмани) показана је кроз научне радове. Флексибилност је способност несметаног и комплетног покретања зглоба у његовом пуном обиму и представља једну од најважнијих компоненти физичке способности. Узрок смањен флексибилности код фудбалера може се наћи у врсти тренинга који се примењује у фудбалу. Тренинг укључује висок степен брзих концентричних и ексцентричних мишићних контракција што доводи до скраћења мишића задње ложе. Због тога је растезање пре и после тренинга препоручљиво, како би се повећала флексибилност фудбалера (2).

Ризик од повреда повећан је услед смањене флексибилности и мишићне снаге после фудбалске утакмице и континуирано развијање ових карактеристика је од великог значаја за спортисте (86).

8.3. Смањен енергетски унос фудбалера са недостатком угљених хидрата и протеина

Млади фудбалери, спортисти генерално, имају јединствене захтеве за раст и развој. Осим тога, постоји широка варијација у физичком расту и сазревању младих спортиста исте хронолошке старости. При том исхрана није само извор енергије, већ је њена улога много комплекснија (21). Током уласка у такмичарски тимски спорт, млади играчи могу очекивати да ће се сусрести са активним начином живота, напорним обавезама и такмичењима која се преплићу са обавезама у средњој школи или на факултету. Тренинзи заказани за касно поподне или рано јутро, играче доводе то тога да морају да реорганизују распоред obroка тако да доручкују у ходу и вечерају касно. Такав неорганизован образац исхране онемогућава играча да задовољи високе енергетске потребе које су у вези са растом и тренирањем. Посебно се тешко обезбеђује енергија за продужене високоинтезивне тренинге који имају за циљ повећање величине и снаге мишића (6).

Дневни унос микронутријента се битно разликује код спортиста него код опште популације, а посебно код спортиста у адолесценцији. Највећи проблем је непостојање препорука о дневном уносу код спортиста. Због тога је једино могуће користити литературне податке који се односе на сличну популациону структуру. Тако се према ФИФА-ином консензусу о спортској исхрани наводи да енергетски унос за узраст од 16 до 20 година треба да буде од 3000 до 3500 kcal на дан, по чему је наша испитивана група имала енергетски унос нешто изнад доње границе (21).

Табела 8.1. Дневни унос енергије и макронутријената код фудбалера у адолесценцији (21)

	Шпански адолесценти (14–16 г.)	ФК Арена фудбалери (14 г.)	ФК Арена фудбалери (15 г.)	ФК Арена фудбалери (16 г.)	ФК Арена фудбалери (21 г.)
	(n=32)	(n=18)	(n=20)	(n=19)	(n=25)
Енергетски унос (kcal/дан)	3003	3456	3418	3478	3030
Енергетски унос (kcal/kg)	46,5	54,6	51,5	48,4	41,4
Протеини (g/дан)	123	128,5	141,9	150,2	132,8
Протеини (g/kg)	1,9	2,0	2,1	2,0	1,8
Угљени хидрати (g/дан)	364	422	391	392	334
Угљени хидрати (g/kg)	5,6	6,7	5,9	5,3	4,6
Масти (g/дан)	127	139	142	154	128
Масти (g/kg)	1,95	2,2	2,15	2,15	1,8

Још је интересантније сагледавање енергетског уноса испитиваних спортиста у односу на енергетску потрошњу и енергетске потребе. Дефицит енергетског уноса је заједнички именитељ код сваког поређења, без обзира да ли су у питању литературни подаци или поређење уноса и потрошње у оквиру посматране групе (слика 7.3.). У прилог свему горе наведеном стоји и чињеница да смо код наших фудбалера нашли високе корелације између енергетског уноса и вредности VO_2max . Приметили смо да су спортисти који су имали већи енергетски унос израчунат тродневним дневником исхране, имали боље вредности аеробне способности током спортског тестирања на почетку студије. Позитивне корелације су пронађене за енергетски унос с једне стране и унос угљених хидрата с друге стране.

Анализа дневника исхране фудбалера у нашој студији указала је на недовољан унос угљених хидрата као главног макронутријента који обезбеђује енергију за физичку активност. Унос угљених хидрата од 5 до 7 г/кг телесне тежине довољан је за умерену енергетску потрошњу која се остварује у току тренинга и утакмица (88). Млади фудбалери у нашој студији имали су широк распон дневног уноса угљених

хидрата са просечном вредношћу од 5 g/kg ТМ што је на доњој препорученој граници. Већи уноси од 7 до 10 г/кг телесне масе, пожељни су за играче који имају више од једне утакмице недељно или у периоду интензивног тренинга. Оваква врста уноса је забележена у радовима са професионалним фудбалерима, чешће као резултат високог енергетског уноса него као унос хране богате угљеним хидратима. Као и код наших младих спортиста, угљени хидрати се у већем броју расположивих студија појављују са учешћем од 40 до 50 % у тоталном енергетском уносу (89). Ако знамо да је гликоген основни облик депоновања угљених хидрата у јетри и мишићима а уједно и извор енергије током интензивних напора, јасно да ће дефицит УХ у исхрани директно утицати на енергетску равнотежу.

Због високе енергетске потрошње, већина играча има испражњене депое гликогена на крају утакмице (2). Испитивање садржаја гликогена као енергетске основе у мишићима за фудбалску утакмицу, била је предмет истраживања и Карлсона још седамдесетих година када је показао да 5 од 7 играча има потпуно снижен гликоген после првог полувремена. Каснијом анализом видео записа утакмице примећено је да су играчи са најнижим нивоом гликогена имали имали нижу просечну брзину и мању пређену дистанцу у другом полувремену.

Пронађено је да корелација искоришћености гликогена и времена које прође до исцрпљености играча, указује на бржу појава замора код смањених депоа гликогена (90). Истакнут је значај тога да фудбалери морају у игру да улазе са напуњеним депоима гликогена и да те резерве обнове непосредно после утакмице за шта је потребно и више од два дана. Зато је за фудбалере у оквиру наше студије један од главних циљева нутритивне интервенције био да се повећа процентуални унос УХ у свакодневној исхрани.

