

Общество с ограниченной ответственностью

"ВебСпорт"

Касаткин В.Н., Ковалёва А.В., Кузнецов А.И., Турнаев В.М.,
Мирошникова Ю.В., Выходец И.Т., Хохлина Н.К.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО
ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДИКИ РИТМИЧЕСКОГО
ПРАКСИСА (ТАЙМИНГА) В ТРЕНИРОВОЧНОМ
ПРОЦЕССЕ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ
СПОРТСМЕНОВ**

Методические рекомендации

Под редакцией проф. В.В. Уйба

Москва 2019

ГРНТИ 76.35.41
УДК 61:796/799

Утверждены Ученым советом ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства» и рекомендованы к изданию (протокол № 24 от 26.09.2019 г.). Введены впервые.

Касаткин В.Н., Ковалёва А.В., Кузнецов А.И., Турнаев В.М., Мирошникова Ю.В., Выходец И.Т., Хохлина Н.К. Методические рекомендации по применению методики ритмического праксиса (тайминга) в тренировочном процессе у высококвалифицированных спортсменов. Методические рекомендации. Под ред. проф. В.В. Уйба // М.: ФМБА России, 2019. – 36 с.

Методические рекомендации предназначены для медицинского персонала спортсменов, врачей по спортивной медицине, медицинских психологов, врачей-специалистов, оказывающих медицинскую помощь спортсменам, а также аспирантов, ординаторов и студентов медицинских вузов и других специалистов, непосредственно участвующих в медицинском и медико-биологическом обеспечении спортсменов.

ГРНТИ 76.35.41
УДК 61:796/799

© Федеральное медико-биологическое агентство, 2019
© ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, 2019
© Общество с ограниченной ответственностью "ВебСпорт"

Настоящие методические рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без разрешения Федерального медико-биологического агентства

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЧУВСТВО РИТМА В СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	5
2. ПРОТОКОЛЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ НА РИТМИЧЕСКИЙ ПРАКСИС И СЛУХО-МОТОРНУЮ СИНХРОНИЗАЦИЮ.....	7
2.1. Произвольный темп	7
2.2. Максимальный теппинг.....	8
2.3. Задания на слухо-моторную синхронизацию (простой ритмический праксис).....	10
2.4. Задание на рабочую память	12
2.5. Задание на интерферирующий ритм.....	12
2.6. Задание на переключаемость.....	13
3. ТЕСТИРОВАНИЕ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ КВАЛИФИКАЦИИ НА СЛУХО-МОТОРНУЮ СИНХРОНИЗАЦИЮ	16
3.1. Произвольный теппинг.....	16
3.2. Максимальный теппинг.....	17
3.3. Задания на простой ритмический праксис	20
3.4. Задание на воспроизведение ритма по памяти	22
3.5. Задание на помехоустойчивость при воздействии интерферирующего ритма.....	25
3.6. Задание на переключаемость.....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	31

ВВЕДЕНИЕ

Отсутствие ритма в деятельности (присутствие временной нерегулярности в двигательных паттернах) характеризует неэффективную или неоптимальную результативность двигательных актов. Следовательно, понимание и поддержка механизмов, связанных с ритмом и временным постоянством двигательных паттернов, становится важным аспектом спортивной психологии (MacPherson et al., 2009). Хотя в некоторых работах рассматриваются характеристики или структуры, лежащие в основе высокопрофессионального двигательного поведения (Sparrow, Hughes, Russell, & Le Rossignol, 1999 из MacPherson et al., 2009), значительное число исследований в спортивной психологии фокусируется на уменьшении эффекта «нежелательных» и изнуряющих когнитивных процессов и эмоций (Csikszentmihalyi, 1992; Beilock & Carr, 2001 из MacPherson et al., 2009). При этом понимание аспектов генерации движений до сих пор не стало первостепенным для практиков спортивной психологии.

Очевидно, что точное и воспроизводимое движение является фундаментальной основой оптимального исполнения двигательного задания.

