



**НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ**  
**„ВАСИЛ ЛЕВСКИ”**

Катедра “Физиология и биохимия”

---

Мария Велизарова Захаринова

**Съответствие между индивидуалния хронотип на**  
**спортисти и тренировъчния им график**

Дисертационен труд за присъждане на образователна и  
научна степен “Доктор”

към професионално направление 7.6. Спорт

Научен ръководител:

доц. д-р Милена Николова, доктор

София, 2021

Дисертационният труд съдържа 125 страници. Онагледен е с 16 таблици и 24 фигури. Библиографията включва 139 източника, от които 7 на кирилица.

Докторатът е обсъден, приет и насочен за защита от разширен научен колегиум в катедра “Физиология и биохимия” към НСА “Васил Левски” на 16.12.2020 година.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на Открито заседание на Научното жури на 24.02.2021 година от 13:00 часа в зала А-3 на НСА “Васил Левски”, София.

Материалите по защитата са публикувани на интернет страницата на НСА “Васил Левски”, на адрес [www.nsa.bg](http://www.nsa.bg) и са на разположение в Библиотеката на НСА.

#### **Официални рецензенти:**

Чл. кор. проф. Андон Радев Косев

Доц. д-р Лъчезар Георгиев Стефанов, доктор

#### **Научно жури:**

Проф. д-р Мария Василева Тотева, днм - становище

Доц. Огнян Кирилов Тишинов, доктор - становище

Доц. Ива Христова Зарева, доктор - становище

## Съдържание

1. Увод.....	5
2. Цел.....	6
3. Задачи.....	6
4. Обект на изследването.....	6
5. Предмет на изследването.....	6
6. Изисквания към изследваните лица.....	7
7. Условия за провеждане на тестовете.....	7
8. Описание на изследването.....	8
8.1. Хронотип.....	8
8.2. Антропометрия.....	8
8.3. Лабораторни тестове .....	8
8.4. Статистически методи.....	10
9. Резултати и анализ.....	11
10. Заключение.....	19
11. Изводи .....	20
12. Приноси.....	20
13. Препоръки.....	21
14. Публикации свързани с дисертацията.....	22

Списък на съкращенията:

1. AM (Am) – сутрешни измервания
2. ChT – хронотип
3. CC – циркаден часовник
4. CR – циркаден ритъм/и
5. CS – циркадна система
6. HA – висока физическа активност
7. IL – изследвани лица
8. IT – междинен хронотип
9. Jetlag – терминът се използва без превод на български, най-близко е разбирането за умора/ изтощение от нарушения в ритъма сън-бодърстване
10. KWH – Крускал-Уолис H тест
11. LA – слабо/умерено активни лица
12. MET/ ET(s) – умерено вечерен тип
13. MMT/ MT(s) – умерено сутрешен тип
14. MEQ – Въпросник за сутрешност – вечерност
15. ms - милисекунди
16. MT – моторно време
17. MTD – моторни времена - разлика
18. MT WC – моторно време със сигнал
19. MT WOC – моторно време без сигнал
20. MW U – Ман-Уитни U тест
21. NSA – Национална Спортна Академия
22. PhA – физическа активност
23. PhE – физически упражнения
24. PM/ Pm – следобедни измервания

- 25. RT – време за реакция
- 26. RTD – времена за реакция - разлика
- 27. RTWC – време за реакция със сигнал
- 28. RT WOC – време за реакция без сигнал
- 29. s - секунди
- 30. Sleep dept – сънен дълг
- 31. Social jetlag – умора, изтощение в резултат на социални въздействия (социален jetlag)
- 32. SCN – супрахиазматични ядра
- 33. TA – тренировъчна активност
- 34. VHA – много висока (физическа) активност
- 35. ZGs – Zeitgebers – условия, задаващи ритъм, репери

## 1. Увод

Циркадните ритми са ендогенно регулирани и се повтарят през период, близък до 24 часа. Те определят индивидуалните предпочитания за сън и бодърстване, които са известни като хронотип. Ритмите играят значителна роля в спорта, свързана с оптимизация на времето за спортуване/тренировка, спортните резултати, адаптацията към определена часова зона, както и програмирането на спортни събития.

По света науката Хронобиология се развива с много бързи темпове и са открити много фактори, влияещи на хронотипа - пол, възраст, етнически произход, физическа активност, както и географско положение. Направени са връзки между фенотипа и генотипа, както и редица променливи, които могат да се считат за маркери, определящи хронотипа (телесната температура, секрецията на хормоните мелатонин и кортизол, времето за реакция).

В световната литература изследванията, свързани с биологичните ритми и спортната практика датират от преди повече от 40 години, такива, свързващи я с хронотипа датират отпреди 30 години. Но едва през последните 10 - 20 години, поради засилване на научният и треньорският интересът към връзката хронотип - спорт, хронобиологията се намира в подем. Всеки човек би се чувствал некомфортно, ако бъде принуден да изпълнява някаква дейност, особено физическа във време от деня, когато е уморен или сънлив. И без да правим справка с литературата знаем, че хората се делят на активни сутрин (чучулиги) и активни вечер (сови). По тази причина е много вероятно един елитен спортист, поставен в условия на тренировъчен график, който не му е по "вкуса", т.е. не отговаря на предпочитаното от него време на денонощието, да изпита дискомфорт и да натрупа умора след време.

До момента в България не са провеждани измервания на хронотипа, свързани с активната част от населението и спорта, както и не е свързван хронотипа с времето за реакция в различно време от денонощието. По тази причина целта на настоящата дисертация беше да се определи чрез субективни и обективни методи разпространението на различни хронотипове при българските спортисти и да се сравни с времето им за тренировка.

## **2. Цел на дисертационния труд**

След проучване на литературните източници се формулира следната цел:

- Определяне разпространението на различни видове хронотипове сред спортисти и съпоставянето им с тренировъчните графици.

## **3. Задачи на дисертационния труд:**

- Да се проучи достъпната научна литература, свързана с разработване на дисертацията.
- Да се определят ограничаващи условия за участие в изследването.
- Да се определи разпределението на различни видове хронотип сред спортисти-студенти чрез въпросник, който показва кога е пикът на бдителност през деня.
- Да се подбере подходяща методика и апаратура за неинвазивно обективно определяне на хронотипа.
- Да се определи дали хронотипът, определен от въпросника, съвпада със степента на бдителност, измерена чрез времето за реакция на звуков и светлинен сигнал.
- Да се сравни разпространението на определените хронотипове според пола.
- Да се сравни разпространението на определените хронотипове според тренировъчната активност на атлетите.
- Да се направи статистически анализ на данните.

## **4. Обект на изследването**

Обект на настоящото изследване е хронотипът на спортисти, студенти, практикуващи различни спортове и ангажирани в различни специалности на университета.

## **5. Предмет на изследването**

Предмет на това изследване са показателите време за реакция и

моторно време, характеризиращи бдителността на ИЛ, съответстваща на хронотипа им.

## **6. Изисквания към ИЛ**

Към контингента, участващи в изследването лица се предявиха няколко ограничаващи критерия:

- възраст: 18 - 25 години;
- здравословно състояние: да нямат анатомични препятствия свързани с движението на горните крайници, зрението и слуха; да нямат заболявания към момента на изследването;
- медикаменти: да не са взимали медикаменти най-малко един месец преди проучването;
- да попълнят въпросника на Хорн-Остберг за денонощните предпочитания към активност;
- да преминат тестване с Виена тестова система, като изпълнят два теста свързани с измерване на времето за реакция.

## **7. Условия за провеждане на тестовете**

- Период на провеждане на изследването: периодът обхваща 2017 - 2020 година. Времето за провеждане на проучването се определи от необходимостта за прецизиране на техническото осигуряване и изпълнение на тестовете, както и с подбора на ИЛ.
- Място на провеждане на изследването: лабораториите на катедра “Физиология и биохимия” към Национална спортна академия “Васил Левски”.

Общо ИЛ са 41, мъже (20) и жени (21). Събрани са демографски и антропометрични данни за всички тях, след което са попълнили въпросника на Хорн-Остберг за определяне на хронотипа. Остават 25 ИЛ, 13 мъже и 12 жени. Чрез реакционни тестове се определя RT и Mt и се извършва оценка чрез промените нивата на бдителност. Всички ИЛ докладват, че са в добро общо здравословно състояние, че имат добро или коригирано до добро зрение (с очила или лещи), както и добър слух, за което са разпитани от провеждащия изследването преди протичането му. Също така са попитани дали взимат медикаменти или са взимали такива месец преди изследването. Нито едно от ИЛ не докладва за подобна употреба. Следователно всички 25 ИЛ се считат за здрави



индивиди, на възраст между 19 и 23 години. Тестовите се изпълняват по веднъж, два пъти дневно - сутрин (преди 12:00 часа: от 8:15 до 11:30) и следобед (14:30 до 18:30 часа).

## **8. Описание на изследването**

### **8.1. Хронотип**

За определяне хронотипа на ИЛ се използва въпросникът на Хорн-Остберг. Основната цел на въпросника е да определи дали пиковите стойности на бдителността при даден индивид са в сутрешните или следобедните часове на денонощието. Той е най-често използваният в науката (Ellis et al., 2009) надежден инструмент за това определяне (Cronbach alpha,  $r=0.7$ ). Силно свързан е с вариациите на мелатонина и телесната температура, които са най-важните индикатори за ChT (Хорн-Остберг, 1976). Той се състои от деветнадесет въпроса свързани със биологичните ритми на сън и бодърстване. Ниските резултати от въпросника са индикатор за предпочитание към вечерна активност (ЕТ, МЕТ), а високите - са показател за ориентираност към сутрешна активност (МТ, ММТ). Въз основа на точките, които получават от въпросника (по скалата за оценяване/ точкуване) ИЛ се разпределят в пет хронотипни категории/ групи: вечерен хронотип (ЕТ = 16 - 30 точки), умерено вечерен хронотип (МЕТ = 31 - 41), неутрален/ междинен (ІТ = 42 - 58), умерено сутрешен тип (ММТ = 59 - 69) и сутрешен тип (МТ = 70 - 86) (Хорн-Остберг, 1976). Първо се преброяват точките, които се поставят, в зависимост от отговора, на всеки въпрос. След това тези точки се сумират за всички деветнадесет въпроса и според полученото число се определя към кой хронотип принадлежи ИЛ (по скалата описана по-горе). Получените променливи са точките и определените от тях хронотипни категории.