Поред смањеног уноса угљених хидрата, анализа испитаника показала је и мањи дијетарни унос протеина по килограму телесне масе (табела 7.6.). Подаци које је изнела ФИФА говоре супротно уверењу да наши спортисти немају проблема са протеинима због доминантног присуства меса у националној исхрани. Чињеница је да испитивани спортисти нису поштовали један од базичних постулата правилне спортске исхране о уносу протеина (у просеку око 20-25 грама) са сваким оброком и ужином, што је показала анализа дневника исхране. Кључни аргумент који указује на недовољни унос протеина је и смањење протеина у крви након 90 дана. Осим тога, ако рачунамо да су посматрани спортисти били у развоју онда су дефинитивно имали право да уносе више протеина од 1,7 г/kg поштујући препоруке Америчког колеџа спортске медицине (91).

Табела 8.2. Препоруке за унос протеина

Особа	Протеин (г)/kg ТМ
Седентарна особа	0,8
Рекреативни спортиста	1,0–1,5
Спорт издржљивости	1,2–1,6
Тинејџер у периоду раста	1,5–2,0
Спортиста који жели да добије на мишићној маси	1,5–1,7
Спортиста на редуктивној дијети	1,8–2,0
Горњи унос протеина	2,0
Просечан унос спортисте – издржљивост	1,1–2,0
Просечан унос спортисткиње -издржљивост	1,1–1,8

Извори података: American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (12): 2130–2145, 2000;

У нашој студији је на почетку доказана висока позитивна корелација за унос протеина путем хране и мишићне масе. Наиме, што су фудбалери имали већи унос протеина путем хране, имали су веће вредности FFM, што је од изузетног значаја у периоду раста и развоја. Негативна корелација је пронађена за ЕУ и унос протеина што значи да је са повећањем ЕУ растао процентуални унос УХ и масти.

Дневни унос масти је био испод 30% што задовољава основне препоруке за правилну спортску исхрану. Фудбалери су масти најчешће уносили путем брзе хране, слаткиша и производа из пекара, услед недостатка услова за квалитенију исхрану.

8.4. Смањен унос воде и потреба за едукацијом о значају правилне хидрације у фудбалу

Одређени степен дехидрираности током тренинга и такмичења је неизбежан због разлике између губитка течности знојењем и могућности да се она надокнади током такмичења. Кардиоваскуларно оптерећење, повећан напор и негативан утицај на вештину и технику, само су неке од последица недостатка течности.

Пошто је израчунат унос воде код фудбалера на почетку наше студије био испод препоручених вредности датих за мушкарце од 14 до 18 година, фудбалери су едуковани током спровођења студије на основу смерница које је дала FIFA, Фудбалска федерација САД и Америчка академија за педијатрију.

Хидрираност пре тренинга је од великог значаја и лако али поуздано, може се проверити преко боје урина. Уколико је особа здрава и не користи лекове и/или суплементе који могу да утичу на боју урина, светлија боја урина говори у прилог добре хидрираности и обрнуто. Упутства Америчког колеџа за спортску медицину из 2007. године, за рехидрацију током вежбања подржавају коришћење готових спортских напитака (4-8% угљених хидрата, 10-25 mmol/L натријума) током продужених такмичења и тренинга. Вода се и даље сматра најприкладнијим пићем за активности које трају краће од 60 минута.

Препорука је да спортисти током активности треба да на сваких 20 минута узимају 150 до 250 ml спортског пића. Након активности је потребно надокнадити 1,5 изгубљене тежине конзумирањем спортског пића без обзира на жеђ.

Фудбалери у нашој студији су на почетку студије имали забележен унос течности који је био изузетно мали, што нас је довело у сумњу да спортисти нису довољно ажурно водили дневник исхране.

8.5. Дефицит витамина и минерала као последица неправилне исхране фудбалера

У ретким студијама у којима је пријављен унос микронутритијената код фудбалера, вредности су биле уобичајене. Доказано је да су играчи способни да испуне одговарајуће препоручене дневне уносе витамина и минерала само ако постоји организована исхрана у клубу. Поред енергетског дефицита у нашој групи такође уочавамо дефицит за витамин Е, калцијум и магнезијум, што је у складу са резултатима Гутиерез и Руиз (2005). Чињеница је да су магнезијум и калцијум есенцијални микронутријенти од посебног значаја за мишићну контракцију. Витамин Е је као антиоксиданс посебно значајан јер је дефицит код спортиста теже сагледати услед непостојања препорученог дневног уноса за физички активну популацију. Испитивана група фудбалера имала је у исхрани мало семенки, кикирикија, бадема, разних уља, спанаћа и слично, па је уочен недостатак логичан. Иако су истраживања о дефициту витамина Е код спортиста ретка, његов недостатак повећава оксидациони стрес у мишићима и може довести до деградације и инфламаторних процеса у мишићима.

Један од разлога зашто смо се опредељели за суплементацију астакастином је био због периода елиминације из организма („wash out“) који би морао да се испоштује код суплементације другим антиоксидансом као што је нпр. витамином Е. Концентрација витамина Е требала би да буде нивелисана у испитиваним групама, и захтевала би око 30 до 48 дана за постизање концентрације у ткивима, при том без могућности да се контролише количина унета храном. Због тога је атаксантин био добар избор, јер није присутан у свакодневной исхрани, а има велику

антиоксидациону заштиту, што је доказано значајним повећањем PAB у суплементираној групи (табела 7.18.).