Таким образом необходимо добавить к безусловно важному аспекту контроля за когнитивными процессами и эмоциями еще и аспект понимания ритма и временных характеристик движения, того как они меняются в зависимости от успешности выполненного движения и как связаны с его результативностью. Исследование ритмических характеристик движения позволит найти баланс между собственно выполнением задания и регуляцией когнитивных и эмоциональных процессов (MacPherson, Collins & Obhi, 2009).

1. ЧУВСТВО РИТМА В СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исследования чувства ритма, способности к отсчету временных интервалов и организации ритмических движений у спортсменов немногочисленны, несмотря на очевидную значимость этих способностей для результативности спортивной деятельности во многих видах спорта.

Zachoroulou et al. (2006) исследовали способность к восприятию и воспроизведению ритма у спортсменов 9-10 лет трех видов спорта: теннис, волейбол и плавание. Также участвовали дети контрольной группы, не занимающиеся регулярно спортом. Выбор видов спорта был неслучайным. Так, в плавании для спортсмена нет внешнего задателя ритма, его результативность отражает внутреннее чувство ритма. С другой стороны, реализация двигательных навыков в теннисе и баскетболе синхронизирована с внешними стимулами. В теннисе такими стимулами является траектория полета мяча, а в баскетболе спортсмен подстраивает свое движение в соответствии как с движением мяча, так и с перемещениями других игроков (Zachoroulou et al., 2006). Дети должны были выполнить несколько шагов под ритм метронома в 44 и 50 уд/мин. Считается, что именно данные частоты наиболее подходят для выполнения локомоторных движений. Анализировалась точность воспроизведения ритма и устойчивость его удержания.

Результаты данного исследования показали, что, во-первых, дети, занимающиеся любым из исследованных видов спорта, воспроизводили более быстрый ритм точнее, чем дети из контрольной группы. Во-вторых, дети, занимающиеся теннисом, воспроизводили ритм точнее детей, занимающихся плаванием. Однако дети из группы плавания могли удерживать ритм на обеих частотах более устойчиво по сравнению с детьми других групп.

Что касается влияния фактора пола на точность и устойчивость удержания ритма, то в группе спортсменов пол не влияет на эти параметры. При изучении детей, не занимающихся регулярно спортом, чаще оказывается,

что девочки лучше справляются с удержанием ритма, чем мальчики. Авторы предполагают, что половые различия в слухо-моторной синхронизации становятся менее заметными в процессе тренировок (Zachoroulou et al., 2006).

Еще в одном исследовании, посвященном слухо-моторной синхронизации в спорте, сравнивали влияние мотивирующей музыки и простого ритма метронома на эффективность бега на беговой дорожке (Bood R. J. et al., 2013). Участники бежали до отказа на беговой дорожке в трех ситуациях: без звуковых воздействий (контроль), под звуки метронома в соответствии с их движениями, и под мотивирующую музыку (коло 130 уд/мин). Оказалось, что под метроном и под музыку спортсмены выдерживали бег более продолжительное время, примерно на 2 минуты дольше. Сопоставление влияния музыки и метронома дало неоднозначные результаты. Оценка задания по отдельным временным отрезкам показала, что мотивирующая музыка снижает ощущение утомления только при субмаксимальных нагрузках, но не при максимальных.

При воздействии метронома ритм бега был более стабилен (устойчив). Увеличение устойчивости ритма бега может помочь сэкономить ресурсы, поскольку основные потери энергии происходят при ускорениях и замедлениях при неравномерном движении (беге).

Таким образом, на основании анализа литературы можно предполагать наличие связи между результатами выполнения заданий на слухо-моторную синхронизацию и некоторыми исполнительными функциями.

2. ПРОТОКОЛЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ НА РИТМИЧЕСКИЙ ПРАКСИС И СЛУХО-МОТОРНУЮ СИНХРОНИЗАЦИЮ

Способность к слухо-моторной синхронизации при выполнении различных заданий оценивалась при помощи специально разработанного программно-аппаратного комплекса – «Сенсомоторный ритмограф». Он предназначен для диагностики и коррекции ритмического праксиса в норме и при патологии (Касаткин В.Н. и др., 2017). Прибор позволяет оценивать в моменте, а также улучшать в процессе тренировок способность человека повторять, удерживать и воспроизводить ритмические последовательности звуков разной сложности.