### **8.2. Антропометрия**

Събрани са данни за ръста (в сантиметри), теглото (в килограми) и възрастта (години) на ИЛ, изчислен е индексът на телесната маса. Получените променливи са възраст, тегло, височина и BMI.

### **8.3. Лабораторни тестове - реакционни тестове – индикатори за степен на будност/бдителност**



Фиг. 1. Примерен реакционен тест

Проведени са чрез тестова система Виена - Wiener Testsystem (изисква компютърен софтуер и специфична клавиатура представена на фиг. 1) за определяне нивото на бдителност чрез измерване на просто време за реакция (един отговор на един стимул възможно най-бързо и точно) и моторно време (диапазона от вземане на решение за реакция до нейния край). Тестовите за определяне са два, наименовани S7 и S8. Всеки съдържа три фази: инструкции, пробна и същинска тестова фаза. В инструкциите се обяснява какво ще се измерва и се описва как да се използват златният (най-ниско на клавиатурата с кръгла форма) и черният бутон (правоъгълен, в центъра на клавиатурата) когато се появи съответния стимул (за S7 е зрителен - жълта светлина/ цвят, за S8 е звуков със сила 2400 Hz). ИЛ е в седнало положение, с облегнат на стола гръб, пред него са клавиатурата и монитора (лаптоп). Водещата ръка е поставена върху бюро, с изпънат показалец така, че да докосва златният бутон. Тестовите етапи на S7 и S8 се състоят от две части: без предупредителен сигнал и с предупредителен сигнал. Преди всяка част има инструкции, като разликата е, че във вторите инструкции се съдържа информация за предупредителния сигнал (за S7 е звуков, за S8 е светлинен - синя светлина под формата на музикална нота).

Втората фаза е пробна. Чрез нея се цели ИЛ да отговори правилно на поредица от няколко стимула (по пет с и без предупредителен сигнал, общо десет), за да се установи дали се разбират инструкциите. Ако

отговорите са правилни на екрана се появява последна инструкция за възможно най-бързи и правилни отговори в същинската фаза на теста. ИЛ само дава начало на тази фаза чрез натискане на черния бутон. Продължителността ѝ е около осем минути. Тук е включена появата на петдесет и шест сигнала. Двадесет и осем не са предшествани от предупредителен сигнал, двадесет и осем са. Самият сигнал е с продължителност от половин секунда и се появява една секунда преди същинският стимул. Всички те изискват отговор от ИЛ. Пълно описание на стимулите е поместено в ръководството на тестовата система (Prieler J.'08, таблици 7/ стр.19 и 8/ стр.20). Параметрите, които се използват за оценка на бдителността (будността) са описани в таблица 1 по-долу.

*Таблица 1. Параметри за оценка на бдителността*

Обективни параметри (измерими), ms	Съкращения
Време за реакция без предупредителен сигнал	RT_WOC
Време за реакция с предупредителен сигнал	RT_WC
Моторно време без предупредителен сигнал	Mt_WOC
Моторно време с предупредителен сигнал	Mt_WC
Разлика между времената за реакция	RT_D
Разлика между моторните времена	Mt_D
Изчислими параметри	Съкращения
Точки получени от въпросника на Хорн-Остберг	Scores
Хронотипни категории, определен чрез въпросник (Хорн-Остберг)	ChT

#### 8.4. Статистически методи

За оценка на разликите между изследваните параметри ИЛ се

разделят на следните групи:

- По хронотип – три групи: ММТ, IT, МЕТ
- По пол – две групи: мъже и жени
- По физическа активност – три групи: умерена LA, висока HA и много висока (VHA).

Причината за това е, че параметрите се влияят от пола, активността и хронотипа (според литературния обзор).

Използваните статистически методи за решаване на поставените статистически задачи са проведени чрез IBM® SPSS® Statistics V19 (Statistical Package for the Social Sciences) система за анализ на данни. Нивото на статистическа значимост за всички статистически тестове е  $\alpha = 0,05$ . Методите са следните:

- Определяне надеждността (чрез коефициент за вътрешната съгласуваност) на въпросника на Хорн-Остберг за конкретната изследвана извадка (Кронбах алфа). Формулиране на изводи.
- Визуално изследване на бокс плот графики и тест на Шапиро-Уилкс за определяне на стойности извън генералната съвкупност и/или екстремни такива, както и характера на разпределението по показатели и групи. Формулиране на изводи относно разпределението.
- Формулиране на статистическа хипотеза.
- Избор на подходящ критерий за проверка на хипотези – параметричен тест Welch-ANOVA, непараметричен Крускал-Уолис H тест, непараметричен Ман-Уитни U тест. Формулиране на изводи.
- Изчисляване на показателя за размера на ефекта - ета на квадрат ( $\eta^2$ ) и коефициента на корелация ета ( $\eta$ ). Формулиране на изводи.

## **9. Резултати и анализ**

9.1. Антропометрични данни и история на тренировките – основните характеристики на лицата от изследваната група ( $n = 25$ ) са представени в таблица 2 по-долу. Характеристиките според пола, хронотипа и тренировъчната активност са обединени в таблица 3.

Таблица 2. Основни характеристики на извадката

	n	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Възраст(г)	25	4,00	19,00	23,00	19,9200	0,99666
Височина(см)	25	37,00	165,00	202,00	177,7200	8,52702
Тегло(кг)	25	51,00	51,00	102,00	70,3200	12,85729
Тренировка (д/с)	25	6,00	1,00	7,00	4,0800	1,73013
Тренировка (мин/д)	25	90,00	30,00	120,00	81,6000	23,74868
ИТМ	25	9,00	17,00	26,00	22,0400	2,49132

Таблица 3. Основни характеристики на ИЛ по пол и хронотип, активност представени чрез средни стойности и стандартно отклонение, с (\*) са означени статистически значимите разлики. Ниво на значимост  $\alpha = 0,05$

Групи по	Брой	Характеристики			
ПОЛ	n= 25	Възраст(г), стандартно отклонение	Тегло(кг), стандартно отклонение	Височина(см), стандартно отклонение	ВМІ
Мъже	13	20,1±1,1	78,7±10,7	182,9±8,2	23,38±1.7
Жени	12	19,75±0,9	61,25±7,9	172,1±4,27	20,58±2.5
p		>.05	.000 <sup>a</sup>	.000 <sup>a</sup>	.003 <sup>a</sup>
ХРОНОТИП					
Умерен сутрешен	2	20,5±0,7	59±11,3	171±0	20,21±4.24
Междинен	19	19,95±1,1	69±11,2	176,5±7,2	22,04±2.49
Умерен вечерен	4	19,5±0,6	81,75±13,7	187±10,9	23,25±1.26
p		>.05	>.05	.033 <sup>a</sup>	>.05
ТРЕНИРОВЪЧНА АКТИВНОСТ					
LA	9	20,33±1,12	73,2±14,02	180±10,46	21,78±2.73
HA	10	20,1±0,88	67,3±12,81	175±7,52	21,8±2.39
VHA	6	19±0,00	71±12,21	178±7,19	22,83±2.56
p		.023 <sup>a</sup>	>.05	>.05	>.05

## 9.2. Хронотип, реално и предпочитано време за тренировка

Всички спортисти са посочили предпочитано време за тренировка. Но при посочване на реалното време от деня за тази дейност осем посочват „не знам“ като отговор, три са жени, а петима са мъже (по ТА -

седем от LA: като един е ЕТ и шест са ИТ; един VHA, който е ЕТ). Предпочитаното време за тренировка е показано в таблица 4. Разлики между групите по тренировъчна активност има сутрешни предпочитания за тренировка LA:HA,  $\chi^2(2)=4$ ,  $p\leq 0.05$ ; следобед, LA се отличават от HA и VHA,  $\chi^2(2)=12,526$ ,  $p\leq 0.05$ ; вечерни тренировки – няма статистически значима разлика. Големината на разликите (или силата на свързаност) е „голяма“, Cramer’s V= 0.715 (Cohen, 1988, Laerd Statistics (2015)). Като цяло предпочитанията са към следобедни тренировки.

Таблица 4. Предпочитано време за тренировка (данните са представени като брой лица и като проценти, в скоби; LA – ниско активни, HA – високо активни, VHA – много високо активни)

Предпочитано време за тренировка	Брой лица n= 25	LA n= 9	HA n= 10	VHA n= 6
Сутрин 6:00 – 12:00	6 (24%)	4 (44.44%)	2 (20%) жени	0
Следобед 12:00 – 18:00	14 (56%)	3 (33.33%)	6 (60%)	5 (83.33%)
Вечер 18:00 – 23:00	5 (20%)	2 (22.22%)	2 (20%) мъже	1 (16.67%) жена

9.3. Определяне на коефициента за вътрешна съгласуваност за въпросника на Хорн-Остберг и резултати от неговото попълване: Скалата въпроси има приемлива вътрешна съгласуваност, определена чрез коефициент Кронбах алфа равен на 0,7.

Чрез получаване на резултати от въпросника ние решаваме една от задачите си – определяне разпределението на хронотиповете сред български спортисти, студенти. Данните са систематизирани в таблица 5. като средни стойности  $\pm$  стандартно отклонение.