Путем анализе дневника исхране, показано је да је дошло до дефицита и суфицита одређених витамина и минерала, као последица неправилне исхране. Дефицит је забележен за калцијум, магнезијум и калијум, док је суфицит примећен за фосфор и натријум. Позитивне корелације нађене су за енергетски унос и унос гвожђа, магнезијума, калијума и калцијума. Управо из набројаних тврдњи делује лично да су дефицити минерала узроковани управо смањеним енергетским уносом о коме смо већ говорили на почетку. То значи да једино правилном и балансираном исхраном фудбалери могу да задовоље потребе за микронутријентима.

8.6. Правилна исхрана и суплементација астаксантином довеле су до активирања неензимских антиоксидационих система

Пре коментарисања директног деловања астаксантина на параметре спортске способности треба још указати и на неке промене у биохемијском налазу код фудбалера.

Фудбалери показују значајне промене у вредностима биохемијских и хематолошких параметара током сезоне, које су последица тренинга, али и адаптације на физичку активност. Иако вредности могу да се крећу у границама референтних вредности, праћење биохемијских и хематолошких параметара је основа за процену здравственог статуса спортиста и оптималних спортских перформанси, али и корисно средство за одређивање интензитета и учесталости тренинга (92).

У испитиваној групи уочено је статистички значајно повећање нивоа билирубина код фудбалера који су били на плацебу ($p < 0,001$). Познато је да је билирубин крајњи производ катаболизма хемоглобина. Стога његова повећана концентрација у серуму може да указује на одређени степен оштећења еритроцита након редовних тренинга и непостојања адекватне антиоксидационе заштите у групи без

астаксантина (41). Важно је напоменути и да је билирубин заједно са мокраћном киселином једна од најзначајнијих неензимских антиоксиданаса у крви.

Смањење ALT у суплементираној групи могло би да се коментарише као антиоксидациона заштита суплеметације. AST се смањио у обе групе, што је највероватније последица адаптације на тренинг током припремног периода.

Ниво креатинина није смањен у групи фудбалера који су узимали плацебо, за разлику од групе који су узимали атаксантин, вероватно због тога што је атаксантин стабилисао ћелијски метаболизам, смањио потрошњу креатина и повећао оксидацију слободних масних киселина у митохондријама.

Очигледна стабилизација ћелијске мембране мишића огледа се и у статистички значајном смањењу креатин киназе у плазми код фудбалера који су узимали атаксантин. С обзиром да је у обе групе дошло до статистички значајног смањења аспартат аминотрансферасе и лактат дехидрогеназе која се налазе и у другим ткивима (срчаном и скелетном мишићу, бубрезима, мозгу, панкреасу, плућима, леукоцитима и еритроцитима) могуће тумачење смањења креатин киназе само у атаксантин групи везано је за управо за антиоксидансно дејство атаксантина у мишићном ткиву. Слично су доказали и Саваки и сарадници који су приказали позитиван ефекат употребе атаксантина на спортску способност и смањење замора мишића јер су вредности СК биле мање у атаксантин групи у односу на плацебо (74). Зопа и сарадници (2006) су користећи витамин Це и витамин Е показали да смањују липидну пероксидацију и оштећење мишића током напора виског интензитета (50).

У атаксантин групи дошло је до смањења триглицерида што није забележено у плацебо групи. Већ је кроз радове описано да атаксантин смањује триглицериде и повећава ниво HDL холестерола, али такође и побољшава циркулацију. У прелиминарним студијама ово се показало као обећавајуће у побољшању спортских перформанси у спортовима као што је фудбал (93). Смањење триглицерида је само

један сегмент кардиопротективног дејства које атаксантин има. Атаксантин такође одлаже формирање оксидоване форме липопотеина мале густине (LDL). Као последица свега тога а и деловања атаксантина на тонус крвних судова, величина подручја захваћеног инфарктом је најуспешније смањена када је животињама дат атаксантин неколико дана пре изазваног инфаркта. Ови резултати указују да атаксантин, највероватније због своје антиоксидационе активности, инхибира продукцију инфламаторних медијатора. Атаксантин као ксантофилни каретеноид и његови деривати показују антиинфламаторно дејство и потенцијални ефекат у реперфузији исхемичних ткива, смањују липидну пероксидацију и редукују ретромбозу после тромболизе (94). Због свега наведеног, овај суплемент постаје све више популарнији у превенцији кардиоваскуларних болести.

Феритин је био значајно смањен код плацеба и код суплементиране групе, што може да буде последица концентрације гвожђа која је током целог трајања студије била на доњој граници.

Глукоза је на почетку студије била изнад или на горњој граници референтних вредности (6,05-6,29) али се та вредност статистички значајно смањила у обе групе после 90 дана, што је највероватније последица интензивног тренинга.

8.7. Правилна исхрана и суплементација атаксантином довеле су до побољшања спортске способности

Свакако најзначајнији ефекти корекције исхране и суплементације атаксантином су промене везане за спортску способност коју је тешко унапредити без оптималне ћелијске функције.

Група фудбалера која је узимала атаксантин забележила је статистички значајно повећање брзине на покретној траци на максималном оптерећењу, што је значајно

побољшање спортске способности, јер се на истом максималном оптерећењу постиже већа брзина. Ако се томе дода и статистички значајна пређена дистанца на крају студије и чињеница да је тест на траци трајао дужи у групи спортиста који су били суплементирани астаксантином, онда је спортска способност значајно унапређена.

Дошло је до повећања VO_{2max} и HR у опоравку за обе групе највероватније као последица редовног интензивног тренинга током трајања студије.

Респираторни коефицијент означава однос угљен диоксида и кисеоника у издахнутом ваздуху и вредности RQ изнад 1,0 указују на преминање анаеробног метаболизма. Смањење респираторног коефицијента у Асх групи говори у прилог томе да су суплементирани фудбалери дужи користили аеробни метаболизам и масти као извор енергије.

