

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

Международный
научно-теоретический журнал

№ 1 (13)

Минск
2021

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

№1 (13)

2021 г.

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

*Международный
научно-теоретический журнал
Издается с 2015 г.
Выходит два раза в год*

Учредитель:

*государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр спорта»*

Главный редактор

*Малёваная И.А.,
канд. мед. наук; Беларусь*

Заместитель главного редактора

*Михеев А.А.,
д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент; Беларусь*

Адрес: ул. Нарочанская, 8, 220062, г. Минск,
тел. (017) 308 10 00,
факс (017) 308 10 01
www.medsport.by
e-mail: post@medsport.by

Члены редколлегии:

Ответственный за выпуск И.А. Малёваная
Компьютерная верстка В.А. Роговская
Корректор А.М. Зиновик

*Нарскин Г.И., д-р пед. наук, проф.; Беларусь
Мельнов С.Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Моссэ И.Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Милашюс К., д-р биол. наук, проф.; Литва
Иванова Н.В., канд. биол. наук; доц.; Беларусь
Ачкасов Е.Е., д-р мед. наук, проф.; Россия
Гаврилова Е.А., д-р мед. наук, проф.; Россия
Губкин С.В., д-р мед. наук, проф.; Беларусь
Касымова Г.П. д-р мед. наук, проф.; Казахстан
Кручинский Н.Г., д-р мед. наук, доц.; Беларусь
Лапин А.Ю., д-р мед. наук, проф.; Россия
Маришук Л.В., д-р психол. наук, проф.; Беларусь
Фурманов И.А., д-р психол. наук, проф.; Беларусь
Репкин С.Б., д-р экон. наук, доц.; Беларусь*

Подписано в печать 25.06.2021.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 13,32.
Тираж 100 экз. Заказ 98

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Свидетельство о государственной
регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/447 от 14.11.2014
ул. Воронянского, 50/1, 220007, Минск

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
спорта», 2021

ISSN 2415-329X

СОДЕРЖАНИЕ

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ И АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

Нарский Г.И., Севдалев С.В. СПЕЦИФИКА СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В СОВРЕМЕННОМ ПЯТИБОРЬЕ.....	4
Холод М.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ И ДИНАМИКИ СТАБИЛИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЫШЦ КОРА СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	12
Холод М.А., Солонец А.В. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ДВИЖЕНИЙ КАК СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЯСНИЧНО-ТАЗОБЕДРЕННОГО КОМПЛЕКСА СТУДЕНТОВ.....	19

Савчук А.В., Даниленко О.А., Макаревич Е.Р., Жук Е.В. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛЕЧЕНИИ ЧАСТИЧНЫХ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ РОТАТОРНО-БИЦЕПИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА.....	52
Шпехт М.В. Пирогова Л.А. О ВЛИЯНИИ МЕТОДА СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ВАКУУМНОЙ ТЕРАПИИ И КИНЕЗИОТЕРАПИИ НА СРОКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ.....	60

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

Гилеп И.Л., Будко А.Н., Гаврилова С.О., Кочерина Н.В., Шведова Н.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕФЕРЕНТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ С УЧЕТОМ ВИДА СПОРТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ.....	28
Солонец А.В., Зимницкая Р.Э. ОСОБЕННОСТИ МЕЖМЫШЕЧНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ И НАЧИНАЮЩИХ ПЛОВЦОВ.....	37

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА: ПРОФИЛАКТИКА ПАТОЛОГИЙ, СОХРАНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СПОРТСМЕНОВ

Малашко А.В., Даниленко О.А., Макаревич Е.Р., Бобров А.А. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ МНОГОПЛОСКОСТНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АКРОМИАЛЬНО- КЛЮЧИЧНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ МЕТОДОМ MINAR В СРАВНЕНИИ С МЕТОДОМ УОТКИНСА- КАПЛАНА.....	45
---	----

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Зубовский Д.К., Кручинский Н.Г., Брук Т.М. ГЕМОФИЗИОТЕРАПИЯ В ЭПОХУ COVID: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	71
Михеев А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ В СПОРТЕ.....	83
Ясюкевич А.С., Загородный Г.М., Потапнев М.П., Гулевич Н.П., Пучко А.А. ПОКАЗАНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ, ОБОГАЩЕННОЙ РАСТВОРИМЫМИ ФАКТОРАМИ ТРОМБОЦИТОВ, И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ.....	100

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ И АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

УДК 796.093.6

СПЕЦИФИКА СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В СОВРЕМЕННОМ ПЯТИБОРЬЕ

Г. И. Нарскин, д-р пед. наук, профессор, заслуженный работник физической культуры и спорта Республики Беларусь,

С. В. Севдалев, канд. пед. наук, доцент,

Учреждение образования «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»

Аннотация

В статье представлены результаты анализа выступлений спортсменов, специализирующихся в современном пятиборье, на чемпионатах мира 2018, 2019 годов и Кубке Республики Беларусь 2021 года. Определены два основополагающих вида современного пятиборья. Корреляционный анализ между соревновательными результатами, показанными в отдельных видах современного пятиборья, и общей суммой выявил значимую корреляционную связь между итоговой суммой, фехтованием и комбинированным видом.

THE SPECIFICS OF THE COMPETITIVE ACTIVITY OF HIGHLY QUALIFIED FEMALE ATHLETES SPECIALIZING IN MODERN PENTATHLON

Abstract

This article presents the results of performance analysis of athletes specialising in modern pentathlon at the 2018, 2019 World Championships and the 2021 Cup of the Republic of Belarus. Two fundamental types of modern pentathlon have been identified. Correlation analysis between the competitive results shown in certain types of modern pentathlon and the total number of points revealed a noticeable correlation between the final number of points, fencing and the combined type.

Введение

В последние годы повысился интерес специалистов к анализу поведенческой деятельности спортсмена непосредственно в соревновательной деятельности, анализ которой носил эмпирический и, в основном, констатирующий характер [1]. Ряд авторов считают, что изучение соревновательной деятельности спортсмена позволяет внести более весомый вклад в его подготовку к высшим достижениям, нежели

подход к спорту через исследования тренировочного процесса, при этом анализ спортивной деятельности с позиции последнего дает представление о расчлененности высшего мастерства на отдельные стороны его подготовленности (техническая, физическая и т.д.), в то время как все эти компоненты носят интегральный характер [1–3].

Изучению соревновательной деятельности в индивидуальных видах спорта уделено достаточно большое внимание в специальной литературе [1, 3–5]. Однако явно недостаточными являются сведения, относящиеся к данному аспекту в комплексных видах соревнований – многоборьях, отличающихся чрезвычайным разнообразием, и сложностью требований к проявлению специальной физической, технической, тактической и психологической подготовленности спортсменов [6–8]. Необходимо отметить, что многоборцы должны обладать целым комплексом, казалось бы, несовместимых двигательных способностей, характерных для спортсменов, выступающих в отдельных видах.

Современное пятиборье является одним из прикладных видов спортивных многоборий. Для достижения высокого результата здесь необходимо рациональное сочетание объемов средств, направленных на совершенствование во всех отдельных видах. Эффективному планированию подготовки в современном пятиборье, на наш взгляд, будут способствовать информативные аналитические данные, характеризующие взаимосвязь результатов в отдельных видах пятиборья с общим соревновательным.

В настоящее время в Республике Беларусь современное пятиборье является одним из наиболее интенсивно развивающихся видов спорта. Белорусские спортсмены, как правило, входят в десятку сильнейших спортсменов мира. Наибольших успехов достигли представительницы женского современного пятиборья.

В свою очередь, пандемия COVID-19 оказала существенное влияние на спортивный календарь 2020 года. Были перенесены практически все спортивные соревнования. Первый крупный турнир, Кубок Республики Беларусь (КРБ) по современному пятиборью в нашей стране после долгого перерыва состоялся в январе 2021 года. В нем приняли участие все сильнейшие спортсмены Республики Беларусь, среди них действующая чемпионка мира О. Силкина, чемпионка мира 2018 года А. Прокопенко, призер чемпионата Европы 2019 года И. Просенцова и другие высококвалифицированные спортсменки.

На наш взгляд, анализ выступления ведущих пятиборок Беларуси на первом, после перерыва, турнире достаточно актуален, так как полученные данные позволят определить готовность спортсменок к предстоящему соревновательному олимпийскому сезону.

Цель исследования: определить специфику соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в современном пятиборье.

Результаты исследования и их обсуждение

Нами был проведен анализ выступлений высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в современном пятиборье, на крупнейших спортивных турнирах – чемпионате мира (ЧМ) 2018 года в Мехико (Мексика) и чемпионате мира 2019 года в Будапеште (Венгрия).

Анализируя результаты выступления сильнейших спортсменок (таблица 1), можно отметить диспропорцию результатов в отдельных видах многоборья. Так, чемпионка мира 2019 года О. Silkina наивысшего результата – 270 очков, в сравнении с другими высококвалифицированными спортсменками, достигла в фехтовании. Наименьший результат – 226 очков показала А. Schleu. Чемпионка мира 2018 года А. Prokopenko имеет абсолютно лучший результат в комбинированном виде – 572 очка, наименьший показатель зафиксирован у М. Oteiza – 495.

Таблица 1 – Результаты высококвалифицированных спортсменок в видах современного пятиборья

Вид современного пятиборья	Чемпионат мира (Mexico 2018)						Чемпионат мира (Budapest 2019)					
	I		II		III		I		II		III	
	Prokopenko A. Belarus		Schleu A. Germany		Oteiza M. France		Silkina O. Belarus		Micheli E. Italy		French K. GreatBritain	
	очки	%	очки	%	очки	%	очки	%	очки	%	очки	%
Фехтование	230	17,1	226	17,0	252	19,0	270	19,7	244	18,0	246	18,1
Плавание	258	19,2	273	20,5	282	21,2	283	20,7	289	21,3	281	20,7
Верховая езда	286	21,2	293	22,0	300	22,6	297	21,7	286	21,1	283	20,9
Комбинированный вид	572	42,5	540	40,5	495	37,2	518	37,9	538	39,6	547	40,3
Итоговая сумма	1346	100	1332	100	1329	100	1368	100	1357	100	1357	100

Интересен в данном аспекте следующий факт: нередко спортсменки, находящиеся далеко от лидеров перед последним видом, показав высокие результаты в комбинированном виде, становились победителями или призерами соревнований (А. Prokopenko, А. Schleu, 2018).

Следует обратить внимание на тот факт, что наиболее равномерные результаты были показаны в верховой езде – от 283 до максимально возможных 300 очков, в то же время в комбинированном виде результат варьируется от 572 (Prokopenko А.) до 495 баллов (Oteiza М.).

В таблице 2 представлены результаты выступлений сильнейших спортсменок в рамках Кубка Республики Беларусь 2021.

В целом полученные данные свидетельствуют о явной диспропорции в видах многоборья. Так, И. Просенцова показала наивысший результат в фехтовании – 285 очков, при этом наименьший результат (257 очков) показала О. Силкина. В свою очередь, А. Прокопенко имеет абсолютно лучший результат в комбинированной

эстафете – 604 очка, наименьший показатель зафиксирован у Е. Сукоры – 512 очков. В плавании лучший результат показала О. Силкина – 277 очков, наименьший результат у А. Прокопенко – 257.

Таблица 2 – Результаты выступления спортсменок на Кубке Республики Беларусь 2021 года по современному пятиборью

Вид современного пятиборья	Кубок Республики Беларусь, финал 2021 год									
	I		II		III		IV		V	
	Прокопенко А.		Просенцова И.		Силкина О.		Сукора Е.		Климянкова К.	
	очки	%	очки	%	очки	%	очки	%	очки	%
Фехтование	271	19,2	285	20,5	257	18,6	264	19,6	271	20,8
Плавание	257	18,3	266	19,1	277	20,0	271	20,1	271	20,8
Верховая езда	276	19,6	278	20,0	293	21,2	300	22,3	234	17,9
Комбинированный вид	604	42,9	562	40,4	555	40,2	512	38,0	528	40,5
Итоговая сумма	1408	100	1391	100	1382	100	1347	100	1304	100

В сравнении с результатами в верховой езде, показанными спортсменками на чемпионатах мира, на кубке страны результаты имели неравномерный характер и варьировали от 234 очков (Клименкова К.) до 300 (Сукора Е.).

Необходимо подчеркнуть, что наибольший вклад в итоговый результат в пределах 38,0–42,9 % (ЧМ), 37,2–42,5 % (КРБ) вносит комбинированный вид, далее следуют верховая езда 20,9–22,6 % (ЧМ), 17,9–22,3 % (КРБ), плавание 19,2–21,3 % (ЧМ), 18,3–20,8 % (КРБ), фехтование 17,0–19,7 % (ЧМ), 18,6–20,8 % (КРБ).

Обращает на себя внимание высокая результативность в показателях одного из видов современного пятиборья у высококвалифицированных спортсменок, показывающих их безусловную индивидуальность. Так, М. Oteiza (ЧМ 2018) и О. Silkina (ЧМ 2019) имеют лучшие показатели в фехтовании (253, 270 баллов соответственно), А. Prokopenko (ЧМ 2018) в комбинированном виде (572 балла).

Анализ полученных данных показал, что подобные результаты отмечены на КРБ 2021 года, где А. Прокопенко показала лучший результат в комбинированной эстафете – 604 очка, О. Силкина – 277 в плавании, И. Просенцова – 285 в фехтовании.

Другим очевидным моментом является то, что, показывая высокие результаты в одном из видов, спортсмены значительно уступают средним показателям в других.

Нам удалось отметить и еще один весьма существенный факт, имеющий практическое значение. Так, комбинированный вид объединяет бег (800 м × 4) и стрельбу (4 огневых рубежа). С целью определения чистого времени, затраченного на бег, нами было суммировано время, затраченное на каждом огневом рубеже (таблицы 3).

Результаты, показанные спортсменами, колеблются от 0:34,07 минуты (4,68 %) до 1:03.57 минуты (8,36 %).

Как правило, спортсменки, показывающие лучшие результаты в беге (А. Prokopenko, К. French), на стрельбу затрачивают порядка 4–6 % от общего времени комбинированного вида. Однако встречаются и исключения. Так, на чемпионате мира 2018 года А. Schleu при лучшем показателе в беге 11:16.55, на стрельбу затратила 1:03.57, т.е. более 8 % от общего времени комбинированной эстафеты.

Таблица 3 – Результаты, показанные высококвалифицированными пятиборками в комбинированном виде

Вид современного пятиборья	Чемпионат мира (Mexico 2018)			Чемпионат мира (Budapest 2019)		
	I	II	III	I	II	III
	Prokopenko A. Belarus	Schleu A. Germany	Oteiza M. France	Silkina O. Belarus	Micheli E. Italy	French K. Great Britain
Комбинированный вид, мин	12:08.23	12:40.02	13:25.14	13:02.20	12:42.01	12:33.82
Бег, мин	11:34.16	11:16.55	12:33.61	12:19.44	11:53.4	11:45.61
Стрельба, мин	0:34.07	1:03.57	0:51.53	0:42.76	0:48.61	0:48.21
Время стрельбы от общего результата, %	4,68	8,36	6,4	5.78	5,61	6,4

Анализируя данные комбинированной эстафеты Кубка Республики Беларусь 2021 года (таблица 4), можно найти подтверждающие данные, полученные при анализе выступлений на чемпионатах мира. Время, затраченное на стрельбу у спортсменок, показавших наилучшие результаты в беге, наблюдается в среднем от 5 до 6%.

Таблица 4 – Результаты выступления спортсменок в рамках Кубка Республики Беларусь 2021 года по современному пятиборью

Вид современного пятиборья	Кубок Республики Беларусь, финал 2021 год				
	I	II	III	IV	V
	Прокопенко А.	Просенцова И.	Силкина О.	Сукора Е.	Климянкова К.
Комбинированный вид, мин	11:36,0	12:18,0	12:25,0	13:08,0	12:52,0
Бег, мин	10:52,0	11:39,0	11:42,5	11:57,2	11:59,8
Стрельба, мин	0:44,0	0:39,0	0:42,5	01:10,8	0:52,2
Время стрельбы от общего результата, %	6,32	5,28	5,63	8,88	6,73

Таким образом, анализируя полученные данные, можно выделить два основополагающих вида современного пятиборья, позволяющих при максимальных показателях в них добиваться высоких результатов – фехтование и комбинированный вид. Полученные

данные согласуются с результатами исследований в мужском современном пятиборье [9].

Для подтверждения данных выводов нами был проведен корреляционный анализ между соревновательными результатами, показанными в отдельных видах современного пятиборья, и общей суммой.

В ходе исследования результатов последних чемпионатов мира в Мехико 2018 года, Будапеште 2019 года и Кубка Республики Беларусь 2021 года были построены матрицы коэффициентов корреляции между видами и общей суммой (таблицы 5, 6).

Таблица 5 – Корреляционная взаимосвязь (r) соревновательных результатов в отдельных видах современного пятиборья и общей суммы (женщины, n=36)

Вид современного пятиборья, очки	\bar{X}	S	Фехтование	Плавание	Верховая езда	Комбинированный вид
Чемпионат мира Мехико 2018						
Фехтование	208,700	21,065	1,000			
Плавание	272,167	16,062	0,139	1,000		
Верховая езда	284,833	15,093	0,126	-0,170	1,000	
Комбинированный вид	517,433	30,344	-0,386	-0,408	-0,165	1,000
Общее количество очков	1283,133	29,968	0,449	0,134	0,333	0,438
Чемпионат мира Будапешт 2019						
Фехтование	210,133	28,814	1,000			
Плавание	278,733	9,486	-0,038	1,000		
Верховая езда	283,600	12,116	0,014	-0,119	1,000	
Комбинированный вид	526,033	27,326	-0,145	0,104	-0,063	1,000
Общее количество очков	1298,500	39,469	0,624	0,247	0,245	0,591
<i>Примечание – жирным шрифтом отмечены коэффициенты, имеющие статистически значимую, корреляционную связь.</i>						

Таблица 6 – Корреляционная взаимосвязь (r) соревновательных результатов в отдельных видах современного пятиборья и общей суммы. Кубок Республики Беларусь 2021 (женщины, n=18)

Вид современного пятиборья, очки	\bar{X}	S	Фехтование	Плавание	Верховая езда	Комбинированный вид
Фехтование	2043,21	32,423	1,000			
Плавание	264,250	11,909	0,265	1,000		
Верховая езда	280,310	18,210	-0,350	-0,163	1,000	
Комбинированный вид	517,833	41,375	0,453	0,091	-0,209	1,000
Общее кол-во очков	1305,083	63,962	0,749	0,426	0,002	0,834
<i>Примечание – жирным шрифтом отмечены коэффициенты, имеющие статистически значимую, корреляционную связь.</i>						

Анализ корреляционных взаимосвязей между отдельными видами и итоговой суммой очков, показанной спортсменами на чемпионате мира 2018 года, выявил слабую корреляционную взаимосвязь

итогового результата с такими видами, как фехтование (0,449) и комби-нированный вид (0,438). В свою очередь на чемпионате мира 2019 в соревнованиях среди женщин была выявлена средняя корреляционная связь между итоговой суммой и фехтованием (0,624), а также с комбинированным видом (0,591).

Так же выявлена структура отношений, которые ассимилируют связи между видами, отражающими как естественную согласованность различных дисциплин, так и возникающие конфронтации между видами современного пятиборья. Так, у женщин по итогам финала чемпионата мира 2018 года определена отрицательная статистическая зависимость между следующими видами: комбинированный вид и фехтование (-0,368), комбинированный вид и плавание (-0,408).

Анализ корреляционных взаимосвязей между отдельными видами и итоговой суммой очков, показанной спортсменами на Кубке Республики Беларусь 2021 года (таблица 6), выявил высокую корреляционную взаимосвязь итогового результата с такими видами, как фехтование (0,749) и комбинированный вид (0,834).

Положительная, статистически значимая, стимулирующая связь между видами современного пятиборья констатирована не была.

Заключение

Оптимизировать управление тренировочным процессом высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в современном пятиборье, возможно путем его структурирования, основанного на анализе результатов выступлений ведущих спортсменок на крупнейших соревнованиях.

Проведенный анализ выступлений высококвалифицированных спортсменок-пятиборцев на крупнейших турнирах (ЧМ 2018, 2019) позволил определить два основополагающих вида современного пятиборья – фехтование и комбинированный вид. Следует отметить, что, показывая максимально высокие результаты в данных видах, можно добиться значимых итоговых результатов. В подтверждение этому, проведенный корреляционный анализ соревновательных результатов в отдельных видах современного пятиборья и общей суммой, выявил высокую корреляционную взаимосвязь между итоговой суммой, фехтованием и комбинированным видом.

Полученные данные с чемпионатов мира подтверждаются результатами спортсменок на Кубке Республики Беларусь 2021 года. Результаты в этих соревнованиях показывают высокую готовность к предстоящим международным стартам.

Выводы, сделанные в результате проведенных исследований, указывают на то, что специалистам, тренерам и спортсменкам при совершенствовании системы тренировочного процесса многоборков особое внимание следует уделять фехтованию и повышению эффективности беговой подготовки, которая, в связи с изменением правил проведения соревнований, является основным резервом роста спортивных результатов в современном пятиборье.

Список использованных источников

1. Технология индивидуализации подготовки квалифицированных спортсменов (теоретико-методические аспекты): монография / Е.П. Врублевский [и др.]. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – 223 с.
2. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / В.Н. Платонов – Киев: Олимпийская литература. – 2004. – 808 с.
3. Индивидуализация тренировочного процесса легкоатлетов, специализирующихся в беге на разные дистанции, на основе учета биоритмики их организма / С.В. Севдалев [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2020. – №5. – С. 83–85.
4. Modelling of the competitive activities of qualified female short-distance runners, taking into account their individual characteristics / E. Vrublevskiy [et al.] // Physical Education of Students. – 2019. – № 6. – С. 320–326.
5. Врублевский, Е.П. Индивидуальные особенности структуры соревновательной деятельности квалифицированных барьеристок / С.В. Севдалев [и др.] // Актуальные проблемы физической культуры и спорта: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 17 ноября 2016 г. / под ред. Г.А. Драндрова, А.И. Пьянзина. – 2016. – С. 237–241.
6. Купчинов, Р.И. Управление многолетней подготовкой спортсменов-многоборцев: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / Р.И. Купчинов. – Минск, 1998. – 386 с.
7. Sevdalev, S.V. Modeling of the competitive activities of highly qualified athletes specializing in the modern pentathlon / S.V. Sevdalev, M.V. Kozhedub // Наука і освіта науково-прокличний журнал Південного наукового Центру НАПН України. – № 3. – 2020. – С. 125–131.
8. Силкина, О.В. Особенности индивидуальной соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов-пятиборков / О.В. Силкина, С.В. Севдалев // Олимпийский спорт, физическая культура, здоровье нации в современных условиях: материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Луганск, 17–18 апреля 2019 г. / Луганский национальный университет им. Тараса Шевченко, Институт физического воспитания и спорта, ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия», Южно-Уральский государственный университет, Институт спорта, туризма и сервиса. – Луганск: Книга, 2020. – С. 312–318.
9. Севдалев, С.В. Индивидуальные особенности структуры соревновательной деятельности высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в современном пятиборье / С.В. Севдалев // Проблемы и перспективы физического воспитания, спортивной тренировки и адаптивной физической культуры: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Казань, 18–19 февраля 2021 г. – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2021. – С. 452–456.

05.03.2021

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИММЕТРИИ
И ДИНАМИКИ СТАБИЛИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МЫШЦ КОРА
СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

М. А. Холод

Белорусский национальный технический университет

Аннотация

В статье приведены результаты показателей функционального теста (YBT), которые были зафиксированы при тестировании студентов 1–4 курсов технического университета. Установлены состояние и динамика функциональной симметрии и стабилизационных свойств опорно-двигательного аппарата и мышц кора в частности в процессе получения испытуемыми высшего образования. Обусловлены отдельные специфические положения, характерные для функционального теста, которые позволяют более качественно анализировать состояние морфофункциональных характеристик костно-мышечного аппарата обучающихся в рамках тестируемых выборок. Выявленные результаты исследования указывают на состояние функционально-морфологических свойств локомоторной системы, требующее корректирующего воздействия дозированными физическими нагрузками.

**DETERMINING THE STATE OF FUNCTIONAL SYMMETRY
AND DYNAMICS OF STABILISATION PROPERTIES OF THE CORE
MUSCLES OF STUDENTS OF THE TECHNICAL UNIVERSITY
IN THE PROCESS OF OBTAINING HIGHER EDUCATION**

Abstract

This article presents the functional test results (YBT), which have been recorded during the testing of 1st-4th year students from the technical university. The state and dynamics of functional symmetry and stabilisation properties of the musculoskeletal system and core muscles in particular were established during the process of obtaining higher education by the subjects. Some particular points specific to the functional test have been made, which allow more qualitative analysis of the morphofunctional characteristics of students' musculoskeletal apparatus within the tested subjects. The findings reveal the state of the functional and morphological properties of the locomotor system, which requires corrective treatment with measured physical exertion.

Введение

Согласно анализу научно-методической литературы в настоящее время публикуется достаточно большое количество эмпирического

материала, суть которого заключается в исследовании характеристик позвоночного столба обучающихся, а вместе с тем и методов, устанавливающих состояние предикторов, определяющих его резистентность. Так, в соответствии с некоторыми исследованиями причиной отклонений в свойствах позвоночного столба могут выступать «слабые» мышцы-стабилизаторы мышечного корсета (мышцы кора, или пояснично-тазобедренный комплекс) и асимметрия физической подготовленности его сегментов [1, 2]. Именно мышцы кора (совокупность скелетной мускулатуры, обеспечивающая стабилизацию таза, бедер и позвоночника) в большей мере определяют качество функциональных способностей позвоночного столба, а также обуславливают его стабилизационные возможности [2–6].

Сообразно вышесказанному установление состояния стабилизационных свойств и функциональной симметрии мышц кора выступает одним из ключевых аспектов, определяющих уровень резистентности костно-мышечного аппарата студентов в процессе получения высшего образования. Данная ситуация наряду с прогрессирующим количеством нарушений со стороны позвоночника и в свою очередь их своевременным и эффективным корригированием дозированными физическими нагрузками является важной научной задачей [7]. Получение информации подобного содержания будет способствовать более четкому представлению о составе и направленности тех параметров физической нагрузки, которые будут способствовать нивелированию обозначенной проблемы, а также о методах тестирования определенных характеристик пояснично-тазобедренного комплекса.

Целью настоящего исследования явилось определение состояния функциональной симметрии и динамики стабилизационных свойств мышц кора студентов технического университета в процессе получения высшего образования.

Задачи исследования:

1. Определить состояние функциональной симметрии и стабилизационных свойств мышц кора студентов технического университета.
2. Установить направленность изменений состояния функциональной симметрии и стабилизационных свойств мышц кора студентов технического университета в процессе получения высшего образования.

Методы и организация исследования

В настоящем исследовании были применены следующие методы: анализ и обобщение научно-методической литературы; педагогический эксперимент; функционально-скрининговая диагностика; методы математико-статистического анализа данных.

Достижение обозначенной цели реализовывалось путем проведения констатирующего педагогического эксперимента на базе Белорусского национального технического университета в октябре 2020 года. Выборка испытуемых была представлена студентами в количестве 400 человек (восемь контрольных групп, каждая из них

насчитывала по 50 обучающихся: КГ1, КГ2, КГ3, КГ4 – юноши 1, 2, 3, 4 курсов; КГ5, КГ6, КГ7, КГ8 – девушки 1, 2, 3, 4 курсов).

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование состояния и динамики функциональной симметрии и стабилизационных свойств мышц кора студентов технического университета в процессе получения высшего образования осуществлялось путем применения у-balance test (УВТ). Выполнение указанного теста заключается в установлении максимальных расстояний касания измерительной линии конечностью в трех направлениях: для нижней: anterior (переднее), posteromedial (задневнутреннее), posterolateral (задненаружное); для верхней: medial (медиальное), inferolateral (нижнелатеральное), superolateral (верхнелатеральное) [8]. Функциональная асимметрия фиксировалась путем определения разницы между показателями пары конечностей (установленные расстояния) по одному направлению, где индикатором было расхождение величин выше порогового значения (≥ 4 см, ≥ 6 см). В свою очередь, стабилизационные свойства определялись как значениями максимальных расстояний в направлениях, так и величиной composite reach score (CRS – композиционный результат, устанавливаемый для каждой конечности и определяемый как сумма показателей, зафиксированных конечностью в трех направлениях, разделенная на три ее длины (длина конечности), полученная величина умножается на 100 %) [8, 9]. Критическое значение для CRS составляет 94 % для нижней конечности и 81 % для верхней. Несоответствие приведенным оценочным параметрам для УВТ означает уровень в состоянии опорно-двигательного аппарата, характеризующийся высоким риском получения бесконтактной травмы и/или возможностью образования деструктивных отклонений. Правомерность в установлении состояния указанных морфофункциональных характеристик основывается на том, что мышцы кора обеспечивают проксимальную стабильность при осуществлении дистальных двигательных действий, степень интеграции которых повышается в момент, когда одна из пары конечностей находится в контакте, а другая выполняет двигательные манипуляции [4, 8, 9].

Анализ полученных данных УВТ у юношей КГ1–КГ4 выявил отрицательную динамику в результатах показателей. Так, разница между данными КГ1 и КГ4 в CRS для свободной нижней конечности составила следующие значения: правая – 3,3 % ($p < 0,01$), левая – 3,6 % ($p < 0,01$). Статистически достоверных изменений в CRS для свободной верхней конечности зафиксировано не было (таблица 1).

Результаты юношей КГ3 и КГ4 в CRS для свободной нижней конечности находятся ниже 94 %, а количество испытуемых в КГ3, у которых были зафиксированы данные ниже критической отметки, составили 32 человека для левой и 31 для правой, в КГ4 – 36 для левой и 35 для правой соответственно.

Таблица 1 – Результаты УВТ испытуемых КГ1–КГ4

Показатели УВТ			Результаты ($\bar{X} \pm \sigma$)			
			КГ1	КГ2	КГ3	КГ4
Возраст, лет			18,1±0,4	18,9±0,5	20,1±0,5	20,9±0,4
Показатели нижних конечностей	Правая	Длина, см	95,4±4,7	96,6±4,7	95,1±4,5	95,2±4,7
		Anterior, см	72,8±5,3	74,1±5,9	71,5±5,8	72,1±6,1
		Posteromedial, см	100,5±6,3	103,1±8,5	98±6,9	95,8±6,7
		Posterolateral, см	96±7,5	98,8±11,4	94,3±8,3	92,3±10,8
		CRS, %	94,2±5,3	95,1±5,6	92,5±5,6	91,1±5,1
	Левая	Длина, см	95,3±4,7	96,6±4,6	95,2±4,4	95,3±4,5
		Anterior, см	73±5,4	74,3±5,9	71,2±5,7	72,2±6,7
		Posteromedial, см	100,8±5,4	102,2±8,5	98±6,5	96,1±8,6
		Posterolateral, см	96,2±5,9	99,5±10,2	93,8±8,6	92,1±8,7
		CRS, %	94,5±4,9	95,2±5,9	92,2±5,8	91,1±5,9
Показатели верхних конечностей	Правая	Длина, см	92,9±2,7	93,4±3	92,5±2,8	92,5±2,7
		Medial, см	95,8±5,7	94,2±7,1	95,7±5,7	95,6±6,4
		Inferolateral, см	85,2±8,7	89,4±13,3	82,5±9,8	82,9±10
		Superolateral, см	65,8±5,7	71,5±13,3	65,1±5,8	64,4±7,2
		CRS, %	88,6±5,2	90,9±6,3	87,7±5,2	87,5±5,7
	Левая	Длина, см	92,6±2,5	93,1±3,1	92,4±2,9	92,4±2,6
		Medial, см	95,1±6,8	92,2±9,7	94,3±6,5	94,5±6,9
		Inferolateral, см	84,8±8,1	90±12,3	82±9,2	81,8±9,9
		Superolateral, см	66±5,3	73,1±16	64,7±5,2	64,5±5,8
		CRS, %	88,5±5,6	91,3±6	86,9±5,2	86,9±5,5
Асимметрия (разница в показателях верхних и нижних конечностей)	Нижние	Anterior, см	3,1±2,1	3,6±2,3	3,9±2,1	4,7±2,9
		Posteromedial, см	4,4±3,6	5±3,7	5,9±3,6	6,4±3,6
		Posterolateral, см	4,5±3,8	5,4±3,8	5,4±4,1	6,8±3,5
	Верхние	Medial, см	3,2±3	4,4±5,9	4,3±4,7	4,3±3,6
		Inferolateral, см	3,4±2,3	5,1±6,1	4,2±3,1	5±4,4
		Superolateral, см	3,3±2,6	5,5±5,4	3,7±2,7	4,4±2,7
Количество человек, превышающее допустимые параметры асимметрии	Нижние	Anterior ≥ 4 см, кол-во	13	18	23	27
		Posteromedial ≥ 6 см, кол-во	14	17	21	28
		Posterolateral ≥ 6 см, кол-во	12	18	22	28
	Верхние	Medial ≥ 4 см, кол-во	13	16	19	23
		Inferolateral ≥ 4 см, кол-во	13	18	21	23
		Superolateral ≥ 4 см, кол-во	13	22	18	25

Различия между результатами КГ1 и КГ4 в асимметрии показателей верхних и нижних конечностей составили следующие значения: anterior – 34 % ($p < 0,01$); posteromedial – 31,3 % ($p < 0,01$); posterolateral – 33,8 % ($p < 0,01$); inferolateral – 32 % ($p < 0,05$); superolateral – 25 % ($p < 0,05$); medial – статистически достоверных

различий выявлено не было. Однако при сравнении тестируемых выборок разница средних арифметических значений по показателям асимметрии (разница в показателях верхних и нижних конечностей) не всегда выступает ведущим маркером, т.к. в данной ситуации более существенную информативность несет именно количество человек в сравниваемых совокупностях испытуемых с результатами показателей, превышающих пороговые величины (≥ 4 см, ≥ 6 см). Отрицательная динамика, выраженная количеством человек между первым и четвертым курсом, у которых была установлена асимметрия, составила следующие величины: anterior – 14 (28 %); posteromedial – 14 (28 %); posterolateral – 16 (32 %); medial – 10 (20 %); inferolateral – 10 (20 %); superolateral – 12 (24 %).

Таким образом, результаты YBT юношей свидетельствуют как о низком состоянии некоторых ключевых показателей, так и об ухудшении показателей функциональной симметрии и стабилизационных свойств мышц кора в образовательном процессе, что было верифицировано в том числе и количеством студентов с наличием морфофункциональных отклонений.

Согласно анализу результатов показателей YBT у девушек КГ5–КГ8 была выявлена направленность изменений аналогичная юношам – отрицательная. Статистически достоверных различий между КГ5 и КГ8 в CRS для верхней и нижней свободной конечностей не было установлено (таблица 2), но в то же время данные студенток находятся ниже критических границ.