Таблица 5. Разпределение на ИЛ по ChT според точките от въпросника на Хорн-Остберг

Категории по хронотип	n= 25	Средни стойности	Стандартно отклонение	Минимални стойности	Максимални стойности
ММТ	2	62,50	2,12	61	64
IT	19	51,57	3,89	44	58
МЕТ	4	38,25	2,75	35	41

Таблица 6. Разпространение на хронотиповете по пол представени като брой лица и проценти по пол и хронотип

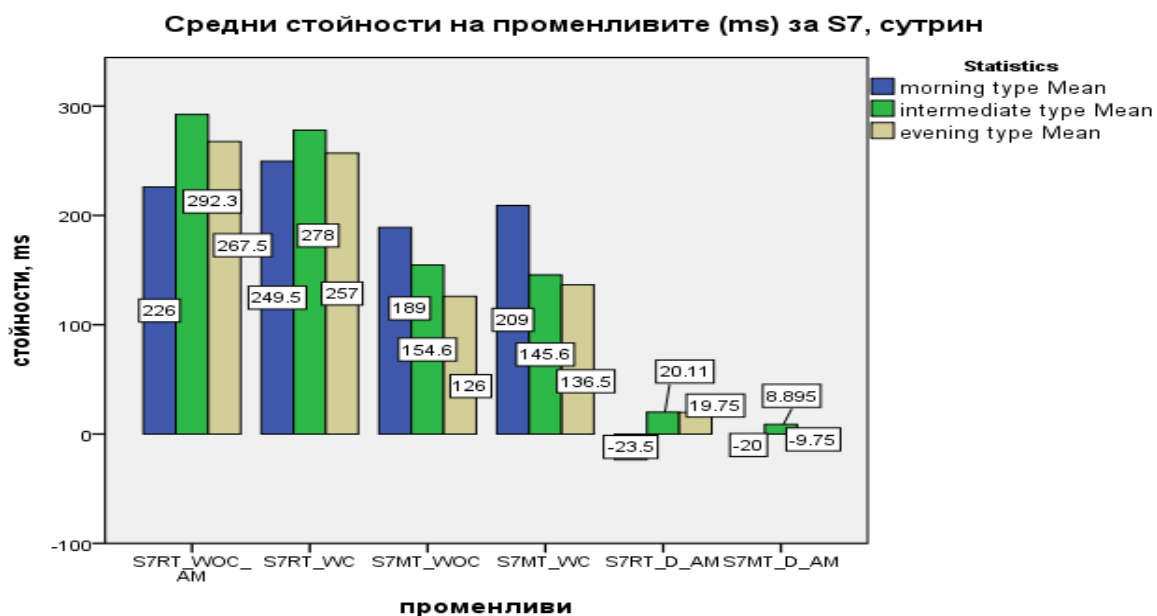
			Хронотип			Общо
			ММТ	IT	МЕТ	
Пол	Мъже	Брой	0	10	3	13
		% по пол	,0%	76,9%	23,1%	100,0%
		% по хронотип	,0%	52,6%	75,0%	52,0%
	Жени	Брой	2	9	1	12
		% по пол	16,7%	75,0%	8,3%	100,0%
		% по хронотип	100,0%	47,4%	25,0%	48,0%
Общо	Брой	2	19	4	25	
	% по пол	8,0%	76,0%	16,0%	100,0%	
	% по хронотип	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Според тренировъчната активност на ИЛ (25) средните стойности на точките от въпросника на Хорн-Остберг също не дават статистически значима разлика (LA, n = 9, 51,78±5,4; HA, n = 10, 49,6±8,68; VHA, n = 6, 49,33±7,3). LA са 8 IT, 1 ET; HA са 2MT, 6 IT, 2 ET; VHA са 5 IT и 1 ET. Не се наблюдава статистически значима разлика и според възрастта. Кое то наблюдение с голяма вероятност се дължи на малката извадка, което прави корелацията трудна.

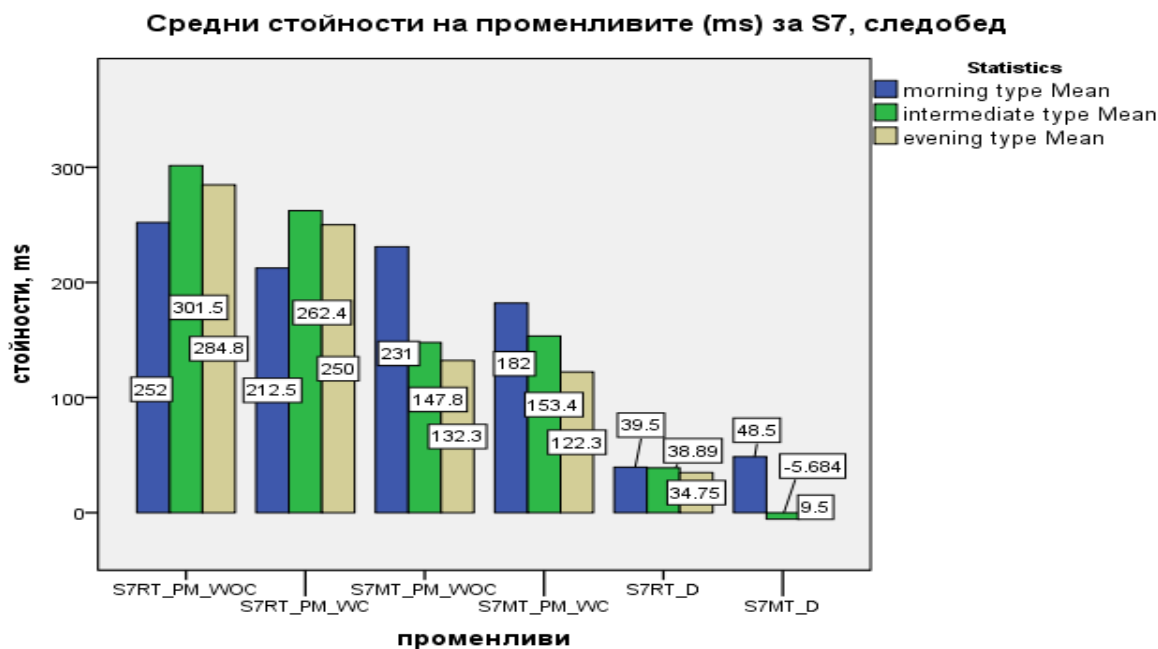
#### 9.4. Хронотип и маркери за бдителност (будност).

##### 9.4.1 Вариационен анализ по хронотип и реакционни тестове (средни стойности на показателите)

На Фигури от 2 до 5 са представени получените средни стойности за реакционни времена, моторни времена и техните разлики в различно време от деня.