Сличне резултате су добили и Суганума и сарадници (72 који су показали да је хронична суплементација астаксантином код мишева довела до побољшања времена до отказа у пливању и трчању. Такође су Икеуши и сарадници 2006 (60 показали да је 5 недеља суплементације астаксантином (6-30мг/kg ТМ) утицало на побољшање оксидације липида током вежбања и последично довело до продужења времена до отказа током пливања и трчања на траци. И у другим радовима је примећено је да астаксантин фаворизује коришћење масти у односу на глукозу током физичке активности, и на тај начин повећава издржљивост и могућност смањења F% са тренирањем (66). Већ поменти Зоппи и сарадници (2006) забележили су значајно виши анаеробни праг, иако ни у њиховој испитиваној групи није дошло до значајне промене аеробне способности.

Очигледно је да је аеробна способност зависна од много више механизма и да није лако утицати на њено додатно повећање које је већ постигнуто спровођењем правилне исхране и повећањем тренажног режима (100).

Иако је одлика доброг тренажног режима да дође до смањења срчане фреквенције у миру, као и артеријског крвног притиска, у плацебо групи је забележено статистички значајно повећање у вредностима за HR, дијастолног притиска у миру, систолног притиска у миру, као и максималног крвног притиска ($p=0,05$). Највероватније је да је уочена разлика забележена због кардиопротективног деловања атаксантина у суплементираној групи. Значајно смањење систолног притиска у превенији метаболичког синдрома, примећено је када је испитаницима давано 4мг атаксантина једном дневно током 4 недеља (95). Атаксантин такође побољшава експериментално мерење протока крви код здравих мушкараца. У атаксантин групи забележено је значајно брже време крвног протока у односу на плацебо. Ово показује да атаксантин може да побољша микроциркулацију (93).

Гледано из угла спортисте, резултати представљају значајно повећање спортске способности. Пре свега, пост тренажно оштећење мишића је било мање у групи фудбалера суплементираних атаксантином. Ако се узме у обзир да је на максималном оптерећењу достигнута нумерички значајно већа аеробна способност, сигнификантно већа брзина покретне траке, значајно већа пређена дистанца на крају студије и чињеница да је тест на траци трајао дужи уз нижи RQ, онда деловање атаксантина постаје још значајније.

Чињеница је да ни један суплемент није „магичан“, али да минициозним сагледавањем деловања атаксантина управо добијамо супстанцу која је потребна спортистима у припремном периоду, када дизањем интензитета тренинга желе да побољшају спортску способност, а да при том добро контролишу опоравак. Ако томе додамо промене у исхрани и корекцију недостатка микронутријената, онда само једним суплементом можемо да допринесемо суптилном повећању спортске способности. Поред тога резултати наше студије доказују да суплементи не чине

чуда већ да могу да се укључе у метаболичке путеве на такав начин да минимално, али значајно поправе одређене параметре у организму.

На крају као додатак закључку треба додати и налаз на који су указали сами фудбалери. Највећи број њих није директно приметио утицај астаксантина на тренажне резултате, већ су приметили нешто што није било ни постављено као циљ праћења дејства астаксантина. Убрзо након сугестије испитаника додали смо у циљеве и испитивање утицаја астаксантина на кожу лица. Направљен је протокол према GS-CMP и GS-OS скали (84,85). После 90 дана суплементације, у астаксантин групи је примећено статистички значајно побољшање промена оцењених према GS-OS скали ($p < 0,05$). У плацебо групи није дошло до статистички значајне разлике у променама на кожи оцењених са обе скале. Ако период адолесценције битно дефинише самоспознаја и развијање идентитета, онда је логично да су фудбалери који су узимали астаксантин били више импресионирани изгледом коже свог лица него спортском способношћу.

8.8. Нутритивна интервенција је показала да је мењање навика фудбалера сложен и дуготрајан процес

Један од разлога зашто смо одабрали астаксантина за суплементацију уз нутритивну корекцију, осим израженог антиоксидационог дејства, била је немогућности да утичемо значајаније на исхрану фудбалера. Иако је одржано више од 6 саветовања са њима, тренерима и клупским куварима, фудбалери нису у потпуности испоштовали дате смернице, вероватно због тога што су у већини случајева живели сами или са саиграчем и уједно највише времена проводили код куће (слика 7.1. и 7.2.).

Јеловник који је саветован био је компромис између поштовања основних начела правилне спортске исхране и могућности које су постојале у ресторану. С друге стране, нутритивна интервенција није смела да буде толико радикална да изазове

незадовољство фудбалара јер би то потенцијално негативно утицало на њихово опште расположење и ефикасност на терену. Кувар са којим смо редовно контакирали је био најбољи сарадник у погледу балансирања између наших захтева и могућности клуба и спортиста. Може се рећи да је овај период био пун изазова и за спортисте и за истраживаче. Корекције у начину исхране морале су да обухвате и нутритивне навике које су фудбалери имали код куће. Одсуство кулинарских вештина, финансијска немогућност, лимитирани услови за спремање хране, дугогодишња монотона исхрана, мањак времена и изнад свега одсуство едукације о исхрани, само су били неки од фактора који су отежали поштовање свих задатих смерница.

Сарадња са фудбалерима је током трајања студије била успешна али на жалост постоје сегменти на које нисмо могли да утичемо. Друго писање дневника исхране након нутритивне интервенције није било успешно и пошто је то урадило само неколико фудбалера, одустало се од анализе на крају студије. То свакако представља мањкавост ове студије јер истраживачима недостају излазни параметри после интервенције на основу којих би се мерила успешност промена у исхрани. Ако то није успело да се спроведе у једном од најуспешнијих националних клубова, поставља се питање како би то изгледало са неким другим тимом.

Ипак, фудбалери се нису оглушили на све што је саветовано па су увели у исхрану више гвожђа јер су им вредности биле близу доње границе, па је значајно повећан нивоа феритина ($p < 0,05$) код обе групе фудбалера током посматраног периода.

Један од јасних ефеката нутритивне интервенције у овој студији било је смањење процента масти само у плацебо групи. С једне стране то можемо да објаснимо и повећаном енергетском потрошњом коју су имали фудбалери у плацебо групи током посматраног периода.