Для оценки способности спортсменов к слухо-моторной синхронизации были разработаны несколько задания (протоколов), позволяющих изучать как простой ритмический праксис (синхронизация с ритмами на разной частоте, так и более сложные функции (рабочая память на ритм, устойчивость к интерферирующим воздействиям, переключаемость), а также проводить вариант теппинг-теста для оценки нейродинамических свойств нервной системы.

2.1. Произвольный темп

Задача данного теста – оценить внутреннее чувство ритма и времени у испытуемого, способность к организации собственных движений в ритмическую последовательность. Задание не предполагает звукового воздействия (выполняется без наушников).

Инструкция: *«Ваша задача ударять рукой по пэду в любом удобном для себя равномерном ритме, не ускоряясь и не замедляясь в течение 30 сек».*

Оценивается средняя длительность интервалов между ударами и их стандартное отклонение.

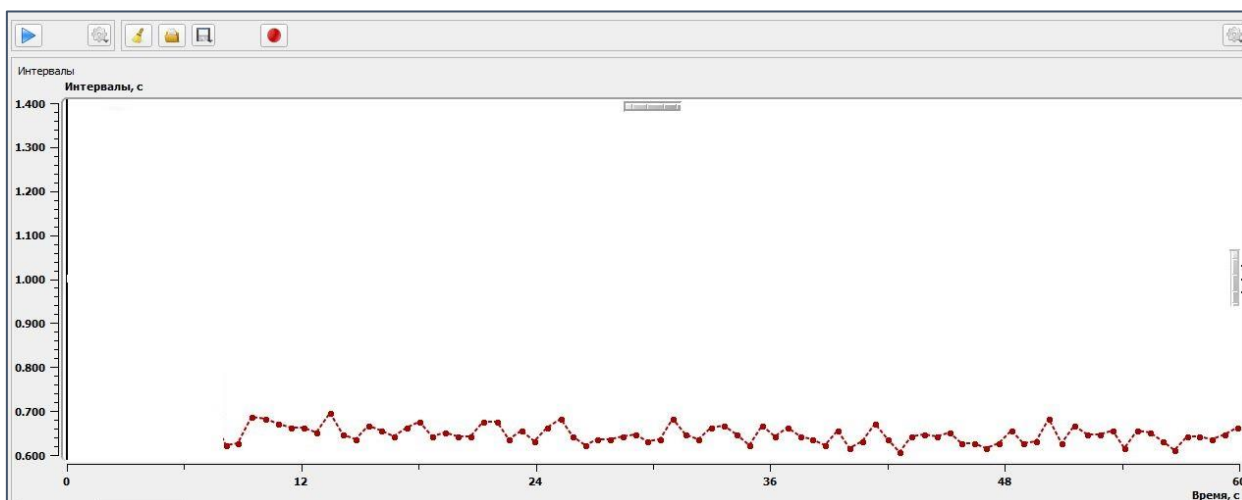


Рис. 1. Пример выполнения спортсменом задания на произвольный теппинг.

2.2. Максимальный теппинг

Назначение данного теста — оценка степени выносливости/истощаемости нервной системы спортсмена, динамики его работоспособности в максимально возможном темпе. Задание не предполагает звукового воздействия (выполняется без наушников).

Инструкция: *«Ваша задача ударять рукой по пэду как можно быстрее, в максимально возможном ритме в течение 30 секунд. Если в процессе выполнения начнете уставать и замедляться — это нормально, но надо стараться стучать как можно чаще».*