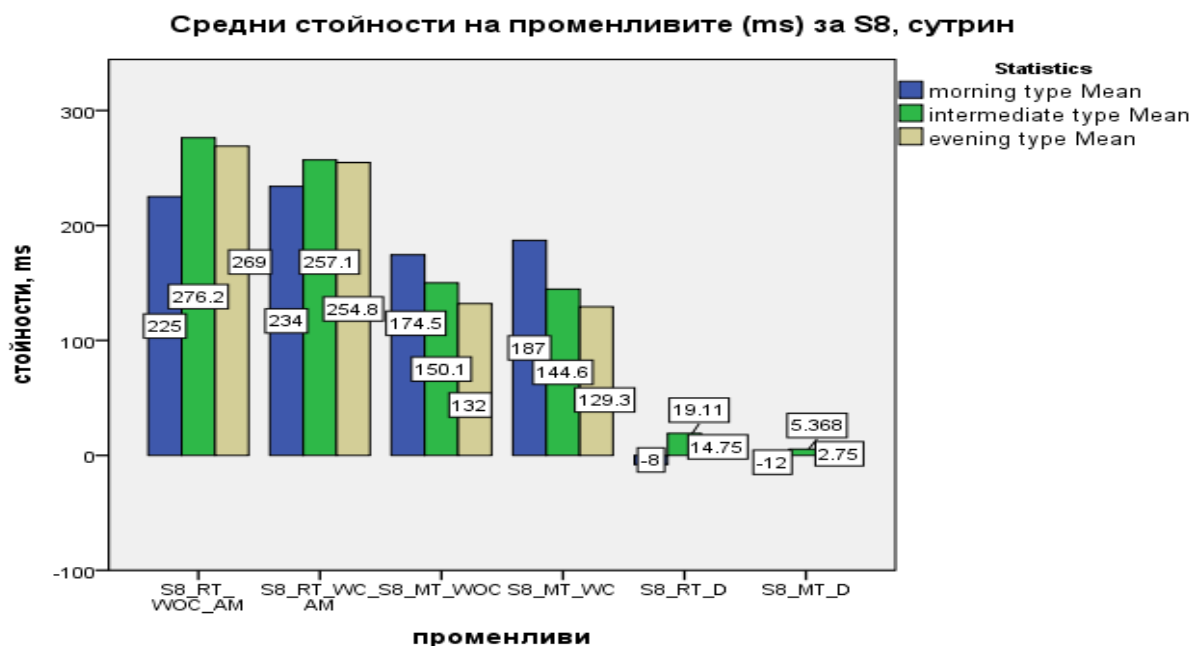


Фиг. 2 Средни стойности на RT и Mt според хронотипа за S7 - сутрин

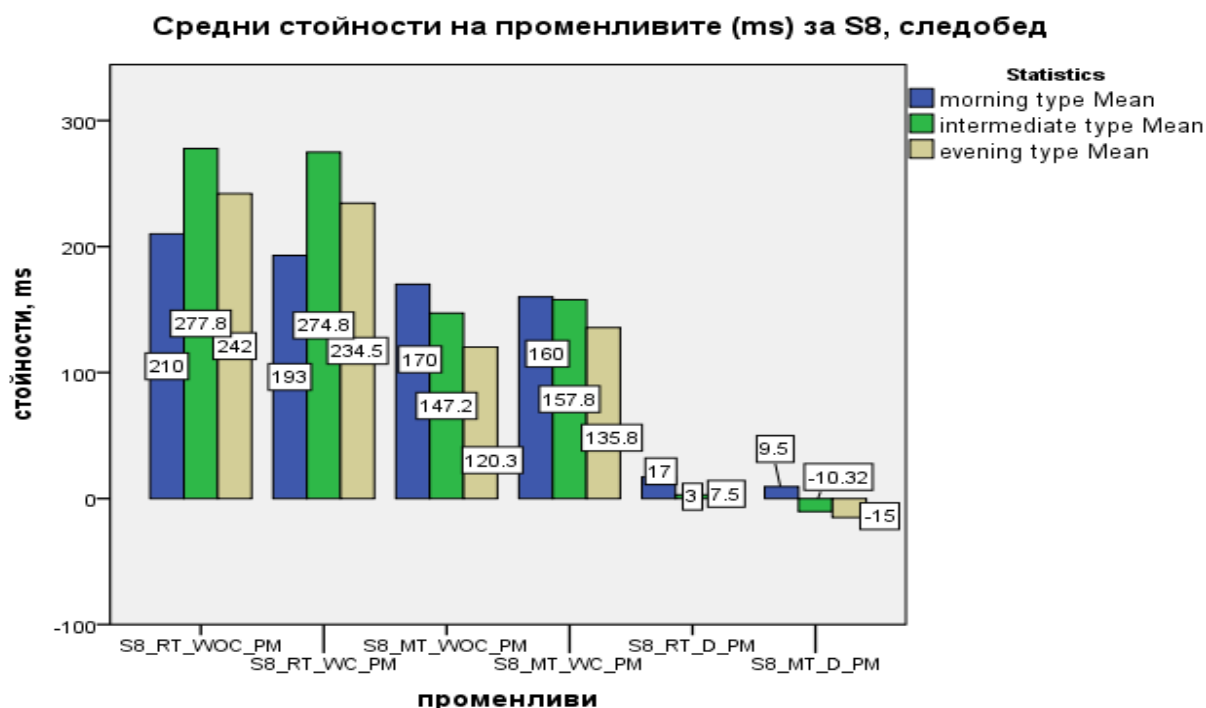


Фиг. 3 Средни стойности на RT, Mt според хронотипа за S7 следобед





Фиг. 4 Средни стойности на RT, Mt според хронотипа за S8 сутрин



Фиг. 5. Средни стойности на RT, Mt според хронотипа за S8, следобед

9.4.2. Определяне стойности извън генералната съвкупност и/или екстремни: чрез визуално проучване на бокс плот графики по хронотип (за RT И Mt). Резултатите показват, че за някои хронотипове са налични

стойности извън генералната съвкупност и/или екстремни такива. За характер на разпределението е проведен тест за нормалност на Шапиро-Уилкс. Част от стойностите за RT и Mt показват отклонения от нормалното разпределение (и стойности извън генералната съвкупност).

Като се позовем на литературният обзор, вземем предвид подбора на ИЛ, както и поставените задачи, работната ни хипотеза гласи: „Простото време за реакция (както и моторното време) на спортисти не се влияят от хронотипа и тренировъчната им активност“. На основата на формулираната работна хипотеза формулираме следната статистическа хипотеза: „Между отделните показатели в групите по хронотип, пол и активност няма статистически значима разлика“.

#### 9.4.5 Проверка на хипотези за хронотипа

Беше направено сравнение на RT (измерено чрез два теста), с и без предупредителен сигнал, между три групи ИЛ по хронотип (ММТ=2 (сутрешен тип); IT= 19 (междинен тип); MET= 4 (вечерен тип)) с провеждането на Уелч-АНОВА параметричен тест. При следните стойности се получи статистически значима разлика с p-стойности  $\leq 0,05$ :

- Реакционен тест сутрин: S7\_RT\_WOC, Уелч  $F(2,5,96)=16,79$ ,  $p=0,004$ ; S8\_RT\_D, Welch  $F(2,6,94)=6,63$ ,  $p=0,025$ ;
- Реакционен тест следобед: S7\_RT\_WC, Welch  $F(2,6,69)=10,27$ ,  $p=0,009$ .
- Средните стойности на S8\_RT\_WC показват разлика (Welch  $F(2,3,740)= 6,169$ ,  $p=0,06$ ), въпреки, че е близка до 0,05 не е статистически значима.

В повечето случаи умерено сутрешния тип показват по-малко средно RT, т.е. са по-бързи, в сравнение с междинния тип. Сравнени с вечерния тип (ММТ и IT) не показват статистически значими разлики във RT нито сутрин, нито следобед. Статистически значими разлики показва сравнението на средните рангове на средните стойности за следобедните измервания само за S8\_RT\_WOC, при което Крускал-Уолис H-теста е със следната стойност  $\chi^2(2)= 5,717$ ,  $p= 0,05$ . При вътрегрупово сравнение с Mann-Whitney  $U=2,00$ ,  $p =,041$  (ММТ\_IT) се получава статистически значима разлика между ММТ (среден ранг по Ман-Уитни = 2,5) и IT (среден ранг по Ман-Уитни = 11,89). При това ММТ са по-бързи от IT. Също така статистически значими разлики се получават за средните рангове на S7\_Mt\_D сутрин и следобед, като в първият случай IT са се справили с теста по-добре от MET, при наличие на предупредителен сигнал, т.е. са взимали решения сутрин по-лесно. В по-късните часове на деня ММТ са взимали решенията по-бързо, когато е имало

предупредителен сигнал, в сравнение с IT. Оценката за размер на ефекта е нееднозначна и е описана подробно в изследването ни. Все пак като най-висока стойност - 43% и 44% - можем да посочим значението на принадлежността към умерено сутрешен хронотип за S7\_RT\_WOC (сутрин) и S8\_RT\_WOC (следобед), а за моторното време - 55% - за принадлежност към умерено сутрешен хронотип за S7\_Mt\_D (следобед).

#### 9.4.6. Проверка на хипотези според пола

Статистически значими разлики по пол показва сравнението на средните рангове при моторните времена. За първият реакционен тест това са: Mt\_WOC (сутрин) в полза на мъжете; Mt\_WC (сутрин) в полза на мъжете; Mt\_WC (следобед) отново в полза на мъжете. За втория реакционен тест резултатите са както следва: Mt\_WOC (сутрин); Mt\_WC (сутрин). Оценката за размер на ефекта варира от „средна” до „голяма” и е описана подробно в изследването ни. Все пак като най-висока стойност - 47% - можем да посочим значението на принадлежността към мъжки пол за S7\_Mt\_WC (сутрин) и 43% за S7\_Mt\_WC (следобед).

#### 9.4.7. Проверка на хипотези според тренировъчната активност

Статистически значими разлики по тренировъчна активност показва сравнението на средните рангове при времето за реакция. За първият реакционен тест това са:

- RT\_WOC (сутрин):  $U = 4.00$ ,  $p = ,005$ , в полза на високо активната група;
- RT\_WOC (следобед):  $U = 9.5$ ,  $p = ,026$ , предимството е за високо активната група.

За тези стойности можем да отхвърлим нулевата хипотеза и да приемем алтернативната: „Между отделните показатели има статистически значима разлика по тренировъчна активност“.

За втория реакционен тест резултатите са както следва:

- RT\_WOC (сутрин):  $U = 9.5$ ,  $p = ,026$ , в полза на високо активните спортисти;
- RT\_WOC (следобед):  $U = 10.500$ ,  $p = 0.034$ , отново предимство имат високо активните спортисти.

За тези стойности също отхвърляме нулевата хипотеза и приемаме, че „Показателите имат статистически значима разлика по тренировъчна активност“. Практическата големина на разликите е средна до голяма, като от практическа гледна точка тя е голяма за S7RT\_WOC (сутрин) - 58,1% от нея се дължат на принадлежността към съответната

тренировъчна група, както и 51,5% се дължат на ТА (НА) за S8RT\_WOC (сутрин) .

Когато се комбинират хронотиповете според тренировъчната им активност освен разлика в S8\_RT\_WOC (следобед) и в S7Mt\_D (сутрин и следобед) се откриват и в моторното време сутрин и вечер. При VHA междинния тип има по-добри резултати от умерено вечерния тип в моторното време без и със сигнал, следобед (S7\_MT\_WOC (следобед),  $p \leq 0,05$ ; S8\_MT\_WOC (следобед),  $p \leq 0,05$ , S8\_MT\_WC (следобед),  $p \leq 0,05$ ), а НА групата дават разлика между вечерния и сутрешния тип при моторното време със сигнал, сутрин (S7\_MT\_WOC,  $p \leq 0,05$ ). Всички разлики са силно свързани с хронотипа. Също така при сравнение на средните стойности на показателите за RT и Mt, се установява, че MET в LA-група са с по-добри резултати и сутрин, и следобед. Това важи и за двата реакционни теста въпреки, че стойностите не показват статистически значими разлики. MET в VHA-група са с лоши резултати и сутрин и следобед. При НА-групата MMT са с по-добри резултати и сутрин и следобед по отношение на RT, а при Mt (моторно време) с по-добро представяне са MET (тези разлики показват силна връзка с хронотипа). Отново без статистически значими разлики.

#### 9.4.8. Ограничения на настоящата разработка

- Най-голямото ограничение е лимитираният брой ИЛ. По тази причина резултатите трябва да се интерпретират внимателно.
- Друго ограничение е, че не сме проследили стриктно тренировъчния график на спортистите, както и този за сън-бодърстване, което би ни дало възможност за по-добро интерпретиране на резултатите при VHA.
- Използваният от нас въпросник за определяне на хронотип включва точно фиксирани варианти на отговори свързани с времевите предпочитания на ИЛ. Това ограничава гъвкавостта на отговорите.
- Също така не сме използвали поне още един маркер за хронотип, поради факта, че изследването му е трудно достъпно и скъпо.