Таблица 2 – Результаты YBT испытуемых КГ5–КГ8

Показатели YBT			Результаты ($\bar{x} \pm \sigma$)			
			КГ1	КГ2	КГ3	КГ4
1	2	3	4	5	6	7
Возраст, лет			18,1±0,5	18,9±0,6	20,2±0,5	20,9±0,5
Показатели нижних конечностей	Правая	Длина, см	89,7±3,1	90±3,3	88,5±4,3	89±3,4
		Anterior, см	71,6±5,9	71,4±5,9	69,7±4	68,8±4,2
		Posteromedial, см	88,5±9,5	90,3±9	88,3±8,1	87,8±6,4
		Posterolateral, см	85,6±9,7	85,7±7,8	83,3±8,1	82,3±6,8
		CRS, %	91,3±7,6	91,6±6,7	90,9±4,8	89,5±4
	Левая	Длина, см	89,7±3,2	90±3,4	88,6±4,3	89,1±3,4
		Anterior, см	71±6,9	71,7±5,9	70±4,5	68,5±4,7
		Posteromedial, см	89,2±11,1	90,9±9,2	87,7±7,8	87,8±7,1
		Posterolateral, см	85,2±9,5	85,6±9,2	82,5±7,4	83,1±7,3
		CRS, %	91,2±8,4	92±7,4	90,4±4,5	89,5±4
Показатели верхних конечностей	Правая	Длина, см	84,7±2,4	84,8±2,3	84,1±3	83,9±2,3
		Medial, см	77,3±6	74,6±4,5	73,8±5,7	73±5
		Inferolateral, см	73±9,8	73±9,3	71,3±8,5	70,8±6,7
		Superolateral, см	61,1±10,9	61,5±9,8	60,3±6,5	58,7±10,3
		CRS, %	83,2±8,2	82,2±6,8	81,4±4,8	80,5±5,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
	Левая	Длина, см	84,5±2,4	84,8±2,1	84±2,9	83,7±2,6
		Medial, см	76±4,5	74±4,8	72,2±5,4	72,1±3,5
		Inferolateral, см	72,1±9,2	74,3±8	71,9±7,8	71±7
		Superolateral, см	62,3±8,8	61,3±9,6	60,5±7,3	58,1±11,3
		CRS, %	83±6,9	82,4±6,5	81,2±4,7	80,1±5,2
Асимметрия (разница в показателях верхних и нижних конечностей)	Нижние	Anterior, см	3,5±2,3	3,5±2,9	4,3±2,9	3,5±2,2
		Posteromedial, см	6±3,7	5,7±4,2	5,4±3,8	5,4±3,7
		Posterolateral, см	5,2±3,7	5,3±3,8	4,6±3,7	5,4±3,5
	Верхние	Medial, см	3,6±3,3	3,7±2,9	4±2,9	4,1±3
		Inferolateral, см	4,1±3,1	5,1±3,8	4,7±3,5	5,3±3,3
		Superolateral, см	4,6±3,7	5,1±4,5	4,3±3,4	5,4±3,7
Количество человек, превышающее допустимые параметры асимметрии	Нижние	Anterior ≥4 см, кол-во	17	17	22	25
		Posteromedial ≥6 см, кол-во	22	21	26	27
		Posterolateral ≥6 см, кол-во	18	19	22	23
	Верхние	Medial ≥4 см, кол-во	17	23	24	27
		Inferolateral ≥4 см, кол-во	20	26	25	30
		Superolateral ≥4 см, кол-во	19	22	25	29

Большинство результатов, которые не соответствовали нормам для CRS были зафиксированы у девушек 4-го курса и составили следующие величины: свободная нижняя конечность – 46 человек (92 %) для правой и 44 (88 %) для левой; свободная верхняя конечность – 23 человека (46 %) для правой и 29 (58 %) для левой. Статистически достоверных различий при сравнении результатов КГ5 и КГ8 в показателях асимметрии верхних и нижних конечностей выявлено не было. Однако разница в количестве человек, у которых была зафиксирована асимметрия, характеризуется следующими значениями: anterior – 8 (16 %); posteromedial – 5 (10 %); posterolateral – 5 (10 %); medial – 10 (20 %); inferolateral – 10 (20 %); superolateral – 10 (20 %).

Таким образом, в сравнении с юношами у девушек отмечается более выраженное снижение качества функционирования опорно-двигательного аппарата. Выявленная динамика наблюдается, прежде всего, в качественном эквиваленте (количество испытуемых с отклонениями от установленных границ показателей УВТ в полученных результатах), а не в количественном (разница абсолютных показателей).

Заключение

Подводя целостный итог нашему исследованию, можно констатировать ряд важных положений:

1. Показателей состояния функциональной симметрии и стабилизационных свойств мышц кора у значительного количества

студентов технического университета находятся ниже естественных значений, установленных для YBT.

2. Направленность изменений состояния функциональной симметрии и стабилизационных свойств мышц кора студентов технического университета в процессе получения высшего образования, свидетельствует об отрицательной динамике, что зафиксировано результатами теста, не соответствующими естественным границам для YBT и прогрессирующими количеством асимметрий.

3. Показатель CRS, как маркер стабилизационных способностей, может выступать признаком количества степеней свободы для конечности, где опорно-двигательный аппарат осуществляет естественное функционирование.

4. При исследовании и сравнении выборок испытуемых более наглядным и информативным выступает именно качественный эквивалент результата (количество испытуемых с отклонениями от установленных границ показателей YBT в полученных результатах), а не количественный (различия абсолютных показателей), что косвенно верифицируется отсутствием статистически достоверных изменений между сравниваемыми совокупностями.

5. В соответствии с полученными данными проведенного исследования и их интерпретацией мы считаем, что наблюдаемые отклонения у испытуемых в уровне и качестве функционирования костно-мышечного аппарата, в частности мышц кора, требуют корректирующего воздействия дозированными физическими нагрузками, т.к. в противном случае данная ситуация может повлечь за собой снижение резистентности опорно-двигательного аппарата и позвоночного столба в особенности.

Список использованных источников

1. Эрденко, Д.В. Методика использования восточной гимнастики при нарушениях осанки у студенток гуманитарных вузов: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Д.В. Эрденко; РГУФК. – М., 2009. – 159 с.

2. Кужелева, М. С. Развитие мышц-стабилизаторов у девушек 18–25 лет, занимающихся силовым фитнесом / М.С. Кужелева, О.В. Ильичева, Я.В. Сираковская // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта: науч.-теорет. журнал. – 2018. – № 10. – С. 163–168.

3. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн. / В.Н. Платонов. – Кн. 2. – Киев: Олимпийская литература, 2015. – 752 с.

4. Clark, M.A. NASM essentials of personal fitness training / M.A. Clark, S.C. Lucett, B.G. Sutton. – 4th ed. – 2012. – 652 p.

5. Gamble, P. An integrated approach to training core stability / P. Gamble // Strength and Conditioning Journal. – 2007. – № 29-1. – P. 58–68.

6. Григорьев, П.А. Тренировка мышц осевой мускулатуры (core) как средство начальной подготовки в фитнесе и спорте / П.А. Григорьев, Г.И. Семёнова // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 57–10. – С. 126–134.

7. Холод, М.А. Показатели силовой выносливости мышц кора у студентов технического университета / М.А. Холод, С.О. Бурков, М.С. Герасимчик // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 окт. 2020 г. / БНТУ; редкол.: И.В. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 144–149.

8. Movement: functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies / G. Cook [et al.]. – 2010. – 779 p.

9. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test / P.J. Plisky [et al.] // North American journal of sports physical therapy. – 2009. – № 4-2. – P. 92–99.

10.03.2021

УДК 796.015.686

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СКРИНИНГ ДВИЖЕНИЙ КАК СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПОЯСНИЧНО-ТАЗОБЕДРЕННОГО КОМПЛЕКСА СТУДЕНТОВ

М. А. Холод,

А. В. Солонец, канд. пед. наук,

Белорусский национальный технический университет

Аннотация

Результаты настоящего исследования являются наглядной демонстрацией состоятельности и актуальности функционального скрининга движений как диагностического инструментария, который позволяет эффективно исследовать состояние определенных морфофункциональных характеристик пояснично-тазобедренного комплекса. Выявлено, что на основании функционального теста (y-balance test) и скрининговых испытаний функциональной оценки движений (functional movement screen) можно определить состояние скелетной мускулатуры, обеспечивающей устойчивость и резистентность позвоночного столба. Вместе с тем указанные контрольные двигательные действия позволяют установить наличие и характер асимметрий, в том числе и в стереотипных двигательных действиях, что в свою очередь будет выступать предиктором нарушений опорно-двигательного аппарата.

FUNCTIONAL SCREENING TESTING AS A WAY TO DETERMINE THE STATE OF THE LUMBO-PELVIC-HIP COMPLEX OF STUDENTS

Abstract

The results of this study are a clear demonstration of the validity and relevance of functional screening tests as diagnostic tools that can effectively investigate the state of certain morphofunctional characteristics of the lumbo-pelvic-hip complex. It was revealed that on the basis of the functional test (y-balance test) and screening tests of functional movement assessment (functional movement screen), it is possible to determine the state of skeletal muscles that provide stability and resistance of the spinal column. At the same time, these control motor actions allow us to establish the presence and nature of asymmetries, including in stereotypical motor actions, which in turn will act as a predictor of disorders of the musculoskeletal system.

Введение

Студенческая молодежь в период образовательного процесса (получение высшего образования) сталкивается с различными векторами нагрузок (интеллектуальные, эмоциональные, физические и др.), качество противостояния которым определяется уровнем подготовленности и резистентности систем организма, испытывающих наибольшее воздействие. Однако некоторые системы организма в большей степени подвержены перенапряжению по причине того, что влияние на них значительных нагрузок не может быть компенсировано. В особенности подобный фактор затрагивает функционально-морфологические характеристики опорно-двигательного аппарата студентов. Так, согласно статистическим данным среди всех систем организма большинство случаев, связанных с нарушением функционирования, приходится на костно-мышечный аппарат и позвоночный столб в частности. Указанная проблемная ситуация зачастую основывается на переутомлении скелетной мускулатуры, функция которой заключается в обеспечении стабилизации позвоночника (поддержание жесткости (коактивации) и устойчивости), что напрямую взаимосвязано с воздействием большого объема изометрических физических нагрузок (продолжительное поддержание статических поз) на организм студенческой молодежи в процессе получения высшего образования.

Следует отметить, что мышцы-стабилизаторы позвоночника совместно с мышцами бедер и тазового сегмента согласованно осуществляют стабилизацию позвоночного столба. Сообразно функциональной принадлежности подобная совокупность скелетной мускулатуры закрепила за собой определение «пояснично-тазобедренный комплекс», дефиниция которого трактуется как система скелетной мускулатуры, обеспечивающая стабилизацию позвоночника, таза и бедер [1, 2]. Необходимо отметить, что в ходе анализа научно-методической литературы нами была установлена тождественность

между определениями «мышцы кора» и «пояснично-тазобедренный комплекс» [3, 4].

Существующие сегодня технологии позволяют изучить функционально-морфологические характеристики мышц кора достаточно высокоточно и информативно, но в то же время применение подобных технологий является крайне дорогостоящей процедурой. Согласно вышесказанному возможность диагностирования состояния пояснично-тазобедренного комплекса студентов, в том числе изучение его на предмет функциональной естественности (отсутствие дефектов), выступает актуальной научной проблемой. Вместе с тем полученная в ходе тестирования информация послужит основанием для осуществления корригирования выявленных нарушений дозированными физическими нагрузками.

Целью исследования представляется теоретико-экспериментальное обоснование возможности применения функционального скрининга движений, как способов определения состояния функционально-морфологических характеристик пояснично-тазобедренного комплекса обучающихся.

Задачи исследования:

1. Теоретически обосновать правомочность задействования функционального скрининга движений как инструментов, определяющих функционально-морфологические характеристики скелетной мускулатуры пояснично-тазобедренного комплекса студенческой молодежи.

2. Установить состояние функционально-морфологических характеристик пояснично-тазобедренного комплекса студентов четвертого курса в процессе получения высшего образования.

Методы и организация исследования

В соответствии с компонентами структуры данного исследования были применены следующие методы: анализ и обобщение научно-методической литературы; педагогический эксперимент; контрольно-педагогические испытания; методы математико-статистического анализа данных.

Для достижения поставленной цели и реализации задач на базе Белорусского национального технического университета нами было проведено исследование (октябрь 2020), в котором тестируемый контингент был представлен студентками 4-го курса ($n=50$), средним возрастом $20,9 \pm 0,5$ лет ($\bar{X} \pm \sigma$).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящий момент среди всего разнообразия контрольных физических упражнений, позволяющих раскрыть различные функционально-морфологические характеристики пояснично-тазобедренного комплекса, особое место отводится тестам, определяющим состояние координационных способностей (core stability) и двигательных паттернов, так как именно их кондиционные свойства зачастую определяют уровень физической подготовленности и архитектоники мышц кора [2, 5]. Сообразно

вышеуказанной интенции нами были подобраны следующие контрольные двигательные тесты:

– тест функциональной симметрии – *y-balance test* [5, 6] – определение состояния координационных способностей (стабилизационные возможности);

– тест функциональной оценки движений – *functional movement screen* [5, 7, 8] – определение реципрокности (согласованности) и качества различных функционально-морфологических характеристик пояснично-тазобедренного комплекса.

Правомерность применения указанных упражнений в определении функционально-морфологических характеристик мышц кора была подчеркнута многими исследованиями [3–5, 7–9].

Пояснично-тазобедренный комплекс состоит более чем из 30 мышц: косые; поперечная; прямые; подостные; трапециевидные; подвздошно-поясничные; ягодичные; многораздельные; мышцы задней и латеральной поверхности бедра; диафрагма; мышцы тазового дна и др. Для определения его стабилизационных свойств был задействован *y-balance test*. Указанный тест позволяет изучить возможности пояснично-тазобедренного комплекса контролировать и урегулировать воздействие внешних сил, так как осуществляемая им проксимальная стабильность в момент дистальных двигательных действий дает возможность реализовывать разного рода манипуляции в различных плоскостях движения [5, 6, 9, 10]. Его выполнение сводится к определению максимальных расстояний касания измерительной полосы конечностью в трех направлениях (для нижней: *anterior* (переднее), *posteromedial* (задневнутреннее), *posterolateral* (задне-наружное); для верхней: *medial* (медиальное), *inferolateral* (нижне-латеральное), *superolateral* (верхнелатеральное), где каждое измерительное направление располагается под определенным углом относительно друг друга (135° , 90° , 135°). В тесте функциональной симметрии длина верхней конечности определяется расстоянием от позвонка С7 до кончика самого удаленного от него пальца руки, а длина нижней конечности, в свою очередь, расстоянием от переднего гребня подвздошной кости до медиальной части голеностопного сустава. Для установления величины каждого направления испытуемому дается по три попытки, в итоговый протокол записывается наилучший показатель. Все измерения результатов фиксируются с делением кратным 0,5 см. В случае если разница в показателях верхних и нижних конечностей в одном из направлений будет превышать критическое значение (≥ 4 см, ≥ 6 см), это будет свидетельствовать об уровне асимметрии, который нужно корригировать дозированными физическими нагрузками. Особенность *y-balance test* еще и в том, что степень интегрирования двигательных единиц пояснично-тазобедренного комплекса увеличивается при физических манипуляциях, в которых одни конечности находятся в контакте с опорой, а другие выполняют двигательное действие [5, 10, 11]. Тест функциональной симметрии также может выступать и в роли

функционального гониометра, так как его результаты демонстрируют значительную взаимосвязь с широким диапазоном функционально-морфологических характеристик (гибкость, координационные способности, силовые способности, моторный контроль, динамический баланс, функциональная симметрия и стабилизационные возможности пояснично-тазобедренного комплекса) [4–6].

Таблица 1 – Показатели функциональной симметрии испытуемых

Y-balance test			Результаты ($\bar{x} \pm \sigma$)
Показатели нижних конечностей	Правая	Длина, см	89±3,4
		Anterior, см	68,8±4,2
		Posteromedial, см	87,8±6,4
		Posterolateral, см	82,3±6,8
		Composite reach score, %	89,5±4
	Левая	Длина, см	89,1±3,4
		Anterior, см	68,5±4,7
		Posteromedial, см	87,8±7,1
		Posterolateral, см	83,1±7,3
		Composite reach score, %	89,5±4
Показатели верхних конечностей	Правая	Длина, см	83,9±2,3
		Medial, см	73±5
		Inferolateral, см	70,8±6,7
		Superolateral, см	58,7±10,3
		Composite reach score, %	80,5±5,8
	Левая	Длина, см	83,7±2,6
		Medial, см	72,1±3,5
		Inferolateral, см	71±7
		Superolateral, см	58,1±11,3
		Composite reach score, %	80,1±5,2
Асимметрия (разница в показателях верхних и нижних конечностей)	Нижние	Anterior, см	3,5±2,2
		Posteromedial, см	5,4±3,7
		Posterolateral, см	5,4±3,5
	Верхние	Medial, см	4,1±3
		Superolateral, см	5,4±3,7
Количество человек, превышающее допустимые параметры асимметрии	Нижние	Anterior ≥ 4 см, кол-во	25
		Posteromedial ≥ 6 см, кол-во	27
		Posterolateral ≥ 6 см, кол-во	23
	Верхние	Medial ≥ 4 см, кол-во	27
		Inferolateral ≥ 4 см, кол-во	30
		Superolateral ≥ 4 см, кол-во	29

В ходе анализа полученных результатов y-balance test (таблица 1) было отмечено, что количество испытуемых, у которых значение показателей ниже установленных границ (94 % для нижней, 81 % для

верхней) для composite reach score (составной (композиционный) результат для каждой из свободной верхней и нижней конечности определяется как сумма показателей, зафиксированных конечностью в трех направлениях, разделенная на три ее длины (длина конечности), полученная величина умножается на 100 %) составило следующие величины: свободная нижняя конечность – 46 человек (92 %) для правой и 44 (88 %) для левой; свободная верхняя конечность – 23 человека (46 %) для правой и 29 (58 %) для левой. В то же время снижение результатов composite reach score является ограничением количества степеней свободы для конечностей [5, 11].

Таким образом, применение у-balance test с целью определения состояния координационных способностей (стабилизационные возможности) мышц пояснично-тазобедренного комплекса студенток показало, что в рамках выборки выявлены низкие композиционные результаты конечностей и отмечена существенная разница показателей функциональной симметрии. Кроме того, показатели большей половины испытуемых превышали критические значения (≥ 4 см, ≥ 6 см; 94 %; 81 %). Данный факт свидетельствует о том, что они обладают низкой резистентностью, стабилизацией таза, бедер и позвоночного столба, что в свою очередь выступает причиной проявления деструктивных отклонений опорно-двигательного аппарата [12, 13].

С целью определения уровня реципрокности (согласованности) и состояния различных функционально-морфологических характеристик пояснично-тазобедренного комплекса нами был применен скрининговый тест functional movement screen, позволяющий произвести функциональную оценку движений, где скелетная мускулатура пояснично-тазобедренного комплекса выступают значительным детерминантом качества их выполнения. Реализация его заключается в выполнении семи двигательных манипуляций (пять из которых выполняются попеременно парой конечностей или верхними/нижними конечностями), в момент совершения которых производится оценка качества шаблонов движений (максимальная отметка составляет три балла с градацией шага оценочной таблицы в один балл, при болевом сопровождении двигательных манипуляций отметка равняется нулю). Эвристический потенциал функциональной оценки движений как технологии позволяет выявить: отклонения в функционально-морфологических характеристиках опорно-двигательного аппарата (асимметрия, подвижность, мобильность, мышечный дисбаланс, стабильность и др.) на основе анализа двигательных стереотипов движений; нарушения нервно-мышечного управления; согласованность двигательных способностей мышц пояснично-тазобедренного комплекса; уровень постурального контроля [5, 7, 8].

Проведенное тестирование functional movement screen (таблица 2) позволило зафиксировать низкую оценку двигательных паттернов у значительного количества испытуемых. Показатель total functional movement screen (общий результат всех двигательных действий)

у тестируемой выборки составил значение ниже критической отметки в 14 баллов (зафиксировано у 25 человек), что в свою очередь выступает индикатором необходимости качественного преобразования функционирования мышц пояснично-тазобедренного комплекса [5].

Таблица 2 – Показатели functional movement screen испытуемых (балл)

Functional movement screen		Результаты ($\bar{X} \pm \sigma$)
Deep squat (выполнение «приседание в глубину»)		1,5±0,6
Hurdle step (перешагивание через барьер)	Правая	2,1±0,4
	Левая	2,3±0,5
In-line lunge (реализация линейного выпада вперед-вниз)	Правая	2,3±0,5
	Левая	2,1±0,3
Shoulder mobility (измерение подвижности плечевого пояса)	Правая	2,5±0,5
	Левая	2,5±0,5
Active straight – leg raise (активный подъем прямой ноги)	Правая	2,5±0,8
	Левая	2,2±0,8
Trunk stability push-up (разгибание рук в упоре лежа)		1,5±1
Rotary stability (ротационная стабильность корпуса)	Правая	2±0,3
	Левая	2,1±0,4
Total functional movement screen (сумма результатов всех двигательных действий)		13,4±1,5

Таким образом, наблюдаемые у студенческой молодежи низкие показатели значения functional movement screen характеризуются снижением как отдельных параметров состояния скелетной мускулатуры пояснично-тазобедренного комплекса, так и их реципрокности, что обуславливает повышенную уязвимость опорно-двигательного аппарата.

Заключение

Подводя целостный итог нашему исследованию, можно констатировать ряд важных положений:

1 Функционально-скрининговый инструментарий диагностики состояния опорно-двигательного аппарата, представленный функциональным тестом (y-balance test) и функциональной оценкой движений (functional movement screen), позволяет выявить функционально-морфологические характеристики пояснично-тазобедренного комплекса, а именно: уровень функциональной симметрии; стабилизационные возможности; реципрокность функционирования в момент реализации двигательных действий. Величины указанных показателей обуславливают резистентность позвоночного столба студентов, что особенно актуально в процессе получения высшего образования.

2 Зафиксированные результаты исследования функционально-морфологических свойств пояснично-тазобедренного комплекса

студенток свидетельствуют о состоянии, которое требует коррекционного воздействия физических нагрузок. В частности, установленные значения (composite reach score, разница показателей функциональной симметрии, низкие отметки двигательных паттернов, в том числе и total functional movement screen) могут выступить причиной проявления деструктивных отклонений в характеристиках локомоторной системы испытуемых.

Список использованных источников

1. Григорьев, П.А. Тренировка мышц осевой мускулатуры (core) как средство начальной подготовки в фитнесе и спорте / П.А. Григорьев, Г.И. Семёнова // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 57-10. – С. 126–134.
2. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник [для тренеров]: в 2 кн. / В.Н. Платонов. – Кн. 2. – Киев: Олимпийская литература, 2015. – 752 с.
3. Gamble, P. An integrated approach to training core stability / P. Gamble // Strength and Conditioning Journal. – 2007. – № 29-1. – P. 58–68.
4. Clark, M.A. NASM essentials of personal fitness training / M.A. Clark, S.C. Lucett, B.G. Sutton. – 4th ed. – 2012. – 652 p.
5. Movement: functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies / G. Cook [et al.]. – 2010. – 779 p.
6. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test / P.J. Plisky [et al.] // North American journal of sports physical therapy. – 2009. – № 4-2. – P. 92–99.
7. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1 / G. Cook [et al.] // International journal of sports physical therapy. – 2014. – № 9-3. – P. 396–409.
8. Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 2 / G. Cook [et al.] // International journal of sports physical therapy. – 2014. – № 9-4. – P. 549–563.
9. Waldhelm, A. Assessment of core stability: developing practical models : LSU doctoral dissertations / A. Waldhelm. – Louisiana, 2011. – 139 p.
10. Kibler, W.B. The role of core stability in athletic function / W.B. Kibler, J. Press, A. Sciascia // Sports medicine. – 2006. – № 36. – P. 189–198.
11. The effect of core stability training on functional movement patterns in college athletes / S. Bagherian [et al.] // Journal of sport rehabilitation. – 2019. – № 28-5. – P. 444–449.
12. Холод, М.А. Показатели силовой выносливости мышц кора у студентов технического университета / М.А. Холод, С.О. Бурков, М.С. Герасимчик // Состояние и перспективы технического

обеспечения спортивной деятельности: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 окт. 2020 г. / БНТУ; редкол.: И.В. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 144–149.

13.Холод, М.А. Состояние мышц кора студентов технического профиля на основе результатов функционального мышечного тестирования / М.А. Холод, С.О. Бурков, М.С. Герасимчик // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22–23 окт. 2020 г. / БНТУ; редкол.: И.В. Бельский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 149–154.

10.03.2021

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

УДК 796.1: 612

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕФЕРЕНТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ С УЧЕТОМ ВИДА СПОРТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

**И. Л. Гилеп, канд. хим. наук, доцент,
А. Н. Будко, С. О. Гаврилова, Н. В. Кочерина, Н. В. Шведова,**
Республиканский научно-практический центр спорта

Аннотация

Индивидуальная оценка адаптационных реакций организма конкретного спортсмена на физическую нагрузку должна формироваться исходя из специфики вида спорта, характера нагрузки, энергообеспечения выполняемой работы, мастерства, гендерных особенностей. В исследовании были определены референтные интервалы для биохимических показателей крови (мочевины, глюкозы, триглицеридов, КФК, АСТ, АЛТ) у спортсменов национальных сборных команд Республики Беларусь.

DETERMINING THE REFERENCE RANGES OF BIOCHEMICAL BLOOD VALUES FOR SPORT-SPECIFIC TRAINING LOADS OF VARIOUS KINDS

Abstract

Individual assessment of the adaptation reactions of a particular athlete's body to a physical load should be based on the specifics of the sport, the nature of the load, the energy supply of the work performed, mastery, and gender characteristics. The study defined reference ranges for biochemical blood parameters (BUN, glucose, triglycerides, CPK, AST, ALT) in athletes of the national teams of the Republic of Belarus.

Введение

Термин референтный интервал употребляется при оценке результатов лабораторных исследований, который вычисляют путем опытных клинических исследований большого числа людей определенных категорий. На сегодняшний день в мире существуют как прямые, так и косвенные методики расчета референтных интервалов значений лабораторных показателей [1–10]. Нормальные величины лабораторных показателей определяют в ходе опытных клинических исследований на основании результатов измерения, исследуемого анализа в большой популяции здоровых людей, специально отобранных и сгруппированных по возрасту, полу или другим биологическим

и иным факторам. Полученные данные приводят к среднему значению, учитывая при этом статистически возможные стандартные отклонения его величины. Для прямого установления референтного интервала, согласно рекомендациям Международной федерации клинической химии (International federation of clinical chemistry – IFCC), статистически достаточным является выборка из 120 практически здоровых субъектов, по результатам исследования которых рассчитывают 95 % доверительный интервал [1, 2]. Существует несколько методов для расчета пределов референтных интервалов: параметрический, непараметрический, робастный. Первый предполагает нормальное (или «гауссово») распределение референтных значений, и пределы референтных интервалов рассчитываются как среднее $\bar{P} \pm 1,96 SD$. Однако в случае биологических анализов такое распределение встречается нечасто. Для расчета пределов референтных интервалов непараметрическим методом форма распределения референтных величин не имеет значения. По этой причине он рекомендован IFCC [3].

Сложность получения референтных интервалов биохимических показателей в спортивной практике обусловлена специфическим биохимическим ответом организма спортсменов на интенсивные и продолжительные тренировочные и соревновательные нагрузки. Необходимо учитывать специфику вида спорта, характер нагрузки, энергообеспечение выполняемой работы, мастерство спортсменов, гендерное различие. Важной особенностью спортивных референтных интервалов является то, что они отражают диапазон биохимических изменений для данной группы спортсменов в конкретном виде спорта и на определенном этапе подготовки. Опираясь на эти значения, формируется индивидуальная оценка адаптационных реакций организма конкретного спортсмена на физическую нагрузку. Однако важно учитывать то, что спортсмены могут находиться в состоянии неполного восстановления после нагрузки и иметь заболевания на субклинических стадиях. В связи с этим необходимо выделять оптимальные интервалы для каждого биохимического показателя с учетом вида спорта, квалификации, возраста, пола. В соответствии со стандартами Good Clinical Laboratory Practice (GCLP) каждая лаборатория должна иметь свои собственные референтные значения, учитывающие особенность используемых реагентов и оборудования [1–6].

Цель исследования

Определить референтные интервалы различных биохимических показателей крови спортсменов национальных сборных команд Республики Беларусь

Методы и организация исследования

Нами была проанализирована база данных биохимического контроля 248 спортсменов высокого класса (КМС – 89, МС – 121, МСМК – 34, ЗМС – 4), специализирующихся в легкой атлетике, лыжных гонках, биатлоне, гребле академической, шорт-треке, конькобежном

спорте и велоспорте, на этапах годичной подготовки в условиях учебно-тренировочных сборов. Исходные статистические показатели (без учета пола) в анализируемой выборке составили 5627 человек обследований.

Взятие крови для определения биохимических показателей осуществлялось утром, натощак, в отставленном постнагрузочном периоде. Содержание метаболитов и ферментов в крови осуществляли, используя стандартные наборы ЗАО «Диакон ДС» (Россия) с помощью полуавтоматического спектрофотометра «PV 1251C-Solar» (Республика Беларусь).

Анализ базы данных проводился с использованием программного обеспечения «SPSS Statistics 21». Для накопления данных и первичной работы с ними использована программа «Microsoft Excel 2017». Использовали непараметрический метод, согласно которому выбросы идентифицируются в квартилях [1]. Рассчитывали значения нижнего Q1 (25 %) и верхнего Q3 (75 %) квартилей, межквартильный размах $IQR=Q3-Q1$. Исключали значения, выходящие за нижнюю границу, определяемую как $Q1-1,5 IQR$, или превышающие верхний порог $Q3+1,5IQR$. Проведя исключения, для определения референтного интервала использовали значения от 10 до 90 перцентиля. Для определения оптимального интервала использовали диапазон от нижнего Q (25 %) до верхнего Q (75 %) квартилей.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ референтных интервалов концентрации мочевины выявил, что значения находятся в границах клинической нормы практически во всех видах спорта. Исключение составляют лыжные гонки, где верхняя граница референтного интервала выше верхней границы клинической нормы и составляет 8,77 ммоль/л у мужчин и 8,47 ммоль/л у женщин (таблица 1).

Таблица 1 – Референтные интервалы отдельных биохимических показателей

Показатель	Вид спорта	Пол	Оптимальный интервал	Референтный интервал
1	2	3	4	5
Мочевина, ммоль/л	Биатлон	мужчины	5,00–6,70	4,38–7,40
		женщины	4,20–5,99	3,50–6,69
	Велоспорт	мужчины	4,84–6,94	4,13–8,21
		женщины	4,41–6,06	3,89–6,98
	Гребля академическая	мужчины	4,85–7,00	4,37–7,80
		женщины	4,47–5,98	4,02–7,20
	Конькобежный спорт	мужчины	4,50–6,34	4,07–7,13
		женщины	4,41–6,06	4,09–7,68
	Легкая атлетика	мужчины	4,40–6,00	3,90–6,80
		женщины	4,30–5,80	3,70–6,60
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	4,48–5,80	4,01–6,20
		женщины	3,70–5,20	3,30–6,14
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	4,30–5,90	3,70–6,70
		женщины	4,30–5,90	3,80–6,74
Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	4,50–6,22	4,00–6,95	
	женщины	4,30–5,90	3,80–6,55	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
	Лыжные гонки	мужчины	5,45–7,48	4,81–8,77
		женщины	5,44–7,58	4,66–8,47
	Шорт-трек	мужчины	4,45–6,01	4,00–6,81
		женщины	4,13–5,53	3,70–6,12
Глюкоза, ммоль/л	Биатлон	мужчины	4,75–5,4	4,38–5,53
		женщины	4,48–5,27	4,11–5,4
	Велоспорт	мужчины	4,6–5,4	4,24–5,86
		женщины	4,4–5,26	4,07–5,72
	Гребля академическая	мужчины	4,0–4,6	3,9–5,08
		женщины	4,1–5,0	3,89–5,21
	Конькобежный спорт	мужчины	4,3–5,15	3,81–5,48
	Легкая атлетика	мужчины	4,00–4,90	3,70–5,40
		женщины	3,80–4,80	3,60–5,30
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	3,90–4,90	3,60–5,20
		женщины	3,80–4,90	3,70–5,22
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	4,00–4,90	3,70–5,23
		женщины	3,80–4,70	3,50–5,20
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	4,20–5,00	3,90–5,30
		женщины	4,00–4,90	3,70–5,30
	Лыжные гонки	мужчины	4,10–4,63	3,78–4,96
женщины		3,92–4,51	3,67–4,76	
Шорт-трек	мужчины	4,26–5,04	3,96–5,39	
	женщины	4,16–4,88	3,92–5,24	
КФК, Ед/л	Биатлон	мужчины	182–353,4	до 456
		женщины	159,3–342,8	до 448,3
	Велоспорт	мужчины	167,5–352,5	до 499,2
		женщины	133,1–247,3	до 303,5
	Гребля академическая	мужчины	111,3–213	до 303,1
		женщины	91,11–137,7	до 206,8
	Конькобежный спорт	мужчины	162,52–300,3	до 442,5
		женщины	146,8–299,7	до 414,7
	Легкая атлетика	мужчины	179,10–385,20	до 563,76
		женщины	123,80–260,30	до 353,55
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	158,73–326,80	до 505,83
		женщины	102,60–214,80	до 304,32
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	175,70–338,40	до 486,00
		женщины	121,70–239,40	до 311,00
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	195,20–605,20	до 973,20
		женщины	149,70–296,20	до 416,50
Лыжные гонки	мужчины	212,7–507,7	до 744	
	женщины	117,1–226,2	до 279,1	
Шорт-трек	мужчины	181,38–455,6	до 650,8	
	женщины	103,2–172,55	до 227,8	
АСТ, Ед/л	Биатлон	мужчины	26–36,6	до 41,9
		женщины	26,2–36,7	до 41,9
	Велоспорт	мужчины	35,04–53,14	до 66,42
		женщины	34,44–42,07	до 47,35

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
	Гребля академическая	мужчины	20–31,8	до 44,25
		женщины	18–29,85	до 34
	Конькобежный спорт	мужчины	22,82–22,82	до 38,41
		женщины	24,44–34,92	до 40,63
	Легкая атлетика	мужчины	26,60–40,20	до 48,90
		женщины	24,40–36,70	до 43,60
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	22,70–34,75	до 42,25
		женщины	19,30–33,20	до 41,22
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	26,20–40,10	до 47,10
		женщины	24,40–36,70	до 42,92
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	29,70–47,10	до 59,84
		женщины	26,20–38,40	до 45,40
	Лыжные гонки	мужчины	29,68–45,4	до 52,38
		женщины	27,94–34,92	до 40,16
Шорт-трек	мужчины	29,68–45,4	до 55,87	
	женщины	24,4–34,92	до 38,99	
АЛТ, Ед/л	Биатлон	мужчины	20,9–29,8	до 34,9
		женщины	19,2–29,7	до 34,05
	Велоспорт	мужчины	26,07–34,77	до 38,2
		женщины	25,8–35,3	до 37,9
	Гребля академическая	мужчины	16,78–26,15	до 32,6
		женщины	14,82–24	до 31,1
	Конькобежный спорт	мужчины	15,64–22,7	до 24,44
		женщины	17,46–25,58	до 29,87
	Легкая атлетика	мужчины	17,50–27,40	до 32,78
		женщины	15,70–26,20	до 29,70
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	14,40–22,70	до 26,54
		женщины	14,00–24,40	до 27,86
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	17,50–26,58	до 31,76
		женщины	15,70–24,40	до 29,70
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	19,20–31,40	до 40,20
		женщины	15,70–24,40	до 27,81
	Лыжные гонки	мужчины	20,95–27,94	до 33,7
		женщины	19,21–26,19	до 27,94
Шорт-трек	мужчины	20,95–33,17	до 38,4	
	женщины	15,71–24,43	до 29,68	
Триглицериды, ммоль/л	Биатлон	мужчины	0,57–0,91	0,51–1,06
		женщины	0,53–0,82	0,47–1,04
	Велоспорт	мужчины	0,72–1,14	0,61–1,42
	Конькобежный спорт	мужчины	0,52–0,85	0,44–1,03
	Легкая атлетика	мужчины	0,50–0,86	0,43–1,02
		женщины	0,51–0,86	0,43–1,10
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	0,61–0,83	0,47–0,96
		женщины	0,53–0,88	0,46–1,16
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	0,50–0,83	0,43–1,01
		женщины	0,50–0,80	0,43–1,00
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	0,48–0,86	0,41–0,90
		женщины	0,50–0,75	0,41–0,95
Лыжные гонки	мужчины	0,73–1,12	0,55–1,3	
	женщины	0,71–1,03	0,55–1,22	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Гемоглобин, г/л	Биатлон	мужчины	149–161	145–167,7
		женщины	136–148	130–153
	Велоспорт	мужчины	149–157,5	143–164
		женщины	138–150	133,1–157
	Гребля академическая	мужчины	155–166	151–171
		женщины	154–163	149,2–167,3
	Конькобежный спорт	мужчины	158–166	152,9–172,1
		женщины	136,5–147	132,6–152,4
	Легкая атлетика	мужчины	154–165	149–170
		женщины	138–150	131–154
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	155–163	152–166
		женщины	137–150,5	131–155,5
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	152–164	147–168,7
		женщины	138–149	132,7–153,3
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	156–167	152,1–170
		женщины	138–151	131–154
Лыжные гонки	мужчины	146–158	139,6–162,9	
	женщины	136–143	129–146	
Шорт-трек	мужчины	150,3–161,8	146–168	
	женщины	124–136	119–140	
Гематокрит, %	Велоспорт	мужчины	44,0–46,0	42–48,64
		женщины	41,0–44,0	39,8–45,72
	Гребля академическая	мужчины	45,16–49,25	44,44–51,3
		женщины	40,33–45,4	38,25–45,4
	Конькобежный спорт	мужчины	45,78–48,85	44,2–50,2
		женщины	40,95–43,35	39,74–44,0
	Легкая атлетика	мужчины	45,9–49	44,0–50,0
		женщины	41–44	39,0–45,9
	Легкая атлетика – короткие дистанции	мужчины	45,98–48,60	44,9–49,3,
		женщины	40,4–44	39–46
	Легкая атлетика – средние дистанции	мужчины	45–48,9	43,8–50,0
		женщины	41–44	39–45,9
	Легкая атлетика – длинные дистанции	мужчины	46–49	45–50,36
		женщины	41–44,4	39–46
	Лыжные гонки	мужчины	45,7–48,7	44,17–50,2
		женщины	42,6–44,9	40,6–46,2
Шорт-трек	мужчины	43,5–47,1	42,16–46,0	
	женщины	37,9–40,8	36,4–41,72	

Показано, что у мужчин во всех видах спорта диапазон референтного интервала концентрации мочевины имеет более высокие значения, чем у женщин. В то же время референтные интервалы концентрации глюкозы у мужчин и женщин практически не отличались и имели более узкий диапазон как у мужчин, так и у женщин, по сравнению с клинической нормой (таблица 1).