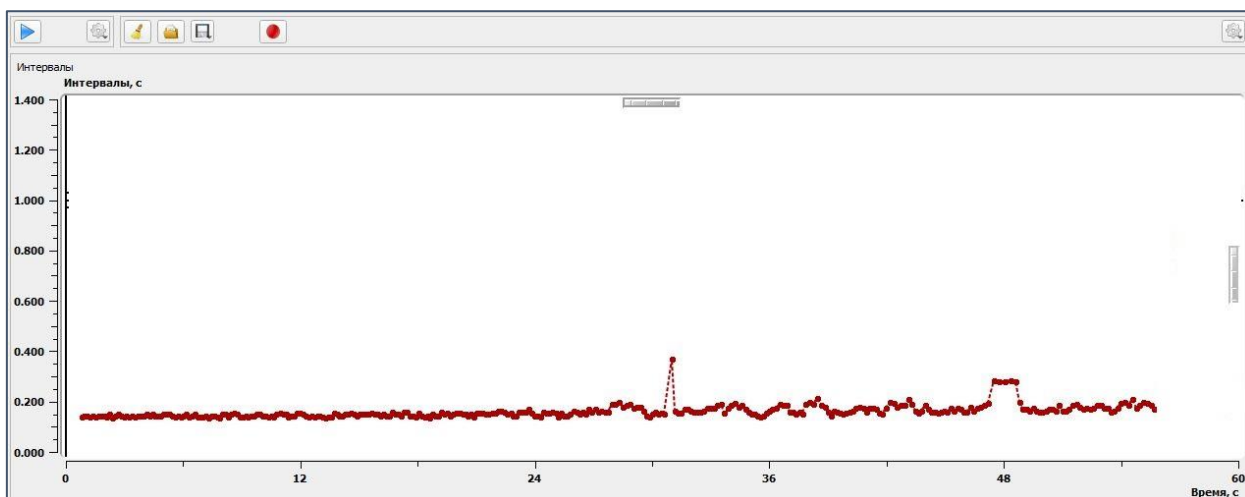


Рис.2. Пример выполнения спортсменом задания на максимальный теппинг.

Оценивается средняя длительность интервалов между ударами и их стандартное отклонение, а также средняя частота ударов. Кроме того, нейродинамические характеристики нервной системы определяются по методике Ильина Е.П. (2001).

Весь период работы в 30 секунд разбивается на 6 отрезков по 5 секунд каждый. Вычисляется количество ударов в каждом 5-тисекундном интервале, и строятся графики динамики работоспособности каждого испытуемого (рис. 3). В качестве исходной точки и линии, относительно которой оценивается динамика, берется количество ударов в первом интервале (за первые 5 сек).

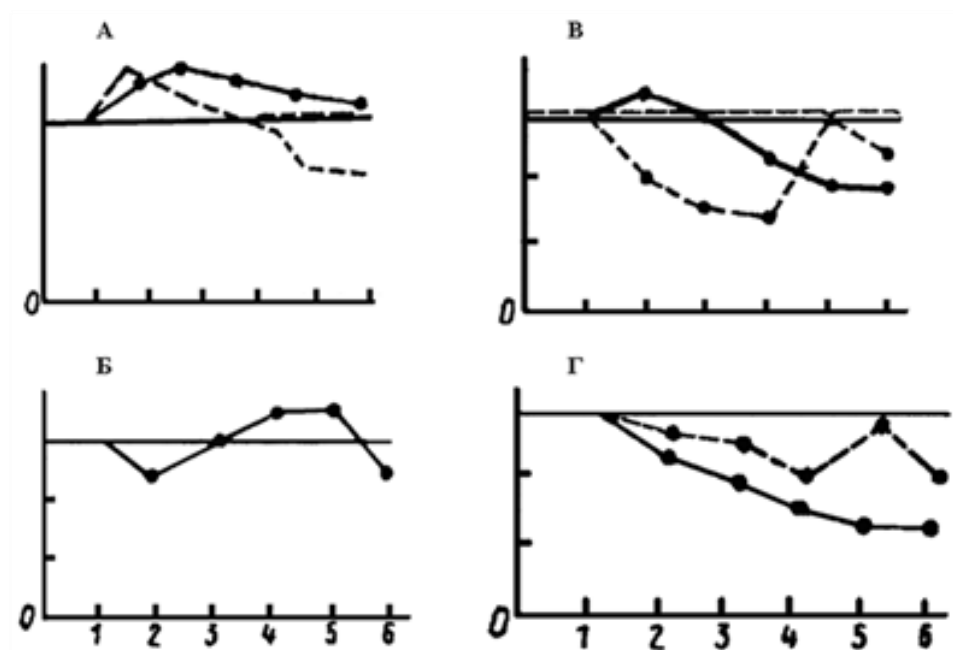


Рис. 3. Типы графиков динамики работоспособности в теппинг-тесте и соответствующие им свойства нервной системы. А — выпуклого типа (сильная н.с.); Б — ровного типа (средне сильная), В — промежуточного и вогнутого типов (средне слабая), Г — нисходящего типа (слабая н.с.).