9. ЗАКЉУЧЦИ

1. Правилна спортска исхрана и суплементација астаксантином нису имали директног утицаја на телесну композицију, али су заједно са тренингом довели до смањења процента телесних масти уз истовремено повећање безмасне телесне масе.

2. Правилна спортска исхрана и суплементације астаксантином су битно утицали на смањење оштећења мишића и повећање толеранције на физички напор. Доказано је да астаксантин смањује оксидациони стрес и оштећење мишићних влакана након тренинга, што се најбоље види у мањем присуству креатин киназе у плазми, али и значајним повећањем PAB код спортиста који су суплементирани астаксантином.

3. Правилна спортска исхрана и суплементација астаксантином имали су утицај на повећање аеробне способности спортиста, и то пре свега зато што је на максималном оптерећењу постигнута већа брзина, али и након престанка оптерећења постигнут бољи опоравак.

4. Иако није забележено статистички значајно побољшање снаге мишића и флесибилности може се рећи да је правилна спортска исхрана уз тренажни процес у припремном периоду повољно деловала на обе компоненте спортске способности.

5. Један од циљева је био да се успоставе дијететске смернице са циљем да се побољша спортска способност и укупно здравље младих фудбалера. Полазећи од смерница које је донеле ФИФА 2006 године нашим истраживањем је потврђена неопходност да се:

- Обезбеди образовање из области спортске исхране у раном узрасту са циљем побољшања нутритивног статуса и уноса макро и микронутријената
- Прати вредност гвожђа код младих играча, чак иако немају анемију
- Обезбеде угљени хидрати током тренинга и такмичења, и то 5-7 г угљених хидрата по килограму телесне масе током периода умереног тренинга и до 10 г угљених хидрата по килограму телесне масе у току интензивног тренинга или утакмице
- Процене потребе младих фудбалера за унос протеина сходно захтевима раста и развоја, али тренажног периода, односно такмичења

6. На крају треба рећи да је правилна спортска исхрана и антиоксидациона заштита атаксантином повољно утицала на спортску способности младих фудбалера у припремном периоду, као и на њихов опоравак.

10. ЛИТЕРАТУРА

1. FIFA.com [homepage on the Internet]. Zurich: The Fédération Internationale de Football Association (FIFA); [cited 2016 January 04th]. Available from:
<http://www.fifa.com/worldfootball/bigcount/index.html>
2. Bjorn E. Applied physiology of soccer. *Sports medicine* 1986; 3 (1): 50-60
3. Russell M, Kingsley M. The Efficacy of Acute Nutritional Interventions on Soccer Skill Performance. *Sports Med* (2014) 44:957–970
4. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer - an update. *Sports Med* 2005; 35 (6): 501-536
5. Zivanic S, Dikic N, urednici. *Sportska medicina*. Beograd. Udruženje za medicinu sporta Srbije; 2008.
6. Burk L. *Praktična sportska ishrana*. Beograd. Udruženje za medicinu sporta Srbije. 2009
7. Duthie G, Pyne D, Hooper S. Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Med*. 2003; 33(13):973-91.
8. IOC Diploma in Sport Nutrition. Nick Broad. *Sport-Specific Strategies to Enhance Performance: Intermittent Sports; Nutrition for soccer*. 2011. Available from
<http://www.sportsoracle.com/Nutrition/Home/>
9. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*. 2007 Mar;28(3):222-7
10. MacNamara A, Button A & Collins D. The role of psychological characteristics in facilitating the pathway to elite performance. Part 2: Examining environmental and stage related differences in skills and behaviours. 2010. *The Sport Psychologist*, 24, 74-96
11. Weinberg, Robert S. *Foundations of sport and exercise psychology* / Robert S. Weinberg, Daniel Gould - 5th ed. 2011.
12. Reilly T. Football. In *Physiology of Sports*. 1990. pp. 371-426.
13. Reilly T, Thomas V. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*. 1976; (2): 87-97
14. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*. 2006 Jul;24(7):665-74.
15. Bloomfield J, Polman R, O'donoghue P. Physical demands of different positions in FA premier league soccer. 2007. *Journal of sports science and medicine*; 6, 63-70
16. Ebine, N, Rafamantanantsoa H.H, Nayuki Y, Yamanaka K, Tashima K, Ono T, Saitoh O, Jones P.J.H. Measurement of total energy expenditure by the doubly labelled water method in professional soccer players. 2002. *Journal of Sports Sciences* 20: 391-397.

17. Strudwick T, Reilly T. Work-rate profiles of elite premier league football players. 2001. *Journal of exercise science*, 4(2)
18. Bradley P.S, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krstrup P. High-intensity running in english FA premier league soccer matches. 2009. *Journal of sports sciences*, 27(2), 159-168
19. Clark K. Nutritional guidelines to soccer players for training and competition. *J Sports Sci*. 1994; 12:S43–50.
20. Russell M, Pennock A. Dietary analysis of young professional soccer players for 1 week during the competitive season. *J. Strength Cond. Res*. 2011; 25, 1816–1823.
21. Consensus statement: Nutrition for football: The FIFA/F-MARC consensus conference. *J Sports Sci*. 2006 Jul; 24(7):663-4.
22. Maughan RJ. Energy and macronutrient intakes of professional football (soccer) players . *Br J Sports Med*. 1997; 31: 45-47
23. Fisher-Wellman K, Bloomer RJ. Acute exercise and oxidative stress: a 30 year history. *Dyn Med*. 2009 Jan; 8:1.
24. Finaud J, Lac G, Filaire E, Close DC. Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports Med*. 2006; 36(4):327-58.
25. Close DC, Hagerman AE. Chemistry of reactive oxygen species and antioxidants . In: Alessio HM, Hagerman AE, editors. *Oxidative stress, exercise and aging*. London: Imperial College Press; 2006. p. 1-8.
26. Deaton CM, Marlin DJ. Exercise-Associated Oxidative Stress. *Clin Tech Equine Pract* 2003; 2: 278-291.
27. Alamdari DH, Paletas K, Pegiou T, Sarigianni M, Befani C, Koliakos G. A novel assay for the evaluation of the prooxidant-antioxidant balance, before and after antioxidant vitamin administration in type II diabetes patients. *Clin Biochem*. 2007 Feb; 40(3-4):248
28. Kyparos A, Salonikidis K, Nikolaidis MG, Kouretas D. Short duration exhaustive aerobic exercise induces oxidative stress: a novel play-oriented volitional fatigue test. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007 Dec; 47(4):483-90.
29. Steinberg JG1, Delliaux S, Jammes Y. Reliability of different blood indices to explore the oxidative stress in response to maximal cycling and static exercises. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2006 Mar; 26(2):106-12.
30. Bryant RJ, Ryder J, Martino P, Kim J, Craig BW. Effects of vitamin E and C supplementation either alone or in combination on exercise-induced lipid peroxidation in trained cyclists. *J Strength Cond Res*. 2003 Nov; 17(4):792-800.
31. Goldfarb AH1, McKenzie MJ, Bloomer RJ. Gender comparisons of exercise-induced oxidative stress: influence of antioxidant supplementation. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2007 Dec; 32(6):1124-31.