## 10. Заключение

В заключение, според времето за реакция (по хронотип и времето на тестване) сутрешния тип показват най-добри времена в сравнение с другите хронотипове. Статистически значими разлики има най-вече между сутрешен и междинен хронотип, като от практическа гледна точка те са средно големи. Сутрешният тип са от женски пол, попадат в групата на НА и тренират в предпочитаното от тях време на деня, което

се доказва от резултатите им за време и по ТА (с големи практически разлики).

### **11. Изводи:**

1. Студентите-спортисти като група не дават статистически значими разлики в изследваните показатели, което потвърждава междинния хронотип на извадката. Това съответства на възрастта на групата и непостоянния график на ежедневието ѝ.
2. Времето на реакция на сутрешния тип (сутрин) съвпада с тяхната степен на бдителност според хронотипа им, но те имат по-добри резултати и следобед в сравнение с междинния и вечерния тип, особено при наличието на предупредителен сигнал. Това показва, че фазовата бдителност компенсира по-ниските нива на активиране на ендогенния компонент, следствие от понижено внимание, резултат от циркадната фаза.
3. Вечерният тип показват по-ниски резултати за времето на реакция следобед в сравнение със сутрешния тип, което най-вероятно има връзка с натрупване на sleep debt през работната седмица, резултат от разминавания между предпочитаното и реалното време за почивка и активност.
4. Лицата с много висока физическа активност имат най-лоши резултати за времето на реакция от групите по тренировъчна активност, което най-вероятно се дължи на натрупана умора през работната седмица поради влошено качество на съня, недостиг на сън или на физическо натоварване в неподходящо за тях време.

От всичко казано дотук бихме могли да сме оптимистично настроени, че комбинацията хронотип, предпочитано време за тренировка и висока тренировъчна активност биха благоприятствали подобряването на спортните постижения (и евентуално да се ограничи употребата на допинг). В тази светлина, препоръчително е при съставяне на тренировъчните графици да се има предвид и хронотипа на спортиста.

### **13. Приноси**

1. Това е първото проучване в България, което съобщава данни, свързани с хронотипа, спортните резултати и времето от деня.
2. Комбинацията от хронотип, време за реакция и време от деня за тренировки може да окаже влияние върху спортните резултати и да обясни вариациите им.
3. Разработ електронна версия на въпросника за хронотипа и го

преведохме на български език.

#### **14. Препоръки за последващи изследвания**

Познаването на хронотипа на спортистите би довело до постигане на по-добри резултати при тренировки и състезания, особено при възможност те да се съобразят с него. Това би позволило на самите тях да определят по кое време от деня да се натоварват максимално и по кое – да изпълняват по-леки активности. Ако това се следва и тренировъчните им графици бъдат съобразени с хронотипа по протокол, би направило изпълнението на тренировъчната схема по-леко и приятно от атлетите. Освен това, провеждането на тренировка в унисон с предпочитанията на спортиста би намалило умората и преумората, а оттам и травматизма, което в дългосрочен план ще има само положителен ефект върху спорта като цяло и постиженията.

Като препоръка за по-нататъшни проучвания би било добре да се включат екстремни хронотипове, да се разделят ИЛ по спортове, да се проучи по-задълбочено поведението (по отношение на съня) на атлетите и да се включи още един маркер за хронотип. Препоръчително е това изследване да включи по-голяма извадка, за да се потвърдят резултатите ни, както и да се допълнят с нови данни относно важността на хронотипа в спортната практика.

### **Публикации свързани с дисертацията:**

Zaharinoва M., Zaekov N., Rankov K., Nikolova M. Chronotype identification of bulgarian sports students. International Scientific Congress “Applied Sports Sciences” (1 - 2.12. 2017), Proceedings Book /NSA “Vassil Levski” – София: NSA Press, p. 304 – 312, ISBN (Print): 978-954-718-489-3, ISBN (Online): 978-954-718-490-9

Zaekov N., Bogdanov G., Baymakova M., Zaharinoва M. Anthropometric nutritional status of 11–14 year old pupils of Sofia municipality. International scientific congress “Applied Sports Sciences” (1 - 2.12.2017), Proceedings book, /NSA “Vassil Levski” – София: NSA Press, p. 292 - 295, ISBN (Print): 978-954-718-489-3, ISBN (Online): 978-954-718-490-9



**NATIONAL SPORTS ACADEMY**

**„VASSIL LEVSKI”**

Department of „Physiology and Biochemistry”

Mariya Velizarova Zaharinova

**“Correlation between individual chronotype of athletes and  
their training schedule”**

Abstract

of Dissertation for awarding the educational and scientific  
Doctor’s Degree

Professional Field: 7.6. Sport

Supervisor:

Assoc. prof. Nikolova Milena, MD, PhD

Sofia, 2021



The full volume of the dissertation is 125 pages. It consists of an introduction and five chapters. It includes also three applications. The list of references contains 139 titles. The text of the dissertation includes 16 tables and 24 figures.

The PhD thesis was discussed and allowed to be defended during an extended session of the Department of Physiology and Biochemistry at NSA “Vassil Levski”, which had been held on December 16, 2020.

The defense of the PhD thesis will be hold on February 24, 2020 at 13:00 pm in Hall A-3, NSA “Vassil Levski”, Sofia .

All materials related to the defense of the PhD thesis are published on the internet site of NSA “Vassil Levski”, [www.nsa.bg](http://www.nsa.bg).

**Reviewers:**

Assoc. Prof. MD Lachezar Georgiev Stefanov, Ph.D. – chairman

Prof. Andon Radev Kossev, D.Sc., Ph.D.

**Scientific Jury:**

Prof. MD Maria Vassileva Toteva, D.Sc., Ph.D. - opinion

Assoc. Prof. Ogniyan Kirilov Tishinov, Ph.D. - opinion

Assoc. Prof. MD Iva Hristova Zareva, Ph.D. - opinion

## Table of contents

1.	Introduction.....	28
2.	Objective of the dissertation.....	29
3.	Tasks of the dissertation.....	29
4.	Object to examination.....	30
5.	Subject to examination.....	30
6.	Inclusion/exclusion criteria for participation in the study.....	30
7.	Study design.....	30
8.	Methodology.....	31
8.1.	Chronotype.....	31
8.2.	Anthropometry.....	32
8.3.	Laboratory testing .....	32
8.4.	Statistical analyses.....	34
9.	Results and analyses.....	35
10.	Summary and conclusions.....	44
11.	Contributions summary.....	45
12.	Recommendations.....	46
13.	Publications.....	47

#### Abbreviations:

1. AM (Am) – morning testing
2. BMI - Body mass index
3. ChT – chronotype
4. CC – circadian clock
5. CR (s) – circadian rhythm (s)
6. CS – circadian system
7. HA – high physical activity group
8. IT – intermediate type
9. KWH – Kruskal-Wallis H test
10. LA – low physical activity group
11. MET/ ET(s) – Moderate evening-type
12. MMT/ MT(s) – Moderate morning-type
13. (HO)-MEQ – Horne-Ostberg morningness-eveningness personality questionnaire
14. ms - milliseconds
15. MT – motor time
16. MTD – motor time - difference
17. MT WC – motor time with cue
18. MT WOC – motor time without cue
19. MW U – Mann-Whitney U test
20. NSA – National Sports Academy
21. PhA – Physical activity
22. PM/ Pm – afternoon testing
23. RT – reaction time
24. RTD – reaction time - difference
25. RTWC – време за реакция with cue
26. RT WOC – reaction time without cue
27. s - seconds

- 28. SCN – Suprachiasmatic nuclei
- 29. TA – training activity
- 30. VHA – very high physical activity group
- 31. ZGs – Zeitgebers

## **1. Introduction**

Circadian rhythms are endogenously regulated biological variations that are repeated with a period near to 24 hours. They determine individual's preferences for sleep and activities, which is known as chronotype. These rhythms play a fundamental role in sports, connected with optimizing training time, performance, adaptation to global time zone changes and scheduling time of sports events.

Worldwide Chronobiology is developing very rapidly and there are defined many factors that have influence on chronotype, such as gender, age, ethnicity, physical activity and geographical location. There are made connections between chronotype and genotype, and between chronotype and variables that can be considered as markers for chronotype (core body temperature, melatonin, cortisol, reaction time).

There has been a great deal of research centred on human biological rhythms in connection with sports that date back 40 years and more, and researches connected with chronotype – more than 30 years. But in the last 10 – 20 years the interest in the study of individual typology has increased. Every person would feel disturbed if forced to perform any kind of activity when sleepy or tired. We know that according to chronotype humans are classified as morning type (more active in the early hours of the day), intermediate type and evening type (more active in the afternoon). For that reason optimizing adaptation to training by varying training time-of-day would be advantageous to amateur and professional athletes alike.

Until now in Bulgaria there are very few studies in the field of circadian rhythms and sports matching athletes or active

population reaction times (at different time of day) and chronotype. There for the purpose of this study was to describe the distribution of chronotype of Bulgarian sport students and to compare the measured chronotype with their training schedules.

## **2. Objective of the dissertation**

After an overview and analysis of the state of the problem in the scientific literature were made we formulated the aim of this thesis:

- To compare the chronotype distribution in sports students and their training schedules.

## **3. Tasks of the dissertation**

- To overview and analyse the state of the problem in the scientific literature.
- To set a group of inclusion criteria for participation in the study.
- To describe the distribution of different chronotype categories among sports students using questionnaire, that defines the maximum level of alertness.
- To select appropriate apparatus and methods for objective measurement of the chronotype defined by questionnaire.
- To compare if the chronotype distribution matches the level of alertness in our sample, measured by reaction time and motor time of an individual.
- To compare the chronotype distribution in males and females in the sample.
- To compare the chronotype distribution according to training activity of the participants.