Самое низкое значение замечено у женщин, специализирующихся в беге на средние дистанции, где нижняя граница референтного интервала составила 3,5 ммоль/л, а самое высокое значение зафиксировано у мужчин-велосипедистов, где верхняя граница референтного интервала составила 5,86 ммоль/л. Анализ референтных

интервалов концентрации триглицеридов показал, что они не отличаются в группах мужчин и женщин, специализирующихся в одном виде спорта. При этом референтные интервалы концентрации триглицеридов у спортсменов имеют более узкий диапазон по сравнению с клинической нормой. Таким образом, наличие более узкого диапазона концентраций для веществ, являющихся маркерами мобилизации основных источников энергии, свидетельствует о более высокой слаженности обменных процессов в организме спортсменов.

Активность КФК характеризуется большой индивидуальной вариативностью. Многие спортсмены характеризуются высоким ответом на физические нагрузки и постоянно имеют высокие значения активности КФК. Это зависит от уровня тренированности спортсмена, мышечной массы, типа мышечных волокон, кинетики элиминации КФК из сыворотки крови после окончания тренировочных нагрузок и других факторов. Данная проблема по-прежнему является предметом научных исследований. Наши исследования показали значительно более высокие показатели референтного интервала активности КФК во всех видах спорта по сравнению с клинической нормой. При этом во всех видах спорта верхние значения референтного интервала выше у спортсменов мужчин, чем у спортсменов женщин. Однако необходимо учитывать, что пиковые значения активности фермента могут быть достигнуты в интервале от 24 до 96 часов в зависимости от вида упражнений и индивидуальных особенностей организма спортсменов [11]. Таким образом, высокая активность КФК на следующее утро после нагрузки является физиологическим ответом на ту или иную нагрузку, характерную для данного вида спорта. А референтный интервал является ориентиром адекватного (наиболее часто встречающегося) ответа на конкретную нагрузку в конкретном виде спорта.

В спортивной практике повышенная активность АЛТ и АСТ в крови позволяет выявить изменения в метаболизме печени, сердца, мышц, оценить переносимость тренировочных нагрузок, прием фармпрепаратов. При патологии сердечной и скелетных мышц в большей степени повышается АСТ, при острых гепатитах в большей степени повышается АЛТ. В связи с этим АСТ считают маркером повреждения миокарда, а АЛТ – маркером острых болезней печени. В спортивной практике повышение активности этих ферментов до 65% может отражать повышение функциональной работы печени и сердца [11]. Самый высокий диапазон референтного интервала активности АСТ отмечен в велосипедном спорте и составлял до 66,42 Ед/л у спортсменов мужчин и до 47,35 Ед/л у спортсменов женщин. Самые низкие референтные значения активности АСТ выявлены у мужчин в конькобежном спорте – до 38,41 Ед/л, а у женщин в шорт-треке – до 38,99 Ед/л (таблица 1). Референтный интервал активности АЛТ в среднем по группе спортсменов не отличался от референтного интервала клинически здоровых людей. Самый высокий диапазон референтного интервала активности АЛТ выявлен у мужчин в легкоатлетическом беге на длинные дистанции и составил до

40,20 Ед/л, а самый низкий – у мужчин в конькобежном спорте и составил до 24,44 Ед/л.

Уровень спортивного мастерства зависит от состояния системы транспорта кислорода, так как физические нагрузки повышают кислородную потребность тканей. В нашем исследовании мы определили референтный интервал для двух показателей: концентрации гемоглобина – как основного показателя кислород-транспортной функции крови; и гематокрита – расчетного показателя соотношения объемов эритроцитов и плазмы для оценки, с одной стороны, дыхательных возможностей крови, а с другой, ее реологических свойств (вязкости). Было показано, что референтные интервалы уровня гемоглобина в различных видах спорта соответствовали клинической норме здоровых людей и практически не отличались при сравнении данных интервалов в изучаемых видах спорта между собой (таблица 1). Однако диапазон референтных интервалов был более узким и смещался к более высоким показателям (таблица 1). Верхняя граница референтных интервалов показателя гематокрита у мужчин в отдельных видах спорта превышала значения клинической нормы (40–48%) и составляла 51,3 % в гребле академической, 50,2 % в конькобежном спорте, 50,0 % в легкой атлетике, 50,2 % в лыжных гонках. Нижняя граница референтного интервала у мужчин во всех видах спорта была выше значений клинической нормы (таблица 1). У женщин во всех изучаемых видах спорта гематокрит находился в пределах значений клинической нормы, однако диапазон референтных интервалов был более узким и смещался к более высоким показателям (таблица 1). Выявленные закономерности отражают адаптационные изменения системы транспорта кислорода у исследуемых спортсменов.

Заключение

Референтные интервалы отражают особенности обменных процессов в различных видах спорта. В тех видах спорта, где важно сохранить скоростно-силовые возможности длительное время, опираясь на аэробный компонент энергообеспечения (лыжные гонки, велоспорт), верхняя граница референтного интервала концентрации мочевины выше общепринятой клинической нормы (до 8,8 ммоль/л).

Референтные интервалы концентрации глюкозы и триглицеридов у мужчин и женщин во всех видах спорта практически не отличаются, однако имеют более узкий диапазон по сравнению с клинической нормой, что характеризует высокие функциональные возможности тренированного организма спортсменов за счет более экономичного энергообеспечения.

Наибольшей индивидуальной вариативностью обладают референтные интервалы концентрации КФК. Опираясь на данные значения, можно индивидуализировать тренировочный процесс у отдельного спортсмена в конкретном виде спорта.

Референтные интервалы активности АЛТ у спортсменов во всех видах спорта находились в пределах значений клинической нормы. Референтные интервалы активности АСТ у спортсменов, как

у мужчин, так и у женщин, практически во всех видах спорта выше (до 66%) по сравнению с клинической нормой здоровых людей, что является отражением повышения функциональной работы сердца.

Диапазон референтных интервалов уровня гемоглобина и гематокрита более узкий и смещен к более высоким значениям, что отражает адаптационные изменения системы транспорта кислорода у исследуемых спортсменов.

Исследование и определение референтных интервалов биомаркеров крови в различных видах спорта и у отдельных спортсменов позволит оптимизировать спортивную нагрузку, индивидуализировать режим тренировки, сберечь здоровье спортсмена и улучшить его спортивные результаты.

Список использованных источников

1. Евгина, С.А. Современные теория и практика референтных интервалов / С.А. Евгина, Л.И. Савельев // Лабораторная служба. – 2019. – № 8(2). – С. 36–44.

2. Establishing reference intervals for clinical laboratory test results. Is there a better way? / A. Katayev [et al.] // Am. j. clin. pathol. – 2010. – № 133. – P. 180–186.

3. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; approved guideline: The Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). – third edition. – 2010. – Vol. 28, № 3. – 60 p.

4. Protocol and standard operating procedures for common use in a worldwide multicenter study on reference values / Y. Ozarda [et al.] // CCLM. – 2013. – № 51(5). – P. 1027–1040.

5. Recommendation for the review of biological reference intervals in medical laboratories / J. Henny [et al.] // CCLM. – 2016. – № 54(12). – P. 1893–1900.

6. Ozarda, Y. Verification of reference intervals in routine clinical laboratories: practical challenges and recommendations // Y. Ozarda, V. Higgins, K. Adeli // CCLM. – 2018 – № 57(1) – P. 30–37.

7. Винничук, Ю.Д. Предикторы и маркеры функционального состояния спортсменов при тренировках в среднегорье / Ю.Д. Винничук, Л.М. Гунина // Здоровье для всех. – 2014. – № 2. – С. 3–9.

8. Blood Biomarker Profiling and Monitoring for High Performance Physiology and Nutrition: Current Perspectives, Limitations and Recommendations / С.Р. Pedlar1 [et al.] // Sports Medicine. – 2019. – № 49. – P.185–198.

9. Indirect methods for reference interval determination – review and recommendations / G. Jones [et al.] // CCLM. – 2018. – № 57(1). – P. 20–29.

10. Grasbeck, R. The evolution of the reference value concept / R. Grasbeck // Clin. chem. Lab. Med. – 2004. – 42(7) – P. 692–697.

11. Научно-методическое обеспечение подготовки спортивного резерва Республики Беларусь по группам видов спорта с использованием методов клинико-лабораторной диагностики: практ. пособие / А.И. Нехвядович [и др.]. – Минск: БГУФК, 2018. – 46 с.

01.03.2021

ОСОБЕННОСТИ МЕЖМЫШЕЧНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ И НАЧИНАЮЩИХ ПЛОВЦОВ

А. В. Солонец, канд. пед. наук,

Р. Э. Зимницкая, канд. пед. наук, доцент,

Белорусский национальный технический университет

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы, посвященные особенностям межмышечных взаимодействий пловцов различной квалификации. Представлены результаты собственных исследований методом суммарной электромиографии на примере способа баттерфляй. Полученные данные позволили определить отличия в амплитудно-частотных параметрах электромиографии мышц у квалифицированных и начинающих пловцов. Учет выявленных особенностей на этапе начальной подготовки при освоении техники спортивных способов плавания будет способствовать более эффективному совершенствованию координационной подготовленности детей.

THE PECULIARITIES OF INTERMUSCULAR INTERACTIONS OF SKILLED AND NOVICE SWIMMERS

Abstract

The article deals with the peculiarities of intermuscular interactions of different qualifications swimmers. We present the results of our own research by the method of total electromyography using the butterfly stroke as an example. The obtained data allowed us to determine the differences in the amplitude-frequency parameters of muscle electromyography in skilled and novice swimmers. Consideration of the identified features will contribute to a more effective improvement of the children coordination readiness at the stage of initial training in mastering the technique of sports swimming strokes.

Введение

Современная система подготовки пловцов, нацеленная на многолетнюю успешную соревновательную деятельность, предполагает постоянное техническое совершенствование. Процесс технического совершенствования на этапе начальной подготовки непосредственно связан с обучением базовым действиям и технике плавания всеми способами [1, с. 10]. Наряду с этим освоение техники соревновательного упражнения принято связывать с улучшением координации движений, с налаживанием координационных взаимосвязей между задействованными мышцами [2]. Вместе с тем факторы, предопределяющие проявления координации, – это

деятельность ЦНС и взаимодействие мышц, участвующих в движении [3, 4].

Сенситивный период развития координационных способностей приходится на младший школьный возраст с 7 до 10 лет [5], т.е. на этап начальной подготовки в плавании. В связи с этим именно на этом этапе многолетней тренировки целесообразно направленно воздействовать на межмышечные взаимодействия юного спортсмена [1, 2, 6]. При этом применение средств из других видов спорта зачастую не может обеспечить в должной мере положительного переноса двигательных навыков в избранном виде [7, с. 200–201]. Исходя из этого повышение качества владения техникой плавания могут обеспечить лишь специально-подготовительные упражнения в воде, способствующие совершенствованию межмышечных взаимодействий.

Мы полагаем, что анализ согласованности мышечных групп у квалифицированных и начинающих пловцов во время выполнения тестовых упражнений позволит определить пути улучшения межмышечных взаимодействий для детей, занимающихся в группах начальной подготовки и осваивающих технику спортивных способов плавания. Поэтому целью настоящего исследования стало выявление особенностей межмышечных взаимодействий квалифицированных и начинающих пловцов (на примере способа баттерфляй).

Методы и организация исследования

Участниками исследования являлись 25 юных пловцов (14 мальчиков, 11 девочек) из групп начальной подготовки, освоивших технику плавания способом баттерфляй, и 11 пловцов (6 мужчин, 5 женщин), имеющих квалификацию МС и МСМК. Межмышечные взаимодействия спортсменов изучались методом суммарной электромиографии (ЭМГ) при помощи мобильного аппаратно-программного комплекса Delsys Trigno™ Wireless System (Delsys Inc., Бостон, США) в процессе выполнения теста, представляющего собой движения туловищем и ногами, как при плавании баттерфляем в положении стоя. Первый раз тестирование проводилось с открытыми глазами, второй раз – с закрытыми глазами. В контрольных упражнениях анализировалась суммарная биоэлектрическая активность крупных мышц туловища и конечностей, которые играют ключевую роль в движении при плавании баттерфляем, а именно: широчайшая мышца спины, прямая мышца живота, двуглавые мышцы плеча, трехглавые мышцы плеча, прямые мышцы бедер, двуглавые мышцы бедер, икроножные мышцы [8]. Анализ электромиограммы проводился по амплитудным и частотным параметрам, по которым, используя статистические методы обработки данных, характеризуют уровень развития межмышечных взаимодействий человека [9, 10].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате сравнительного анализа данных обеих групп квалифицированных пловцов установлено отсутствие достоверных

половых различий в амплитудных и частотных характеристиках ЭМГ мышц в двух тестах; также выявлено, что отличия изучаемых параметров ЭМГ мышц между тестами статистически незначимы ($p > 0,05$) (таблица 1). Это свидетельствует о том, что количество задействованных в движении мышечных волокон и развиваемые ими усилия в тесте с закрытыми глазами практически не изменяются [11]. Из чего следует, что с ростом спортивной квалификации параметры ЭМГ мышц при выключении зрительного анализатора близки к значениям, показанным в тесте с открытыми глазами, подтверждая тем самым и высокую степень владения исследуемым двигательным действием, и высокий уровень развития проприорецептивной чувствительности. Таким образом, можно полагать, что исключение какой-либо сенсорной системы при выполнении имитационных и соревновательных упражнений у квалифицированных пловцов не окажет существенного влияния на амплитудно-частотные параметры ЭМГ, характеризующие уровень развития межмышечных взаимодействий.

Таблица 1 – Среднегрупповые параметры суммарной ЭМГ мышц квалифицированных пловцов

Группы мышц	Тест 1 (с открытыми глазами)				Тест 2 (с закрытыми глазами)			
	Женщины (n=5)		Мужчины (n=6)		Женщины (n=5)		Мужчины (n=6)	
	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц
П Двуглавая мышца плеча	20,19 ±3,42	56,06 ±9,48	21,13 ±3,85	57,06 ±8,53	21,09 ±3,69	55,98 ±9,17	21,96 ±4,27	56,01 ±9,23
Л Двуглавая мышца плеча	26,04 ±4,48	67,23 ±10,36	36,04 ±5,62	69,03 ±12,58	26,65 ±4,71	67,67 ±10,56	36,65 ±5,92	68,44 ±12,72
П Прямая мышца живота	25,33 ±4,12	27,51 ±5,03	23,03 ±4,56	25,52 ±3,13	24,97 ±4,04	26,16 ±4,87	23,04 ±5,38	24,92 ±3,35
Л Прямая мышца живота	28,98 ±4,86	19,73 ±3,85	31,59 ±5,88	18,64 ±2,58	30,46 ±5,12	19,96 ±3,99	31,95 ±6,39	19,55 ±3,86
П Прямая мышца бедра	14,77 ±3,02	14,14 ±2,96	12,57 ±2,84	12,13 ±2,03	14,07 ±2,85	14,03 ±2,90	12,35 ±3,45	12,55 ±2,64
Л Прямая мышца бедра	13,48 ±2,71	11,87 ±2,25	17,98 ±3,7	9,67 ±1,59	15,31 ±3,20	12,28 ±2,48	18,07 ±3,88	10,46 ±2,08
Л Трехглавая мышца плеча	6,34 ±2,13	75,39 ±12,08	7,45 ±2,28	81,88 ±12,55	6,20 ±2,05	76,82 ±12,81	7,20 ±2,43	81,80 ±12,43
П Трехглавая мышца плеча	5,82 ±1,87	82,58 ±12,62	6,29 ±2,01	84,78 ±13,07	5,29 ±1,74	85,46 ±13,24	5,99 ±2,24	85,18 ±14,58
Л Широчайшая мышца спины	35,61 ±6,88	51,31 ±8,16	33,67 ±6,95	42,07 ±8,48	35,79 ±6,91	53,11 ±8,65	33,99 ±7,53	42,83 ±9,15
П Широчайшая мышца спины	34,66 ±6,61	63,07 ±10,21	31,49 ±6,18	73,67 ±11,26	33,02 ±6,28	59,64 ±9,62	30,77 ±6,87	73,14 ±12,49
Л Двуглавая мышца бедра	16,16 ±3,53	31,12 ±5,74	17,43 ±3,68	32,69 ±5,82	17,81 ±3,83	30,86 ±5,52	17,33 ±3,79	31,30 ±5,63
П Двуглавая мышца бедра	10,26 ±2,96	80,60 ±12,12	8,66 ±2,56	83,95 ±12,97	11,74 ±3,12	83,33 ±12,87	8,42 ±2,36	84,66 ±13,18
Л Икроножная мышца	21,94 ±3,80	19,37 ±3,32	18,26 ±3,76	17,19 ±3,66	21,87 ±3,71	18,26 ±3,06	18,10 ±4,82	16,32 ±3,57
П Икроножная мышца	23,38 ±4,08	28,48 ±5,53	25,60 ±4,37	30,71 ±5,46	24,09 ±4,36	24,06 ±4,89	25,33 ±5,13	28,06 ±4,88

Примечание: П – правая или справа, Л – левая или слева.

При рассмотрении результатов юных спортсменов в половом аспекте можно сделать вывод, что у мальчиков и девочек, занимающихся плаванием в группах начальной подготовки, показатели средней амплитуды произвольного напряжения всех мышечных групп в тесте с выключенным зрительным анализатором имеют близкие значения (таблица 2).

Таблица 2 – Среднегрупповые параметры суммарной ЭМГ мышц начинающих пловцов

Группы мышц	Тест 1 (с открытыми глазами)				Тест 2 (с закрытыми глазами)			
	Девочки (n=11)		Мальчики (n=14)		Девочки (n=11)		Мальчики (n=14)	
	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц	средняя амплитуда, мкВ	средняя частота, Гц
П Двуглавая мышца плеча	35,94 ±2,7	98,93 ±6,22	36,44 ±5,41	104,44 ±17,31	33,89 ±1,5	81,12 ±4,91	32,18 ±5,09	91,07 ±15,06
Л Двуглавая мышца плеча	53,05 ±7,1	88,73 ±5,28	55,63 ±,62	102,74 ±16,62	46,98 ±5,02	83,09 ±4,89	50,41 ±5,84	89,41 ±12,28
П Прямая мышца живота	47,53 ±6,9	37,04 ±13,6 4	51,21 ±7,01	31,54 ±5,4	35,77 ±6,6	26,11 ±10,09	43,21 ±5,13	27,45 ±5,08
Л Прямая мышца живота	41,28 ±5,01	22,19 ±8,98	37,66 ±5,27	20,70 ±3,53	37,4 5±2,75	32,75 ±13,46	31,27 ±4,86	18,29 ±3,17
П Прямая мышца бедра	18,60 ±2,1	41,03 ±6,18	21,78 ±4,29	37,02 ±7,66	16,81 ±1,7	39,05 ±7,82	18,41 ±3,31	43,99 ±9,9
Л Прямая мышца бедра	26,93 ±2,69	36,41 ±7,11	27,01 ±3,58	29,53 ±5,23	24,33 ±2,51	36,89 ±6,73	23,00 ±2,75	29,98 ±4,94
Л Трехглавая мышца плеча	21,05 ±5,26	103,5 4 ±26,6 5	27,63 ±4,37	119,93 ±18,42	14,70 ±2,57	118,54 ±33,19	19,19 ±2,83	106,39 ±13,83
П Трехглавая мышца плеча	25,65 ±4,42	126,2 5 ±35,2 6	31,15 ±5,7	114,73 ±15,68	22,03 ±3,03	137,56 ±39,43	22,29 ±3,77	100,85 ±11,14
Л Широчайшая мышца спины	45,02 ±8,04	76,10 ±11,5 2	46,20 ±6,31	101,97 ±18,57	34,02 ±4,09	68,09 ±10,84	40,59 ±5,25	115,92 ±21,69
П Широчайшая мышца спины	38,29 ±4,85	58,19 ±14,4 7	33,06 ±5,19	98,69 ±17,99	33,83 ±4,08	62,01 ±13,72	28,55 ±4,22	98,90 ±19,06
Л Двуглавая мышца бедра	28,36 ±3,62	29,10 ±6,33	18,38 ±3,02	37,46 ±7,26	22,41 ±3,05	26,72 ±5,74	15,47 ±2,11	32,57 ±6,51
П Двуглавая мышца бедра	17,38 ±3,12	94,69 ±12,2 9	18,21 ±2,88	92,86 ±13,55	13,18 ±2,64	92,13 ±14,07	16,14 ±2,02	94,52 ±15,22
Л Икроножная мышца	29,09 ±1,18	62,07 ±9,5	29,08 ±4,43	57,07 ±10,1	27,98 ±1,14	59,00 ±8,61	23,02 ±3,61	47,63 ±13,49
П Икроножная мышца	42,09 ±5,88	61,32 ±10,8 3	33,09 ±4,89	59,93 ±12,66	34,63 ±5,26	64,68 ±9,49	28,86 ±4,07	56,51 ±14,12

Примечание: П – правая или справа, Л – левая или слева.

Подобная тенденция прослеживается в первом тесте в обычных условиях, за исключением левой двуглавой мышцы бедра и правой икроножной мышцы, где величины указанного параметра ЭМГ девочек

достоверно выше показателей мальчиков ($p < 0,05$). Отмеченная повышенная биоэлектрическая активность вызвана большей степенью возбуждения мышечного аппарата, направленного на решение двигательной задачи или для поддержания равновесия, что свидетельствует о более рациональном согласовании мышц задней поверхности нижних конечностей у юных спортсменов в сравнении со сверстницами.

Сравнительный анализ частотных характеристик ЭМГ мышц выявил, что параметры юных пловцов сопоставимы с величинами сверстниц. При этом все установленные половые различия статистически незначимы ($p > 0,05$). Исключение составляют показатели широчайшей мышцы спины (справа и слева), которые у юных спортсменов достоверно выше в двух тестах, чем у сверстниц ($p < 0,05$). Это указывает на повышенную возбудимость данной мышечной группы посредством рекрутирования большего числа двигательных единиц, характерного для максимального мышечного сокращения. В то же время в тесте с закрытыми глазами у мальчиков-пловцов статистически значимо снизились значения средней частоты в двуглавой и трехглавой мышцах обеих рук, а у начинающих спортсменок – только в правой и левой двуглавой мышцах ($p < 0,05$). Принято считать, что частотные характеристики ЭМГ характеризуют скорость проведения возбуждения в мышечных волокнах, в соответствии с чем уменьшение средней частоты в изучаемой мышце рассматривают как показатель утомления [9]. Вместе с тем в настоящем исследовании в указанных мышечных группах произошло одновременное статистически значимое уменьшение величин средней частоты и средней амплитуды. В таком случае это констатирует экономию мышечной деятельности верхних конечностей, что свойственно высокому уровню развития межмышечных взаимодействий [11].

Анализируя полученные данные начинающих спортсменов между тестами 1 и 2, было выявлено:

1. Показатели средней амплитуды произвольного напряжения всех мышечных групп в тесте с закрытыми глазами достоверно ниже величин, полученных в тесте с открытыми глазами ($p < 0,05$). Данный факт указывает на то, что в процессе выполнения уже освоенных технических элементов без зрительного контроля начинающим пловцам требуется меньшее напряжение мышц, участвующих в движении [11]. Вероятно, это обусловлено «обострением», улучшением проприоцептивной чувствительности спортсмена. Из этого следует, что отсутствие зрительного контроля, создавая определенную координационную сложность, позволяет избежать избыточного мышечного напряжения у пловцов, занимающихся в группах начальной подготовки, при выполнении изученных двигательных действий.

2. Количество мышечных волокон, вовлеченных в работу в тесте с закрытыми глазами, остается неизменным, о чем свидетельствует

отсутствие достоверных отличий во всех исследуемых мышечных группах по параметрам средней частоты [11].

Таким образом, выключение зрительного анализатора при выполнении имитационных и соревновательных упражнений у юных пловцов, занимающихся в группах начальной подготовки, позволяет направленно концентрировать внимание на взаимодействии участвующих в движении мышц. Однако это допустимо только в том случае, когда выполняемые технические элементы освоены спортсменами на уровне двигательного умения. В связи с этим при отборе упражнений для направленного совершенствования межмышечных взаимодействий необходимо учитывать этап обучения двигательным действиям.

Поскольку при выполнении контрольного упражнения мышцы рук не принимали активного участия в движении (были подняты вверх), то особый интерес вызывает сравнительный анализ амплитудных и частотных характеристик ЭМГ мышц верхних конечностей квалифицированных и юных пловцов (рисунки 1 и 2).

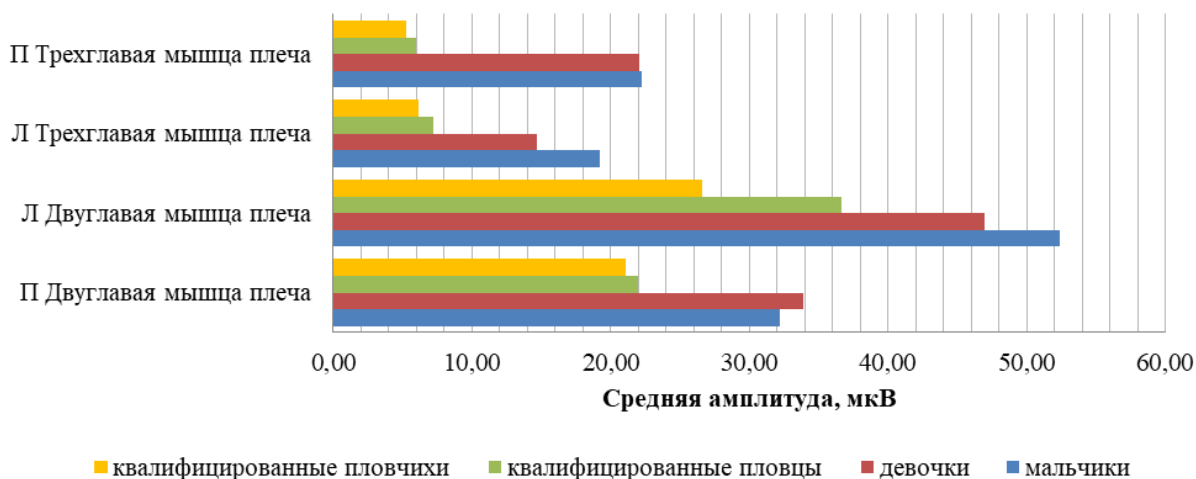


Рисунок 1 – Амплитудные характеристики ЭМГ мышц рук в тесте 2

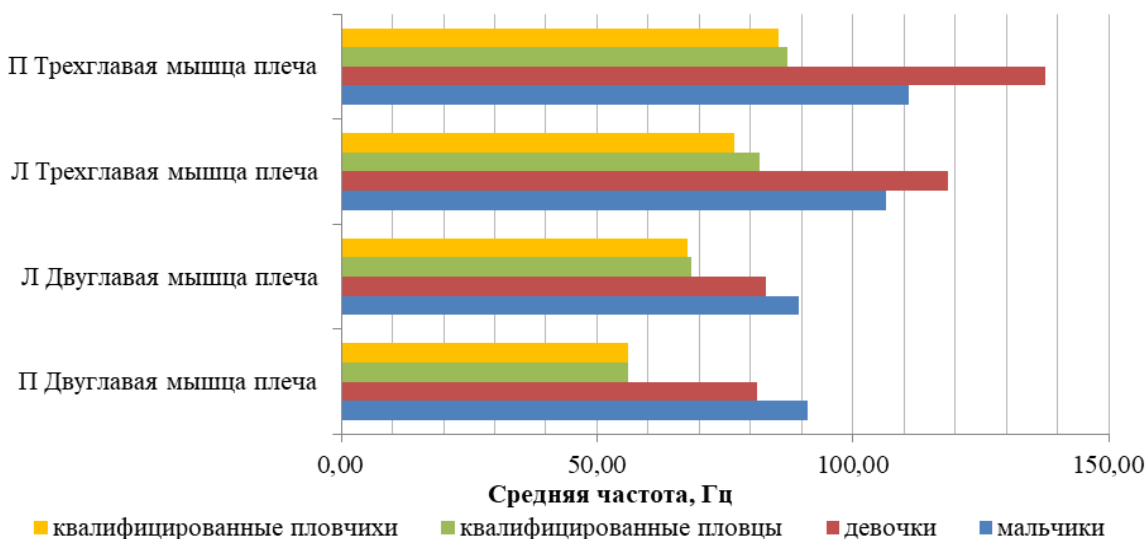


Рисунок 2 – Частотные характеристики ЭМГ мышц рук в тесте 2

В результате тестирования выявлено, что показатели средней амплитуды двуглавой мышцы обеих рук у юных спортсменов достоверно превосходили величины квалифицированных спортсменов ($p < 0,05$), в то же время указанные параметры трехглавых мышц начинающих пловцов превышали значения квалифицированных пловцов практически в два раза ($p < 0,05$). Подобная картина наблюдается и в результатах средней частоты произвольного напряжения исследуемых мышц. Таким образом, у квалифицированных спортсменов наблюдается экономизация мышечных усилий на уровне навыка. В то время как юные пловцы необоснованно излишне задействуют мышцы верхних конечностей в движениях, которые характеризуются только тоническим напряжением данных мышечных групп, что сказывается, в первую очередь, на энергетической стороне техники движений и, как следствие, скорейшем наступлении состояния утомления.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Выключение зрительного анализатора, вызывая определенные координационные трудности в процессе выполнения освоенных двигательных действий, позволило начинающим пловцам из групп начальной подготовки избежать избыточного мышечного напряжения, что подтверждается достоверным снижением показателей средней амплитуды ЭМГ всех исследуемых мышечных групп по сравнению со значениями, показанными в тесте с открытыми глазами. Таким образом, выключение зрительного анализатора в специальных упражнениях пловцов представляется перспективным способом совершенствования межмышечных взаимодействий.

2. Амплитудно-частотные характеристики ЭМГ исследуемых мышц квалифицированных пловцов и пловчих не имеют достоверных различий, что обуславливает отсутствие гендерного дифференцирования применяемых средств совершенствования межмышечных взаимодействий у юных спортсменов, осваивающих технику спортивных способов плавания. Вместе с тем рост спортивного мастерства пловцов характеризуется не только высокой степенью владения двигательным действием, но и высоким уровнем развития проприорецепции, на что указывает отсутствие статистической значимости в изменениях изучаемых параметров ЭМГ мышц между тестами в двух выборках квалифицированных спортсменов.

3. Анализ амплитудно-частотных параметров ЭМГ мышц, характеризующихся в контрольном упражнении лишь тоническим напряжением, позволил выявить необоснованное излишнее включение определенных мышечных групп у юных спортсменов, что указывает на нерациональность межмышечных взаимодействий в движениях с чередованием напряжения и расслабления участвующих мышц. В то же время у квалифицированных пловцов отмечается экономизация мышечных усилий.

Таким образом, учет выявленных особенностей межмышечных взаимодействий у квалифицированных и начинающих пловцов позволит более эффективно совершенствовать координационную подготовленность детей групп начальной подготовки при освоении техники спортивных способов плавания.

Список использованных источников

1. Спортивное плавание. Путь к успеху : в 2 кн. / В.Н. Платонов [и др.]; под общ. ред. В.Н. Платонова. – М.: Советский спорт, 2012. – Кн. 2. – 2012. – 543 с.
2. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт. – 1988. – 331 с.
3. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский. – М.: Советский спорт, 2013. – 215 с.
4. Мусихина, Т.А. Методика совершенствования двигательных действий пловцов с помощью средств, управляющих мышечной координацией: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Т.А. Мусихина; ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта. – СПб., 1992. – 25 с.
5. Гужаловский, А.А. Основы теории и методики физической культуры: учеб. для техн. физ. культ. / А.А. Гужаловский, В.Н. Кряж, В.М. Выдрин; под общ. ред. А.А. Гужаловского. – М.: Физкультура и спорт. – 1986. – 352 с.
6. Wilmore, J.H. Physiology of Sport and Exercise / J.H. Wilmore, D.L. Costill, W.L. Kenney. – 4th ed. – Champaign, Illinois: Human Kinetics. – 2009. – 529 p.
7. Бернштейн, Н.А. О ловкости и ее развитии / Н.А. Бернштейн. – М.: Физкультура и спорт. – 1991. – 288 с.
8. Маклауд, Й. Анатомия плавания / Й. Маклауд. – Минск: Попурри, 2011. – 200 с.
9. Борщ, М.К. Суммарная электромиография как критерий предупреждения переутомления нервно-мышечного аппарата пятиборцев в соревновательном периоде подготовки / М.К. Борщ, Е.В. Хроменкова // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности: сб. статей (материалы IV Междунар. науч.-техн. конф.), Минск, 18–19 февр. 2016 г. – Минск: БНТУ. – С. 27–32.
10. Солонец, А.В. Определение показателей межмышечной координации у юных пловцов / А.В. Солонец // Вестник Могилевского государственного университета имени А.А. Кулешова. – 2018. – № 2 (52). – С. 117–124.
11. Солонец, А.В. Критерии отбора средств совершенствования межмышечной координации юных пловцов в группах начальной подготовки / А.В. Солонец, Р.Э. Зимницкая // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2019. – № 4 (170). – С. 313–316.