32. Bloomer RJ, Goldfarb AH, McKenzie MJ. Oxidative stress response to aerobic exercise: comparison of antioxidant supplements. *Med Sci Sports Exerc.* 2006 Jun;38(6):1098-105.
33. Jamurtas AZ, Fatouros IG, Koukostas N, Manthou E, Tofas T, Yfanti C, Nikolaidis MG, Koutedakis Y. Effect of exercise on oxidative stress in individuals with glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. *In Vivo.* 2006 Nov-Dec;20(6B):875-80.
34. Gaeini AA, Rahnama N, Hamedinia MR. Effects of vitamin E supplementation on oxidative stress at rest and after exercise to exhaustion in athletic students. *J Sports Med Phys Fitness.* 2006 Sep;46(3):458-61.
35. Goldfarb AH, Bloomer RJ, McKenzie MJ. Combined antioxidant treatment effects on blood oxidative stress after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2005 Feb;37(2):234-9.
36. Orhan H, van Holland B, Krab B, Moeken J, Vermeulen NP, Hollander P, Meerman JH, Rush JW. Evaluation of a multi-parameter biomarker set for oxidative damage in man: increased urinary excretion of lipid, protein and DNA oxidation products after one hour of exercise. *Free Radic Res.* 2004 Dec;38(12):1269-79.
37. Watson TA, MacDonald-Wicks LK, Garg ML. Oxidative stress and antioxidants in athletes undertaking regular exercise training. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Apr;15(2):131-46.
38. Liu JF, Chang WY, Chan KH, Tsai WY, Lin CL, Hsu MC. Blood lipid peroxides and muscle damage increased following intensive resistance training of female weightlifters. *Ann N Y Acad Sci.* 2005 May; 1042:255-61.
39. Nikolaidis MG¹, Paschalis V, Giakas G, Fatouros IG, Koutedakis Y, Kouretas D, Jamurtas AZ. Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Jul;39(7):1080-9.
40. Panza VS, Wazlawik E, Ricardo Schütz G, Comin L, Hecht KC, da Silva EL. Consumption of green tea favorably affects oxidative stress markers in weight-trained men. *Nutrition.* 2008 May;24(5):433-42.
41. Paschalis V, Nikolaidis MG, Fatouros IG, Giakas G, Koutedakis Y, Karatzaferi C, Kouretas D, Jamurtas AZ. Uniform and prolonged changes in blood oxidative stress after muscle-damaging exercise. *In Vivo.* 2007 Sep-Oct;21(5):877-83.
42. Bloomer RJ. The role of nutritional supplements in the prevention and treatment of resistance exercise-induced skeletal muscle injury. *Sports Med.* 2007;37(6):519-32.
43. Powers SK, DeRuisseau KC, Quindry J, Hamilton KL. Dietary antioxidants and exercise. *J Sports Sci.* 2004 Jan;22(1):81-94.
44. Fatouros IG, Chatzinikolaou A, Douroudos II, Nikolaidis MG, Kyparos A, Margonis K, Michailidis Y, Vantarakis A, Taxildaris K, Katrabasas I, Mandalidis D, Kouretas D, Jamurtas AZ. Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res.* 2010 Dec;24(12):3278-86.