- To statistically analyse the data.

#### **4. Object of research**

The object of the recent research is the chronotype of sports students participating at different sports and university programs.

#### **5. Subject of research**

In this thesis, the subject of research are variables, reaction time (without/with que) and motor time (without/with que), which describes the level of alertness in participants.

#### **6. Inclusion and Exclusion criteria for participation in the study**

Inclusion criteria for the subject's participation in the study were:

- age  $\geq 18$  years (18 – 25);
- to complete the MEQ;
- to complete the S7 and S8 reaction tests before 12:00 pm and after 14:00 pm

Exclusion criteria were:

- use of hypnotic medications at least 1 month prior the study,
- alcohol consumption and any other condition contraindicating during the interventions.

#### **7. Study design**

- Testing period: 2017 - 2020 year. We invested long time in our investigation because we needed technical support for our study and time for recruiting process.
- Testing place: reaction tests were performed at the

Department of “Physiology and Biochemistry”, Faculty of Sports, National Sports Academy “Vassil Levski”.

We evaluated 41 sports students ( $n = 20$  males and  $n = 21$  females) who were selected from different faculties and sports at the university. Recruitment took place throughout the day in order to ensure that sample collection was not biased towards any particular chronotype, at a certain time-of-day. All participants completed the Horne-Östberg Morningness-Eveningness Personality questionnaire (MEQ) to determine their chronotype as well as another questionnaire which documented personal details and physical activity history. After that 25 participants remained, 13 males and 12 females. Vienna test system was used for reaction time testing. Two reaction tests were conducted S7 (light signal) and S8 (sound signal). Participants that reported illness or had been on medication within the last month were excluded from the study. Thus, all participants were apparently healthy, between the ages of 19 and 23 years. The sports students took the S7 (light signal) and S8 (sound signal) at two different times: in the morning (between 08:15 and 11:30 a.m.) and in the afternoon (after 14:00 p.m.).

## **8. Methodology**

### **8.1. Chronotype**

Chronotype was assessed by the standardized Horne and Ostberg Morningness - Eveningness Questionnaire (MEQ). The purpose of MEQ is to determine if the level of alertness, of an individual, is higher in the morning or in the evening. It is a reliable instrument for this assessment (Cronbach alpha,  $r = 0.7$ ). The MEQ is a self-assessment questionnaire which contains 19 closed



questions and classifies humans according to their preference toward performing certain activities in particular time of day. Each answer (a, b, c, d and sometimes e) has given number of points (from 16 to 86). Higher number of points determines morningness and lower numbers of points indicates an evening chronotype. Initially we counted points according to answers after that we assess concrete chronotype according to MEQs rating scale with 5 options:

- Definitely morning type (70 – 86 points)
- Moderate morning type (MMT - 59 – 69 points)
- Intermediate type (IT – 42 – 58 points)
- Moderate evening type (MET – 31 – 41 points)
- Definitely evening type (16 – 30 points)

## 8.2. Anthropometry

All participants' height (centimetres) and mass (kilograms) were measured and used to determine their body mass index ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

## 8.3. Laboratory testings – reaction tests – indicators of phasic alertness



Figure 1. Vienna Test System

The Vienna Test System (VTS) (Figure 1) is computerized system that is able to measure reaction time and motor time. VTS was developed by Schuhfried GmbH (Moedling, Austria) as a valid and reliable tool for psychological assessment and contains a myriad of tests which are relevant to sport psychology. It is suitable for assessing both ability and personality in athletes, and includes tests of many different constructs such as alertness (state of wakefulness) by measuring simple reaction time for visual (S7) and acoustic (S8) signals. Reaction time is the time that elapses between a signal and the start of the mechanical response movement. Motor time is the time between the moment that the finger leaves the rest button and the time that reaction button is pressed. The response time is measured in milliseconds. The reaction tests consist of three phases – an instruction, practice and test phase. The first phase begins by explaining what is to be measured and describing how the black and the golden button are used when relevant stimuli appear (for S7 – yellow light, for S8 is sound of 2400 Hz). The respondent is sitting, in front of the monitor and response panel. He/she is asked to place the forefinger of the hand with which he/she writes on the golden key. In test forms S7 and S8 there are two sub-tests – without and with cue.

The second phase is practice phase. It aims the respondent to correctly answering to several stimuli and help him/her to work the test correctly.

The third phase is the test itself. The respondent starts the phase himself by pressing the black key. The length of this phase is about 8 minutes. 56 stimuli are presented in both test forms – 28

without cue and 28 with cue (lasting half a second). The main variables for assessing the alertness are displayed in table 1 below.

*Table 1. Main variables for assessing the level of alertness*

Objective variables, ms	Abbreviations
Mean Reaction time without cue	RT_WOC
Mean Reaction time with cue	RT_WC
Mean Motor time without cue	Mt_WOC
Mean Motor time with cue	Mt_WC
Difference in mean reaction time without and with cue	RT_D
Difference in mean motor time without and with cue	Mt_D
Subjective variables	Abbreviations
Scores from MEQ	Scores
Chronotype	ChT

#### 8.4. Statistical analyses

For assessing the differences between the above discussed variables we divided the respondents in to three groups:

- By chronotype – there are three sub-groups: MMT, IT, MET;
- By gender – there are two sub-groups: males and females;
- By physical activity – there are three sub-groups: low (LA), high (HA) and very high (VHA).

All analysis were executed using SPSS for Windows, IBM®

SPSS® Statistics V19 (Statistical Package for the Social Sciences). The Shapiro-Wilks test was used to determine if the data were normally distributed. Participant characteristics were compared using a one-way analysis of variance (ANOVA) for normally distributed data, a Kruskal-Wallis H test were used to compare the difference in RT, Mt from the morning to the afternoon within the sub-groups of chronotype and a Mann-Whitney U test for data that were not normally distributed. Post hoc analyses were performed used Games-Howell post hoc test. The statistical significance was set at  $p \leq 0,05$ . The internal consistency of the H-Ö questionnaire was estimated using Cronbach's  $\alpha$  coefficient.

## 9. Results and analyses

9.1. Participant characteristics – The general characteristics of the participants are presented in Table 2 and Table 3.

*Table 2. General characteristics of the participants as a group (n = 25)*

	n	Range	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Age (years)	25	4,00	19,00	23,00	19,9200	0,99666
Height (cm)	25	37,00	165,00	202,00	177,7200	8,52702
Body mass (kg)	25	51,00	51,00	102,00	70,3200	12,85729
Exercise (days/week)	25	6,00	1,00	7,00	4,0800	1,73013
Exercise (min/day)	25	90,00	30,00	120,00	81,6000	23,74868
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	25	9,00	17,00	26,00	22,0400	2,49132

*Table 3 General characteristics of the participants divided by sub-groups (gender, chronotype and physical activity). The data are presented as mean±standart deviation, (<sup>a</sup>) indicates statistical significance ( $\alpha= 0,05$ )*

Groups by	n	Characteristics			
Gender		Age(y), mean±SD	Body mass (kg), mean±SD	Height (cm), mean±SD	BMI, mean±SD
Males	13	20,1±1,1	78,7±10,7	182,9±8,2	23,38±1.7
Females	12	19,75±0,9	61,25±7,9	172,1±4,27	20,58±2.5
p		>.05	.000 <sup>a</sup>	.000 <sup>a</sup>	.003 <sup>a</sup>
Chronotype					
MMT	2	20,5±0,7	59±11,3	171±0	20,21±4.24
IT	19	19,95±1,1	69±11,2	176,5±7,2	22,04±2.49
MET	4	19,5±0,6	81,75±13,7	187±10,9	23,25±1.26
p		>.05	>.05	.033 <sup>a</sup>	>.05
Physical activity					
LA	9	20,33±1,12	73,2±14,02	180±10,46	21,78±2.73
HA	10	20,1±0,88	67,3±12,81	175±7,52	21,8±2.39
VHA	6	19±0,00	71±12,21	178±7,19	22,83±2.56
p		.023 <sup>a</sup>	>.05	>.05	>.05

## 9.2. Chronotype, real and preferred training times

All participants reported preferred training times. But when asked if the preferred time corresponds to real time 8 respondents answered with “I don’t know” (3 females, 5 males), by Physical activity - 7 LA: 1 MET and 6 IT; 1 VHA, who is MET. The reported personal preferences are presented in Table 4. There are differences between sub-groups of physical activity – morning preferences LA:HA,  $\chi^2(2)= 4$ ,  $p\leq 0.05$ ; training at the afternoon, HA and VHA compared to LA are more afternoon orientated,  $\chi^2(2)= 12,526$ ,  $p\leq 0.05$ . These differences are „big“, Cramer’s V= 0.715 (Cohen, 1988, Laerd Statistics (2015)).

*Table 4. Preferred training times (The data are represented as numbers and as percentages; physical activity sub-groups: low (LA), high (HA) and very high (VHA))*

Preferred training times	n= 25	LA n= 9	HA n= 10	VHA n= 6
Morning 6:00 – 12:00	6 (24%)	4 (44.44%)	2 (20%) MMT	0
Afternoon 12:00 – 18:00	14 (56%)	3 (33.33%)	6 (60%)	5 (83.33%)
Evening 18:00 – 23:00	5 (20%)	2 (22.22%)	2 (20%) MET	1 (16.67%) MET

### 9.3. Measure of the internal consistency of the H-Ö questionnaire and classification of diurnal phenotype.

Cronbach's  $\alpha$  was used to determine the internal consistency of the H-Ö questionnaire and was considered to be satisfactory ( $\alpha=0.7$ ).