17.03.2021

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА: ПРОФИЛАКТИКА ПАТОЛОГИЙ, СОХРАНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СПОРТСМЕНОВ

УДК 617.571

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ ТРАВМАТИЧЕСКОЙ МНОГОПЛОСКОСТНОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АКРОМИАЛЬНО-КЛЮЧИЧНОГО СОЧЛЕНЕНИЯ МЕТОДОМ MINAR В СРАВНЕНИИ С МЕТОДОМ УОТКИНСА-КАПЛАНА

А. В. Малашко,

Учреждение здравоохранения «Могилевская областная
клиническая больница»;

О. А. Даниленко, д-р мед. наук,

Учреждение здравоохранения «6-я городская клиническая
больница»;

Е. Р. Макаревич, д-р мед. наук, профессор,

Учреждение образования «Белорусский государственный
медицинский университет»;

А. А. Бобров,

Учреждение здравоохранения «Могилевская областная
клиническая больница»

Аннотация

В статье описывается сравнительный анализ лечения 26 пациентов с травматической многоплоскостной нестабильностью акромиально-ключичного сочленения с использованием малоинвазивного оперативного вмешательства по хирургической методике MINAR и трансартрикулярной фиксации спицами (метод Каплана).

ECONOMICAL EFFICIENCY IN TREATING TRAUMATIC MULTIPLANAR INSTABILITY OF THE ACROMIOCLAVICULAR JOINT USING THE MINAR METHOD VERSUS THE WATKINS-CAPLAN METHOD

Abstract

This article describes a comparative analysis of the treatment of 26 patients with traumatic multiplanar instability of the acromioclavicular joint using minimally invasive MINAR surgery and transarticular fixation with the graft (Kaplan method).

Введение

Травматическая нестабильность акромиально-ключичного сочленения обычно встречается у молодых людей, активно занимающихся спортом и (или) имеющих повышенные физические потребности [1, 2]. Наиболее часто встречается прямой механизм травмы (при падении на плечо или ударе в область плечевого сустава). Повреждения

акромиально-ключичного сочленения оцениваются по классификации Rockwood С.А. (1998) и выделяют 6 типов, при этом оперативного лечения требуют 3–6-й типы. На сегодняшний день существует множество методов оперативного вмешательства пациентам с данной патологией: пластика акромиально-ключичной и клювовидно-ключичной связок алло- и ауто-трансплантатами, стабилизация сустава при помощи трансартикулярной фиксации спицами Киршнера в сочетании с дополнительными швами связочного аппарата или без них, крючковидными пластинами, винтом Босворта и др. [3, 6]. Относительно новая методика – малоинвазивное хирургическое вмешательство по методике Minar. Этот метод был разработан как малоинвазивная процедура для устранения вертикального компонента нестабильности путем лечения разрыва клювовидно-ключичной связки. При данном методе травматическое повреждение мягких тканей уменьшено благодаря минимально инвазивному подходу. Также преимуществом данной процедуры является отсутствие необходимости повторной операции по удалению фиксирующих металлоконструкций [4, 5].

Некоторые авторы отмечают улучшение косметических результатов. Также проведение данного метода лечения в артроскопическом формате позволяет оценить сопутствующее повреждение мягкотканых структур плечевого сустава, в особенности повреждение вращательной манжеты плеча, которое может встречаться по данным некоторых авторов до 10 %.

В данной работе представлен сравнительный анализ экономической эффективности лечения пациентов с травматической многоплоскостной нестабильностью акромиально-ключичного сочленения с использованием хирургической техники по методике Minar и трансартикулярной фиксации спицами (по методу Уоткинса-Каплана) [7].

Цель исследования – оценка экономической эффективности лечения пациентов с травматической многоплоскостной нестабильностью акромиально-ключичного сочленения, с использованием малоинвазивного метода Minar и сравнительный анализ с методикой стабилизации акромиально-ключичного сочленения по методу Уоткинса-Каплана (трансартикулярная фиксация спицами Киршнера).

Материал и методы

Было проведено ретроспективное и проспективное исследование, в которое вошло 26 пациентов с диагнозом травматическая многоплоскостная нестабильность акромиально-ключичного сочленения 3–5-го типа по классификации Rockwood С.А. (1998) и проходившие лечение в период 2019–2020 годов в условиях УЗ «Могилевская областная клиническая больница» г. Могилева и УЗ «Минская городская клиническая больница № 6» г. Минска.

В предоперационном этапе пациентам из обеих групп выполнялось: сбор анамнеза с уточнением характера травмы и сроков ее получения, клинический осмотр с выполнением специфических

тестов: симптом клавиши, стресс-тест в горизонтальном направлении; рентгенологическое исследование в двух проекциях (переднезадняя по Запса для уточнения типа вертикального компонента нестабильности и аксиальная – горизонтального компонента); стандартные предоперационные анализы.

В предоперационной подготовке всем пациентам выполнялась однократная антибиотикопрофилактика, неспецифическая анестезиологическая премедикация. Все оперативные вмешательства выполнялись под проводниковой анестезией.

К первой группе отнесены пациенты (n=11), которым выполнялось оперативное лечение по малоинвазивному методу Minar. Во время операции положение пациента «пляжное кресло» лежа на спине, под лопатку с поврежденной стороны подкладывался небольшой валик. Хирургический доступ проводился в области акромиального конца ключицы по передней поверхности до 3 см в длину. При помощи тупого инструмента отводились мягкие ткани до основания клювовидного отростка, так как там наибольшая площадь костной массы. При помощи сверла диаметром 4,5 мм производилось рассверливание канала в клювовидном отростке, через который в дальнейшем проводилась опорная титановая площадка с синтетической нитью. Затем в области акромиального конца ключицы сверху вниз при помощи сверла 4,5 мм в диаметре подготовлен костный канал, в который проведена синтетическая нить и фиксирована со второй титановой площадкой на верхней поверхности ключицы. При помощи инструмента вправление акромиального конца ключицы, чрезкожный трансоссальный шов акромиально-ключичной связки, затягивание нитей в области клювовидно-ключичной связки. Интраоперационный рентгенконтроль. Послойный шов раны. Асептическая повязка.

Вторая группа – 15 пациентов, которым выполнялось хирургическое вмешательство по методу Уоткинса-Каплана (стабилизация акромиально-ключичного сочленения посредством трансартикулярной фиксации спицами). Положение пациента «пляжное кресло» лежа на спине с небольшим валиком под лопаткой с поврежденной стороны. Доступ в области акромиально-ключичного сочленения по передней поверхности до 5 см в длину. Открытое вправление акромиального конца ключицы, с латеральной стороны через акромион в ключицу трансартикулярно в латеральный конец ключицы проводили 2 спицы Киршнера (d=1,6mm). Шов акромиально-ключичной связки и капсулы сустава. Интраоперационный контроль. Послойный шов раны. Асептическая повязка.

В послеоперационном периоде всем пациентам проводилась анальгезирующая терапия, противовоспалительная, ПМП, локальная криотерапия, иммобилизация верхней конечности повязкой Дезо, при этом в первой группе 4 недели, во второй – 6. Контрольная рентгенограмма выполнялась во второй группе на 5–7-е сутки после операции с целью контроля стояния спиц и исключения их миграции.

У всех пациентов обеих групп пассивная мобилизация была разрешена на 5-е сутки после операции. Со 2-й недели после оперативного вмешательства было начато активное отведение и сгибание в плечевом суставе до 30–40 °. В первой группе к концу 4-й недели, а во второй группе к концу 6-й недели пациентам было разрешено активное сгибание и отведение в плечевом суставе до 70° и 90° соответственно. У пациентов, прооперированных по методу Уоткинса-Каплана, амплитуда активных движений была ограничена из-за риска перелома металлоконструкций. Пациентам первой группы были разрешены упражнения по укреплению мышц плечевого сустава с 8-й недели. В случаях трансартикулярной фиксации спицами Киршнера пациентам выполнялась контрольная рентгенограмма на 6-й неделе после операции с последующим планированием удаления фиксирующих металлоконструкций.

Удаление фиксирующих металлоконструкций проводилось в условиях стационара. На предоперационном этапе пациентам выполнялись: клинический осмотр, рентгенологическое исследование в переднезадней проекции по Zanca, стандартные предоперационные анализы. В день операции выполнялась однократная антибиотикопрофилактика, неспецифическая анестезиологическая премедикация. Все оперативные вмешательства выполнялись под проводниковой анестезией. Во время операции положение пациента лежало на спине. Хирургический доступ проводился в области акромиального отростка лопатки в местах стояния спиц до 0,5 см в длину. При помощи тупого инструмента находились концы фиксирующих металлоконструкций с последующим их удалением. Послойный шов раны. Асептическая повязка. Мягкотканая повязка Дезо на 1-е сутки с целью покоя. Проводилась анальгезирующая терапия, криотерапия. После удаления фиксирующих спиц диапазон активных движений увеличивался. С 12-й недели начинались упражнения по укреплению мышц плечевого сустава.

Основное внимание уделялось срокам хирургического лечения, продолжительности и стоимости пребывания в больнице, диагностическим расходам, времени работы, операционным расходам, времени нахождения пациента на листе нетрудоспособности. Статистика проводилась с использованием программного обеспечения StatSoft Statistica 10 для Windows (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA), а также Microsoft Office Excel 2019 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). При оценке применялись общепринятые методы медико-биологической статистики. Для проверки соответствия распределения количественных параметров закону Гаусса использовался расчет критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка, а также оценка параметров описательной статистики. При соответствии распределения значений параметра закону Гаусса данные были представлены в виде $M \pm SD$, где M – среднее арифметическое значение параметра, а SD – стандартное отклонение. При несоответствии распределения значений параметров закону нормального распределения данные в таблицах представляли в виде

Me [Q₂₅; Q₇₅], Me – медиана, Q₂₅ – значение 25 перцентиля, Q₇₅ – значение 75 перцентиля.

Результаты и обсуждение

В период с 2019 по 2020 год пролечено 26 пациентов с травматической многоплоскостной нестабильностью акромиально-ключичного сочленения. Средний возраст пациентов составил $28,8 \pm 5,8$ [M \pm SD] (от 19 до 39 лет). Мужчин среди пострадавших оказалось большинство $n=18$ (69 %). Повреждение справа встречалось чаще $n=17$ (65,5 %). Сроки наблюдения составили $10,7 \pm 3,4$ [M \pm SD] недель (от 6 до 17 недель с момента оперативного вмешательства), при этом к первой группе (метод Minar) относилось 11 человек, из них: мужчин – 8 пострадавших, женщин – 3, средний возраст – $27,3 \pm 6,4$ [M \pm SD] лет (диапазон 19–38 лет); ко второй группе (метод Уоткинса-Каплана): $n=15$, мужчин=10, женщин=5, средний возраст $30,1 \pm 5,4$ [M \pm SD] (диапазон 20–39 лет).

В группу Minar вошли 8 пациентов с типом III по Rockwood, 2 по Rockwood IV типа, 1 по Rockwood V типа. Группа по методу Уоткинса-Каплана включала 11 поражений по Rockwood III типа, 2 – по Rockwood IV типа и 2 – по Rockwood V типа.

Большинство травм были вызваны занятиями спортом ($n=14$), но также были вызваны дорожно-транспортными происшествиями ($n=5$). Другой причиной были падения ($n=7$).

Все расчеты производились с учетом установленных цен в УЗ «Могилевская областная клиническая больница» на 24.05.2021.

Затраты на предоперационную лабораторную и инструментальную диагностику не показали существенных различий.

Период времени от травмы до операции был примерно одинаковым в обеих группах (Minar: $5,5 \pm 4,1$ дня по сравнению со спицами: $6,6 \pm 4,5$ дня). Само время операции также не отличалось значимо, с тенденцией к более короткому времени в первой группе (Minar: $51,7 \pm 15,3$ мин против спиц: $74,4 \pm 17,5$ мин). При этом увеличение времени хирургического вмешательства во второй группе мы связываем с более частым выполнением необходимых интраоперационных рентгенограмм.

Затраты на анестезию и расходные материалы при проведении оперативного лечения были значительно выше в группе Minar ($803,9 \pm 29,8$ бел. руб.) по сравнению с группой Уоткинса-Каплана ($382,9 \pm 69,33$ бел. руб., $p < 0,001$). Расчет производился по формуле (1):

$$(\text{время анестезии} \times \text{стоимость анестезии (1 час анестезии стоит 104,67 бел. руб.)}) + \text{стоимость операции} + \text{расходные материалы} \quad (1)$$

Пациенты выписаны из стационара на амбулаторный этап лечения на $8,0 \pm 2,1$ [M \pm SD] (от 5 до 11 дней), при этом пострадавшие из первой группы выписались из больницы раньше (Minar: $7,0 \pm 1,5$ дн. по сравнению со спицами: $9,5 \pm 1,7$ дн., $p = 0,002$), и соответственно имели меньшие затраты на послеоперационное стационарное лечение (Minar: $233,1 \pm 56,7$ бел.руб. по сравнению с методом Уоткинса-Каплана:

337,8±62,1 бел. руб. $p=0,042$). В расчет учитывалось количество койко-дней и его стоимость, при этом стоимость одного койко-дня пребывания в стационаре в травматолого-ортопедическом отделении с лечением согласно протоколу – 35,56 бел. руб.

В послеоперационном периоде все пациенты получали физиотерапевтическое лечение. В раннем послеоперационном периоде получали криотерапию, ПМП. Через 2 недели после операции пациентам назначалась ЛФК, механотерапия. Через 4 недели – электростимуляция мышц плечевого корпуса, ультразвук с гидрокортизоном, ПМП. Затраты на физиотерапевтическое лечение в послеоперационный период и период реабилитации не составили значительной разницы в обеих группах, рассчитывались по формуле: стоимость процедур × количество процедур, пройденных пациентом; и составили 214,61±23,4 бел. руб.

В краткосрочный период затраты на пациентов из первой группы оказались выше (Minar: 1280,6±72,4 бел.руб. в сравнении со спицами: 959,9±80,8 бел. руб. $p < 0,001$). При этом расчет производился по формуле: затраты на операцию + затраты на пребывание пациента в стационаре + затраты на реабилитацию.

При финальном расчёте учитывали тот факт, что пациентам из второй группы потребовалось повторное оперативное лечение с целью удаления фиксирующих металлоконструкций (спиц), на которое затраты составили 267,3±42,2 бел. руб., а также курс послеоперационного восстановительного лечения – 138,6±9,2 бел. руб., при этом общие затраты в обеих группах не составили значительной разницы (Minar: 1280,6±72,4 бел. руб. в сравнении с методом Уоткинса-Каплана: 1148,7±101,9 бел. руб. $p < 0,001$). К труду пациенты возвращались в первой группе через 47,0±5,4 [M±SD] дня, во второй – 71,0±5,4 [M±SD].

При оценке затрат государства на лечение одного пациента с травматической нестабильностью акромиально-ключичного сочленения 3–6 типом по классификации Rockwood, также учитывались сроки и начисление пособия по временной нетрудоспособности. Стоимость одного дня временной нетрудоспособности рассчитывалась по формуле (2):

$$\begin{aligned} & \text{среднедневной заработок (в среднем по стране на момент марта} \\ & \quad \text{2021 г. составил 42,57 бел. руб.)} \times 1\text{-е } 12 \text{ к. дней} \\ & \text{нетрудоспособности} \times 80 \% + \text{среднедневной заработок} \times \quad (2) \\ & \quad \text{количество следующих календарных дней} \\ & \quad \text{нетрудоспособности} \times 100 \% \end{aligned}$$

В первой группе сроки нетрудоспособности составили 47±5,4 дня, а затраты на пособие – 1898,62±231,82 бел. руб., когда во второй группе – 71,0±5,4 дня и 2920,3±229,98 бел. руб. При этом общие затраты государства на лечение пациента составили в первой группе

(методика Minar) 3227,41±261,47 бел. руб. и второй (метод Уоткинса-Каплана) – 3927,87±246,97 бел. руб.

Выводы

1. Затраты при первичном обращении пациента за медицинской помощью: на клинический осмотр, диагностику не различались между двумя группами, так как использовался один и тот же алгоритм диагностики.

2. Стационарные затраты на лечение пациентов с травматической многоплоскостной нестабильностью акромиально-ключичного сочленения оказались меньше в среднем на 11 % у пациентов, прооперированных по методу Уоткинса-Каплана ($p < 0,001$).

3. При учете всех затрат государства на завершение случая травмы и выхода пациента на работу мы наблюдаем положительную тенденцию к снижению затрат на 21 % у пациентов, прооперированных малоинвазивным методом Minar ($p = 0,002$).

Список использованных источников

1. Clayton, R.A. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries / R.A. Clayton, C.M. Court-Brown // Injury. – 2008. – Vol. 39. – P. 1338–1344.

2. Nordqvist, A. Incidence and causes of shoulder girdle injuries in an urban population / A. Nordqvist, C.J. Petersson // J. Shoulder Elbow Surg. – 1995. – Vol. 4. – P. 107–112.

3. Mazzocca, A. D. Evaluation and treatment of acromioclavicular joint injuries / A.D. Mazzocca, R.A. Arciero, J. Bicos // J. Sports Med. – 2007 – Vol. 35. – P. 316–329.

4. Sallakh, S.A. Evaluation of arthroscopic stabilization of acute acromioclavicular joint dislocation using the TightRope system / S.A. Sallakh // Orthopedics. – 2012. – Vol. 35. – P. e18–e22.

5. Horst, K. Operative treatment of acute acromioclavicular joint injuries graded Rockwood III and IV: risks and benefits in tight rope technique vs. k-wire fixation / K. Horst, T. Dienstknecht, M. Pishnamaz // Patient Saf Surg. – 2013. – P. 7–18.

6. Leidel, B.A. Consistency of long-term outcome of acute Rockwood grade III acromioclavicular joint separations after K-wire transfixation / B. A. Leidel, V. Braunstein, C. Kirchhoff // J. Trauma. – 2009. – Vol. 66. – P. 1666–1671.

7. Cutbush, K. All-Arthroscopic Technique for Reconstruction of Acute Acromioclavicular Joint Dislocations / K. Cutbush, K.M. Hirpara // Arthrosc Tech. – 2015. – Vol. 21. – P. 475–481.

25.05.2021

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛЕЧЕНИИ ЧАСТИЧНЫХ ДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ РОТАТОРНО-БИЦЕПИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

А. В. Савчук,

О. А. Даниленко, д-р мед. наук, доцент,

Учреждение здравоохранения «6-я городская клиническая
больница»;

Е. Р. Макаревич, д-р мед. наук, профессор,

Е. В. Жук, канд. мед. наук, доцент,

Белорусский государственный медицинский университет

Аннотация

Авторами была изучена экономическая эффективность, консервативного лечения 196 пациентов с повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса на базе УЗ 6 ГКБ г. Минска за период 2013 по 2020 годы с использованием разработанных подходов и внедрения новых технологий. Сокращение сроков пребывания пациентов в условиях стационара с применением новых технологий лечения позволяет сократить расход денежных средств. Суммарный экономический эффект составил 30726 бел. руб. Изучение параметров экономической эффективности свидетельствует о целесообразности применения внедряемых медицинских технологий. В результате суммарный размер экономии от снижения экономических потерь составил 24006 бел. руб.

ECONOMIC EFFECT FROM IMPLEMENTATION OF NEW TECHNOLOGIES IN TREATMENT OF PARTIAL DEGENERATIVE INJURIES OF THE ROTATOR-BICIPITAL COMPLEX

Abstract

The authors studied the economic efficiency of conservative treatment of 196 patients with injuries of the rotator-bicipital complex on the basis of the City Clinical Hospital No. 6 in Minsk for the period from 2013 to 2020 using the developed approaches and the introduction of new technologies. By reducing the length of time patients spend in hospital with new treatment technologies, it is possible to reduce the amount of money spent. The total economic effect was 30726 BYN. The study of the parameters of economic efficiency indicates the feasibility of using the introduced medical technologies. As a result, the total amount of savins from reducing economic losses amounted to 24006 BYN.

Цель исследования

Изучение параметров экономической эффективности лечения пациентов с частичными дегенеративными повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса, с использованием разработанных подходов и внедрением новых технологий.

Задачи исследования

Определить экономический эффект и суммарный размер экономии от снижения экономических потерь, с использованием разработанных подходов и внедрением новых технологий.

Актуальность

Повреждения плечевого сустава являются одной из частых причин обращения пациентов на приём к врачу травматологу-ортопеду [1–2]. Согласно данным, представленным Центром лечения боли при клинике нервных болезней Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (г.Санкт-Петербург, Российская Федерация), жалобы на боль в области плечевого сустава занимают 4-е место по частоте обращений и составляют 9,3 % всех консультаций [3]. Распространенность этой проблемы среди населения старше 18 лет, по данным исследователей среди популяции, составляет 4–7 %, увеличиваясь с возрастом (от 3–4 % в возрасте 40–44 лет до 15–20 % в возрасте 60–70 лет). Количество новых случаев заболевания в год на 1000 взрослого населения также зависит от возраста и составляет 4–6 в возрасте 40–45 лет и 8–10 в возрасте 50–65 лет с незначительным преобладанием женского населения[4].

Применение традиционного комплекса консервативного лечения, направленного на восстановление объема движений и купирование болевого синдрома с использованием нестероидных противовоспалительных препаратов, физиотерапии, массажа, лечебной физкультуры, предусматривает достаточно длительный курс лечения до 8 недель и далеко не во всех случаях обеспечивает полное купирование болевого синдрома в плечевом суставе, полного восстановления объема движений и нормальной функции ротаторного аппарата [5–10]. Таким образом, дегенеративные заболевания плечевого сустава представляют собой серьезную медико-социальную проблему вследствие широкой распространенности, а также значительных экономических потерь, причиняемых социально-ориентированному государству в результате длительной временной нетрудоспособности.

В публикации de Witte и соавт. описано несовершенство широко применяемых подходов к выполнению инъекций в области плечевого сустава, а именно отсутствие ультразвукового контроля при выполнении данного рода манипуляций [11].

В статье Даниленко (2019) отмечены хорошие результаты лечения пациентов с частичными повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса с применением аутологичной обогащённой тромбоцитами плазмы и локальных инъекций препаратов гиалуроновой кислоты под ультразвуковым контролем [12].

В своей работе Аскерко и соавторы (2007) произвели примерный подсчет экономических затрат (в у.е.) консервативного лечения пациентов с заболеваниями ротаторной манжеты плеча. Анализ представленных данных показал, что курс амбулаторного лечения требует значительных экономических затрат. В статье отмечена значительная длительность лечения, стоимость которого составила от 76,29 у.е. при частичных повреждениях с функциональной недостаточностью ротаторной манжеты плеча до 230,77 у.е. на одного пациента. Также была отмечена тенденция к увеличению затрат ввиду неизбежности выполнения оперативного вмешательства для получения удовлетворительной функции плечевого сустава [6].

В своей работе Malik и соавторы (2020) отмечают тенденцию к росту и высокие затраты при лечении патологии плеча для разных категорий системы здравоохранения США, системы Medicare и коммерческих структур, данные представлены в таблице 1, распределение было следующим: посещение врача (Medicare, 240 у.е.; коммерческие структуры, 249 у.е.), инъекции глюкокортикостероидов (Medicare, 97 у.е.; коммерческие структуры, 137 у.е.), инъекции натрия гиалуроната (Medicare, 422 у.е.; коммерческие структуры, 602 у.е.), физиотерапия (Medicare, 473 у.е.; коммерческие структуры, 551 у.е.) и нестероидные противовоспалительные лекарственные средства (Medicare, 208 у.е.; коммерческие структуры 136 у.е.) [13].

Таблица 1 – Затраты при лечении патологии плеча для разных категорий системы здравоохранения США в у.е.

Процедура	Категория системы здравоохранения	
	Medicare	Коммерческие структуры
Посещение врача	240	249
Инъекции глюкокортикостероидов № 1	97	137
Инъекции натрия гиалуроната № 1	422	602
Физиотерапия	473	551
Обезболивающие лекарственные средства	208	136

Это исследование охарактеризовало распределение затрат и использованных материальных ресурсов в год по поводу дегенеративных разрывов вращательной манжеты плеча путем анализа коммерческих и страховых требований. Результаты, приведенные Malik и соавторами (2020), показывают, что в среднем от 900 до 1300 у.е. было потрачено на лечение плечевого сустава в год до проведения оперативного вмешательства. Кроме того, отмечено активное использование инъекционных видов лечения за предшествующие 3 месяца перед операцией.

Все вышеперечисленное свидетельствует о том, что длительные сроки при неэффективном консервативном лечении требуют значительных материальных затрат при разных формах собственности системы здравоохранения.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие пациенты с частичными дегенеративными повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса в период с 2013 по 2020 гг., которые находились на стационарном лечении в Городской клинической больнице № 6 г.Минска. В нашем исследовании был произведен анализ данных 196 пациентов. Средний возраст составил $53,48 \pm 13,12$ года. Женщин – 110, мужчин – 86. Средний срок пребывания в стационаре составил $11,01 \pm 4,89$ дня. Проведение исследования было согласовано с комиссиями по этике на базе лечебного учреждения и носило сплошной открытый характер.

Критериями исключения из исследования были следующие: доказанные психические и поведенческие расстройства у пациентов, констатированные специалистом-психиатром, синдром дисплазии соединительной ткани, беременность независимо от сроков, констатированный синдром зависимости от алкоголя и наркотических веществ, симптоматическая и первичная эпилепсия с наличием судорог и припадков, сопутствующие заболевания в стадии декомпенсации, пациенты, перенесшие оперативное вмешательство на сухожильном аппарате плечевого сустава в анамнезе.

Согласно разработанным нами подходам показанием к консервативному лечению считали случаи с частичными дегенеративными повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса при наличии клинических проявлений в виде болевого синдрома и ограничения движений конечности и при отсутствии снижения силы конечности при посекторальном тестировании элементов ротаторно-бицепитального комплекса.

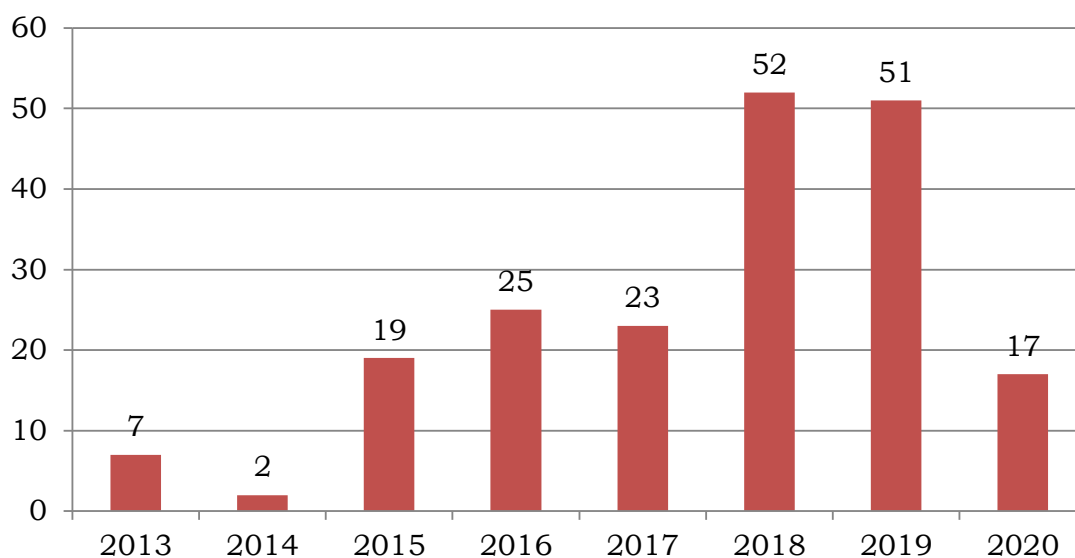


Рисунок 1 – Количество пациентов с частичными дегенеративными повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса пролеченных за период 2013–2020 гг.

На рисунке 1 представлена заболеваемость пациентов с частичными дегенеративными повреждениями ротаторно-бицепитального

комплекса в УЗ 6 ГKB в 2013–2020 гг., отмечается постоянный рост числа пролеченных пациентов. Это указывает на важность и социальную значимость проблемы, совершенствование алгоритмов диагностики и технические возможности стационара, в частности активное использование при диагностике ультразвуковых и магниторезонансных видов исследований. По структуре занятости неработающих n=8 (4 %), пенсионеров n=49 (25 %), рабочих лёгкого физического труда n=54 (28%), рабочих тяжёлого физического труда n=4 (3 %), служащих n=80 (40 %), учащихся n=1 (0 %).

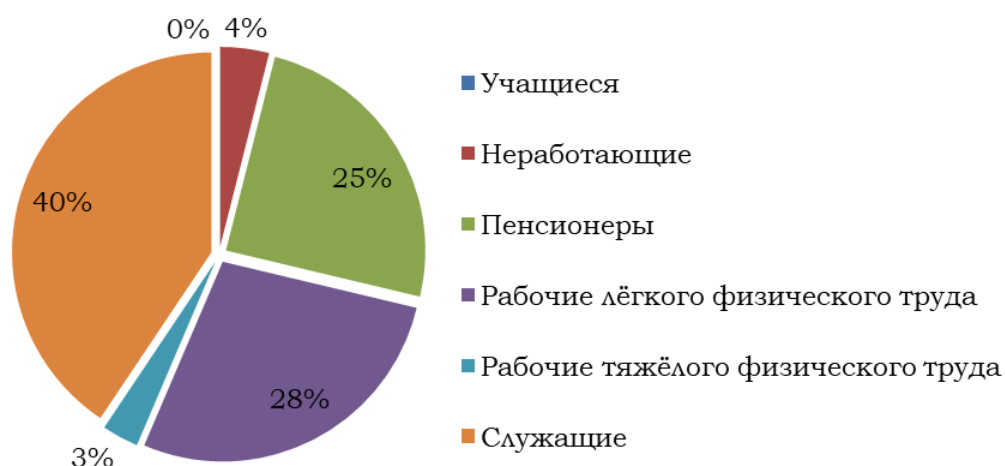


Рисунок 2 – Структура занятости пациентов с частичными дегенеративными повреждениями РБК в ЗТОО

На рисунке 2 представлена структура занятости пациентов с частичными дегенеративными повреждениями РБК пролеченных в ЗТОО УЗ 6 ГKB. На изображённой графической структуре 72 % пациентов являются людьми, активно вовлечёнными в экономическую деятельность.

Городской клинический центр травматологии и ортопедии УЗ 6 ГKB – центр применения новых биотехнологий, где используются дифференцированные подходы и применяется новая разработанная лечебная тактика консервативного лечения частичных дегенеративных повреждений ротаторно-бицепитального комплекса, которая подразумевает введение аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы под ультразвуковым контролем в повреждённый сектор по Nabermauer. При наличии синовиального выпота используются препараты низкомолекулярного натрия гиалуроната, которые вводятся строго в поврежденный сектор по Nabermauer. Глюкокортикостероиды используются при частичном повреждении сухожилия длинной головки бицепса с сохранённой структурой волокон и наличием синовита. Для улучшения точности введения лекарственных препаратов используется ультразвуковой контроль.

Пациенты были разделены на 4 группы в зависимости от вида лечения:

1 – лечение с использованием неинъекционных методов n=44;

- 2 – лечение с использованием глюкокортикостероидов n=50;
 3 – лечение с использованием низкомолекулярного натрия гиалуроната n=56;
 4 – лечение с использованием аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы n=46.

Нами произведена оценка экономической эффективности достигнутых различий в исходах лечения у пациентов исследуемых групп. Для оценки были взяты сведения о средней стоимости пребывания пациента в условиях травматологического отделения в сутки. Средняя стоимость одного койко-дня в травматологическом отделении 6-й ГKB на 2019 г. составила 128,09 бел. рубля (К). На лечение одного пациента 1-й группы со средним сроком пребывания потребовалось $12,23 \pm 5,48$, 2-й группы $12,04 \pm 3,15$ койко-дней, 3-й группы – $11,30 \pm 4,19$, 4-й группы – $8,35 \pm 5,39$. Произведен расчет доли экономии от сокращения периода пребывания по формуле $Эх = КЧ(X1-X2)$, где К – это средняя стоимость одного койко-дня, X1 и X2 – среднее количество дней пребывания.

При сравнении результатов между 1-й и 2-й группами лечения $Эх2 = 128,09 \cdot (12,23 - 12,04) = 24$ бел.руб.

При сравнении результатов между 1-й и 3-й группами лечения $Эх3 = 128,09 \cdot (12,23 - 11,30) = 119$ бел.руб.

При сравнении результатов между 1-й и 4-й группами лечения $Эх4 = 128,09 \cdot (12,23 - 8,35) = 497$ бел.руб.

Таблица 2 – Экономические показатели лечения пациентов с частичными дегенеративными повреждениями ротаторно-бицепитального комплекса в бел.руб. (с перерасчётом в у.е. по курсу НБРБ на 01.01.2020 1 у.е.= 2.1598 бел. руб. соответственно)

Показатели	Лечение с использованием нейнъекционных методов	Лечение с использованием глюкокортико-стероидов	Лечение с использованием низкомолекулярных гиалуронатов натрия	Лечение с использованием аутологичной обогащённой тромбоцитами плазмы
Количество пациентов	44	50	56	46
Средняя длительность лечения	$12,23 \pm 5,48$	$12,04 \pm 3,15$	$11,30 \pm 4,19$	$8,35 \pm 5,39$
Общий срок лечения в койко-днях	538	602	633	384
Средняя стоимость лечения, бел.руб. в ценах за 2019 год(у.е.)	1566 (725)	1542 (713)	1447 (670)	1068 (494)
Общая стоимость лечения, бел.руб.(у.е.)	68912 (31906)	77111 (35703)	81081 (37541)	49187 (22774)
Повторные курсы лечения	Через 1–2 года, до 50%	Через 1–2 года, до 50%	15%	нет

Таким образом, использование глюкокортикостероидов позволило достигнуть сокращения расходов на 24 бел. руб. (11 у.е.) в расчете на один случай лечения, использование низкомолекулярного натрия гиалуроната позволило достигнуть сокращения расходов от периода пребывания на лечении на 119 бел. руб. (55 у.е.) в расчёте на один случай лечения, а использование аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы на 497 бел. руб. (230 у.е.) на один случай лечения. Суммарный экономический эффект от внедрения разработанных авторами лечебных тактик составил 30726 бел. руб. В перерасчёте в у.е. (по курсу НБРБ на 01.01.2020 1 у.е.= 2.1598 бел. руб.) составляет соответственно 14226 у.е.

Аналогично определению размеров экономии от снижения затрат на лечение мы определили размеры экономии от снижения потерь (ущерба) в расчёте на один случай заболевания.

Доля Эд определяется по следующей формуле (1):

$$\text{Доля Эд} = D \cdot (T_x - T_y), \quad (1)$$

где D — средний размер валового внутреннего продукта в расчете на одного работающего, занятого в производстве один рабочий день (в Республике Беларусь на одного работающего приходится 25230 бел. руб. в год и было 252 рабочих дня по данным национального статистического портала за 2019 г.);

T_x и T_y — средняя продолжительность одного случая временной утраты трудоспособности при базовой и предлагаемой медицинской технологии.

$$\text{Эд(ГКС)} = 100.12 \cdot (12.23 - 12.04) = 19 \text{ бел. руб.}$$

$$\text{Эд(ГН)} = 100.12 \cdot (12,23 - 11,30) = 93 \text{ бел. руб.}$$

$$\text{Эд(АОТП)} = 100.12 \cdot (12,23 - 8,35) = 388 \text{ бел. руб.}$$

Так использование предлагаемых медицинских технологий позволило увеличить размеры экономии от снижения потерь в расчёте на один случай заболевания с использованием глюкокортикостероидов на 19 бел. руб. (8.79 у.е.), использование натрия гиалуроната на 93 бел. руб. (43.06 у.е.), а использование аутологичной обогащенной тромбоцитами плазмы на 388 бел. руб. (179.65 у.е.).