2.3. Задания на слухо-моторную синхронизацию (простой ритмический праксис)

Задача всех субтестов данного задания — максимально точно синхронизировать удары по пэду со звуками метронома. Испытуемому необходимо надеть наушники, проверить громкость звука (не слишком громко, не слишком тихо), включив кнопку запуска стимулов.

Инструкция: *«Сейчас Вы будете слышать ритмичные звуки. Ваша задача ударять по поверхности барабана (пэда) ведущей рукой синхронно со звуками. Важно, чтобы удар был не до, не после включения звука, а максимально точно совпадал с ним».*

Затем следует выбрать необходимую частоту предъявления стимулов. Обычно начинается задание с самой медленной частоты - 40 ударов в минуту. После начала работы на экране появится запись, на которой можно видеть кривую стимулов (зеленый цвет) и кривую ударов испытуемого (красный цвет). Черными пунктирными линиями обозначен «коридор», в пределах которого могут наблюдаться отклонения воспроизводимых интервалов от заданного. По вертикальной оси отложена длительность интервалов, по горизонтальной – время.

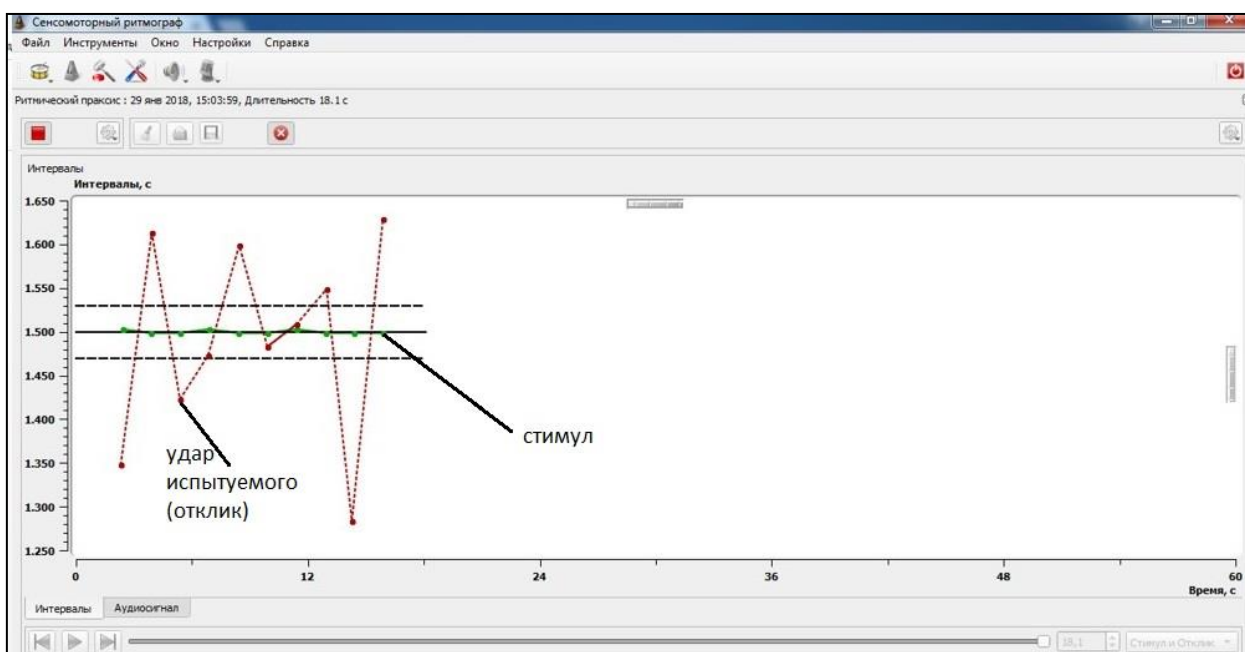


Рис.4. Вид экрана программы на слухо-моторную синхронизацию во время выполнения теста на простой ритмический праксис.