All participants (25) completed the H-Ö questionnaire. The mean H-Ö questionnaire score was  $50,32 \pm 7,1$ . The data are presented in Table 5 as mean  $\pm$  SD. Our sample of individuals tend to be of intermediate chronotype.

*Table 5. Classification of diurnal phenotype and mean scores for all participants*

Chronotype	n= 25	Mean	SD	Minimum	Maximum
MMT	2	62,50	2,12	61	64
IT	19	51,57	3,89	44	58
MET	4	38,25	2,75	35	41

*Table 6. Chronotype distribution presented as numbers and as percentages (comparison between males and females)*

			Chronotype			Total
			MMT	IT	MET	
Gender	Male	Count	0	10	3	13
		% gender	,0%	76,9%	23,1%	100,0%
		% chronotype	,0%	52,6%	75,0%	52,0%
	Female	Count	2	9	1	12
		% gender	16,7%	75,0%	8,3%	100,0%
		% chronotype	100,0%	47,4%	25,0%	48,0%
Total		Count	2	19	4	25
		% gender	8,0%	76,0%	16,0%	100,0%
		% chronotype	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

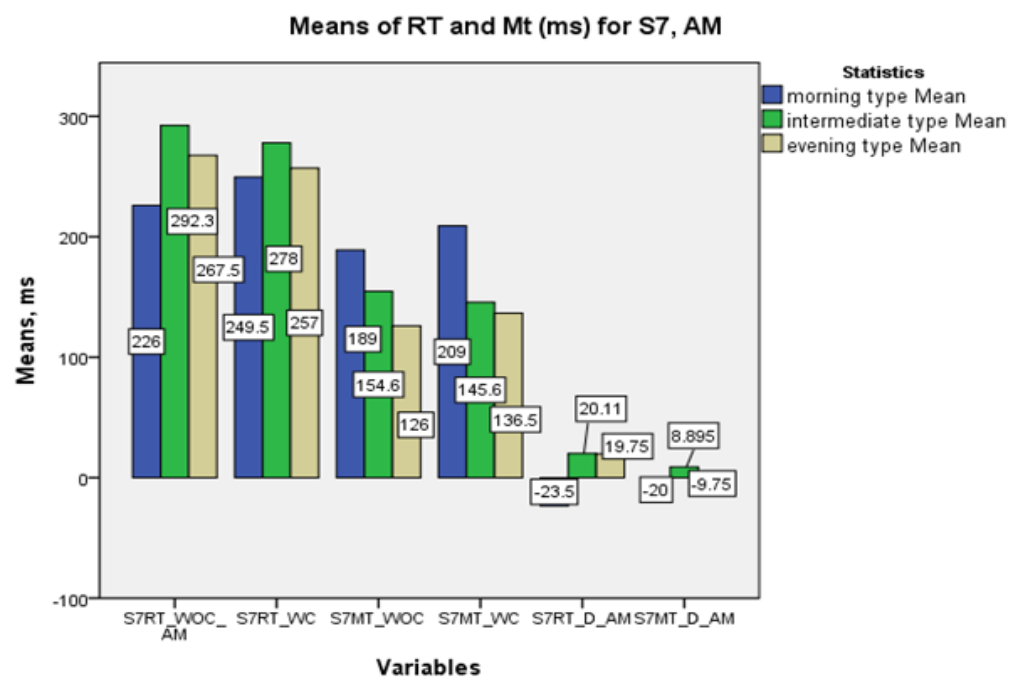
According to the mean scores from MEQ there was no difference in chronotype distribution when comparing participants by gender and by type of physical activity (LA, n = 9, 51,78±5,4; HA, n = 10, 49,6±8,68; VHA, n = 6, 49,33±7,3). LA are 8 IT, 1 ET; HA are 2MT, 6 IT , 2 ET; VHA are 5 IT and 1 ET. There was no correlation between chronotype and age for the respondents group as a whole. This finding was most likely due

to the small sample size of the group of individuals assessed in this study.

#### 9.4. Chronotype and markers for alertness

9.4.1 Analysis of variance by chronotype and reaction tests (data are represented as mean values)

On Figures 2 to 5 are represented as mean values for reaction times, motor times and their differences at different time of day.



*Figure 2 Mean values for reaction time and motor time according to chronotype for S7 - morning*



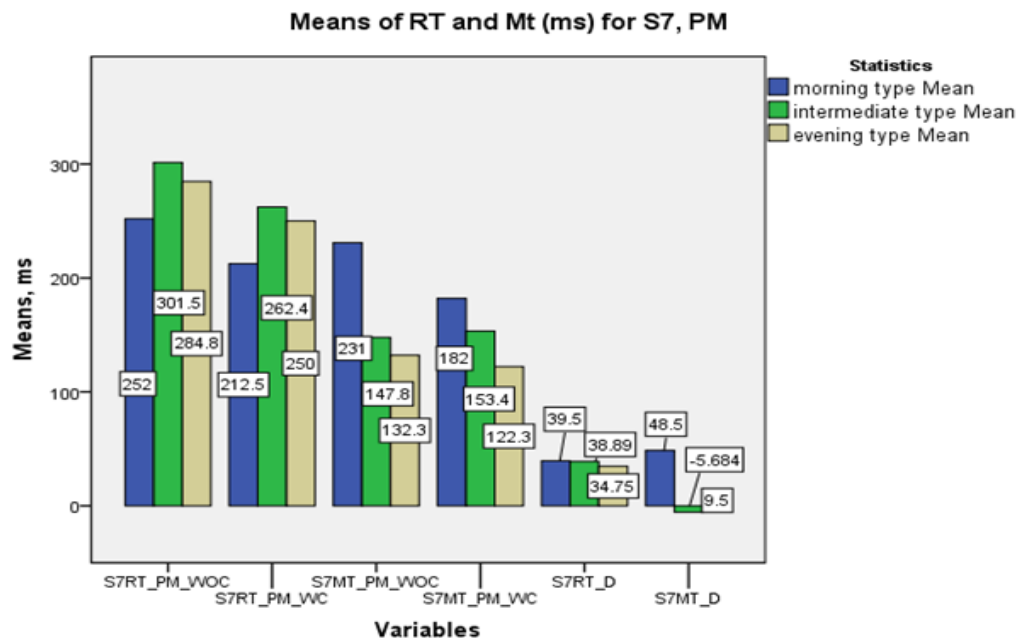


Figure 3 Mean values for reaction time and motor time according to chronotype for S7 - afternoon

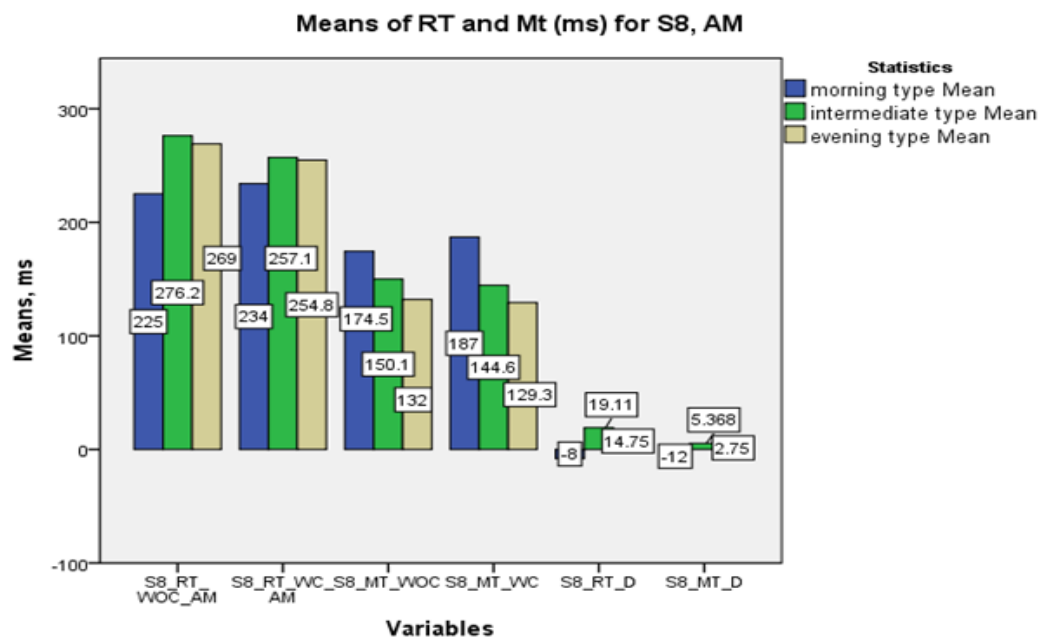


Figure 4 Mean values for reaction time and motor time according to chronotype for S8 - morning