В результате суммарный размер экономии от снижения экономических потерь от внедрения разработанных авторами медицинских технологий составил 24006 бел. руб., что при перерасчёте в у.е. (по курсу НБРБ на 01.01.2019 1 у.е.=2.1598 бел. руб.) составляет соответственно 11114 у.е.

Выводы:

1. В результате сокращения сроков пребывания пациентов в условиях стационара, с применением новых технологий лечения, определяется сокращение расхода денежных средств на пребывание пациента. Суммарный экономический эффект от внедрения

разработанных авторами лечебных тактик составил 30726 бел. руб. В перерасчёте в у.е. (по курсу НБРБ на 01.01.2019 1 у.е.= 2.1598 бел. руб.) составляет соответственно 14226 у.е.

2. Изучение параметров экономической эффективности свидетельствует о большей целесообразности применения внедряемых медицинских технологий. В результате суммарный размер экономии от снижения экономических потерь, внедрения разработанных авторами медицинских технологий составил 24006 бел. руб. В перерасчёте в у.е. (по курсу НБРБ на 01.01.2019 1 у.е.=2.1598 бел. руб.) составляет соответственно 11114 у.е.

Список использованных источников

1. Walch, G. Rotator cuff tears: epidemiology, differentiation, clinical presentation and natural history / G. Walch, E. Noel, A. Boulahia // *Rheumatology*. 1999. – Vol. 28, № 4. – P. 129–136.

2. Shoulder joint impairment among Finns aged 30 years or over: prevalence, risk factors and co-morbidity / M. Makela [et al.] // *Rheumatology*. – 1999. – Vol. 38 (6). – 656–662.

3. Живолупов, С.А. Основные направления в оптимизации лечения болевых синдромов у неврологических больных: нейрофизиологический анализ, топико-нозологическая интерпретация, алгоритм формирования болезнь-модифицирующей комплексной терапии / С.А. Живолупов, И.Н. Самарцев, Е.Н. Яковлев // *Consilium Medicum*. – 2014. – № 2. – С. 15–23.

4. Efficacy and safety of corticosteroid injections and other injections for management of tendinopathy: A systematic review of randomised controlled trials / В.К. Coombes [et al.] // *Lancet*. – 2010. – Vol. 376(9754). – P. 1751–1767.

5. Макаревич, Е.Р. Лечение повреждений вращательной манжеты плеча / Е.Р. Макаревич, А.В. Белецкий. – Минск: БГУ, 2001. – 163 с.

6. Экономические затраты и возможности их снижения при комплексной медицинской реабилитации больных с патологией ротаторной манжеты плеча / Э.А. Аскерко [и др.] // *Новости хирургии*. – 2007. – № 15 (2). – С. 98–105.

7. Исайкин, А.И. Причины и лечение боли в плече / А.И. Исайкин, А.А. Черненко // *Медицинский совет*. – 2013. – № (12). – С. 20–26.

8. Прудников, Е.Е. Простые секреты «Загадочного» замороженного плеча: диагностика и лечение / Е.Е. Прудников, Д.О. Прудников, О.Е. Прудников // *Политравма*. – 2008. – № 3. – С. 22–28.

9. Грибачева, И.А. Биомеханические изменения при тендинитах вращательной манжеты плеча и эффективность консервативных методов их коррекции / И.А. Грибачева, В.А. Дробышев, А.Ю. Овечкина // *ВНМТ*. – 2006. – №4. – С. 103–105.

10. Rehabilitation of symptomatic atraumatic degenerative rotator cuff tears: A clinical commentary on assessment and management / S. Bleichert [et al.] // *Hand Ther*. – 2017. – Vol. 30(2). – P. 125–135.

11. Rotator Cuff Calcific Tendinitis: Ultrasound-Guided Needling and Lavage Versus Subacromial Corticosteroids: Five-Year Outcomes of a Randomized Controlled Trial / P.B. De Witte [et al.] // The American journal of sports medicine. – 2017. – Vol. 45(14). – P. 3305–3314.

12. Даниленко, О.А. Консервативное лечение травматических повреждений ротаторно-бицепитального комплекса / О.А. Даниленко // Медицинский журнал. – 2019. – № 1. – С. 124–128.

13. Health Care Utilization and Costs in the Year Prior to Arthroscopic Rotator Cuff Repair / A.T. Malik [et al.] // Orthop J Sports Med. – 2020. – Vol. 8(7). – P. 1–7.

17.05.2021

УДК 615.8:616.718.49-001-089.8

**О ВЛИЯНИИ МЕТОДА СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ИНТЕРВАЛЬНОЙ ВАКУУМНОЙ ТЕРАПИИ
И КИНЕЗИОТЕЙПИРОВАНИЯ НА СРОКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ**

М. В. Шпехт,

Государственное учреждение «Областной диспансер спортивной медицины»;

Л. А. Пирогова, д-р мед. наук, профессор,

Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»

Аннотация

В статье описаны элементы нового метода сочетанного применения интервальной вакуумной терапии (ИВТ) и кинезиологического тейпирования в ходе реабилитационных мероприятий после реконструкции передней крестообразной связки (ПКС). Установлены и показаны параметры ИВТ, описаны методы наклеивания кинезиологических тейпов и периоды их сочетанного применения. Рассчитаны сроки восстановления по ряду исследуемых параметров, таких, как угол сгибания, боль, отек, силовой тест. Установлено статистически достоверное влияние предлагаемого метода на сокращение сроков восстановительного периода с помощью критерия Манна-Уитни, критерия Вилкоксона, точного теста Фишера.

ON THE EFFECT OF THE COMBINED USE OF INTERVAL VACUUM THERAPY AND KINESIOTAPING ON THE RECOVERY TIME OF THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT AFTER RECONSTRUCTION

Abstract

The article describes the elements of the new method of combined application of interval vacuum therapy (IVT) and kinesiological taping during rehabilitation measures after reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL). The parameters of IVT are established and shown the methods of gluing kinesiological tapes and the periods of their combined use are described. The recovery time was calculated for a number of studied parameters, such as: flexion angle, pain, edema, and strength test. The statistically significant effect of the proposed method on the reduction of the recovery period was established using the Mann-Whitney test, the Wilcoxon test, and the Fisher exact test.

Введение

Передняя крестообразная связка (ПКС) является одной из основных, обеспечивающих стабильность коленного сустава. Она играет важную роль в нормальном функционировании и правильной моторной функции коленного сустава, являясь осью его вращения. ПКС соединяет заднюю часть межмышцелковой поверхности латерального мыщелка бедренной кости с передней частью суставной поверхности верхнего конца большеберцовой кости. Кроме того, находящиеся в ней нервные окончания в ответ на нагрузку и изменение положения сустава дают сигналы мышцам, стабилизирующим колено. Таким образом, ПКС предупреждает вывихи и неустойчивость в колене при ходьбе, беге, прыжках, т.е. в тех ситуациях, когда происходит внезапное изменение направления движения. При травматизации крестообразных связок коленного сустава происходит частичный или полный отрыв связки от места крепления к большой берцовой кости. К этому может привести внезапное резкое скручивание, бег, приземление с прыжка или удар по колену или голени. Наиболее часто это происходит у спортсменов активных видов спорта.

Разорванная связка самостоятельно не срастается. При условии невылеченной травмы ПКС в будущем нарушается функция коленного сустава, как следствие, снижается двигательная активность, развивается артроз, гипертрофия мышц бедра, повреждение внутреннего мениска, человека мучают постоянные боли. Наибольшую результативность в лечении разрыва ПКС имеет пластика методом артроскопии. Артроскопия является одним из наиболее результативных современных методов лечения различного рода повреждений в коленном суставе [1, 2].

Существует несколько типов методики пластики ПКС, однако суть всех методик практически одинакова: пластика осуществляется посредством замещения сухожилия трансплантатом или тканью сухожилий самого пациента. Полное время восстановления ПКС

коленного сустава длится в среднем от 8 до 12 месяцев [3]. Это зависит как от физических особенностей самого пациента, так и от комплекса реабилитационных мероприятий, проводимых врачом-реабилитологом.

Анализ научных статей по вопросам реабилитации ПКС показал, что после реконструкции ПКС все время восстановления делится условно на 4 периода: пассивный, предварительный, активный, завершающий или на две фазы: предоперационную и послеоперационную. В активном периоде проводится ряд стандартных процедур, в числе которых назначают магнитотерапию; ультразвуковую терапию; криотерапию [4, 5]. В научных статьях [6–9] описано применение механотерапии, электростимуляции, кинезиотейпирования, а также комплекса упражнений лечебной физкультуры.

Сроки реабилитации пациентов после пластики ПКС во многом определяются новыми методами, которые будут обеспечивать их сокращение. В своей работе мы покажем элементы метода сочетанного применения интервальной вакуумной терапии (ИВТ) и кинезиотейпирования, определим сроки восстановительного периода по ряду исследуемых параметров, а также оценим влияние предлагаемого метода на сроки восстановления ПКС после её реконструкции.

Цель исследования: разработать метод сочетанного применения ИВТ и кинезиотейпирования для сокращения сроков реабилитации пациентов после реконструкции ПКС. Определить сроки восстановления по выбранным нами параметрам и с помощью статистических критериев оценить влияние разработанного метода на сроки восстановления ПКС после реконструкции.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе ГУ «Областной диспансер спортивной медицины» города Гродно.

Для исследования были выделены две группы спортсменов: экспериментальная и контрольная, которым была проведена реконструкция ПКС. В экспериментальной группе осуществлялось сочетанное применение ИВТ на установке VACUSPORT и кинезиотейпирование оперированного сустава.

Основой работы ИВТ является создание вакуумным насосом отрицательного давления в камере аппарата. Под воздействием вакуума кровь оттекает из области с относительно высоким давлением (верхняя часть тела вне камеры) в область пониженного давления (нижняя часть тела внутри камеры). Пациент находится в аппарате лежа на спине, ноги и нижняя часть туловища – внутри камеры. Аппарат способен создавать пульсирующее отрицательное давление с заданными параметрами, которые определяются программами.

Кинезиотейпы – хлопковые эластичные ленты, покрытые клеящим гелем, по своим свойствам приближены к эластичным свойствам кожи. Эффективность их применения ранее показана авторами, например, в публикации [4].

Пациентам экспериментальной группы дважды за период реабилитации был предложен сочетанный метод интервального вакуумного воздействия с кинезиотейпированием оперированного

коленного сустава. Эти временные интервалы приходятся на 3–4-ю и 9–10-ю недели послеоперационного периода.

В первом случае на временном интервале 3–4-й недели после пластики ПКС воздействие интервальным вакуумом осуществлялось по программе №5, которая характеризовалась мощностью от 48 до 60 мбар в течение 30 минут. Кинезиологическое тейпирование проводилось по дренирующей методике. Особенности дренирующей методики определялась следующим алгоритмом действий. От ленты кинезиотейпа отрезалось две полоски длиной от нижней трети бедра до бугристости большеберцовой кости. Оставлялся якорь длиной 5 см. Остальной участок кинезиотейпа разрезался на четыре равные полоски. Края всех полосок закруглялись. Кожа предварительно обезжиривалась. Коленный сустав сгибался под углом 90 градусов. Якорь наклеивался без натяжения на нижнюю треть бедра. Каждая полоска кинезиотейпа наклеивалась через коленный сустав на противоположную сторону голени с натяжением 25 %, образуя на коленном суставе решетку (рисунок 1, а).



а) д) стимулирующая, б) дренирующая

Рисунок 1-- Методики применения кинезиологических тейпов

На временном интервале 9–10-й недели воздействие ИВТ осуществлялось по программе № 6. Мощность интервального вакуума составила от 46 до 64 мбар в течение 45 минут. Кинезиологическое тейпирование проводилось по стимулирующей методике (рисунок 1, б). Особенности стимулирующей методики наклеивания кинезиотейпов состоят в том, что в отличие от дренирующей методики одна лента кинезиологического тейпа разрезается на две полоски и наклеивается якорем на четырехглавую мышцу бедра, огибая коленный сустав с натяжением до 50 %, спускается на голень. Вторая лента

кинезиотейпа огибает коленный сустав под надколенником с натяжением 25 % и заканчивается якорем у подколенной ямки.

Курс и в первом, и во втором случаях составил 10 процедур. Перед процедурой проводилась оценка выраженности имеющихся симптомов по функциональным классам. После окончания курса проверялась эффективность проведенных реабилитационных мероприятий.

Для оценки влияния сочетанного метода на сроки восстановления ПКС после её реконструкции нами были выбраны следующие параметры: угол сгибания коленного сустава, силовой тест, болевой синдром и отёк. Угол сгибания фиксировался на временных интервалах с 1-й недели после операции до 10-й недели. Силовой тест проводился на временных срезах с 8-й недели до 24-й недели. Показатели «боль» и «отёк» – от 1-й недели до 8-й недели.

Контрольная группа проходила реабилитацию по стандартной программе. Измерение исследуемых параметров осуществлялось еженедельно на выделенных временных срезах. Для статистической обработки результатов исследования применялись непараметрический критерий Вилкоксона, тест Манна – Уитни, описательные статистики и точный тест Фишера.

Результаты исследования и их обсуждение.

Для оценки влияния метода сочетанного применения ИВТ и кинезиотейпирования на сроки восстановления ПКС после реконструкции было проведено статистическое сравнение контрольной и экспериментальной групп по углу сгибания на выделенных временных срезах с помощью двух критериев: Вилкоксона (для сравнения с нижней границей нормы) и теста Манна – Уитни (для выявления достоверности различий) [9].

За норму примем интервал для угла сгибания от 1250 до 1400. Сроком восстановления будем считать тот временной интервал, в котором уровень показателя «угол сгибания» начинает превышать нижнюю границу нормы, и различия в контрольной и экспериментальной группах будут статистически значимыми.

Нами был проведен статистический анализ метрического показателя «угол сгибания» начиная с 1-й недели послеоперационного периода по 10-ю неделю. Сравнение производилось на каждом временном срезе. Также дополнительно для признака «угол сгибания» с помощью непараметрического критерия Вилкоксона на каждом временном срезе проверялись гипотезы об отличии уровня признака от условной нижней границы нормы (1250) с целью определить, как быстро идёт восстановление показателя в каждой группе.

Анализ расчета статистических критериев для первых 7 недель по углу сгибания показал, что уровни признака в экспериментальной и контрольной группах не превышают нижнюю границу нормы, но начиная со второй недели отличаются друг от друга ($p < 0,05$). Начиная с 8-й недели послеоперационного периода в экспериментальной группе (группа 2) не менее половины пациентов способны согнуть

оперированное колено на угол 1250 и более градусов ($p < 0,001$, $W = 231$). В контрольной группе, где применяется стандартная программа реабилитации, таких пациентов нет.

В качестве примера приведем описательные статистики и результаты применения статистических критериев в таблице 1 по показателю «угол сгибания» на 8-й послеоперационной неделе

Таблица 1 – Описательные статистики и значения критериев для показателя «угол сгибания» на временном срезе «Неделя 8»

Группа	Объём	Min	Max	$M \pm m$	Доверительный интервал для среднего	Доверительный интервал для медианы	Me (Q1;Q3)	Отличие от нормы (125)	Тест Манна-Уитни
Группа 1	29	105	125	114.31±0.95	114±2	115±1	115 (110;115)	W=0 p=1	W=12, p=0***
Группа 2	29	125	135	129.14±0.56	129±1	130±1	130 (125;130)	W=231 p=0***	

На 10-й неделе (таблица 2) в контрольной группе (группа 1) статистически значимого превышения нижней границы нормы угла сгибания не наблюдается ($p = 0,804$, $W = 46$). На этом временном промежутке в экспериментальной группе показатель «угол сгибания» у всех пациентов находится в пределах нормы (1250–1400).

Таблица 2 – Описательные статистики и значения критериев для показателя «угол сгибания» на временном срезе «Неделя 10»

Группа	Объём	Min	Max	$M \pm m$	Доверительный интервал для среднего	Доверительный интервал для медианы	Me (Q1;Q3)	Отличие от нормы (125)	Тест Манна-Уитни
Группа 1	29	115	135	124.31±0.95	124±2	125±2	125 (120;125)	W=46 p=0.804	W=114.5, p=0***
Группа 2	29	125	140	130.86±0.56	131±1	130±1	130 (130;130)	W=378 p=0***	

Таким образом, на основании применения статистических критериев для показателя «угол сгибания» в экспериментальной группе восстановление идет быстрее, начиная уже со 2-й недели послеоперационного периода. К 8-й неделе экспериментальная группа выходит на нижнюю границу нормы, а к 10-й наблюдается полное восстановление.

Приведём для наглядности коробковые диаграммы показателя «угол сгибания» (рисунок 2) на различных временных срезах от 1-й до 10-й недели.

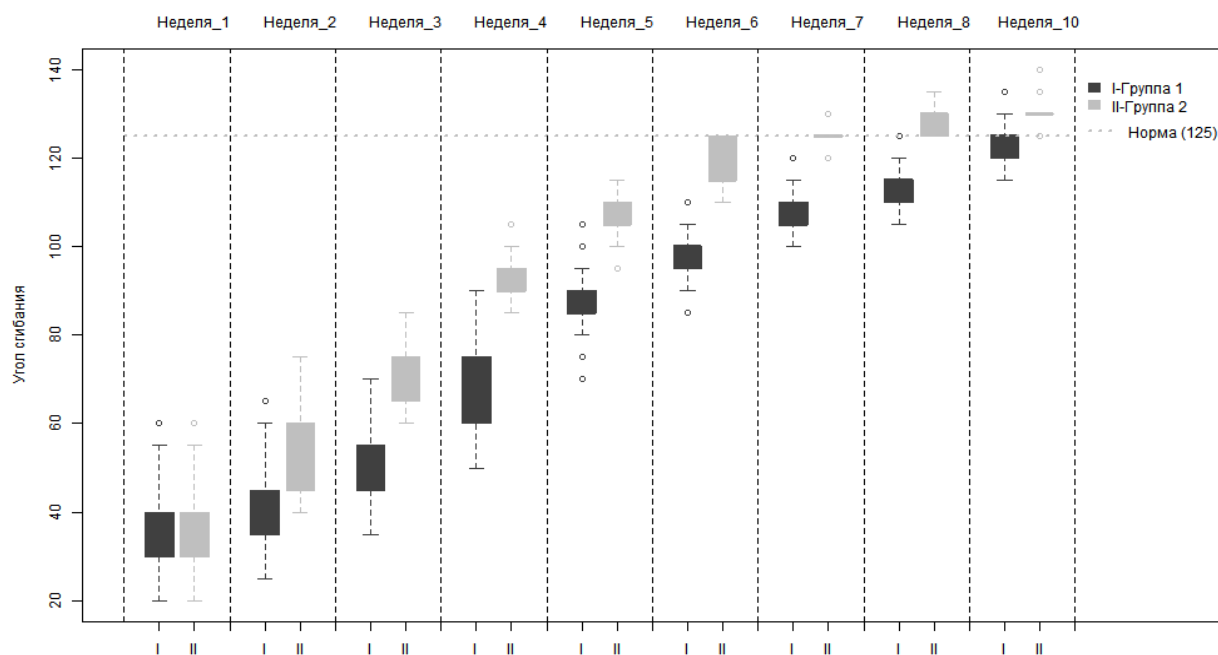


Рисунок 2 – Коробковые диаграммы показателя «угол сгибания» на разных временных срезах

Статистический анализ распределения метрического показателя «силовой тест» в двух группах на каждом временном срезе проводился с помощью точного критерия Фишера (временные интервалы – с 8-й недели по 24-ю неделю). Максимальный балл при выполнении силового теста – 4. Если 50% и более пациентов выполнили силовой тест на 4 балла в выбранном временном промежутке, то этот промежуток будем считать сроком восстановления ПКС. Построенные таблицы сопряженности группы и показателя «силовой тест» на каждом срезе позволяют проследить динамику изменения показателя в каждой группе, а также анализировать различия между ними на конкретном временном отрезке. Приведем в качестве примера таблицу 4 на временном срезе «Неделя 24», временном промежутке, где появляется 55 % пациентов в экспериментальной группе, способных выполнить силовой тест на 4 балла.

Таблица 4 – Таблица сопряженности группы и показателя «силовой тест» на временном срезе «Неделя 24»

Группа / Баллы	<4	=4	all/ FET-statistics
Группа 1	25 (86.21 %)	4 (13.79 %)	29 (100 %)
Группа 2	13 (44.83 %)	16 (55.17 %)	29 (100 %)
all	38	20	p=0.002**
Попарные сравнения	0.0018**	0.0018**	

Таким образом, установлено, что на 24-й неделе в экспериментальной группе 55,17 % пациентов способны выполнить силовой тест на максимальное число баллов, в то время как в контрольной группе таких пациентов всего 13,79 %. Это различие является статистически значимым на уровне значимости $p=0,002$.

Приведем для наглядности столбчатые диаграммы показателя «силовой тест» в контрольной и экспериментальной группах на различных временных интервалах (рисунок 3). Из диаграмм видно, что в контрольной группе на 20-й неделе 3,4 % (1 человек) способны выполнить силовой тест на максимальное количество баллов. Это не является статистически значимым и, вероятно, обусловлено особенностями физического развития спортсмена.

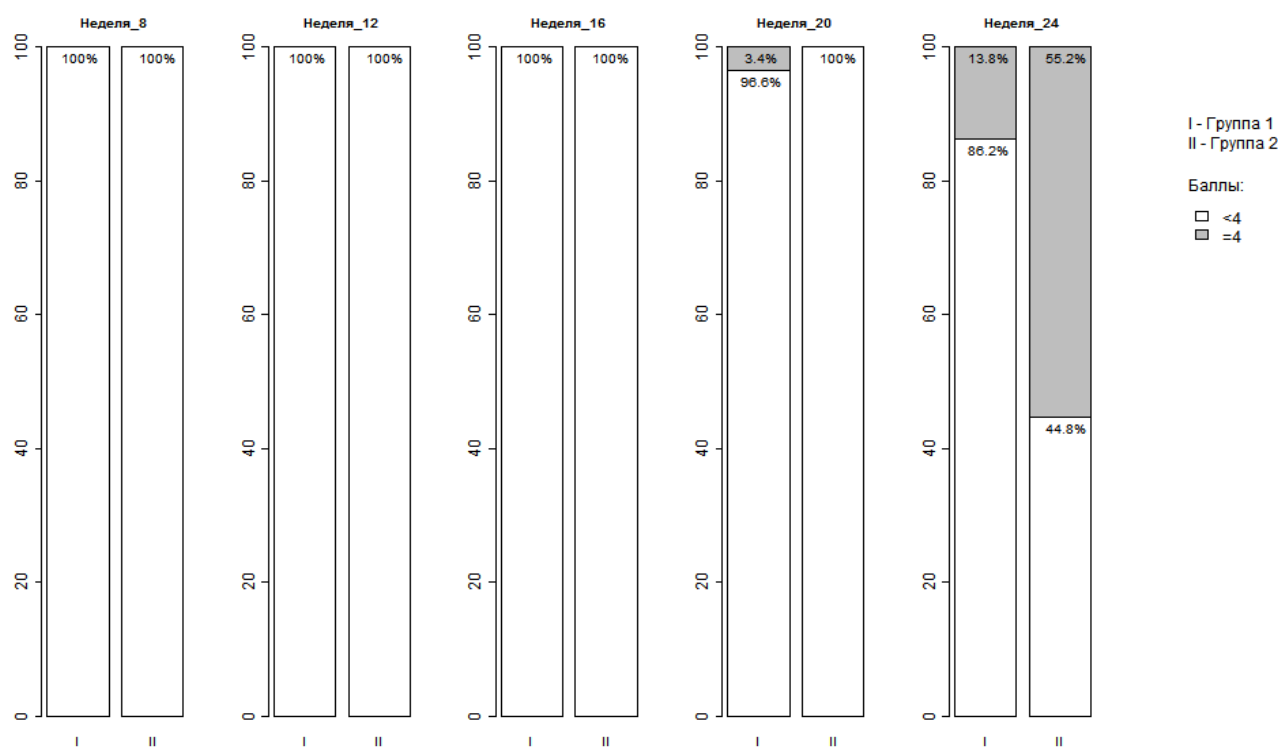


Рисунок 3 – Столбчатые диаграммы показателя «силовой тест» на разных временных срезах

С помощью точного критерия Фишера проанализируем еще один балльный показатель – «боль». Временные интервалы – с 1-й послеоперационной недели по 8-ю неделю. В отличие от силового теста у метрического показателя «боль» максимальный показатель – 0 баллов, т.е. отсутствие боли. Сроком полного восстановления будем считать тот временной срез, на котором 50 % и более пациентов в группе не будут испытывать боль. Применение теста и построенные на его основании таблицы сопряженности группы и показателя «боль» показали, что пациенты, у которых проходит боль после применения сочетанной методики и кинезиотейпирования появляются уже на 3-й и 4-й послеоперационной неделе, хотя их доля ещё не превышает статистически значимо процент таких же пациентов в контрольной группе. Но уже,

согласно нашей гипотезе, 6-ю неделю можно считать сроком полного восстановления по показателю «боль», так как именно на этом временном срезе 21 человек из 29 (примерно 69 %) в экспериментальной группе не испытывает боль. В контроле на этом срезе доля таких пациентов значимо ниже – 3,45 % ($p < 0,0001$). Более того, контрольная группа даже на 8-й неделе послеоперационного периода имеет только 13 человек (44,8 %) с отсутствием боли. Приведем в качестве примера таблицу 5, соответствующую временному срезу «Неделя 6», где появляется более 50 % пациентов, у которых отсутствует болевой синдром.

Таблица 5 – Таблица сопряженности группы и показателя «боль» на временном срезе «Неделя 6»

Группа / Баллы	>0	=0	all/ FET-statistics
Группа 1	28 (96.55%)	1 (3.45%)	29 (100%)
Группа 2	9 (31.03%)	20 (68.97%)	29 (100%)
All	37	21	$p=0^{***}$
Попарные сравнения	0^{***}	0^{***}	

Аналогичным образом проведем анализ балльного показателя «отёк». Применение точного критерия Фишера показало, что, уже начиная с 4-й послеоперационной недели, в экспериментальной группе после применения сочетанной методики появляется несколько пациентов, у которых отёк полностью проходит (максимальный балл – 0, что означает полное отсутствие отёка), но различия между контролем и экспериментом ещё не значимы. Доля пациентов с полным отсутствием отёка в экспериментальной группе становится более 50 % на временном срезе «Неделя 6» – 58,62 %, а в контроле на этом срезе – только 10,34 %, что значимо меньше ($p=0,0002$, таблица 6). На 8-й послеоперационной неделе отёк проходит уже у около 90 % пациентов экспериментальной группы и составляет чуть больше 40 % в контрольной группе ($p < 0,0001$).

Таблица 6 – Таблица сопряженности группы и показателя «отёк» на временном срезе «Неделя 6»

Группа / Баллы	>0	=0	all/ FET-statistics
Группа 1	26 (89.66%)	3 (10.34%)	29 (100%)
Группа 2	12 (41.38%)	17 (58.62%)	29 (100%)
All	38	20	$p=0.0002^{***}$
Попарные сравнения	0.0002^{***}	0.0002^{***}	

Таким образом, для балльного показателя «отёк» полным сроком восстановления после реконструкции ПКС и применения сочетанной методики вакуумной интервальной терапии и кинезиотейпирования можно считать временной срез «Неделя 6», так же, как и для метрического показателя «боль».

Приведём для наглядности столбчатые диаграммы показателя «отёк» на различных временных срезах в группах (рисунок 4).

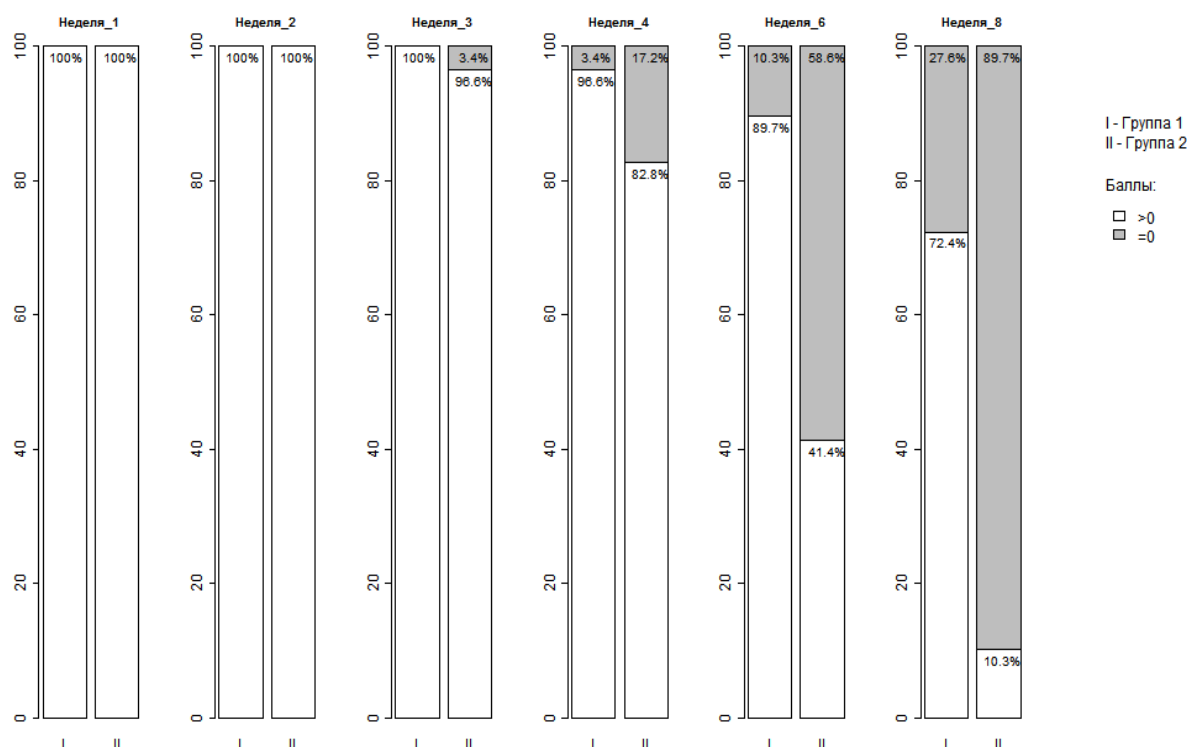


Рисунок 4 – Столбчатые диаграммы показателя «отёк» на разных временных срезах

Выводы

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1 Предложены дополнительные элементы реабилитационных мероприятий после реконструкции передней крестообразной связки, включающие сочетанное применение интервальной вакуумной терапии и кинезиологического тейпирования с описанием параметров и способов их применения.

2 На основании проведенного статистического анализа полученных результатов установлено достоверное влияние сочетанного применения интервальной вакуумной терапии и кинезиологического тейпирования на сроки восстановительного периода.

3 По ряду исследованных параметров (угол сгибания, силовой тест, боль и отёк тканей) рассчитаны сроки восстановления передней крестообразной связки после хирургической реконструкции. Установлено, что они значительно сокращаются при сочетанном применении кинезиотейпирования и интервальной вакуумной терапии и по сравнению с контрольной группой пациентов составляют: 8 недель – по углу сгибания, 24 недели – по силовому тесту и 6 недель – по болевому синдрому и отёку тканей.

Список использованных источников

1. Бальжинимаев, Д.Б. Анализ результатов артроскопического восстановления передней крестообразной связки по трансстибиальной методике / Д.Б. Бальжинимаев, И.Н. Михайлов, Н.В. Тишков // Сибирский медицинский научный журнал. – 2018. – № 4. – С. 25–28.
2. Карасева, Т.Ю. Артроскопические технологии лечения больных с нестабильностью коленного сустава / Т.Ю. Карасева, Е.А. Карасев // Гений ортопедии. – 2013. – № 4. – С. 38–43.
3. Ренстрём, П.А.Ф.Х. Спортивные травмы. Клиническая практика предупреждения и лечения / П.А.Ф.Х. Ренстрём. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – 431с.
4. Применение оригинального кинезиотейпирования при травмах и заболеваниях / В.Г. Крючок [и др.]. – Минск, 2016. – 26 с.
5. Лоскутов, А.Е. Медицинская реабилитация больных после артроскопии коленного сустава / А.Е. Лоскутов, М.А. Головаха // Вісник ортопедії, травматології та протезування. – 2008. – № 4. – С. 31–35.
6. Федулова, Д.В. Реабилитация после сочетанной травмы: разрыва крестообразной связки и мениска / Д.В. Федулова, Г.А. Ямалетдинова, Д.А. Давыдов // Безопасность здоровья человека. – 2017. – № 2. – С. 38–49.
7. Федулова, Д.В. Применение средств и форм ЛФК в реабилитации людей после операции на крестообразных связках коленного сустава / Д.В. Федулова, Д.А. Давыдов, Н.Б. Серова // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная реакция. – 2016. – Т. 1, №4. – С. 59–62.
8. Давиденко, О.В. Фізична реабілітація хворих з пошкодженнями передньої хрестоподібної зв'язки колінного суглобу в післяопераційному періоді / О.В. Давиденко, В.Ф. Гагара // Проблеми фізичного виховання і спорту. – 2011. – № 7. – С. 19–21.
9. Исходы восстановления передней крестообразной связки / М.Э. Ирисметов [и др.] // Гений ортопедии. – 2019 – Т. 25, № 3. – С. 285–289.

02.02.2021

УДК 796.01:615.8+616.9

ГЕМОФИЗИОТЕРАПИЯ В ЭПОХУ COVID: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Д. К. Зубовский, канд. мед. наук,

Белорусский государственный университет физической культуры;

Н. Г. Кручинский, д-р мед. наук, профессор,

Учреждение образования «Полесский государственный университет»;

Т. М. Брук, д-р биол. наук, профессор,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»

Аннотация

У большинства инфицированных SARS-CoV-2 клиническое течение заболевания определяется чрезмерной реакцией иммунной системы с выбросом несбалансированного количества провоспалительных цитокинов и развитием коагулопатии. Медикаментозная терапия COVID-19 носит неспецифический характер и во многих случаях не является эффективной. В связи с этим перспективным и эффективным компонентом лечения и медицинской реабилитации при COVID-19 может стать использование технологий физиотерапии, основанных на воздействии физическими факторами на кровь – гемофизиотерапия.

HAEMOPHYSIOTHERAPY DURING THE COVID ERA: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

Abstract

In the majority of patients infected with SARS-CoV-2, the clinical course of the disease is defined by an overreaction of the immune system with the release of unbalanced amounts of pro-inflammatory cytokines and the development of coagulopathy. COVID-19 pharmacological therapy is non-specific and in many cases is not effective. In this regard, the use of physiotherapy techniques based on the effects of physical factors on the blood - haemophysiotherapy - can be a promising and effective component of treatment and medical rehabilitation for COVID-19.

11 марта 2020 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила о пандемии тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), вызванного коронавирусом типа 2 (SARS-CoV-2), введя термин

«коронавирусная болезнь 2019» (COVID-19). Считается установленным, что основной мишенью для SARS-CoV-2 является рецептор ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) клеток альвеолярного эпителия, в цитоплазме которых происходит репликация вируса с последующим развитием тяжелой пневмонии и SARS.