Испытуемый выполняет задание на слухо-моторную синхронизацию в течение 60 секунд, после чего исследователь останавливает запись, нажав на соответствующую кнопку. Далее даем следующий тест с другой частотой (60 уд/мин), изменив предварительно в настройках параметры стимула с 40 на 60 уд/мин.

После сохранения новой записи изменяем параметры на 90, а затем на 120, 180 и 240 ударов в минуту. Каждую запись сохраняем с указанием фамилии и частоты стимулов.

2.4. Задание на рабочую память

В режиме «Ритмический праксис» выбираются параметры предъявляемого стимула: характеристики звука (метроном – глухой удар, этот параметр установлен по умолчанию, менять не нужно), частота ритма (60 у/м). Задание предполагает работу в двух последовательных ситуациях: под метрономом (как в задании на простой ритмический праксис) и без метронома, по памяти воспроизведение заданного в первой части ритма.

Испытуемому дается следующая инструкция: «Вы будете слышать в наушниках ритмические звуки. Ваша задача ударять ладонью (рукой) по пэду синхронно (одновременно) со звуком метронома и постараться хорошо запомнить (усвоить) этот ритм. Через некоторое время звук будет выключен, но Вы должны продолжать воспроизводить тот ритм, который только что выстукивали, до сигнала «стоп» от специалиста, который проводит тест».

30 сек работы испытуемого под метрономом (по отметкам шкалы времени на экране программы) специалист выключает звук в операционной системе. Испытуемый продолжает воспроизводить ритм без метронома, без подсказки еще 30 секунд до команды специалиста «стоп». Общая продолжительность выполнения задания – 1 минута.

2.5. Задание на интерферирующий ритм

Задание выполняется в режиме «Интерферирующие стимулы». Задание предполагает выполнение слух-моторной синхронизации в двух ситуациях: при воздействии одного основного ритма метронома (как в задании на простой ритмический праксис) и при воздействии дополнительного (интерферирующего) ритма другой частоты и звука в качестве помехи.

Параметры основного ритма выставляются нажатием правой кнопки мыши на первый значок «пуск». Стандартные параметры: темп (частота) – 60 уд/мин, звук – метроном 1/глухой удар. Параметры интерферирующего ритма устанавливаются нажатием правой кнопки мыши на второй значок «пуск»: темп (частота) – 90 уд/мин, звук – метроном 1/звонкий удар.

Первая часть задания (слухо-моторная синхронизация с одним основным ритмом 60 уд/мин) длится 30 секунд. Не останавливая запись и работу испытуемого включить интерферирующий ритм (левой кнопкой мыши нажав на второй значок пуска стимулов).

Вторая часть задания (способность удержания слухо-моторной синхронизации под ритм 60 уд/мин при одновременном звучании интерферирующего ритма 90 уд/мин) длится 30 сек.

2.6. Задание на переключаемость

Данный тест предназначен для оценки способности спортсмена быстро переключаться с одного ритма на другой: с быстрого на медленный и обратно. В режиме «Ритмические последовательности» выставляются требуемые параметры стимулов: темп 1 – 120 уд/мин, темп 2 – 40 уд/мин и длительность предъявления каждого ритма (по 20 секунд каждого: T1 – 20 сек, T2 – 20 сек). Звук метронома одинаковый для обоих ритмов (глухой удар).

Инструкция для спортсмена: *«Вам будут предъявляться в наушники ритмы с изменяющейся частотой: сначала быстрые, а затем медленные, без пауз между ними. Ваша задача стараться максимально точно синхронизироваться с тем ритмом, который Вы слышите в данный момент, быстро переключаться между быстрыми и медленными ритмами».*

Цикл (120-40) предъявляется два раза (20 секунд ритм 120 ударов в минуту, 20 секунд ритм 40 ударов в минуту, 20 секунд снова ритм 120 уд/мин и еще 20 секунд опять ритм 40 уд/мин).