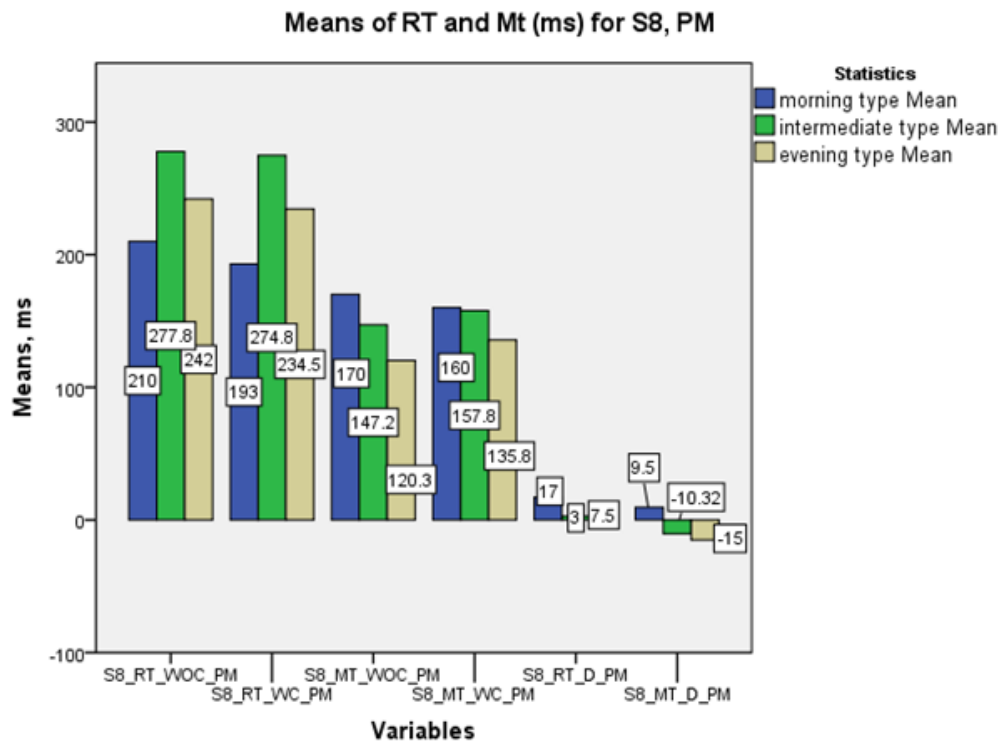


Figure 5. Mean values for reaction time and motor time according to chronotype for S8 - afternoon

#### 9.4.2. Determining if the data are normally distributed (for RT and Mt).

The Shapiro-Wilks test was used to determine if the data were normally distributed. One part of the data were normally distributed but other were not normally distributed.

#### 9.4.5 Hypothesis testing for chronotype

There was made comparison between mean RT, mean Mt in the alerting condition (from S7 and S8), without and with cue, among the three groups of chronotype (MMT= 2; IT= 19; MET= 4). The data were compared using a one-way analysis of variance (ANOVA) with time of day (AM, PM) for normally distributed data, a Kruskal-Wallis H test were used to compare the difference in RT, Mt from the morning to the afternoon within the sub-groups of chronotype and a Mann-Whitney U test, for data that were not normally distributed. There was a significant difference, with  $p \leq 0,05$ , in the following

values:

- Reaction tests in the morning: S7\_RT\_WOC,  $F(2,5,96) = 16,79$ ,  $p = 0,004$ ; S8\_RT\_D,  $F(2,6,94) = 6,63$ ,  $p = 0,025$ ;
- Reaction tests in the afternoon: S7\_RT\_WC,  $F(2,6,69) = 10,27$ ,  $p = 0,009$ .

MMT had the best mean RT without and with cue (am and pm), for S7 and S8, in most cases, when compared with IT. Compared with MET (MMT and IT) there was no statistically significant differences nor in the morning, nor in the afternoon. Statistically significant differences were showed by mean ranks of mean values measured in the afternoon for S8\_RT\_WOC,  $\chi^2(2) = 5,717$ ,  $p = 0,05$ . The Mann-Whitney U test was used to determine which group means differ from which other group means, and the result was:  $U = 2,00$ ;  $p = 0,041$  (MMT\_IT). Statistically significant differences were showed by mean ranks of S7\_Mt\_D in the morning (IT were fastest) and in the afternoon (MET were fastest). The assessed effect sizes were ambiguous and are described in details in the dissertation. Though the highest values - 43% и 44% - are for belonging to MMT sub-group for S7\_RT\_WOC (am) and for S8\_RT\_WOC (pm), and for motor time - 55% - for belonging to MMT sub-group for S7\_Mt\_D (pm).

#### 9.4.6. Hypothesis testing for gender

Statistically significant differences were showed by mean ranks for S7: Mt\_WOC (am) in favor to male; Mt\_WC (am) in favor to male; Mt\_WC (pm) in favor to male. Statistically significant differences were showed by mean ranks for S8: Mt\_WOC (am); Mt\_WC (am) in favor to male. The assessed effect sizes varies from “middle” to “big” and are described in details in the dissertation.

#### 9.4.7. Hypothesis testing for physical activity

Statistically significant differences were showed by mean ranks for S7:

- RT\_WOC (am):  $U = 4.00$ ,  $p = .005$ , in favor to HA group compared to VHA group;
- RT\_WOC (pm):  $U = 9.5$ ,  $p = .026$ , in favor to HA group compared to VHA group.

For these mean values we can reject the null hypothesis and accept the alternative hypothesis: “The sub-group means for physical activity (HA:VHA) were statistically significantly different ( $p < 0.05$ )”.

Statistically significant differences were showed by mean ranks for S8:

- RT\_WOC (am):  $U = 9.5$ ,  $p = .026$ , in favor to HA group compared to VHA group;
- RT\_WOC (pm):  $U = 10.500$ ,  $p = 0.034$ , in favor to HA group compared to VHA group.

For these mean values we can reject the null hypothesis and accept the alternative hypothesis: “The sub-group means for physical activity (HA:VHA) were statistically significantly different ( $p < 0.05$ )”.

The assessed effect sizes varies from “middle” to “big” and are described in details in the dissertation. For S7RT\_WOC (am) 58,1% it is due to belonging to HA sub-group, and 51,5% for S8RT\_WOC (am) it is due to belonging to HA sub-group.

When combined according to physical activity chronotype sub-groups showed statistically significant differences in S8\_RT\_WOC (pm), S7Mt\_D (am and pm) and in Mt (am and pm). In the VHA IT sub-group had better results compared to MET according mean Mt (without and with cue, pm) - S7\_Mt\_WOC (pm);  $p \leq 0.05$ ; S8\_Mt\_WOC (pm),  $p \leq 0.05$ ; S8\_Mt\_WC (pm),  $p \leq 0.05$ . In the HA there were statistically significant differences between MET and MMT sub-group in the morning (S7\_Mt\_WOC,  $p \leq 0.05$ ). All differences were strongly connected with chronotype. When the mean values for RT and Mt was compared MET, in the LA group, showed better results in

the morning and in the afternoon (for S7 and S8) without statistically significant differences. MET, in the VHA group, had the worst results in the morning and in the afternoon. In HA group MMT had better RT in the morning and in the afternoon, and for Mt MET had better results. Again without statistically significant differences.

#### 9.4.8. Limitations

- A limitation to this study is the relatively small sample size. For that reason the interpretation of the results has to be made cautiously.
- Another possible limitation could be that we did not use an exact training schedule and sleep/wake assessments.
- The HÖ-MEQ scoring is based on answers where precise times are stated, and thus it does not allow for flexibility.
- Lastly, we could use another one marker for determining chronotype distribution, but the laboratory testing was very expensive and invasive, and must be performed by a specialist.

## 10. Summary and Conclusions

In summary, the main findings and conclusions of this study were:

- When the sports students were analysed as a single group, no diurnal variation in RT and Mt was observed, which confirms the intermediate chronotype of the group. That corresponds with the age and the life style of the respondents.
- Diurnal variation in RT and Mt was observed when the students were grouped by chronotype and physical activity. MMT had better RT in the morning and in the afternoon (for S7 and S8). Statistically significant differences were observed between MMT and IT chronotype.
- MMT's level of alertness in the morning (according to chronotype) corresponds with their RT. But MMT had better RT and in the afternoon

which indicated that larger benefit from alerting cues was observed when participants' were tested at their non-optimal times of day.

- MMT were all females from HA physical activity sub-group and they exercised in their preferred training time. Which is obvious from their RT results (according to their physical activity group).
- MET's RT did not correspond with their level of alertness in the afternoon (according to chronotype). It is possible for MET to accumulate sleep debt during the week (sleepiness has the greatest effect on RT results).
- The VHA sub-group had the worst RT compared to LA and HA. Most likely it is due to the fact that reaction time gets slower when the subject is fatigued (when exercising at non-optimal time of day or suffering from sleep restrictions).

Overall, our findings underscore the importance of controlling for time of day in investigations of chronotype (level of alertness, training time preferences) and high physical activity level. It is useful to examine individual differences in circadian rhythmicity in order to explain and predict diurnal variation in performance, as these differences may have effects on performance of individuals at different times of the day. Furthermore, knowledge of an athlete's diurnal preference might allow him or her to schedule physically demanding tasks at his or her preferred training time-of-day. So we propose coaches should always take into account the chronotype of athletes when arranging training schedules.

### 13. Contribution summary

1. This is the first study, to the best of my knowledge, to investigate the association between RT, Mt (at different time of day); chronotype and training time preference in athletes.
2. The combination of chronotype, RT and time of day may have effects

on performance of individuals and may explain the variations in it.

3. It has been developed on-line form of the MEQ for easier usage.

#### 14. Recommendations for future work

We suggest future research of a larger sample size in order to confirm our findings and to add more new data to the knowledge of diurnal variation in performance. In future it will be very useful if an independent study could examine performance in a different type of athletic population (divided according to type of sport, with inclusion of extreme chronotypes). Further study based on phenotype and RT would need to compare the performance of morning-type and evening-type individuals in the field.

## Publications related to the disertation

Zaharinoa M., Zaekov N., Rankov K., Nikolova M. Chronotype identification of bulgarian sports students. International Scientific Congress “Applied Sports Sciences” (1 - 2.12. 2017), Proceedings Book /NSA “Vassil Levski” – София: NSA Press, p. 304 – 312, ISBN (Print): 978-954-718-489-3, ISBN (Online): 978-954-718-490-9

Zaekov N., Bogdanov G., Baymakova M., Zaharinoa M. Anthropometric nutritional status of 11–14 year old pupils of Sofia municipality. International scientific congress “Applied Sports Sciences” (1 - 2.12.2017), Proceedings book, /NSA “Vassil Levski” – София: NSA Press,p. 292 - 295, ISBN (Print): 978-954-718-489-3, ISBN (Online): 978-954-718-490-9