Одним из основных факторов тяжелого развития заболевания считается «цитокиновый шторм» – чрезмерная реакция компонентов врожденного иммунитета с выбросом несбалансированного количества провоспалительных цитокинов [1]. В этом процессе выделяют роль интерлейкина-6 (IL-6), активаторов его экспрессии – интерлейкина-1 β (IL-1 β) и фактора некроза опухоли- α (TNF- α), а также – интерлейкина-2 (IL-2) [2]. Подчеркивается прямая корреляция уровней этих цитокинов с тяжестью

Другой важнейшей особенностью патогенеза заболевания является COVID-19-ассоциированная коагулопатия [4]. Среди ее механизмов особую роль отводят выраженной активации тромбоцитов [5], связывая темпы и масштабы агрегации с тяжестью заболевания и смертностью при COVID-19. Респираторную дисфункцию и гипоксемию усугубляют также нарушения реологических свойств крови, к которым ведут уменьшение подвижности, ухудшение деформируемости и увеличение агрегации эритроцитов [6]. Важным аспектом гипоксемии при COVID-19 может явиться нарушение под воздействием вируса способности гемоглобина транспортировать кислород, что связывают с вытеснением из молекулы гемоглобина атома двухвалентного железа и практически – разрушением гемоглобина внутри эритроцита [7].

Несмотря на разработанное ВОЗ временное руководство по клиническому ведению случаев COVID-19 от 27 мая 2020 г., препаратов для лечения заболевания с доказанной эффективностью пока нет. В отсутствие на данный момент этиотропного лечения COVID-19 основное значение приобретают противовоспалительная и иммуномодулирующая терапия, направленная на ключевые факторы патогенеза возникающих состояний. Это – глюкокортикостероиды (ГКС), моноклональные антитела (мАТ) к рецепторам интерлейкинов и другие группы препаратов. Применение ГКС, как давно известно, связано с риском вторичной инфекции. Большая опасность состоит также в способности ГКС повышать концентрацию факторов свертывания и фибриногена и тем самым вызывать тромбозы. Кроме того, ГКС-терапия может способствовать так называемому длительному синдрому COVID, который проявляется усталостью, миопатией и даже психическими расстройствами. В целом данные об эффективности ГКС при лечении COVID-19 признаются неубедительными, как и при лечении других тяжелых респираторных вирусных инфекций (SARS, MERS и др.) [8]. Также указывается на недостаточную эффективность таргетных мАТ в подавлении «цитокинового шторма». Главная же сложность состоит в возможности мутаций с последующими изме-

нениями в структуре спайковых белков SARS-CoV-2, что и может влиять на эффективность доступных в настоящее время МАТ [9].

Второе направление лечения COVID-19 – антикоагулянтная терапия. В настоящее время назначение профилактических доз низкомолекулярных гепаринов считается показанным всем госпитализированным пациентам. Среди рисков здесь, прежде всего, отмечается угроза развития гепарин-индуцированной тромбоцитопении и кровотечения. В связи с этим подчеркивается необходимость проведения дополнительных исследований, чтобы получить убедительные доказательства безопасного совместного использования гепарина и ГКС для лечения осложнений COVID-19 в связи с возможностью клинически значимых взаимодействий обеих групп этих препаратов [10].

Учитывая продолжающееся обсуждение возможностей фармакотерапии COVID-19, мы акцентируем внимание на использовании технологий физиотерапии, основанных на воздействии физическими факторами на кровь *in vivo* или *in vitro* (экстракорпорально) – гемофизиотерапии (ГФТ). Для этого при различной патологии наиболее часто применяют магнитные поля (МП), ультрафиолетовое и низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ). Преимуществом ГФТ перед иными методиками физиотерапии является возможность достижения при низкой энергетической нагрузке и отсутствии побочных реакций гомеостатического эффекта, обусловленного прямым воздействием на кровь – основную транспортную, полифункциональную среду организма с дальнейшим развитием широкого спектра системных модулирующих (нормализующих) клинических проявлений ГФТ [11].

Исходя из собственного научно-практического опыта в спортивной и клинической медицине, авторы считают актуальным и перспективным применения ГФТ в протоколах лечения и реабилитации больных COVID-19.

Гемомагнитотерапия (ГМТ) – воздействие низкочастотным (до 50 Гц), низкоинтенсивным (до 70 мТл) импульсным МП на кровь человека. Основой воздействия МП на движущуюся кровь считается взаимодействие внешнего МП и собственного МП электрического заряда структур крови и наведение в них электродвижущей силы индукции, вызывающей электрохимические воздействия на молекулярные рецепторные системы клеток крови и сосудистой стенки [12]. Доказано, что ГМТ благоприятно влияет на системы реологии и гемостаза, состояние крово- и лимфообращения в микроциркуляторном русле, иммунореактивные и нейровегетативные процессы и реализуется в виде гипотензивного, противовоспалительного, противоотечного, антиспастического, трофико-регенераторного, гипополидемического, антиоксидантного и других эффектов.

Одним из основных критериев, определяющих уровень адаптации кислороднотранспортной системы и организма к высоким физическим

нагрузкам, и факторами, лимитирующими уровень общей работоспособности спортсмена, являются состояние систем гемостаза и реологии крови. Нами было установлено [13, 15], что проведение курса процедур ГМТ у спортсменов-представителей циклических видов спорта способствовало разрешению выраженной исходной гиперкоагуляции во всех фазах процесса свертывания крови. Так, значения исследуемых параметров: активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), протромбиновый индекс (ПТИ) и международное нормализованное соотношение (МНО), а также концентрация фибриногена и растворимых комплексов мономеров фибрина (РКМФ) после курса процедур ГМТ были приведены к уровням, практически не отличающимся от контрольных и, в сочетании с достоверным увеличением количества тромбоцитов, сохранялись в течение 4–6 недель. При этом снижение исходно повышенного в сыворотке крови уровня маркера гипоксии – эритропоэтина свидетельствовало об уменьшении уровня гипоксемии – основного раздражителя эритрона при высоких физических нагрузках. Антигипоксическое действие курса ГМТ подтверждено статистически достоверным повышением среднего содержания гемоглобина и средней концентрации гемоглобина в одном эритроците.

Улучшение кислородтранспортных возможностей крови у спортсменов после курсового применения ГМТ косвенно подтверждено результатами простейшей пробы с максимальной произвольной задержкой дыхания (МПЗД) на высоте вдоха (проба Штанге) с определением уровня сатурации артериальной крови. Так, после ГМТ было выявлено достоверное увеличение времени МПЗД. При этом значение показателя устойчивости к гипоксии (УГ) (частное от деления ЧСС за 30 с после МПЗД на выдохе на время задержки дыхания в секундах) сразу после окончания курса процедур ГМТ достоверно снизилось за счет увеличения времени задержки дыхания в среднем на 20–25 %, а в течение последующих 2 недель – на 36–42 % по отношению к исходному показателю. Дополнительный синергичный эффект ГМТ состоял в увеличении объемной скорости кровотока. Так, достоверный рост показателя ударного объема крови и снижение общего периферического сосудистого сопротивления в покое и при нагрузке свидетельствовали об улучшении сократительной функции миокарда и состояния сосудистой резистентности [11].

Подобные результаты получены и другими авторами, когда даже однократное применение низкочастотного, низкоинтенсивного импульсного МП в эксперименте вызывало увеличение содержания гемоглобина в эритроцитах, активацию антиоксидантной системы, стимуляцию показателей клеточного звена иммунитета [15]; увеличение насыщения крови кислородом и сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо [40]. Это в особенности актуально в связи с сообщениями о том, что одной из главных мишеней SARS-CoV-2 являются переносчики кислорода – эритроциты [17].

В работах, связанных с применением ГМТ в комплексном лечении распространенного атеросклероза [18–20], нами также была выявлена реокорректирующая направленность ГМТ. Так, после включения ГМТ в комплексное лечение отмечались: увеличение АЧТВ, уменьшение величины ПТИ, удлинение ТВ при снижении концентрации РКМФ. Антиагрегантное действие ГМТ на тромбоцитарное звено гемостаза проявилось снижением параметров, характеризующих активированные тромбоциты (Тр.): PLT clumps (слипшиеся Тр.) и Large PLT (большие Тр.). При этом все корреляционные связи оказались статистически значимыми. Помимо этого отмечалось статистически достоверное усиление фибринолитического потенциала крови по тесту эуглобулинзависимого фибринолиза (ЭЗФ). Отсутствие же изменений по тесту хагеманзависимого фибринолиза при укорочении времени ЭЗФ расценено как благоприятный признак, т.к. не является результатом контактной активации. Включение ГМТ в комплекс лечения приводило к снижению значений как среднего объема эритроцита, так и их распределения по объему, что может рассматриваться как признак обновления красного кровяного ростка. Динамика показателей вязкости крови как при высоких (200 и 100 с⁻¹), так и при низких (20 с⁻¹) скоростях сдвига, указывала на устранение состояния гипервязкости и уменьшение жесткости эритроцитарных мембран.

Таким образом, энергетическое воздействие ГМТ, изменяя функционально-метаболическое состояние эритроцитов, снижало суспензионную устойчивость крови [13]. В этом контексте сошлемся на исследование [21], продемонстрировавшее достоверное повышение после курса процедур ГМТ электрофоретической подвижности эритроцитов у пациентов с ревматоидным артритом, что сказывалось на снижении вязкости крови. Данная ссылка приведена в связи с мнением о патогенетическом сходстве в развитии иммунопатологии при COVID-19 и ревматических заболеваниях [22].

Наши исследования динамики уровней цитокинов – ИЛ-1 β , ИЛ-6, ФНО- α у больных распространенным атеросклерозом под влиянием ГМТ свидетельствовали об ингибирующем действии ГМТ на продукцию указанных субстанций, исходные уровни которых были повышены. Наиболее выраженный характер носило статистически достоверное снижение уровня ФНО- α и ИЛ-1 β [23]. Считается установленным, что синтез цитокинов, в том числе ИЛ-1 β и ФНО- α , связан с белками «острой» фазы воспаления. Купирование этих патофизиологических механизмов и ликвидация эндотоксинемии с помощью комплексной терапии, включающей ГМТ, объясняет, на наш взгляд, такую динамику содержания ФНО- α и ИЛ-1 β . Кроме этого, к первичным физико-химическим эффектам МП относят ориентационную перестройку металлопротеидов [12], а в процессинге ФНО- α участвует мембранная металлопротеиназа ADAM17, обеспечивающая в физиологических условиях выход некоторых мембранных белков во внеклеточный матрикс или кровотока. Предполагается, что активация ADAM17 от клеточной мембраны АПФ-2 – молекулу входа в клетки SARS-Cov-2 [24],

что в условиях ГМТ может снизить скорость распространения COVID-19 в организме.

Также известно, что многофункциональный провоспалительный цитокин ФНО- α представляет собой белок с молекулярной массой около 26 кД, а, как показано нами ранее [20, 23], динамика изменения концентрации «средних молекул» после ГМТ является косвенным показателем улучшения перфузии микроциркуляторного русла и активации органов естественной детоксикации под влиянием низкочастотного МП.

Оценка иммунного статуса спортсменов после курса ГМТ выявила ее положительное влияние на содержание иммунорегуляторных клеток [25]. Так было отмечено достоверное повышение относительного и абсолютного количества Т-хелперов (CD-4), а также достоверное снижение относительного и абсолютного количества Т-супрессоров (CD-8), что приводило к увеличению иммунорегуляторного индекса. Величина выявленных показателей определялись уровнем тренированности спортсменов, поэтому и выраженность корректирующего влияния ГМТ на иммунорегуляторные субпопуляции лимфоцитов была большей у спортсменов высокого уровня тренированности.

Таким образом, мы подчеркиваем, что формирование позитивных структурно-функциональных изменений со стороны иммунного статуса, а также систем реологии и гемостаза у больных COVID-19 может быть реализовано под влиянием ГМТ.

Другим методом ФГТ является *лазерное облучение крови* (ЛОК), в основе которого лежит воздействие на кровь монохроматических когерентных излучений, являющихся электромагнитными волнами различных диапазонов. Также широко используется магнитолазеротерапия (МЛТ) – сочетанное воздействие на определенные точки, зоны, ткани и кровь НИЛИ и МП в постоянном или импульсном режиме.

В основе терапевтической эффективности ЛОК лежит избирательное поглощение монохроматического и когерентного НИЛИ хроматофорными молекулярными и клеточными структурами крови, сопровождающееся каскадным изменением их энергетического и функционального состояния с последующей активацией биоэлектрических и биосинтетических процессов на органном и системном уровнях. Считается, что основными акцепторами НИЛИ в крови являются: молекулы нуклеиновых кислот, кислород, ферменты аэробной дыхательной цепи, восстановленные формы цитохромов, антиоксидантные ферменты; коферменты (никотинамидадениндинуклеотид, рибофлавин) и др. [26].

При МЛТ эффект НИЛИ усиливается в МП за счет увеличения поглощения инфракрасного излучения возникающими в МП молекулярными диполями, среди которых чаще называется молекула воды. Сочетанное воздействие ведет к уменьшению ее оптической плотности и к дозозависимому увеличению количества связанной воды

в различных компонентах крови, прежде всего в мембранах эритроцитов, улучшая их структурно-функциональное состояние [12].

Патогенетическое содружество эндотелиальной дисфункции, воспаления, тромбоза и облитерации микрососудов играет решающую роль в развитии нарушений микроциркуляции (МКЦ) вследствие шунтирования крови в неентилируемых участках легочной ткани и наступления гипоксемии практически у всех пациентов с COVID-19, даже при отсутствии признаков SARS [27].

Нашими исследованиями [28] установлено, что ЛОК вызывает улучшение МКЦ за счет нормализации артериоло-венулярных соотношений, ликвидации спастико-атонических состояний на уровне пре- и посткапилляров, раскрытия ранее не функционировавших капилляров, образования новых микрососудов и увеличения плотности капиллярной сети, а также уменьшения агрегации эритроцитов и др. Так, по данным лазерной доплеровской флуометрии у спортсменов после курсового воздействия НИЛИ на шею симметрично с обеих сторон в области сонного треугольника достоверно на 38–40 % повысился такой параметр МКЦ, как уровень перфузии. Веским доказательством антигипоксического эффекта было статистически достоверное повышение на 14–16% уровня насыщения кислородом крови в микроциркуляторном русле. На улучшение диффузии кислорода из крови в ткани указывало достоверное повышение на 49–52 % расчетного показателя утилизации кислорода тканями. У спортсменов контрольной группы рост данного показателя практически отсутствовал. Также было выявлено повышение под влиянием ЛОК пропускной способности микроциркуляторного русла, обусловленное дилатацией микрососудов разного диаметра, что было связано со снижением у спортсменок на 51–53 % тонуса миоцитов.

Одним из видов регуляции системы кровообращения является вегетативная экстракардиальная гуморальная и нервно-рефлекторная регуляция насосной функции сердца и сосудистого тонуса. В связи с тем, что кровеносные капилляры не имеют гладкой мускулатуры, регулирование капиллярного кровообращения осуществляется через нейрогуморальную регуляцию тонуса артериол. Мы установили, что увеличение просвета артериол после ЛОК происходило в результате снижения тонической симпатической импульсации, поступающей к гладкомышечным клеткам сосудов со стороны бульбарного сосудодвигательного центра. По данным вейвлет-анализа, показатель нейрогенного тонуса достоверно снижался на 40 % [28].

Еще работами специалистов школы Р.М. Баевского установлено, что высокая активность нейрогенных симпатических влияний усиливает энергодефицитное состояние головного мозга, которое усугубляется гипоксией. Вызванные ею нарушения метаболизма, дисфункция митохондрий и катаболическая направленность энергетического обмена в центральной нервной системе, наряду с проникновением вируса в нервные клетки, определяют неврологическую симптоматику у пациентов с COVID-19 [29].

В этой связи укажем на возможность модулирующего влияния ЛОК на энергетический обмен ЦНС. Особенности общих и локальных энергозатрат, связанных с функциональным состоянием головного мозга, мы изучали с помощью оценки уровня постоянных потенциалов (УПП) головного мозга [30]. После курсового воздействия НИЛИ у спортсменов метаболическая активность мозга усиливалась: по сравнению с исходным состоянием наблюдалось достоверное увеличение показателя УПП на 94 % в лобной области, на 109 % в центральной, на 33% в затылочной и 29 % в левой височной областях. Наши наблюдения подтверждаются данными изучения лазерно-индуцированной оксигенации биотканей и увеличения под влиянием ЛОК энергетического потенциала клетки [31]

Кислородтранспортная система организма и его оксигенация начинается с системы внешнего дыхания. Учитывая, что под воздействием SARS-CoV-2 изменяется газообмен в легких и развивается их острое поражение, значительный интерес представляют полученные нами данные о влиянии ЛОК на состояние системы внешнего дыхания и показателей газообмена. Установлено, что при нагрузках анаэробного характера после курса процедур ЛОК у спортсменов наблюдался достоверно значимый прирост показателя легочной вентиляции (7,4 %), а процент потребления кислорода при этом имел тенденцию к снижению. Отметим достоверное снижение на 5,6 % индекса обмена дыхательных газов, что свидетельствует о повышении эффективности дыхательного ресинтеза АТФ в мышечных клетках [32].

Таким образом, в разделе о ЛОК отображен системный ответ периферического кровообращения на воздействие НИЛИ: увеличение перфузии обменного звена микроциркуляторного русла, облегчение диффузии кислорода из крови в ткани и рост эффективности использования кислорода в клетке; повышение метаболической активности нейронов отдельных областей коры больших полушарий; позитивное влияние на показатели легочной вентиляции и др. В результате курса процедур ЛОК возростала адаптационная устойчивость организма и расширялись его функциональные возможности, что способствовало повышению специальной физической работоспособности спортсменов.

Полученные нами результаты перекликаются с немногочисленными исследованиями сходной тематики. Так, курс процедур ЛОК у больных различными хроническими заболеваниями улучшал функциональное состояние сосудистого эндотелия по уровням метаболитов оксида азота; нормализовал некоторые показатели гемореологии и микроциркуляции и оказывал нормализующее действие на систему цитокинов независимо от их исходного уровня [33]. Исследования свидетельствуют о связи иммуномодулирующего эффекта ЛОК с активацией функции центрального органа иммунной системы – тимуса и стимуляцией продуцирования тимического сывороточного фактора, рост которого отмечается в плазме крови уже

ко 2-й процедуре ВЛОК [34]. Описывая эффективность ЛОК у пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной хронической сердечной недостаточностью, авторы [35] указывают на снижение уровня ФНО- α и ИЛ-6.

Современные обзоры, представленные физиотерапевтическим сообществом, отображают опыт и рекомендации исключительно по кардиореспираторной физиотерапии и реабилитации при COVID-пневмонии и SARS (магнито- и лазеротерапия на грудную клетку; электростимуляция дыхательных мышц, гипербарическая оксигенотерапия, ингаляции и др.). Многие работы носят экспериментальный характер. Все это указывает на неизученность данной проблематики и необходимость в эпоху COVID развития персонализированной физиотерапии, направленной на индивидуализацию лечения и реабилитации.

Заключение

В современной физиотерапии для коррекции функциональных расстройств, тренировки отдельных функций и лечения ряда патологических состояний активно используются технологии гемофизиотерапии.

Вопросам лечения COVID-19 посвящена ставшая уже трудно обозримой литература. Вместе с тем в медицинском сообществе существует определенный скептицизм относительно биологических, физиологических и лечебных свойств лечебных физических факторов в целом, и при воздействии МП и НИЛИ на кровь человека – в частности. Это, а также то, что методы ГФТ обладают многообразным действием на организм, объясняет подготовку данной небольшой по объему публикации по ГФТ как перспективного и эффективного компонента лечения и медицинской реабилитации при COVID-19. Мы попытались отобрать наиболее актуальные сведения и результаты, изложить все необходимое в доступной форме.

Как показывает наш научно-педагогический и клинический опыт, технологии ГФТ эффективнее традиционных методик физиотерапии в лечении основных проявлений COVID-19, что диктует целесообразность более широкого использования ГФТ в лечебно-профилактических и реабилитационных учреждениях.

Вместе с тем следует подчеркнуть, что это направление в физиотерапии требует дальнейшего изучения с позиций доказательной медицины, углубления научных основ ГФТ, расширения спектра сочетающихся с ГФТ физических факторов и совершенствования технических средств для реализации таких технологий.

Список использованных источников

1. COVID-19 in the heart and the lungs: could we 'Notch' the inflammatory storm? / P. Rizzo [et al.] // Basic Research in Cardiology. – 2020. – Vol. 115, № 3. – P.31–39.

2. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China / C. Huang [et al.] // *Lancet*. – 2020. – Vol. 395. – P. 497–506.

3. The vascular endothelium: the cornerstone of organ dysfunction in severe SARS-CoV-2 infection / S. Pons [et al.] // *Crit Care*. – 2020. – № 24, 353 (2020). – Mode of access: [https:// https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-020-03062-7](https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13054-020-03062-7) – Date of access: 20.12.2020.

4. COVID-19-ассоциированная коагулопатия: обзор современных рекомендаций по диагностике, лечению и профилактике / К.В. Лобастов [и др.] // *Стационарозамещающие технологии: Амбулаторная хирургия* / 2020. – № 3–4. – С. 1–16

5. Manne, V.K. Platelet gene expression and function in patients with COVID-19 / V.K. Manne, F. Denorme, E.A. Middleton // *Blood*. – 2020. – Vol. 136(11). – P. 1317–1329.

6. Нарушения реологических свойств эритроцитов у пациентов с COVID-19 / Н.Н. Карякин [и др.] // *Медицинский альманах*. – 2020. – № 3 (64). – С. 52–56.

7. Wenzhong, L. COVID-19: attacks the 1-beta Chain of hemoglobin and captures the por-phyrin to inhibit human heme metabolism / L. Wenzhong, L. Hualan // *ChemRxiv*. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.26434/chemrxiv.11938173:v6>. – Date of access: 05.03.2021.

8. Role of adjunctive treatment strategies in COVID-19 and a review of international and national clinical guidelines / X. Xu [et al.] // *Military Medical Research*. – 2020.

9. Monoclonal Antibodies for COVID-19 / E.C. Lloyd [et al.] // *JAMA*. – February 5, 2021. – Mode of access: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2776307>. – Date of access: 20.02.2021.

10. Heparin as a therapy for COVID-19: current evidence and future possibilities (Review) / JA Hippensteel [et al.] // *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. – 2020. – Vol. 319, issue 2. – P. 211–217.

11. Зубовский, Д.К. Введение в спортивную физиотерапию / Д.К. Зубовский, В.С. Улащик. – Минск, 2009. – 235 с.

12. Пономаренко, Г.Н. Физиотерапия: молекулярные основы / Г.Н. Пономаренко, В.С. Улащик. – СПб., 2014. – 288 с.

13. Влияние метода гемоманнитотерапии на состояние системы гемостаза у спортсменов разной квалификации / Н.Г. Кручинский [и др.] // *Эфферентная терапия*. – 2006. – Т.12, №4. – С. 56–61.

14. Зубовский, Д.К. Гемоманнитотерапия – метод коррекции нарушений функции тромбоцитарного звена гемостаза у спортсменов / Д.К. Зубовский // *Мир спорта*. – 2006. – №3. – С. 67–71.

15. Лабынцева, О.М. Комбинированное воздействие нормобарической гипоксии и импульсного магнитного поля на неспецифическую резистентность и устойчивость организма крыс к острой гипоксической гипоксии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / О.М. Лабынцева; РФЯЦ – ВНИИЭФ. – Н. Новгород, 2008. – 25 с.

16. Лепеев, В.О. Кислородсвязывающие свойства крови при действии переменным магнитным полем в условиях изменения образования монооксида азота и сероводорода: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.03.01 / В.О. Лепеев ; БГМУ. – Минск, 2018. – 23 с.

17. Liu, W. COVID-19: Attacks the 1-Beta Chain of Hemoglobin and Captures the Porphyrin to Inhibit Human Heme Metabolism / W. Liu, H. Li. // ChemRxiv. – 2020. – Mode of access: <https://chemrxiv.org/ndownloader/files/22283226> – Date of access: 20.12.2020.

18. Экспресс-оценка реологических свойств крови и методы коррекции их нарушений у пациентов с атеросклерозом: методич. рекомендации / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, БелНИИ экол. и проф. патологии [и др.]; Н.Г. Кручинский [и др.]. – Могилев, 2000. – 34 с.

19. Демидов, И.В Проточная цитометрия в определении морфофункциональных показателей тромбоцитарного звена гемостаза в процессе лечения с использованием низкочастотной импульсной магнитотерапии / И.В Демидов, Д.К Зубовский, Д.В Климов // Медицинская панорама.– 2002. – № 6. – С. 33.

20. Метод экстракорпоральной аутогемомагнитотерапии в комплексном лечении нарушений состояния системы гемостаза и реологии крови у пациентов с ишемическими поражениями сердца и мозга / Н.Г. Кручинский [и др.] // Эфферентная терапия: научно-практический журнал. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 36-41.

21. Мухарская, Ю. А. Экстракорпоральная аутогемомагнитотерапия в комплексном лечении больных ревматоидным артритом: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.39 / Ю.А. Мухарская; Белорус. гос. мед. ун-т. – Минск, 2002. – 18 с.

22. Каратеев, Д.Е. Иммуномодулирующая медикаментозная терапия при заболевании, вызванном инфекцией SARS-CoV-2 (COVID-19) / Д. Е. Каратеев, Е.А. Лучихина // Альманах клинической медицины. – 2020. – Т.48, спецвыпуск 1. – С. 51–67.

23. Экстракорпоральная аутогемомагнитотерапия: методическое пособие для врачей / В.А. Остапенко [и др.]. – Минск, 2001. – 27 с.

24. Hypoxia, HIF-1 α , and COVID-19: from pathogenic factors to potential therapeutic targets / Z.O. Serebrovska [et al.] // Acta Pharmacologica Sinica. – 2020. – Vol. 4. – P. 1539–1546.

25. Зубовский, Д.К. Влияние гемомагнитотерапии на состояние иммунного гомеостаза и физической работоспособности спортсменов / Д.К. Зубовский, В.С. Улащик, Т.В. Воронцова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2007. – № 1. – С. 18–22.

26. Низкоинтенсивное лазерное излучение, как эффективное средство повышения и восстановления физической работоспособности спортсменов: монография / Т.М. Брук [и др.]. – Смоленск: СГАФКСТ, 2013. – 176 с.

27. Mechanisms of Hypoxia in COVID-19 Patients: A Pathophysiologic Reflection / M. Nitsure [et al.] // Indian J Crit Care Med. – 2020. – Vol. 24, iss. 10. – P.967–970.

28. Брук, Т.М. Влияние низкоэнергетического лазерного излучения на систему микроциркуляции у футболистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма / Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин, О.В. Молотков // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22, вып. 3. – С. 9–14.

29. Das, G. Neurological Insights of COVID-19 Pandemic / G. Das, N. Mukherjee, S. Ghosh // ACS Chem Neurosci. – 2020. – Vol. 11, № 9. – P. 1206–1209.

30. Брук, Т.М. Модулирующие влияния НИЛИ на энергетический обмен ЦНС при выполнении специфической физической нагрузки спортсменов-игровиков / Т.М. Брук, К.Ю. Косорыгина // Лазерная медицина. – 2018. – Т. 22, вып. 2. – С. 22–24.

31. Асимов, М.М. Лазерно-индуцированная оксигенация биоткани: новая технология устранения гипоксии и стимулирования аэробного метаболизма клеток / М.М. Асимов, А.Н. Рубинов, Р.М. Асимов // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 8–10 апреля 2009 г. – Т. 1: Медико-биологические проблемы обеспечения спорта высших достижений (зимние виды спорта). – Минск, 2009. – С. 177.

32. Брук, Т.М. Состояние системы внешнего дыхания и кровообращения на действие физической нагрузки и нетрадиционных средств повышения работоспособности спортсменов / Т.М. Брук, П.А. Терехов, Н.В. Осипова // Вестник СГАФКСТ. – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 36–41.

33. Бурдули, Н.М. Лазерная терапия в лечении хронических вирусных гепатитов / Н.М. Бурдули, А.С. Крифариди, И.З. Аксенова // Лазерная терапия в лечении хронических вирусных гепатитов. Актуальные проблемы медицины. – 2020. – Т. 43, № 1. – С. 5–15.

34. Физиологическое обоснование использования методов квантовой терапии в спортивной медицине / В.А. Попов [и др.] // Человек в мире спорта: Новые идеи, технологии, перспективы: тез. докл. Междунар. конгр., Москва, 24–28 мая 1998 г. – М., 1998. – Т. 1. – С. 135–136.

35. Белюк, Н.С. Влияние внутривенного лазерного облучения крови на динамику провоспалительных цитокинов у пациентов с ишемической болезнью сердца, осложненной хронической сердечной недостаточностью / Н.С. Белюк, В.А. Снежицкий, В.Р. Шулика // Кардиология в Беларуси. – 2012. – № 3 (22). – С. 97–105.

05.05.2021

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОЙ ТРЕНИРОВКИ В СПОРТЕ

А. А. Михеев, д-р пед. наук, д-р биол. наук, доцент,
Белорусский государственный университет физической культуры

Аннотация

В большом объеме эмпирического материала, полученного иностранными исследователями, имеются факты как подтверждающие, так и отвергающие гипотезу о позитивном влиянии вибротренинга на развитие физических качеств спортсменов и улучшении соревновательного результата. В связи с этим следует констатировать, что на данном этапе развития спортивной науки для безусловного утверждения наличия эффективности вибрационной тренировки требуются дополнительные исследования.

RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF VIBRATION TRAINING IN SPORTS

Abstract

A large amount of empirical data obtained by foreign researchers provide evidence both confirming and rejecting the hypothesis of a positive effect of vibration training on the development of athletes' physical qualities and the improvement of competitive performance. In this regard, it should be stated that at this stage of the development of sports science, additional research is required to unconditionally confirm the effectiveness of vibration training.

Введение

Вибрационные упражнения (ВУ) довольно широко используются спортсменами различных специализаций в качестве стимуляционного средства для форсированного развития физических качеств и улучшения соревновательного результата. Поиск в PubMed с использованием термина «вибрация» в качестве поискового слова привел к выявлению 499 обращений, включая 50 отзывов, отдельные из которых использовались в данной статье [16, 17, 19, 20, 56, 59, 63, 68, 72, 76, 79, 95, 96, 101, 103, 104, 108]. Вибрация в качестве средства терапии применялась для пациентов страдавших остеопорозом [28, 2], ожирением [88], диабетом II типа [13], возрастным снижением скорости походки и способности ходить [59], остеоартрозом коленного сустава [99], эндопротезированием суставов [116], rareфикацией костной ткани [114, 31], возрастной саркопенией [54], возрастной потерей мышечной силы [26], нестабильностью голеностопного и коленного суставов [33, 67], нарушением проприоцепции коленного сустава и постуральной стабильности после операции на

передней крестообразной связке [1], болями в пояснице [60, 75], уменьшением двигательной функции в связи с постельным режимом [77], фибромиалгией [85], нейродегенеративными заболеваниями [113], болезнью Паркинсона [113], рассеянным склерозом [3, 113], инсультом [73], постполиомиелитическим синдромом [15], травмой спинного мозга [8, 111,], детским церебральным параличом [11], дисфункцией кишечника [70], синдромом дефицита внимания [47], когнитивной дисфункцией [47]. Некоторые авторы исследуют эффекты вибротерапии, направленной на увеличение способности генерировать максимальную произвольную силу и мощность. Однако выводы из полученных данных были противоречивы. Например, некоторые авторы сообщали, что вибротренинг был эффективен для увеличения объема мышц у пожилых людей [36], другие же обнародовали прямо противоположенные данные [71]. Были проведены исследования, в результате которых авторы утверждали, что вибрация через нервные механизмы способствует увеличению выработки энергии [10, 14, 17, 52]. Однако в дальнейшем утверждалось, что не обнаружено доказательств наличия таких механизмов [19, 53, 72, 93]. Некоторые исследователи сообщали о глубоком и в некоторых случаях даже длительном угнетении рефлексов, вызванных механическими и электрическими стимулами [40, 48, 91, 115, 53]. Особенно спорной темой является вопрос о том, может ли вибрация индуцировать срочные и пролонгированные адаптационные процессы у элитных спортсменов, приводящие к улучшению соревновательного результата. Это очень важный вопрос, потому что разница между результатами финалистов в любой спортивной дисциплине становится все меньше. [18, 56, 64]. В настоящей работе мы придерживаемся консервативного подхода, который побуждает рассматривать гипотезу о том, что ВУ, вероятно, мало или вообще не оказывают срочного и/или пролонгированного влияния на соревновательный результат элитных спортсменов. Мы рассматриваем данную проблему с той позиции, что доля стимулирующего воздействия, которая присуща ВУ в качестве части общего развивающего тренировочного стимула, обеспечиваемого физическими упражнениями, внутренировочными и другими средствами (например, массажем, питанием, эргогенными средствами), настолько мала, что они не могут существенно улучшить спортивные результаты в качестве эффективного эргогенного фактора. Кроме того, характер стимула, обеспечиваемого вибрацией, не является специфичным для структуры двигательных навыков, участвующих в выполнении конкретных спортивных задач.

Метод исследования

Изучались работы, посвященные влиянию вибрации на показатели, часто используемые в качестве определяющих для улучшения спортивных результатов, таких, как силовые способности, гибкость и т.д. [23]. Мы определили соответствующие исследования, перечисленные в обзорах, с ключевым критерием включения, что испытуемые были элитными спортсменами, которые проводят

высокоэффективные тренировки и уже достигли высокого уровня мастерства в своем виде спорта на национальном или международном уровне [6, 43]. Нами были исключены исследования, в которых изучались «элитные спортсмены», составлявшие экспериментальную группу без сравнения с соответствующими спортсменами контрольной группы [10, 100]; исследования с недостаточным объемом данных [69]; работы, в которых не указывался спортивный уровень или спортивная квалификация испытуемых была слишком низкая (например, «рекреационные спортсмены», «студенты физического воспитания», «любители»); контингент испытуемых в связи с молодым возрастом не мог представлять уровень физической работоспособности, сравнимый с уровнем элитных спортсменов [12, 37, 39, 42, 55, 57, 58, 78, 80, 81, 82, 89, 97, 98, 106, 112]; исследования кинематики, влияющей на результаты, но не сами результаты [92]. За исключением одного исследования [102], мы также исключили исследования, в которых вибрация генерировалась не виброплатформой, а различными ручными устройствами (типа массажеров) [20, 96]. Не принимались во внимание работы, исследовавшие эффекты вибрации с частотой более 50 Гц. Таким образом, мы анализировали срочные и пролонгированные эффекты вибрационных упражнений на:

- силовые способности;
- гибкость и подвижность в суставах;
- спортивные результаты.

Результаты

Силовые способности. Срочные эффекты. Были выявлены два исследования, в которых изучалось влияние ВУ на динамику максимальной произвольной силы у футболистов и максимальной силы у элитных штангистов. В первом исследовании [38] приняли участие профессиональные футболисты ($n=10$, возраст 20 лет), которым были предложены ВУ при частоте вибрации (ЧВ) 40 Гц и амплитуде (А) 0,83 мм. Игроки выполняли предписанные ВУ в течение половины времени имитируемого футбольного матча. Испытуемые контрольной группы выполняли запланированную тренировочную программу. За 90-минутную имитацию игры максимальная произвольная сила достоверно уменьшилась ($p<0,01$). Однако между окончанием первого тайма и началом второго наиболее критического периода (по мнению авторов), когда применялись ВУ, максимальная сила четырехглавой мышцы уменьшилась на 6,4 %, оставалась неизменной после повторной разминки и увеличивалась на 4,3 % после отдыха. Не было выявлено достоверных различий между среднegrupповыми показателями испытуемых экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) групп. Во втором исследовании [5] приняли участие 12 тяжелоатлетов национального уровня в возрасте 24 лет. Сравнивались показатели в приседании с отягощением 1ПМ (повторный максимум) до и после эксперимента у испытуемых ЭГ и КГ внутри групп, а также между группами. Авторы не обнаружили влияния ВУ на конечный результат. Так, спортсмены ЭГ, применявшие ВУ, поднимали в среднем по группе

штангу весом 210 кг (как и до начала эксперимента), а спортсмены КГ – 211 кг. В целом данные этих двух исследований свидетельствуют об отсутствии срочного положительного эффекта ВУ (по данным максимальной произвольной силы и максимальной силы у элитных спортсменов).