В результате выполнения разных заданий вычисляются количественные показатели точности и устойчивости слухо-моторной синхронизации, качества удержания ритма (табл.1).

Таблица 1. Вычисляемые показатели по результатам выполнения заданий на ритмографе и их значение.

Обозначение показателя	Расшифровка значения показателя	Единицы измерения	Комментарии
N	Количество интервалов в серии	шт	Показывает, сколько всего было ударов метронома - 1 (интервалов на один меньше, чем ударов)
Dt	Длительность серии	секунды	До выхода за пределы установленного «коридора»
T	Средний период интервала	секунды	Показывает длительность воспроизводимых интервалов
БТ	Стандартное отклонение T	секунды	Показатель разброса значений периода во всей серии; отражает устойчивость ритма ударов
N	Средняя частота воспроизводимых интервалов	Уд/мин	Величина, обратная T
Б v	Стандартное отклонение v	Уд/мин	Показатель разброса значений частоты во всей серии; отражает устойчивость ритма ударов
Sz	Среднеквадратичное отклонение воспроизводимых	секунды	Отражает качество удержания ритма

	интервалов от заданного		
V	Вариация воспроизводимых интервалов от заданного ($=S_z/T_z$)	безразмерная	Отражает качество удержания ритма При ритме в 60 уд/мин $S_z=V$
τ -индекс	Отношение средней длительности воспроизводимых интервалов к заданной ($=T/T_z$)	безразмерная	$\tau > 1$ – воспроизводимые интервалы больше заданного то есть ритм воспроизводится медленнее, чем нужно, испытуемый отстает от ритма $\tau < 1$ – воспроизводимые интервалы короче заданного, то есть ритм воспроизводится быстрее, чем нужно, испытуемый ускоряется, опережает ритм метронома
ϵ -ошибка	Средняя относительная ошибка воспроизведения ($=\tau-1$)	безразмерная	положительная – при $\tau > 1$ (замедление) отрицательная – при $\tau < 1$ (ускорение)
m-ошибка	Среднее абсолютное отклонение воспроизведенного интервала от заданного	секунды	m-ошибка важна для характеристики ситуации, когда в среднем человек попадает в ритм, но в отдельных случаях сильно от него отклоняется

3. ТЕСТИРОВАНИЕ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ КВАЛИФИКАЦИИ НА СЛУХО-МОТОРНУЮ СИНХРОНИЗАЦИЮ

Описанные выше протоколы тестирования на слухо-моторную синхронизацию были апробированы на 45 спортсменах разных видов спорта и уровней квалификации.

В каждом задании вычислялись показатели, представленные в таблице...

Тестирование на слухо-моторную синхронизацию предполагало выполнение спортсменом нескольких заданий в соответствии с разработанными протоколами: заданий на выявление свойств нервной системы, заданий на простой ритмический праксис (синхронизация со звуковыми ритмами разной частоты, воспроизведение ритма по памяти, удержание исходного ритма при включении интерферирующего, переключение с одного ритма на другой).

3.1. Произвольный теппинг

В среднем по группе интервал между ударами при произвольном теппинге у спортсменов составлял 0,634 сек, то есть около 95 уд/мин.

При повышении уровня спортивного мастерства частота ударов при произвольном теппинге растет (длительность интервалов между ударами уменьшается) (рис. 5).

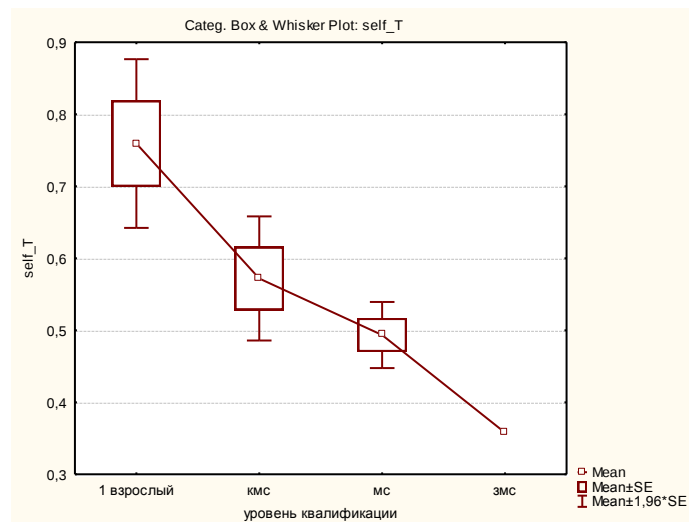


Рис. 5. Длительность периода между ударами при произвольном теппинге у спортсменов разного уровня квалификации.