45. Cazzola R, Russo-Volpe S, Cervato G, Cestaro B. Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. *Eur J Clin Invest.* 2003 Oct;33(10):924-30.
46. Brites FD, Evelson PA, Christiansen MG, Nicol MF, Basilico MJ, Wikinski RW, Llesuy SF. Soccer players under regular training show oxidative stress but improved plasma antioxidant status. *Clin Sci* 1999; 96: 381-385.
47. Tauler P, Aguilo A, Gimeno I, Fuentespina E, Tur JA, Pons A. Response of blood cell antioxidant enzyme defences to antioxidant diet supplementation and to intense exercise. *Eur J Nutr* 2006; 45: 187-195.
48. Metin G, Atukeren P, Alturfan AA, Gulyasar T, Kaya M, Gumustas MK. Lipid peroxidation, erythrocyte superoxide-dismutase activity and trace metals in young male footballers. *Yonsei Med J* 2003; 44: 979-986.
49. Karakilcik AZ, Halat R, Zerim M, Celik H, Nazligul Y. Effects of vitamin C and exercise on lipid profile, platelet and erythrocyte indices in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2014 Oct;54(5):665-71.
50. Zoppi CC, Hohl R, Silva FC, Lazarim FL, Neto JM, Stancanneli M, Macedo DV. Vitamin C and e supplementation effects in professional soccer players under regular training. *J Int Soc Sports Nutr.* 2006 Dec 13;3:37-44.
51. Lamprecht M. Antioxidants in Sport Nutrition. Boca Raton (FL): CRC Press; 2015. Chapter 5.
52. Aguilo A, Tauler P, Fuentespina E, Tur JA, Cordova A, Pons A. Anti-oxidant response to oxidative stress induced by exhaustive exercise. *Physiol Behav* 2005; 84: 1-7
53. Mercke Odeberg J, Lignell A, Pettersson A, Höglund P. Oral bioavailability of the antioxidant astaxanthin in humans is enhanced by incorporation of lipid based formulations. *Eur J Pharm Sci.* 2003 Jul;19(4):299-304.
54. Hussein G, Sankawa U, Goto H, Matsumoto K, Watanabe H. Astaxanthin, a carotenoid with potential in human health and nutrition. *J Nat Prod.* 2006 Mar;69(3):443-9.
55. Naguib YM. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *J Agric Food Chem.* 2000 Apr;48(4):1150-4.
56. Guerin M, Huntley ME, Olaizola M. Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *Trends Biotechnol* 2003; 21: 210-216.
57. Choi HD, Youn YK, Shin WG. Positive effects of astaxanthin on lipid profiles and oxidative stress in overweight subjects. *Plant Foods Hum Nutr.* 2011 Nov;66(4):363-9.
58. Yuan JP, Peng J, Yin K, Wang JH. Potential health-promoting effects of astaxanthin: a high-value carotenoid mostly from microalgae. *Mol Nutr Food Res.* 2011 Jan;55(1):150-47. Ambati RR, Phang SM, Ravi S, Aswathanarayana RG. Wang SL, He LJ, He TB, Han W, Wang Q. Effect of astaxanthin on

- oxidative stress of red blood cells and peroxidation damage of membrane. *Journal of experimental hematology*. 2015 Apr;23(2):552-6.
59. Aoi W, Naito Y, Takanami Y, Ishii T, Kawai Y, Akagiri S, Kato Y, Osawa T, Yoshikawa T. Astaxanthin improves muscle lipid metabolism in exercise via inhibitory effect of oxidative CPT I modification. *Biochem Biophys Res Commun*. 2008 Feb 22;366(4):892-7.
60. Ikeuchi M, Koyama T, Takahashi J, Yazawa K. Effects of astaxanthin supplementation on exercise-induced fatigue in mice. *Biol Pharm Bull*. 2006 Oct;29(10):2106-10.
61. Earnest CP1, Lupo M, White KM, Church TS. Effect of astaxanthin on cycling time trial performance. *Int J Sports Med*. 2011 Nov;32(11):882-8.
62. Res PT, Cermak NM, Stinkens R, Tollakson TJ, Haenen GR, Bast A, Van Loon LJ. Astaxanthin supplementation does not augment fat use or improve endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2013 Jun;45(6):1158-65.
63. Polotow T, Vardaris K , Mihaliuc A , Gonçalves M, Pereira B, Ganini D and P. Barros M. Astaxanthin Supplementation Delays Physical Exhaustion and Prevents Redox Imbalances in Plasma and Soleus Muscles of Wistar Rats. *Nutrients* 2014, 6, 5819-5838
64. Naguib YMA. Antioxidant activities of astaxanthin and related carotenoids. *J Agric Food Chem* 2000; 48: 1150–1154.
65. Liu PH, Aoi W2 Takami M, Terajima H, Tanimura Y, Naito Y, Itoh Y, Yoshikawa T. The astaxanthin-induced improvement in lipid metabolism during exercise is mediated by a PGC-1 α increase in skeletal muscle. *J Clin Biochem Nutr*. 2014 Mar;54(2):86-9.
66. Ursoniu S, Sahebkar A, Serban MC, Banach M. Lipid profile and glucose changes after supplementation with astaxanthin: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Med Sci*. 2015 Apr 25;11(2):253-66.
67. Klinkenberg LJ, Res PT, Haenen GR, Bast A, van Loon LJ, van Diejen-Visser MP, Meex SJ. Effect of antioxidant supplementation on exercise-induced cardiac troponin release in cyclists: a randomized trial. *PLoS One*. 2013 Nov 19;8(11):e79280.
68. Park CH, Xu FH, Roh SS, Song YO, Uebaba K, Noh JS, Yokozawa T. Astaxanthin and Corni Fructus protect against diabetes-induced oxidative stress, inflammation, and advanced glycation end product in livers of streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food*. 2015 Mar;18(3):337-44.
69. Pashkow FJ, Watumull DG, Campbell CL. Astaxanthin: a novel potential treatment for oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease. *Am J Cardiol*. 2008 May 22;101(10A):58D-68D.
70. Park JS, Chyun JH, Kim YK, Line LL, Chew BP . Astaxanthin decreased oxidative stress and inflammation and enhanced immune response in humans. *Nutr Metab (Lond)*. 2010 Mar 5;7:18. doi: 10.1186/1743-7075-7-18.