Силовые способности. Пролонгированные эффекты. Было выявлено четыре исследования, в которых изучались пролонгированные эффекты ВУ в диапазоне частот от 25 Гц до 40 Гц и диапазоне амплитуд от 4 мм до 6 мм в рамках тренировочных программ продолжительностью от 4 до 8 недель. В исследованиях приняли участие 34 мужчины и 47 женщин (элитных спортсменов), включая баскетболистов, волейболистов, легкоатлетов и гимнастов [41, 46, 89, 94, 107, 109]. В этих исследованиях измерялись максимальные силовые показатели четырехглавых мышц бедра и крутящего момента на изокинетическом динамометре, а также силы ног в тесте «приседания со штангой при отягощении равном 3 ПМ». Среднегрупповое (n=81) увеличение максимальной силы составило 14 %, когда спортсмены выполняли тренировочную программу в сочетании с ВУ, и 5 %, когда они выполняли только программу ВУ. Результаты двух из четырех исследований были статистически значимыми в отношении ВУ [89, 107]. После четырех недель статической силовой тренировки (стоя на вибрационной платформе с отягощением 75 % от максимального) у спринтеров национального уровня показатели силы при разгибании ног в коленных суставах увеличились на 21 % и 23 % ($p < 0,05$) [107]. Тренировка только с использованием ВУ привела к недостоверным 10 % и 7 % изменениям этих показателей. В контрольной группе изменения были также недостоверны на уровне 1 %. Когда волейболисты, баскетболисты, легкоатлеты и гимнастки выполняли свои специальные тренировочные программы с применением виброплатформы, жим ног с нагрузкой 3 ПМ увеличивался на 12,7 % или на 48 кг до 426 кг ($p < 0,05$) по сравнению с недостоверным увеличением на 10 кг в контрольных группах испытуемых [89]. У игроков национального уровня в футбол и софтбол тренировки силовой направленности, как с применением, так и без применения ВУ дали одинаковое увеличение силовых показателей (при изометрическом разгибании ноги в коленном суставе) на 10 % [94]. В группе баскетболистов также наблюдалось только 5 % и 0 % увеличение изометрической силы разгибания колена [109]. Полученные данные свидетельствуют о том, что тренеры могут ожидать некоторого положительного влияния ВУ на максимальную силу ног у отдельных спортсменов, если они выполняют тренировочные упражнения с использованием достаточно больших дополнительных отягощений (более 75 % 1 ПМ).

Влияние ВУ на выработку энергии. Срочные эффекты. Было выявлено восемь исследований, в которых определяли срочные эффекты воздействия ВУ с частотами в диапазоне от 26 Гц до 50 Гц и амплитудами в диапазоне от 0,83 мм до 6,4 мм на силовые

способности мышц ног у спортсменов [5, 22, 25, 35, 38, 61, 78, 84, 89, 102]. В исследованиях приняли участие 84 спортсмена мужского и 87 женского пола (N=171), высокой квалификации, представляющих различные виды спорта (хоккей на траве, австралийский футбол, футбол (соккер), художественная и спортивная гимнастика, бейсбол, легкая атлетика и пауэрлифтинг). Сила ног измерялась во время приседаний или прыжков в высоту из ИП стоя на месте до и после эксперимента. Авторы отметили минимальный срочный эффект влияния ВУ на силу ног у испытуемых ЭГ (увеличение мощности составило 3 %) по сравнению с испытуемыми КГ (- 0,4 %). Сила ног у 18 женщин-хоккеисток на траве, измеренная по высоте вертикального прыжка, увеличилась на 8 % ($p < 0,05$) после применения ВУ и снизилась у тех же спортсменок на 3 % после езды на велосипеде в качестве активного контроля. [22]. Такой результат не является неожиданным, поскольку низкая частота педалирования (50 об/мин) может оказать неблагоприятное влияние на взрывную силу, которая должна быть продемонстрирована во время выполнения прыжков [65]. Напротив, у 22 футболистов (австралийский футбол) мощность ног в вертикальном прыжке после ВУ была на 6,5 % ниже ($p < 0,05$), чем у испытуемых КГ после силовых упражнений со штангой для мышц ног. В течение игрового тайма испытуемые экспериментальной группы, состоящей из 10 футболистов (соккер), выполняли ВУ имитированного футбольного матча, а спортсмены КГ выполняли обычную разминку на кромке поля. Эффекты этих двух процедур были равноценными. Тесты показали недостоверное увеличение взрывной силы ног на 2 % и 1 % соответственно [38]. В исследовании эффективности ВУ с участием 15 футболистов (американский футбол) ЭГ было зафиксировано достоверное (80 %) увеличение мощности, измеренной в тесте «спрыгивание с высоты». У испытуемых КГ, выполнявших приседания с отягощением 1 ПМ, мощность увеличилась на 4 % [35]. В общей сложности результаты этих тринадцати исследований, проведенных с участием элитных спортсменов, свидетельствуют о незначительных и противоречивых доказательствах того, что ВУ сами по себе или в сочетании с физическими упражнениями увеличивают силовые способности мышц ног.

Влияние ВУ на гибкость. Срочные эффекты. Было выделено три исследования, в которых изучалось срочное влияние ВУ в диапазоне частот от 26 до 30 Гц и в диапазоне амплитуд от 2 мм до 6 мм на гибкость у элитных спортсменов [22, 84, 102]. В этих исследованиях приняли участие 80 женщин-хоккеисток на траве и по одной представительнице спортивной и художественной гимнастики. Гибкость измерялась с помощью теста «наклон в положении сидя» до и после кратковременных ВУ, ВУ в сочетании с приседаниями. Активные условия контроля включали езду на велосипеде и растяжку без воздействия вибрации. В целом наблюдалось достоверное 9-процентное увеличение диапазона движений в среднем по группе после ВУ и после ВУ в сочетании с физическими упражнениями, после

активного контроля – 5 %. В двух из трех исследований сообщалось о достоверном влиянии вибрации на гибкость [22, 102]. Стояние на полусогнутых ногах на виброплощадке увеличивало амплитуду движений на 8% у элитных хоккеистов на траве ($p < 0,05$), в то время как изменение составило 6% после активного (велоспорт) [22]. После ВУ юные гимнастки при выполнении продольного шпагата также смогли опуститься на 18 % глубже ($p < 0,05$) [102]. Не было обнаружено достоверного эффекта (увеличение на 1 %) от ВУ, выполненных на вибрационной платформе, гимнастами олимпийского уровня [84].

Влияние ВУ на гибкость. Пролонгированные эффекты. В двух исследованиях с участием 41 спортсменки высокого класса были изучены пролонгированные эффекты ВУ диапазона частот от 25 Гц до 35 Гц, в диапазоне амплитуд от 4 мм до 8 мм с продолжительностью тренировочных программ от 4 до 8 недель [66, 89]. Представительницы спортивных бальных танцев, волейболистки, баскетболистки, легкоатлетки и гимнастки выполняли свои соревновательные движения с применением вибрации и без нее. Пассивная гибкость измерялась с помощью теста «наклон вперед из положения стоя» [89], активная гибкость – путем линейных измерений активного диапазона движений при сгибании ноги в тазобедренном суставе в положении стоя [66]. Оба исследования выявили статистически значимое влияние ВУ на гибкость. Увеличение пассивной гибкости ЭГ составило 3,0 см, или 15,3 % ($p < 0,05$) по сравнению с данными КГ (1,2 см, 7 %). Также были зафиксированы достоверные ($p < 0,05$) различия между группами [89]. ВУ способствовали увеличению диапазона движений в тазобедренных суставах у танцоров ($99,9^\circ$ до эксперимента против $117,5^\circ$ после эксперимента, увеличение на 17,6 %, $p < 0,05$), без изменений в КГ. В целом полученные данные свидетельствуют о позитивном пролонгированном влиянии ВУ на суставную подвижность элитных спортсменов.

Влияние ВУ на соревновательный результат. Срочные эффекты. Было выделено семь исследований, которые определяли срочные эффекты ВУ в диапазоне частот от 25 Гц до 50 Гц и в диапазоне амплитуд от 0,83 мм до 13,0 мм на спортивные результаты у элитных спортсменов [9, 30, 38, 66, 83, 84, 90]. В исследованиях приняли участие 66 мужчин и 39 женщин ($n=105$), специализирующихся в хоккее, художественной гимнастике, скелетоне, футболе, софтболе, легкой атлетике. Спортсмены выполняли приседания, бег с высоким подниманием бедра, челночный бег в комплексе с ВУ. Улучшение соревновательного результата (то есть уменьшение времени прохождения дистанции, увеличение скорости) было выражено положительными процентными изменениями, а ухудшение соревновательного результата – отрицательными процентными изменениями. Среднее увеличение спортивных результатов или их промежуточных показателей в семи исследованиях составило -0,3 % (диапазон от -12 % до 7 %). В трех из семи исследований сообщалось о достоверном срочном влиянии ВУ на спортивные результаты [9, 92, 106,]. Например,

в тестах, определяющих уровень координационных способностей гимнастов ЭГ (через 15 минут после выполнения вибрационных упражнений), было зафиксировано 7-процентное достоверное увеличение ($p < 0,05$) В КГ, занимающейся по традиционной программе, достоверных изменений не было. В исследовании с футболистами выяснилось, что во время челночного пробегания семи 40-метровых отрезков, как и ожидалось, из-за утомления время прохождения каждого 40-метрового отрезка увеличилось на 7.3 % или на 0,52 с ($p < 0,05$). При воздействии же вибрацией ухудшение времени пробегания отрезка составило только 3 % [92]. Наконец, ВУ, используемые в качестве разминки, оказали статистически значимое влияние на время пробегания полузащитниками 10 и 20 м, которое улучшилось на 1,8 % или 0,03 с (10 м) и на 1,1 % или 0,03 с ($p < 0,05$) [83]. Однако WBV не оказывал достоверного срочного влияния на время пробегания у бегунов-спринтеров [90], скелетонистов [4] футболистов [38], софтболистов [30].

Влияние ВУ на соревновательный результат. Пролонгированные эффекты. Было выявлено два исследования, в которых изучались пролонгированные эффекты ВУ на спортивные результаты элитных спортсменов – 34 мужчин и 7 женщин ($n=41$) [37, 107]. Спринтеры тренировались в течение пяти недель с использованием и без использования ВУ (ЧВ=35 Гц, А=2 мм). Время старта в 30-метровом спринте не изменилось (364,3 мс как до, так и после ВУ) [37]. Аналогично горизонтальная скорость центра масс оставалась неизменной с (2,74 м/с до ВУ, 2,72 м/с после ВУ). В КГ были зафиксированы такие же результаты (2,83 м/с до ВУ, 2,83 м/с после ВУ) [37]. Напротив, увеличение скорости бега по дистанции 30 м составило 0,16 (7,01 м/с до ВУ, 6,85 м/с после ВУ, $p < 0,05$). Спортсмены применяли ВУ в течение 4 недель. ВУ представляли собой статические упражнения: спортсмены, стоя на виброплатформе (ЧВ=30 Гц, А=4 мм), выполняли упор плечами о неподвижную штангу с усилием 75 % от максимума [107]. Однако, когда те же самые спортсмены подвергались воздействию WBV, только без дополнительной нагрузки, изменение скорости спринта на 30 м составляло 0,25 м/с (т. е. наблюдалось снижение скорости бега) ($p < 0,05$). В КГ тренировочные упражнения с отягощением 75 % от максимума не влияли на скорость бега

Обсуждение

В 19 исследованиях у спортсменов, представляющих 11 видов спорта ($n=379$; 172 мужчины и 207 женщин), был обнаружен срочный тренировочный эффект ВУ в развитии физических качеств, среди которых: взрывная сила на 2,5 % (-2,1 %), максимальная сила (3,1 %), гибкость (9,2 %), соревновательный результат (-0,2 %). Только 9 сравнений из 27 (или 33 %) между группами ВУ и КГ были статистически значимыми.

Было проведено 3 сравнения (303; 81 мужчина и 222 женщины), в которых выявили статистически значимое низкое влияние ВУ на мышечную производительность.

В 15 исследованиях с участием спортсменов, представляющих 7 видов спорта, были обнаружены пролонгированные эффекты ВУ относительно взрывной силы (10,3 %), максимальной силы (9,1 %), гибкости (16,5 %) и соревновательного результата (1,1 %). Из 19 сравнений 9 (55 %) между группой ВУ и КГ были статистически значимыми.

Принимая во внимание данные 34 исследований, в которых приняли участие спортсмены, представляющие 14 видов спорта ($n = 682$; 253 мужчины и 429 женщин), можно констатировать наличие срочных и пролонгированных эффектов ВУ. В частности, работоспособность увеличилась на 6,4 %. Однако только 18 из 46 сравнений (44 %) между группами ВУ и КГ были статистически значимыми.

Было выявлено только пять исследований с использованием ВУ в течение более 10 минут. Определено, что чем выше квалификация спортсмена, тем меньше вероятность того, что ВУ будет иметь положительный развивающий эффект [64].

В легкой атлетике, гимнастике, художественной гимнастике и, возможно, других видах спорта невозможно применить ВУ за 30 минут до фактического начала соревнований, а в некоторых видах спорта, таких, как футбол, регламент ограничивает разминку в перерыве [38]. Таким образом, сочетание объективных факторов делает маловероятным, что ВУ окажет предполагаемое срочное повышение работоспособности, влияющее на соревновательные показатели высококвалифицированных спортсменов.

Кроме того, следует акцентировать внимание на том, что большинство исследований было проведено в межсезонный период, когда интенсивность и объем тренировок являются низкими, поэтому и эффекты ВУ были достаточно высокими. Чтобы выяснить истину, нужно проводить исследования ВУ в соревновательном периоде подготовки. Большой объем исследований ВУ выполнен с привлечением спортсменов низкой квалификации и любителей фитнеса, поэтому, по-видимому, сделанные выводы не могут быть применимы к тренировочному процессу элитных спортсменов [56].

Из всех работ выделяются те, в которых исследовалась динамика развития гибкости: вибрационные упражнения оказывали наиболее последовательное статистически значимое воздействие на это физическое качество (улучшение на 16,5 % в ЭГ против улучшения на 4,1 в КГ) [66, 89]. Как такое увеличение гибкости могло произойти, неизвестно. Авторы этих статей предполагали, что вибрация вызывает обезболивающее действие, позволяя спортсменам преодолевать боль и достигать большего диапазона движений. Авторы ссылались на исследования, в которых вибрация использовалась для определения влияния вибрационной стимуляции на болевой порог зуба человека [45] или изучались эффекты вибрационной стимуляции в качестве обезболивающего средства у пациентов, страдающих хроническими мышечно-скелетными болями [62]. В этих и многих других клинических исследованиях для облегчения боли использовали локальную вибрацию

с частотой 10 Гц или 100 Гц. Однако в спортивной науке при проведении экспериментов с применением вибрации никогда не используют такие частоты, и в контексте ВУ 10 Гц считается вредной частотой [79]. Авторы [66, 89] склонялись в пользу генерации термодинамического эффекта, влияющего на улучшение гибкости за счет увеличения кровотока. Однако в одном исследовании с привлечением футболистов было показано снижение температуры мышц при ВУ по сравнению с КГ [38]. Также вызывают недоумение результаты исследования, где утверждается, что генерируемая ВУ энергия, связанная с ускорением, быстро рассеивается по мере продвижения от лодыжки к структурам мягких тканей бедра, однако значительный пролонгированный эффект ВУ наблюдался при определении объема движения в тазобедренном суставе, где этот эффект должен быть самым слабым. Таким образом, нет ответа на вопрос, откуда берутся 12–13% увеличения гибкости при применении ВУ.

Из 34 исследований, рассмотренных здесь, было только одно, которое изучало поструральную адаптацию (то есть смещение общего центра масс) и баланс у профессиональных танцоров, а не качество исполнения [84]. Будут ли ВУ ослаблять или усиливать способность баскетболистов точно выполнять броски? Повлияют ли ВУ положительно или отрицательно на способность теннисистов подавать точно и быстро? В общем, каково влияние ВУ на контроль силы, устойчивости и точности? Эти вопросы пока остаются неразрешенными. Необходимо также изучить, модулируют ли ВУ кинестетические иллюзии, как это было обнаружено при изучении вибраций на высоких частотах [49, 50, 51, 87].

Многие исследователи использовали «ВУ-плацебо» (фиктивное ВУ) [7, 24, 29, 32, 34, 44, 74, 86, 87]. Испытуемые выполняли экспериментальные задания на виброплатформе с выключенной вибрацией. Зафиксировано, что «ВУ-плацебо» приводил к изменениям в костном метаболизме и даже два добровольца среднего возраста сообщали о побочных эффектах [2]. «ВУ-плацебо» также вызывал изменения рефлекторной возбудимости ($p < 0,05$) [53]. Обман или плацебо могут действовать через физические, биологические и поведенческие пути. Спортсмены, которые при тестировании или тренировке слышат гудение двигателя, видят число на частотном дисплее и, таким образом, верят, что они выполняют ВУ, в то время как на самом деле они стоят на платформе, у которой двигатели были отделены от платформы, очень вероятно покажут улучшения в результатах тестирований [2, 53, 86].

Наконец, большинство исследований используют в последнее время в основном развенчанные, «нейронные механизмы» для объяснения влияния ВУ на двигательную активность [19, 53, 72, 93]. Но каков же на самом деле механизм, позволяющий преобразовать увеличение двигательной активности, измеренное в лабораторном тестовом задании (например, мощность вертикального прыжка), в «спортивную производительность» (скорость бега, равновесие,

сложные навыки)? Ответ на эти вопросы еще следует получить, а пока можно констатировать: все вышеприведенные данные свидетельствуют о том, что эффективность ВУ для улучшения соревновательного результата в настоящее время научно не доказана.

Выводы

За последние 30 лет вибрационные упражнения привлекли большой интерес тренеров, спортсменов и ученых как немедикаментозный неинвазивный физический метод стимуляции биологической активности организма.

В большом объеме эмпирического материала, полученного иностранными исследователями, имеются факты как подтверждающие, так и отвергающие гипотезу о позитивном влиянии вибротренинга на развитие физических качеств спортсменов и улучшении соревновательного результата. В связи с этим следует констатировать, что на данном этапе развития спортивной науки для безусловного утверждения наличия эффективности вибрационной тренировки требуются дополнительные исследования.

Список использованных источников

1. A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction / A. Moezy [et al.] // Br J Sports Med. – 2008. – N 42. – P. 373–378.

2. A randomized controlled trial of whole body vibration exposure on markers of bone turnover in postmenopausal women / S. Turner [et al.] // J Osteoporos. – 2011. – 710387.

3. Acute effects of whole-body vibration on lower extremity muscle performance in persons with multiple sclerosis / K.J. Jackson [et al.] // J Neurol Phys Ther. – 2008. – N 32 (4). – P. 171–176.

4. Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes / N. Bullock [et al.] // J Strength Cond Res. – 2008. – N 22 (4). – P. 1371–1374.

5. Acute effect of whole-body vibration on power, one-repetition maximum, and muscle activation in power lifters / B.R. Rønnestad [et al.] // J Strength Cond Res. – 2012. – N 26 (2). – P. 531–539.

6. Acute effects of postactivation potentiation on strength and speed performance in athletes / M. Lesinski [et al.] // Sportverletz Sportschaden. – 2013. – N 27 (3). – P. 147–155.

7. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power / P. Cormie [et al.] // J Strength Cond Res. – 2006. – N 20 (2). – P. 257–261.

8. Acute effects of whole body vibration during passive standing on soleus H-reflex in subjects with and without spinal cord injury / D.G. Sayenko [et al.] // Neurosci Lett. – 2010. – N 482 (1). – P. 66–70.

9. Acute effects of whole-body vibration on running gait in marathon runners / J. Padulo [et al.] // J Sports Sci. – 2014. – N 32 (12). – P. 1120–1126.

10. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure / C. Bosco [et al.] // *Clin Physiol.* – 1999. – N 19 (2). – P. 183–187.
11. Ahlborg, L. Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy /. L. Ahlborg, C.Andersson, P. Julin // *J Rehabil Med.* – 2006. – N 38 (5). – P. 302–308.
12. Anaerobic power in road cyclists is improved after 10 weeks of whole-body vibration training / T. Oosthuyse [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2013. – N 27 (2). – P. 485–494.
13. Baum, K. Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients / K. Baum, T. Votteler, J. Schiab // *J. Int J Med Sci.* – 2007. – N 4 (3). – P.159–163.
14. Bosco, C. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles / C. Bosco, M. Cardinale, O. Tsarpela // *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* – 1999. – N 79 (4). – P. 306–311.
15. Brogardh, C. No effects of whole-body vibration training on muscle strength and gait performance in persons with late effects of polio: a pilot study / C. Brogardh, U.B. Flansbjer, J. Lexell.– *Arch Phys Med Rehabil.*– 2010.– N 91 (9).– P. 1474–1477.
16. Brooke-Wavell, K. Risks and benefits of whole body vibration training in older people / K. Brooke-Wavell, N.J Mansfield // *Age Ageing.* – 2009. – 38 (3). – P. 254–255.
17. Cardinale, M. The use of vibration as an exercise intervention / M. Cardinale, C. Bosco // *Exerc Sport Sci Rev.* – 2003. – N 3 (1). – P. 3–7.
18. Cardinale, M. Vibration training in elite sport: effective training solution or just another fad? / M. Cardinale, J.A. Erskine // *Int J Sports Physiol Perform.* – 2008. – N 3 (2). – P. 232–239.
19. Cochrane, D. J. The potential neural mechanisms of acute indirect vibration // D.J. Cochrane // *J Sp Sci Med.* – 2011. – N 10. – P. 19–30.
20. Cochrane, D. J. Is vibration exercise a useful addition to a weight management program? / D.J. Cochrane // *Scand J Med Sci Sports.* – 2012. –N 22 (6). – P. 705–713.
21. Cochrane, D.J. Effects of acute upper-body vibration on strength and power variables in climbers / D.J. Cochrane, E.J. Hawke // *J Strength Cond Res.* – N 2007. – 21 (2). – P. 527–531.
22. Cochrane, D.J. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players / D.J. Cochrane, S.R. Stannard // *Br J Sports Med.* – 2005. – N 39 (11). – P. 860–865.
23. Cochrane Update. 'Scoping the scope' of a cochrane review / R. Armstrong [et al.] // *J Public Health (Oxf).* – 2011. – N 33 (1). – P. 147–150.
24. Delecluse, C. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training / C. Delecluse, M. Roelants, S. Verschueren // *Med Sci Sports Exerc.* – 2003. – 35 (6). – P. 1033–1041.

25. Effect of whole body vibration training on lower limb performance in selected high-level ballet students / G. Annino [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2007. – N 21 (4). – P. 1072–1076.
26. Effect of a combination of whole body vibration exercise and squat training on body balance, muscle power, and walking ability in the elderly / T. Osugi [et al.] // *Ther Clin Risk Manag.* – 2014. – N 10. – P. 131–138.
27. Effect of whole body vibration in Parkinson's disease: a controlled study / P. Arias [et al.] // *Mov Disord.* – 2009. – N 24 (6). – P. 891– 898.
28. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study/ S. Torvinen [et al.] // *J Bone Miner Res.* – 2003. – N 18 (5). – P. 876–884.
29. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study / S. Torvinen [et al.] // *Int J Sports Med.*– 2002.– N 23 (5).– P. 374–379.
30. Effect of whole-body vibration warm-up on bat speed in women softball players / N.C. Dabbs [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – N 24 (9). – P. 2296–2299.
31. Effect of wholebody vibration exercise on mobility, balance ability and general health status in frail elderly patients: a pilot randomized controlled trial/ L. Zhang [et al.] // *Clin Rehabil.* – 2014. – N 28 (1). – P. 59–68.
32. Effect of an acute bout of whole body vibration exercise on muscle force output and motor neuron excitability / J.M. McBride [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – N 24 (1). – P. 184–189.
33. Effect of a whole-body vibration session on knee stability / M. Melnyk [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2008. – N 29 (10). – P. 839–844.
34. Effect of standing posture during whole body vibration training on muscle morphology and function in older adults: a randomised controlled trial / M. Mikhael [et al.] // *BMC Geriatr.* – 2010. – N 10. – P.74.
35. Effectiveness of different postactivation potentiation protocols with and without whole body vibration on jumping performance in college athletes / F. Naclerio [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2014. – N 28 (1). – P. 232–239.
36. Effects of fitness and vibration training on muscle quality: a 1-year postintervention follow-up in older men / E. Kennis [et al.] // *Arch Phys Med Rehabil.* – 2013. – N 94 (5). – P. 910–918.
37. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes / C. Delecluse [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2005. – N 26 (8). – P. 662–668.
38. Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength / Lovell, R. [et al.] // *Scand J Med Sci Sports.* – 2013. – N 23(1). – P. 105–113.
39. Effects of muscular strength, exercise order, and acute whole-body vibration exposure on bat swing speed / G.F Reyes [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – N 24 (12). – P. 3234–3240.

40. Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold / R.D. Pollock [et al.] // *J Appl Physiol.* – 2012. – N 112 (3). – P. 388–395.
41. Effects of vibration training on force production in female basketball players / J. Fernandez-Rio [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – N 24 (5). – P. 1373–1380.
42. Effects of whole-body vibration training on explosive strength and postural control in young female athletes / A. Fort [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2012. – N 26 (4). – P. 926–936.
43. Effects of complex training on strength and speed performance in athletes: a systematic review. Effects of complex training on athletic performance / M. Lesinski [et al.] // *Sportverletz Sportschaden.* – 2014. – N 28 (2). – P. 85–107.
44. Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Architecture, Muscle Strength, and Balance in Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial / P.J. Marin [et al.] // *Am J Phys Med Rehabil.* – 2013. – N 92(10). – P. 881–8.
45. Ekblom, A. Effects of conditioning vibratory stimulation on pain threshold of the human tooth / A. Ekblom, P. Hansson // *Acta Physiol Scand.* – 1982. – 114 (4). – P. 601–604.
46. Fernandez-Rio, J. Long-term effects of wholebody vibration training in high-level female basketball players / J. Fernandez-Rio, N. Terrados, O. Suman // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2012. – 52 (1). – P. 18–26.
47. Good vibrations effects of whole body vibration on attention in healthy individuals and individuals with ADHD / A.B. Fuermaier [et al.] // *PLoS One.*–2014. – N 9 (2).– P. e 90747.
48. Games, K. E. Whole-body vibration influences lower extremity circulatory and neurological function / K.E. Games, J.M. Sefton // *Scand J Med Sci Sports.* – 2013. – N 23 (4). – P. 516–523.
49. Goodwin, G.M. A systematic distortion of position sense produced by muscle fibrillation / G.M. Goodwin, D.I. McCloskey, P.B. Matthews // *J Physiol.* – 1972. – N 221(1). – P. 8–9.
50. Goodwin, G.M. Proprioceptive illusions induced by muscle vibration: contribution by muscle spindles to perception? / G.M. Goodwin, D.I. McCloskey, P.B. Matthews // *Science.* – 1972. – N 175(4028). – P. 1382–1384.
51. Goodwin, G.M. The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralysing joint afferents / G.M. Goodwin, D.I. McCloskey, P.B. Matthews // *Brain.* – 1972. – N 95 (4). – P. 705–748.
52. Hormonal responses to whole-body vibration in men / C. Bosco [et al.] // *Eur J Appl Physiol.* – 2000. – N 81 (6). – P. 449–454.
53. Hortobágyi, T. Effects of real and sham wholebody mechanical vibration on spinal excitability at rest and during muscle contraction / T. Hortobágyi, P. Rider, P. Devita // *Scand J Med Sci Sports.* – 2014. – N 24 (6). – P. e 436–e 447.

54. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial / A. Bogaerts [et al.] // *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* – 2007. – N 62(6). – P. 630–635.

55. Improving strength and postural control in young skiers: whole-body vibration versus equivalent resistance training / N.N. Mahieu [et al.] // *J Athl Train.* – 2006. – N 41 (3). – P. 286–293.

56. Issurin, V.B. Vibrations and their applications in sport. A review / V.B. Issurin // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2005. – N 45 (3). – P. 324–336.

57. Issurin, V. B. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility / V.B. Issurin, D.G. Liebermann, G.J Tenenbaum // *Sports Sci.* – 1994. – N 12 (6). – P.561–566.

58. Jones, M.T. The effect of whole-body vibration training and conventional strength training on performance measures in female athletes / M.T. Jones, B.M. Parker, N.J. Cortes // *Strength Cond Res.* – 2011. – N 25 (9). – P. 2434–2441.

59. Lindberg, J. The effects of whole-body vibration training on gait and walking ability – a systematic review comparing two quality indexes / J. Lindberg, J. Carlsson // *Physiother Theory Pract.* – 2012. – N 28(7). – P. 485–498.

60. Lings, S. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999 / S. Lings, C. Leboeuf-Yde // *Int Arch Occup Environ Health.* – 2000. – 73 (5). – P. 290–297.

61. Low load exercises targeting the gluteal muscle group acutely enhance explosive power output in elite athletes / J.F. Crow [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2012. – N 26 (2). – P. 438–442.

62. Lundeborg, T. Long-term results of vibratory stimulation as a pain relieving measure for chronic pain / T. Lundeborg. – *Pain.* – 1984. – N 20 (1). – P. 13–23.

63. Luo, J. The use of vibration training to enhance muscle strength and power / J. Luo, B. McNamara, K. Moran // *Sports Med.* – 2005. – N 35 (1). – P. 23–41.

64. Long-term effect of whole body vibration training on jump height: meta analysis / N. Manimmanakorn [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2014. – N 28 (6). – P. 1739–1750.

65. Low-intensity cycling affects the muscle activation pattern of consequent countermovement jumps / G.J. Marquez [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2009. – N 23 (5). – P. 1470–1476.

66. Marshall, L.C. The effect of whole-body vibration on jump height and active range of movement in female dancers / L.C. Marshall, M.A. Wyon // *J Strength Cond Res.* – 2012. – N 26 (3). – P. 789–793.

67. Melnyk, M. Neuromuscular ankle joint stabilisation after 4-weeks WBV training / M. Melnyk [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2009. – N 30 (6). – P. 461–466.

68. Merriman, H. The effects of whole-body vibration training in aging adults: a systematic review / H. Merriman, K.J Jackson // *Geriatr Phys Ther.* – 2009. – N 32 (3). – P. 134–145.

69. Mester, J. Vibration training: benefits and risks / J. Mester, H. Kleinoder, Z.J. Yue. – *Biomech.* – 2006. – N 39 (6). – P. 1056–1065.

70. Miyazaki, Y. Adverse effects of whole-body vibration on gastric motility / Y. Miyazaki // *Kurume Med J.* – 2000. – N 47 (1). – P. 79–86.

71. Muscle activity and acceleration during whole body vibration: effect of frequency and amplitude / R.D. Pollock [et al.] // *Clin Biomech.* – 2010. – N 25 (8). – P. 840–846.

72. Nordlund, M.M. Strength training effects of wholebody vibration? / M.M. Nordlund, A. Thorstensson // *Scand J Med Sci Sports.* – N 17 (1). – P. 12–17.

73. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke / T.K. Tihanyi // *Clin Rehabil.* – 2007. – N 21 (9). – P. 782–793.

74. Optimal whole-body vibration settings for muscle strength and power enhancement in human knee extensors / P.D. Petit [et al.] // *J Electromyogr Kinesiol.* – 2010. – N 20 (6). – P. 1186–1195.

75. Perraton, L. Whole-body vibration to treat low back pain: fact or fad? / L. Perraton, Z. Machotka, S. Kumar // *Physiother Can.* – 2011. – N 63 (1). – P. 88–93.

76. Reporting whole-body vibration intervention studies: recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions / F. Rauch [et al.] // *J Musculoskelet Neuronal Interact.* – 2010. – N 10 (3). – P. 193–198.

77. Resistive exercises, with or without whole body vibration, prevent vertebral marrow fat accumulation during 60 days of head-down tilt bed rest in men / G. Trudel [et al.] // *J Appl Physiol.* – 2012. – N 112 (11). – P. 1824–1831.

78. Rhea, M. R. The effect of acute applications of whole-body vibration on the iTonic platform on subsequent lower-body power output during the back squat / M.R. Rhea, J.G. Kenn // *J Strength Cond Res.* – 2009. – N 23 (1). – P. 58–61.

79. Rittweger, J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be / J. Rittweger // *Eur J Appl Physiol.* – 2010. – N 108 (5). – P. 877–904.

80. Rønnestad, B. R. Acute effects of various whole body vibration frequencies on 1RM in trained and untrained subjects / B.R. Rønnestad // *J Strength Cond Res.* – N 2009 A. – N 23 (7). – P. 2068–2072.

81. Rønnestad, B. R. Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower-body power in trained and untrained subjects / B.R. Rønnestad // *J Strength Cond Res.* – 2009. – N 23(4). – P. 1309–1315.

82. Rønnestad, B. R. The effects of adding different wholebody vibration frequencies to preconditioning exercise on subsequent sprint performance / B.R. Rønnestad., S.J Ellefsen // *Strength Cond Res.* – 2011. – N 25(12). – P. 3306–3310.

83. Ronnestad, B. R. Adding whole body vibration to preconditioning exercise increases subsequent on-ice sprint performance in ice-hockey players / B.R. Rønnestad, G. Slettalokken, S. Ellefsen // *J Strength Cond Res.* – 2016. – N 30 (4). – P. 1021–1026.

84. Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts / T. Despina [et al.] // *Hum Mov Sci.* – 2014. – N 33. – P. 149–158.

85. Six weeks of whole-body vibration exercise improves pain and fatigue in women with fibromyalgia / E Alentorn-Geli [et al.] // *J Altern Complement Med.* – 2008. – N 14 (8). – P. 975–981.

86. Stochastic resonance whole-body vibration training for chair rising performance on untrained elderly: a pilot study / S. Rogan [et al.] // *Arch Gerontol Geriatr.* – 2012. – N 55 (2). – P. 468–473.

87. Taylor, J. L. Illusions of head and visual target displacement induced by vibration of neck muscles / J.L. Taylor, D.I. McCloskey // *Brain.* – 1991. – N 114 (Pt 2). – P. 755–759.

88. Ten-week whole-body vibration training improves body composition and muscle strength in obese women / C. Milanese [et al.] // *Int J Med Sci.* – 2013. – N 10 (3). – P. 307–311.

89. The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes / F. Fagnani [et al.] // *Am J Phys Med Rehabil.* – 2006. – N 85 (12). – P. 956–962.

90. The effects of specific preconditioning activities on acute sprint performance / J.D. Guggenheimer [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2009. – N 23 (4). – P. 1135–1139.

91. The acute effect of whole-body vibration on the hoffmann reflex / R. Armstrong [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2008. – N 22 (2). – P. 471–476.

92. The acute effect of whole body vibration on repeated shuttlerunning in young soccer players / J. Padulo [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2014. – N 35 (1). – P. 49–54.