71. Hama S, Takahashi K, Inai Y, Shiota K, Sakamoto R, Yamada A, Tsuchiya H, Kanamura K, Yamashita E, Kogure K. Protective effects of topical application of a poorly soluble antioxidant astaxanthin liposomal formulation on ultraviolet-induced skin damage. *J Pharm Sci.* 2012 Aug;101(8):2909-16.
72. Suganuma K, Nakajima H, Ohtsuki M, Imokawa G. Astaxanthin attenuates the UVA-induced up-regulation of matrix-metalloproteinase-1 and skin fibroblast elastase in human dermal fibroblasts. *J Dermatol Sci.* 2010 May;58(2):136-42.
73. Bloomer RJ, Fry A, Schilling B, Chiu L, Hori N, Weiss L. Astaxanthin supplementation does not attenuate muscle injury following eccentric exercise in resistance-trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005 Aug;15(4):401-12.
74. Sawaki K, Yoshigi H, Aoki K, Koikawa N, Azumane A, Kaneko K, Yamaguchi M. Sports performance benefits from taking natural astaxanthin characterized by visual acuity and muscular fatigue improvements in humans. *J Clin Ther Med* 2002; 18: 1085–1100.
75. Aoi W, Naito Y, Sakuma K, Kuchide M, Tokuda H, Maoka T, Toyokuni S, Oka S, Yasuhara M, Yoshikawa T. Astaxanthin limits exercise-induced skeletal and cardiac muscle damage in mice. *Antioxid Redox Signal.* 2003 Feb;5(1):139-44.
76. Bloomer RJ, Falvo MJ, Schilling BK, Smith WA. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. *J Int Soc Sports Nutr* 2007; 4: 9.
77. Yoshihisa Y, Rehman MU, Shimizu T. Astaxanthin, a xanthophyll carotenoid, inhibits ultraviolet-induced apoptosis in keratinocytes. *Exp Dermatol.* 2014 Mar;23(3):178-83.
78. Tanaka T, Shnimizu M, Moriwaki H. Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules.* 2012 Mar 14;17(3):3202-42.
79. Zhang L, Wang H2. Multiple Mechanisms of Anti-Cancer Effects Exerted by Astaxanthin. *Mar Drugs.* 2015 Jul 14;13(7):4310-30.
80. Suzuki Y, Ohgami K, Shiratori K, Jin XH, Ilieva I, Koyama Y, Yazawa K, Yoshida K, Kase S, Ohno S. Suppressive effects of astaxanthin against rat endotoxin-induced uveitis by inhibiting the NF-kappaB signaling pathway. *Exp Eye Res.* 2006 Feb;82(2):275-81. Epub 2005 Aug 26.
81. Tominaga K, Hongo N, Karato M, Yamashita E. Cosmetic benefits of astaxanthin on humans subjects. *Acta Biochim Pol.* 2012;59(1):43-7. Epub 2012 Mar 17.
82. Arakane K. Superior skin protection via astaxanthin. (2002) *Carotenoid Science* 5: 21–24.
83. Goto S, Kogure K, Abe K, Kimata K, Kitahama K, Yamashita E, Terada H. (Efficient radical trapping at the surface and inside the phospholipid membrane is responsible for highly potent antioxidative activity of the carotenoid astaxanthin. 2001) *Biochim Biophys Acta* 1515: 251258.

84. Mizuta M, Hirano S, Hiwatashi N, Kobayashi T, Tateya I, Kanemaru S, Nakamura T, Ito J. Effect of AST on age-associated changes of vocal folds in a rat model. *Laryngoscope*. 2014 Oct;124(10):E411-7. doi: 10.1002/lary.24733. Epub 2014 May 27.
85. Milsom J, Naughton R, O'Boyle A, Iqbal Z, Morgans R, Drust B, Morton JP. Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *J Sports Sci*. 2015;33(17):1799-806.
86. Paul DJ, Nassis GP. Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment. *J Strength Cond Res*. 2015 Jun;29(6):1748-58.
87. Paul DJ, Nassis GP, Whiteley R, Marques JB, Kenneally D, Chalabi H. Acute responses of soccer match play on hip strength and flexibility measures: potential measure of injury risk. *J Sports Sci*. 2014;32(13):1318-23.
88. Bangsbo, J., L. Norregaard, and F. Thorsoe. 1992. The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine* 13: 152-157.
89. Jacobs, I., P. Kaiser, and P. Tesch. 1981. Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology* 46: 47-53.
90. Rico-Sanz, J., M. Zehnder, R. Buchli, M. Dambach, and U. Boutellier. 1999. Muscle glycogen degradation during simulation of a fatiguing soccer match in elite soccer players examined noninvasively by ¹³C-MRS. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31: 1587-1593.
91. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32 (12): 2130–2145, 2000;
92. Andjelkovic M, Baralic I, Djordjevic B, Kotur Stevuljic J, Radivojevic N, Dikic N, Radojevic Skodric S, Stojkovic M. Hematological and biochemical parameters in elite soccer players during a competitive half season. *J Med Biochem* 33: 1–7, 2014
93. Kidd P. Astaxanthin, cell membrane nutrient with diverse clinical benefits and anti-aging potential. *Altern Med Rev*. 2011 Dec;16(4):355-64.
94. Pashkow FJ¹, Watumull DG, Campbell CL. Astaxanthin: a novel potential treatment for oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease. *Am J Cardiol*. 2008 May 22;101(10A):58D-68D
95. Akira Satoh, Shinji Tsuji, Yumika Okada, Nagisa Murakami, Maki Urami, Keisuke Nakagawa¹, Masaharu Ishikura^{1,*}, Mikiyuki Katagiri², Yoshihiko Koga³, Takuji Shirasawa. Toxicity and Efficacy of A New Astaxanthin-rich *Haematococcus pluvialis* Extract.
96. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, et al. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2006;38:1165–74.
97. Cook CH, Centner RL, Michaels SE. An acne grading method using photographic standards. *Arch Dermatol*. 1979 May;115(5):571-5.

98. Adityan B, Kumari R, Thappa DM. Scoring systems in acne vulgaris. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 2009 May-Jun;75(3):323-6.
99. Baralic I, Djordjevic B, Dikic N, Kotur-Stevuljevic J, Spasic S, Jelic-Ivanovic Z, Radivojevic N, Andjelkovic M, Pejicic S. Effect of Astaxanthin Supplementation on Paraoxonase 1 Activities and Oxidative Stress Status in Young Soccer Players. *Phytotherapy research* (2012).
100. Djordjevic B, Baralic I, Kotir Stevuljevic J, Stefanovic A, Ivanisevic J, Radivojevic N, Andjelkovic M, Dikic N. Effect of asstaxantin supplementation on muscle damage and oxidative stress markers in elite young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2012; 52; 382-92