93. The effect of whole body vibration on the H-reflex, the stretch reflex, and the short-latency response during hopping / R. Ritzmann [et al.] // *Scand J Med Sci Sports.* – 2013. – N 23 (3). – P. 331–339.

94. The effects of whole-body vibration in isolation or combined with strength training in female athletes / E. Preatoni [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2012. – N 26 (9). – P. 2495–2506.

95. The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis / F.M. Lam [et al.] // *Maturitas.* – 2012. – N 72 (3). – P.206–213.

96. The effects of whole body vibration therapy on bone mineral density and leg muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis / R.W. Lau [et al.] // *Clin Rehabil.* – 2011.– N 25 (11).– P. 975–988.

97. The influence of whole body vibration on jumping performance / C. Bosco [et al.] // *Biol Sport.* – 1998. – N 15. – P. 157–164.

98. The influence of whole-body vibration on creatine kinase activity and jumping performance in young basketball players / R. Fachina [et al.] // *Res Q Exerc Sport.* – 2013. – N 84 (4). – P. 503–511.
99. Therapeutic effect of whole body vibration on chronic knee osteoarthritis / Y. Park [et al.] // *Ann Rehabil Med.* – 2013. – N 37 (4). – P. 505–515.
100. The use of whole body vibration as a golf warm-up / D.J Bunker [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2011. – N 25 (2). – P. 293–297.
101. Totosy de Zepetnek, J.O. Wholebody vibration as potential intervention for people with low bone mineral density and osteoporosis: a review / J.O. Totosy de Zepetnek, L.M. Giangregorio, B.C. Craven // *J Rehabil Res Dev.* – 2009. – N 46 (4). – P. 529–542.
102. Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts / A.M. Kinser [et al.] // *Med Sci Sports Exerc.* – 2008. – N 40 (1). – P.133–140.
103. Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? / I.M. Wilcock, [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2009. – N 23 (2). – P. 593–603.
104. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations / M.J. Jordan [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2005. – N 19 (2). – P. 459–466.
105. Vibration transmission to lower extremity soft tissues during whole-body vibration / B. Friesenbichler [et al.] // *J Biomech.* – 2014. – N 47(12). – P. 2858–2862.
106. Whole-body vibration effects on the muscle activity of upper and lower body muscles during the baseball swing in recreational baseball hitters / G.F Reyes [et al.] // *Sports Biomech.* – 2011. – N 10 (4). – P. 280–293.
107. Whole-Body Vibration Combined with Extra-Load Training for Enhancing the Strength and Speed of Track and Field Athletes / H.H. Wang [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2014. – N 28. – P. 2470–2477.
108. Whole body vibration in sport: a critical review / C. Costantino, [et al.] // *J Sports Med Phys Fitness.* – 2014. – N 54 (6). – P. 757–64.
109. Whole body vibration training effects on the physical performance of basketball players / S.S. Colson [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – N 24 (4). – P. 999–1006.
110. Whole body vibration does not enhance muscle activation / S.S. Colson [et al.] // *Int J Sports Med.* – 2009. – 30 (12). – P. 841–844.
111. Whole body vibration during passive standing in individuals with spinal cord injury: effects of plate choice, frequency, amplitude, and subject's posture on vibration propagation / M. Alizadeh-Meghbrazi [et al.] // *PM R.* – 2012. – N 4 (12). – P. 963–975.
112. Whole-body vibration training increases vertical jump height in a dance population / M. Wyon [et al.] // *J Strength Cond Res.* – 2010. – N 24 (3). – P. 866–870.
113. Whole-body vibration training for patients with neurodegenerative disease / M. Sitja-Rabert [et al.] // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2012. – N 15 (2). – P. C D 009097.

114. Whole body vibration for older persons: an open randomized, multicentre, parallel, clinical trial / M. Sitja-Rabert [et al.] // BMC Geriatr. – 2011. – N 11. – P. 89.

115. Whole body vibration does not potentiate the stretch reflex / J.T. Hopkins [et al.] // Int J Sports Med. – 2009. – N 30(2). – P. 124–129.

116. Whole-body vibration strengthening compared to traditional strengthening during physical therapy in individuals with total knee arthroplasty / A.W. Johnson [et al.] // Physiother Theory Pract. – 2010. – N 26 (4). – P. 215–225.

05.03.2021

УДК 616-001

**ПОКАЗАНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ,
ОБОГАЩЕННОЙ РАСТВОРИМЫМИ ФАКТОРАМИ ТРОМБОЦИТОВ,
И ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ**

А. С. Ясюкевич,

Г. М. Загородный, канд. мед. наук, доцент,

Республиканский научно-практический центр спорта;

М. П. Потапнев, д-р мед. наук, профессор,

Республиканский научно-практический центр трансфузиологии и
медицинских биотехнологий;

Н. П. Гулевич, А. А. Пучко,

Республиканский научно-практический центр спорта

Аннотация

В статье описаны показания, методика оценки безопасности использования аутологичной плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов (ПОРФТ), получаемой из небольшого объема крови ручным способом, для лечения травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов, перспективы ее в будущем. Приведены показания для местного применения, изложены результаты клинического применения ПОРФТ у спортсменов.

**INDICATIONS, SAFETY, RESULTS OF CLINICAL USE
OF AUTOLOGOUS PLASMA ENRICHED WITH SOLUBLE PLATELET
FACTORS AND FURTHER PROSPECTS FOR ITS STUDY**

Abstract

The article describes the indications, the method of assessing the safety of using autologous plasma enriched with soluble platelet factors (PORFT/PRP), obtained from a small volume of blood manually, for the

treatment of musculoskeletal injuries in athletes, its prospects in the future. Indications for topical application are given, results of clinical application of PRP in athletes are presented.

Введение

Травмы опорно-двигательного аппарата (ОДА), полученные в результате профессиональной спортивной деятельности, являются основной причиной нетрудоспособности спортсмена [1, 2]. Лечение травм различной этиологии ложится тяжелым бременем на спортивную медицину и государство в целом. Во время нетрудоспособности элитный спортсмен не только не совершенствуется, но и теряет свои профессиональные качества [3–5].

Среди методов биотерапии травм препараты PRP приобретают все большую популярность и широко используются в различных областях медицины. Основное научное обоснование PRP-терапии заключается в том, что инъекции концентрированных тромбоцитов в места повреждения инициируют восстановление тканей за счет высвобождения активных факторов роста, цитокинов, лизосом, белков адгезии, которые ответственны за запуск гемостатического каскада, синтез новой соединительной ткани и реваскуляризация через эндокринные, паракринные, аутокринные и внутрикринные механизмы [6, 7]. В частности, Y. Ganor et al. обнаружил увеличение жизнеспособности клеток скелетных мышц и пролиферации клеток путем перехода клеток из фазы G1 в фазу S1 и фазы G2 и M после применения PRP, помимо демонстрации повышенной экспрессии белков циклинов A2, B1, cdk2 и PCNA [8]. Многообразие биоактивных маркеров активности PRP представлено в таблице 1 [9].

Основными преимуществами PRP являются её безопасность, т.к. это аутологичный продукт с минимальными побочными эффектами, в отличие от обычно используемых кортикостероидов [10]. Однако нет четких правил относительно рецептуры и состава инъекционной композиции PRP [11]; составы PRP сильно различаются по содержанию тромбоцитов, лейкоцитов (WBC), загрязнению эритроцитами (RBC) и концентрации PGF [12, 13].

Немецкой «Рабочей группой по клинической регенерации тканей» Немецкого общества ортопедии и травматологии терапевтическое применение PRP было признано полезным и даже более важным в будущем (90 % опрошенных). Наиболее частыми показаниями для лечения были патологии сухожилий (77 %), остеоартрит (ОА) (68 %), травмы мышц (57 %) и повреждение хрящей (51 %). При хронических поражениях (суставы, сухожилия) многократные инъекции (2–4) были предпочтительнее единичных инъекций. Однако нет достаточных данных о временном интервале между инъекциями, в связи с чем настоятельно рекомендуется стандартизация подготовки, применения, частоты PRP, а также определение диапазона показаний. Помимо PRP специалисты выполняли инъекции также местными анестетиками

(65 %), кортизоном (72 %), гиалуроновой кислотой (84 %) и Traumeel / Zeel (28 %) [14].

Таблица 1 – Список факторов роста и цитокинов тромбоцитов

PDGF (AA-BB-AB)	Митоген для мезенхимальных клеток и остеобластов; стимулирует хемотаксис и митогенез в клетках фибробластов/глиальных/гладких мышц; регулирует секрецию коллагеназы и синтез коллагена; стимулирует макрофаги и хемотаксис нейтрофилов
TGF (α - β)	Стимулирует недифференцированную пролиферацию мезенхимальных клеток; регулирует эндотелиальный, фибробластический и остеобластный митогенез, синтез коллагена и секрецию коллагеназы, митогенные эффекты других факторов роста; стимулирует эндотелиальный хемотаксис и ангиогенез; ингибирует пролиферацию макрофагов и лимфоцитов
VEGF	Повышает ангиогенез и проницаемость сосудов, стимулирует митогенез эндотелиальных клеток
EGF	Прролиферация кератиноцитов, фибробластов, стимулирует митогенез эндотелиальных клеток
(a-b)-FGF	Способствует росту и дифференцировке хондроцитов и остеобластов; митоген для мезенхимальных клеток, хондроцитов и остеобластов
CTGF	Способствует ангиогенезу, регенерации хряща, фиброзу и адгезии тромбоцитов
IGF-1	Хемотаксис фибробластов и стимуляция синтеза белка
HGF	Усиливает костное образование за счет пролиферации и дифференцировки остеобластов
KGF	Регулирует рост и подвижность клеток в эпителии/эндотелиалии, поддерживая восстановление эпителия и неоваскуляризацию во время заживления ран. Регулирует миграцию и пролиферацию эпителия
Ang-1	Индуктирует ангиогенез, стимулирующий миграцию и пролиферацию эндотелиальных клеток. Поддерживает и стабилизирует развитие кровеносных сосудов посредством рекрутирования перicytов
PF4	Хемокин (хемоаттрактант) лейкоцитов, обладает бактерицидной активностью.
SDF-1 α	Хемокин CD34+, индуцирует их самонаведение, пролиферацию и дифференцировку в эндотелиальные клетки, стимулирует ангиогенез, хемокин для мезенхимальных стволовых клеток и лейкоцитов
TNF	Регулирует миграцию моноцитов, пролиферацию фибробластов, активацию макрофагов, ангиогенез

Использование PRP при мышечных травмах, которые являются одним из наиболее распространенных поражений в профессиональном спорте, является наиболее обсуждаемым вопросом. Vubnov et al. наблюдали меньшую боль и значительно более быстрое возвращение к игре в когортном исследовании 30 спортсменов [15]. Другие авторы описали значительно более быстрое возвращение к игре в рандомизированном контролируемом исследовании (РКИ); в то же время единственное двойное слепое многоцентровое РКИ лечения травм подколенного сухожилия у 80 спортсменов не продемонстрировало какой-либо значимой эффективности PRP по сравнению с введением плацебо [1].

Недавний систематический обзор обобщил современную научную основу для использования PRP:

– в большинстве исследований лечение PRP увеличивало пролиферацию миоцитов, экспрессию факторов роста (PDGF-A/B и VEGF), рекрутирование лейкоцитов и ангиогенез в мышцах по сравнению с контрольными группами;

– методы подготовки PRP остаются малоизученными в фундаментальной научной литературе;

– данные фундаментальных научных исследований *in vitro* и *in vivo* показывают, что PRP может служить эффективным методом лечения, который может ускорить процесс заживления мышечных патологий [16]. Авторами также предложены основные формы применения PRP и ее дериватов (таблица 2).

Таблица 2 – Основные формы применения PRP и ее производных

A-PRF – богатый тромбоцитами фибрин; ACP – аутологичная кондиционированная плазма; AGF – аутологичные факторы роста; APG – аутологичный тромбоцитарный гель; C-PRP – «Клиническая» (основная форма) PRP; LP-PRP – бедная лейкоцитами PRP; LR-PRP – богатая лейкоцитами PRP	PFC – концентрат тромбоцитарных факторов; PLG – тромбоцитарно-лейкоцитарный гель; PRF – богатые тромбоцитами фибрин; PRFM – богатая тромбоцитами матрица фибрина; PRGF – препарат, богатый факторами роста
--	--

Целью исследования является определение показаний, оценка безопасности и клинической эффективности, анализ возможных перспектив локального применения PRP/ПОРФТ у спортсменов с травмами опорно-двигательного аппарата.

Материалы и методы

Контингент – спортсмены топовых команд высшей лиги игровых видов спорта Республики Беларусь в возрасте 18–35 лет. Для проведения исследований со спортсменами получено разрешение Этического комитета РНПЦ спорта. Всего включено в исследование 44 (32 основная, 12 – контрольная группа) спортсмена, давших согласие на участие в исследовании, получение из аутологичной крови ПОРФТ и ее применение.

В соответствии с инструкцией по применению «Метод лечения пациентов с травмами опорно-двигательного аппарата», утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 29 декабря 2020 года № 164-1220, приготовление до 5 мл PRP проводили из 50–60 мл периферической крови. Обследование, динамический мониторинг и стандартные реабилитационные лечебные мероприятия проводили по общепринятой схеме. Оценку эффективности лечения проводили под контролем УЗИ с использованием шкалы ВАШ [17, 18].

Результаты исследований

Для применения аутологичной ПОРФТ нами были определены показания и противопоказания к ее применению: изолированные неполные повреждения четырехглавой мышцы бедра, приводящих мышц бедра, мышц задней группы бедра, изолированное неполное повреждение коллатеральной (медиальной или латеральной) связки коленного сустава.

Противопоказаниями для применения ПОРФТ послужили: наличие сопутствующей травмы данной области, в том числе требующей хирургического вмешательства, прием нестероидных противо-

воспалительных и других средств, влияющих на агрегацию тромбоцитов, наличие системных воспалительных заболеваний в стадии обострения. Ограничениями для включения в исследование были отсутствие комплаентности спортсменов к проводимым лечебным процедурам, в общем анализе крови – уровень тромбоцитов не менее $150 \times 10^9/\text{л}$, уровень лейкоцитов крови в пределах $4,0\text{--}9,0 \times 10^9/\text{л}$.

Приготовленную ПОРФТ вводили в область болезненности травмированного места в объеме 3–4 мл в соответствии с инструкцией по применению. Оценка нежелательных реакций на введение аутологичной ПОРФТ проводилась в кабинете в течение 30 минут, после чего пациенту разрешалось покинуть лечебное учреждение. При этом нами наблюдалась болезненность в месте введения ПОРФТ, которая проходила самостоятельно в течение 2–3 часов. Нами не выявлены негативные местные реакции в виде изменения цвета кожных покровов, повышения локальной температуры, наличия кровотечения, появления флюктуации и общие реакции (падение давления, учащение пульса, головокружение, повышение общей температуры тела, затруднение дыхания, появление отека лица и шеи). Реакции на введение PRP были также оценены при повторных 1–2 инъекциях и через 7–10 дней после инъекций. Полученные данные свидетельствуют, что негативных эффектов при повторном введении ПОРФТ не наблюдалось. Отмеченная пациентами незначительная болезненность в месте первичной инъекции в единичных случаях рассматривается нами допустимой, так как встречается при любой манипуляции, связанной с локальной инъекционной терапией.

В то же время введение ПОРФТ оказало положительное влияние на заживление травмы мышц нижних конечностей у 32 пациентов, которые получали её в сочетании с ранней реабилитацией (без использования иммобилизации), проводимой под динамическим контролем объективных методов (УЗИ, полидинамометрия), а также с субъективной оценкой состояния самим пациентом (шкала ВАШ). Занятия ЛФК начинали на 3-й день после инъекции ПОРФТ с начальным ограничением нагрузки на пораженный сегмент конечности и максимальным задействованием вспомогательной мускулатуры. Дополнительно к этому нами используется кинезиотейпирование пораженного сегмента конечности. Побочных эффектов не наблюдалось в обеих группах, количество рецидивов травм составило 1 в основной группе и 2 – в контрольной. Применение ПОРФТ значительно ускоряло заживление травмированной мышцы по данным УЗИ, а также сокращало сроки реабилитации.

Полученные результаты свидетельствуют о правильности комплексного подхода в реабилитации спортсменов, что следует из работ других авторов. Так, Onishi et al. [19] рассмотрели роль механической нагрузки и биологических эффектов PRP при тендинопатии ахиллова сухожилия, уделяя особое внимание программам реабилитации после инъекций PRP. Контролируемые программы реабилитации повысили приверженность к упражнениям,

улучшили результаты и способность контролировать физическую нагрузку [20, 21]. Несколько исследований PRP-терапии ахиллова сухожилия интегрированной с программой реабилитации указали на высокую эффективность такой регенеративной стратегии. [22].

Нами подтверждено терапевтическое действие препаратов, содержащих растворимые факторы тромбоцитов, описанное другими авторами для лечения травм мышц у спортсменов [7, 23]. Нами также отработана методология 2-ступенчатого получения аутологичной ПОРФТ из периферической крови травмированного спортсмена и методика ее местного применения в соответствии с инструкцией по применению [6, 17].

Перспективы применения ПОРФТ

Несмотря на значительный рост числа публикаций об эффективности PRP-терапии, существует потребность в дальнейшей стандартизации методов приготовления PRP, показаний и протоколов применения при травмах ОДА, которые должны быть дополнительно оценены в фундаментальных научных исследованиях и рандомизированных контролируемых клинических испытаниях.

В обширном обзоре Fadadu et al. были оценены 33 системы и протоколы PRP. Интересно, что некоторые из этих систем производили готовые препараты PRP с меньшим количеством тромбоцитов, чем в цельной крови. Самая высокая концентрация тромбоцитов ($1,6 \times 10^9$ /мкл) получена при использовании коммерческого набора EmCyte Genesis PurePRPII [24].

Kuffler M. рассмотрел потенциал PRP в облегчении боли у пациентов, страдающих хронической нейропатической болью посредством стимулирования PRP регенерации аксонов и реиннервации мишени [25]. У пролеченных пациентов нейропатическая боль была устранена или уменьшена в течение как минимум 6 лет после процедуры. Кроме того, у всех пациентов в течение 3 недель после применения PRP боль стала уменьшаться. Однако оптимальная концентрация тромбоцитов PRP, вызывающая максимальное облегчение боли, пока неизвестна.

Перспективное комбинирование PRP и концентратов аспириата костного мозга (КАКМ) основано на нескольких предпосылках. Во-первых, PRP обеспечивает подходящее микроокружение, в котором может увеличиваться пролиферация и дифференцировка клеток и увеличивать неоангиогенез [26]. Во-вторых, PRP может рассматриваться как каркас для этих клеток КАКМ. Также данное сочетание может быть мощным биологическим инструментом для привлечения популяций других клеток и медиаторов. Комплекс уже использовался для лечения тендинопатий, ран, травм спинного мозга, дегенерированных дисков и костно-хрящевых дефектов с большим регенеративным потенциалом [27, 28]. В настоящее время не существует данных об оптимальном соотношении тромбоцитов и клеток МСК (или других клеток костного мозга). Методы сбора костного мозга могут быть оптимизированы для извлечения достаточного количества

тромбоцитов костного мозга. Как PRP, так и КАКМ были эффективны в лечении пациентов с легким и умеренным ОА коленного сустава в течение как минимум 12 месяцев; ни одна монотерапия не дала более превосходного клинического результата. Аутологичные PRP и КАКМ показали многообещающий клинический потенциал в качестве терапевтических агентов для лечения ОА, хотя PRP имеет более убедительные клинические доказательства в отличие от КАКМ. [29]

Одним из основных ограничений в создании терапевтических составов является преодоление вариабельности этих биологических медиаторов для нацеливания на хорошо регулируемые последующие клинически полезные эффекты. С этой целью, например, нестероидные противовоспалительные препараты (НПВС) могут влиять на высвобождение секрета тромбоцитов. В недавнем исследовании показано, что ежедневное потребление 81 мг аспирина (АСК) снижало экспрессию ключевых медиаторов (TGF- β 1, PDGF и VEGF). [30] Эти эффекты были приписаны необратимому ингибированию циклооксигеназы-1 (COX-1) и модифицируемому ингибированию циклооксигеназы-2 (COX-2), необходимых для последующей дегрануляции тромбоцитов. 190 НПВС, подавляя продукцию цитокинов, одновременно повышают уровень TNF- α [31]. Однако данные о молекулярном влиянии НПВС на PRP практически отсутствуют. Единого мнения о наилучшем времени для введения PRP у пациентов, принимающих НПВП, нет. Mannava и соавторы количественно оценили анаболические и катаболические биологические факторы в богатой лейкоцитами PRP от здоровых добровольцев, принимавших напроксен [32]. Они обнаружили, что уровни PDGF-AA и PDGF-AB, мощных митогенов ангиогенеза были значительно снижены после одной недели использования напроксена. После недели вымывания уровни фактора роста вернулись к почти исходным уровням. Провоспалительный катаболический фактор IL-6 также показал пониженные уровни LR-PRP после одной недели использования напроксена, которые вернулись к исходным уровням через неделю. В настоящее время нет клинических исследований, демонстрирующих отрицательные исходы для пациентов после применения напроксена после лечения PRP; однако рекомендуется предусмотреть однонедельный период вымывания, чтобы позволить PDGF-AA, PDGF-BB и IL-6 вернуться к исходным уровням для улучшения их биологической активности. Необходимы дополнительные исследования, чтобы всесторонне понять эффекты антитромбоцитарных препаратов, НПВС над секретом PRP и их последующие мишени.

Таким образом, перспективными направлениями PRP/ПОРФТ-терапии являются стандартизация технологий получения и введения, изучение эффективности лечения комбинаций PRP со стволовыми клетками и/или гиалуроновой кислотой, взаимодействие PRP с общепринятыми в консервативном лечении препаратами и физиотерапевтическими методами, кинезиотерапией.

Заключение

Использование плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, является новым безопасным эффективным терапевтическим средством в комплексном лечении травм мышц у спортсменов, способным сократить сроки восстановления и обеспечить полное восстановление тканей.

Работа выполнена с финансовой поддержкой Министерства здравоохранения Республики Беларусь (№ гос. регистрации 20191216).

Список использованных источников

1. Andia, I. How far have biological therapies come in regenerative sport medicine? / I. Andia, N. Maffulli // Expert Opinion on Biological Therapy. – 2018. – Vol. 18, №.7. – P. 785–793.
2. Italian consensus conference on guidelines for conservative treatment on lower limb muscle injuries in athlete / G.N. Bisciotti, P. Volpi, M. Amato [et al.] // BMJ Open Sport & Exercise Medicine. – 2018. – Vol. 4. – e000323.
3. The use of platelet-rich plasma (PRP) in the treatment of gastrocnemius strains: a retrospective observational study/ P. Borrione, C. Fossati, M.T. Pereira [et al.] // Platelets. – 2018. – Vol. 29, № 6. – P. 596–601.
4. PRGF on sport-related ligament injuries. In: E. Anitua et al. (eds). Platelet Rich Plasma in Orthopaedics and Sports Medicine. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature / R. Cugat, X. Cusco, R. Serijas [et al.]. – 2018. – Chapter 10. – P. 175–188.
5. Рекомендации по определению степени тяжести травм у профессиональных спортсменов / А.С. Ясюкевич [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2018. – № 2(8). – С. 95–103.
6. Загородный, Г.М. Обогащенная тромбоцитами плазма в спортивно-медицинской практике / Г.М. Загородный, А.С. Ясюкевич, Н.Н. Нежкина // Культура физическая и здоровье. – 2020. – № 4 (76). – С. 161–164.
7. The effectiveness of platelet-rich plasma (PRP) administration in professional football players' muscle injuries / A.V. Medvedev [et al.] // Galizkiy likarski visnik. – 2015. – 22 (3, part 2). – P. 29–33.
8. Cells express a functional ionotropic glutamate receptor GluR3, and glutamate by itself triggers integrin-mediated adhesion to laminin and fibronectin and chemotactic migration / Y. Ganor, M. Besser, N. Ben-Zakay [et al.] // J. Immunol. – 2003. – Vol.170. – P. 4362–4372.
9. Everts, P. Platelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations in 2020 / P. Everts, K. Onishi, P. Jayaram // Int. J. Mol. Sci. – 2020. – 21(20), 7794; <https://doi.org/10.3390/ijms21207794>.
10. Puzzitiello, R.N. Adverse Impact of Corticosteroids on Rotator Cuff Tendon Health and Repair: A Systematic Review of Basic Science Studies / R.N. Puzzitiello, B.H. Patel, E.M. Forlenza, B.U. Nwachukwu // Arthrosc. Sports Med. Rehabil. – 2020. – Vol. 2. – P. e161–e169.

11. US Definitions, Current Use, and FDA Stance on Use of Platelet-Rich Plasma in Sports Medicine. / K. Beitzel, D. Allen, J. Apostolakos [et al.] // J. Knee Surg. – 2014. – Vol. 28. – P.29–34

12. Everts, P.A.M. Differences in platelet growth factor release and leucocyte kinetics during autologous platelet gel formation / P.A.M. Everts, J. Hoffmann, G. Weibrich [et al.] // Transfus. Med. – 2006. – Vol. 16. – P. 363–368.

13. Mazzucco, L. Not every PRP-gel is born equal Evaluation of growth factor availability for tissues through four PRP-gel preparations: Fibrinet®, RegenPRP-Kit®, Plateletex® and one manual procedure / L. Mazzucco, V. Balbo, E. Cattana // Vox Sang. – 2009. – Vol. 97. – P. 110–118.

14. Platelet-rich plasma (PRP) as therapy for cartilage, tendon and muscle damage – German working group position statement / T. Tischer, G. Bode, M. Buhs [et al.] // J EXP ORTOP 7. – 64 (2020).

15. Bubnov R, Yevseenko V, Semenov I. Ultrasound guided injections of platelet rich plasma for muscle injury in professional athletes. Comparative study. Medical Ultrasonography. 2013; 15 (2): 101–105.

16. Platelet-rich plasma for muscle injuries: a systematic review of the basic science literature / K.N. Kunze, C.P. Hannon, J.D. Fialkoff [et al.] // World J Orthop. – 2019. – Vol. 10. – P. 278–291.

17. Ясюкевич, А.С. Влияние типа антикоагулянта на гомогенность аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами / А.С. Ясюкевич, Г.М. Загородный, Н.П. Гулевич [и др.] // Прикладная спортивная наука. – 2020. – № 2 (12). – С. 109–118.

18. Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов в лечении травм и заболеваний / М.П. Потапнев, Г.М. Загородный, С.И. Кривенко [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 33–45.

19. Role of Mechanical Loading for Platelet-Rich Plasma-Treated Achilles Tendinopathy / A. Neph, A. Schroeder, K.R. Ensey [et al.] // Curr. Sports Med. Rep. – 2020. – Vol. 19. – P. 209–216.

20. Bek, N. Home-based general versus center-based selective rehabilitation in patients with posterior tibial tendon dysfunction / N. Bek, I.E. Simşek, S. Erel [et al.] // Acta Orthop. Traumatol. Turc. – 2012. – Vol. 46. – P. 286–292.

21. Lisiński, P. Supervised versus Uncontrolled Rehabilitation of Patients after Rotator Cuff Repair-Clinical and Neurophysiological Comparative Study / P. Lisiński, J. Huber, P. Wilkosz // Int. J. Artif. Organs 2012. – Vol. 35. – P. 45–54.

22. Mills, FB 4th. Return to Play After Platelet-Rich Plasma Injection for Elbow UCL Injury: Outcomes Based on Injury Severity / FB.Mills 4th, AK.Misra, N.Goyeneche, JG.Hackel, JR.Andrews. // Orthop J Sports Med. – 2021. – Mar 17;9(3):2325967121991135.

23. Setayesh, K. Treatment of muscle injuries with platelet-rich plasma: a review of the literature / K. Setayesh, A. Villarreal, A. Gottschalk [et al.] // Current Reviews in Musculo-skeletal Medicine. – 2018. – Vol. 11, №4. – P. 636–642.

24.Fadadu, P.P. Review of concentration yields in commercially available platelet-rich plasma (PRP) systems: A call for PRP standardization / P.P. Fadadu, A.J. Mazzola, C.W. Hunter // Reg. Anesth. Pain Med. – 2019. – Vol. 44. – P. 652–659.

25.Kuffler, D.P. Platelet-Rich Plasma Promotes Axon Regeneration, Wound Healing, and Pain Reduction: Fact or Fiction. Mol. Neurobiol. – 2015. – Vol. 52. – P. 990–1014.

26.Synergistic Effect of Bone Marrow-Derived Mesenchymal Stem Cells and Platelet-Rich Plasma in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats / Z. Lian, X. Yin, H. Li [et al.] // Ann. Dermatol. 2014. – Vol. 26. – P. 1–10.

27.Combined treatment with platelet-rich plasma and brain-derived neurotrophic factor-overexpressing bone marrow stromal cells supports axonal remyelination in a rat spinal cord hemi-section model / T. Zhao, W. Yan, K. Xu [et al.] // Cytotherapy 2013. – Vol. 15. – P. 792–804.

28.Bone Marrow Aspiration Concentrate and Platelet Rich Plasma for Osteochondral Repair in a Porcine Osteochondral Defect Model / M. Betsch J. Schneppendahl, S.Thuns [et al.] // PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8. – e71602.

29.Bone Marrow Aspirate Concentrate Is Equivalent to Platelet-Rich Plasma for the Treatment of Knee Osteoarthritis at 1 Year: A Prospective, Randomized Trial / A.W. Anz, R. Hubbard, NK. Rendos [et al.] // Orthop J Sports Med. – 2020. – Feb 18;8(2) :2325967119900958.

30.Effects of Aspirin on Growth Factor Release From Freshly Isolated Leukocyte-Rich Platelet-Rich Plasma in Healthy Men: A Prospective Fixed-Sequence Controlled Laboratory Study / P. Jayaram, P. Yeh, S.J. Patel [et al.] //Am. J. Sports Med. – 2019, 47. – P. 1223–1229.

31.Schippinger, G. Autologous Platelet-Rich Plasma Preparations / G. Schippinger, F. Prüller, M. Divjak // Orthop. J. Sports Med. – 2015. – Vol. 3. – P. 1–6.

32.Mannava, S. The Influence of Naproxen on Biological Factors in Leukocyte-Rich Platelet-Rich Plasma: A Prospective Comparative Study / S. Mannava, K.E. Whitney, M.I. Kennedy [et al.] // Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg. – 2019. – Vol. 35. – P. 201–210.

03.05.2021

**ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПУБЛИКАЦИЯМ
В МЕЖДУНАРОДНОМ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОМ ЖУРНАЛЕ
«ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА»**

Международный научно-теоретический журнал «Прикладная спортивная наука» включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по трем отраслям наук:

- педагогические (теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры);
- биологические (восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия);
- медицинские (восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия).

(Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28 ноября 2016 г. № 301.)

Материалы в журнал представляются по следующим направлениям:

- Психолого-педагогические вопросы подготовки спортсменов и аспекты спортивной тренировки.

- Медико-биологические аспекты спортивной тренировки.

- Спортивная медицина: профилактика патологий, сохранение здоровья спортсменов.

Редакционная коллегия принимает статьи, написанные на высоком научно-теоретическом и методическом уровне, соответствующие современному состоянию рассматриваемой проблемы.

Статьи оформляются в соответствии с требованиями, изложенными в Инструкции по оформлению диссертаций, автореферата и публикаций по теме диссертаций, утвержденной постановлением Президиума Государственного высшего аттестационного комитета Республики Беларусь от 24 декабря 1997 г. № 178 «Об утверждении Инструкции по оформлению диссертации и автореферата» (изменения и дополнения: постановление Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 22 февраля 2006 г. № 2 и постановление Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 15 августа 2007 г. № 4), и Межгосударственном стандарте «Общие требования к текстовым документам», ГОСТ 2.105-95.

Для публикации необходимо направить:

- текст статьи в печатном оригинале (2 экземпляра) и электронную версию публикации. Второй экземпляр подписывается автором(ами), число которых не должно быть более 5 человек;

- официальное направление учреждения, в котором выполнена работа, содержащее сведения о возможности опубликования данных материалов ввиду отсутствия в них секретных сведений, не подлежащих разглашению;

- заявку на публикацию с указанием фамилии, имени, отчества автора(ов), полного названия организации, адреса, телефона, названия научного направления журнала, к которому относится статья.

Научная статья должна включать следующие элементы:

- индекс УДК;
- название статьи;
- фамилию и инициалы автора (авторов), ученую степень и звание, полное название организации;
- аннотацию;
- введение;
- основную часть, содержащую цель, методы, организацию, результаты исследований и их обсуждение;
- заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
- список использованных источников;
- дату поступления статьи в редакцию.

Оформление статьи должно удовлетворять следующим требованиям:

Текст научной статьи должен быть набранным в редакторе Word, шрифт Times New Roman, 12 пунктов через 1 интервал с абзацным отступом 1,25 см.

Объем научной статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков), но не более 10 страниц.

Принятые сокращения расшифровываются непосредственно в тексте статьи. Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., т.д. и т.п.).

Название статьи печатается прописными буквами жирным шрифтом посередине первой строки без переноса. Ниже, через одну строку, по центру – инициалы и фамилия

автора(ов), ученая степень и звание, полное название организации. Далее с абзаца через строку следует аннотация и затем основной текст статьи.

Аннотация (до 10 строк) должна ясно излагать содержание статьи и быть пригодной для опубликования в аннотациях к журналам отдельно от статьи.

Структура основного текста статьи. Такие элементы статьи, как «Введение», «Цель исследования», «Методы и организация исследования», «Результаты исследования и их обсуждение», «Заключение» должны быть выделены курсивом и начинаться с нового абзаца.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны нерешенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, указана ее связь с важными научными и практическими направлениями. Во введении следует избегать специфических понятий и терминов. Содержание введения должно быть понятным также и неспециалистам в соответствующей области.

Основная часть статьи должна содержать цель работы, описание методик, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

Таблицы (не более 2) применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей и располагают после первого упоминания в тексте. Все таблицы должны иметь название и порядковый номер. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире (*например*: Таблица 1 – Результаты педагогического тестирования). Примечание в таблице помещают в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы. На все таблицы должны быть приведены ссылки в тексте. Текст таблицы печатается шрифтом Times New Roman, 10 пунктов.

Иллюстрации – рисунки, графики, диаграммы, фотографии (не более 2) располагают после первого упоминания в тексте. Все иллюстрации должны иметь наименование и при необходимости пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают посередине строки (*например*: Рисунок 1 – Детали прибора).

Формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

В ссылках слова «таблица», «рисунок», «формула» приводятся полностью (без сокращения).

В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения. При необходимости должны быть также указаны границы применимости полученных результатов.

Список использованных источников следует располагать в конце статьи в порядке появления ссылок в тексте либо в алфавитном порядке.

Список использованных источников должен быть составлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Список использованных источников в объеме статьи не включается.

Автор несет личную ответственность за направление в редакцию ранее опубликованных статей или статей, принятых к печати другими изданиями.

В одном номере журнала может быть опубликовано не более двух статей одного и того же автора, включая статьи, написанные в соавторстве.

Все представляемые научные материалы подвергаются обязательному рецензированию и проверяются с помощью сервиса antiplagiat.ru. Доля авторского текста должна составлять не менее 70%.

Публикация статей бесплатная.

Материалы, не удовлетворяющие вышеуказанным требованиям и тематике, не рассматриваются и обратно не высылаются.

Материалы представляются по адресу:

220062, г. Минск, ул. Нарочанская, 8, каб. 504.

e-mail: post@medsport.by

тел. (+375 17) 308 10 11, тел./факс (+375 17) 308 00 01.