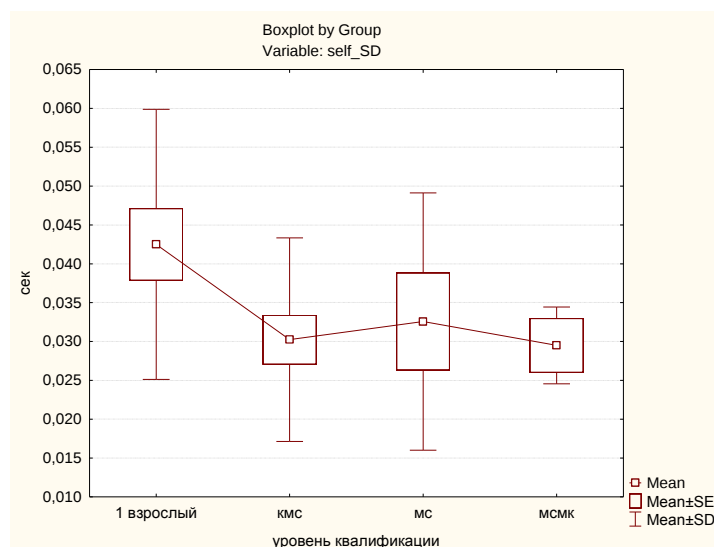


Рис. 6. Стандартное отклонение длительности интервалов при произвольном теппинге у спортсменов разного уровня квалификации.

3.2. Максимальный теппинг

Задание на максимальный теппинг заключалось в выполнении ударов ладонью по пэду в максимально возможном для спортсмена темпе в течение 30 сек. Оценивалась частота ударов (длительность интервала между ударами) и ее стандартное отклонение. Если собственно частота ударов показывает работоспособность нервной системы, ее нейродинамические свойства, то

стандартное отклонение отражает устойчивость, равномерность выполняемых движений, наличие периодов ускорения и замедления.

При сравнении результатов максимального теппинга у спортсменов разного уровня квалификации были получены неожиданные результаты: чем выше уровень квалификации, тем медленнее выполняют это задание спортсмены (длительность интервала между ударами увеличивается (рис. 7)).

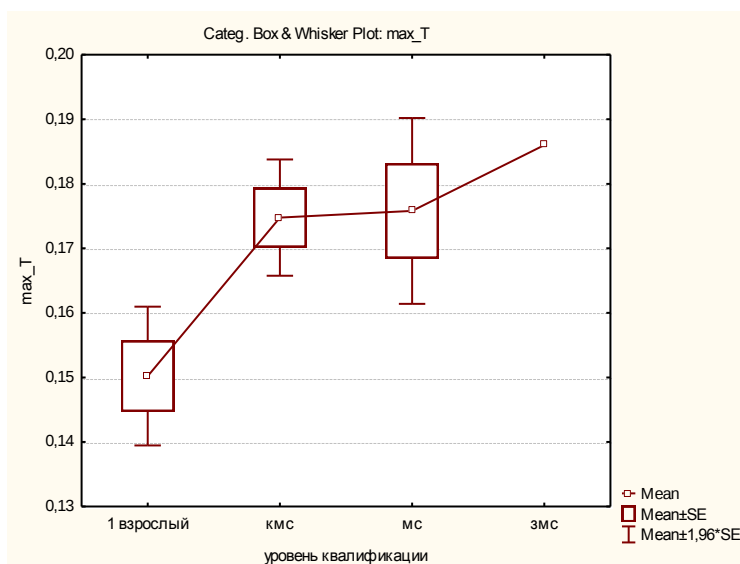


Рис. 7. Длительность периода между ударами при максимальном теппинге у спортсменов разного уровня квалификации.

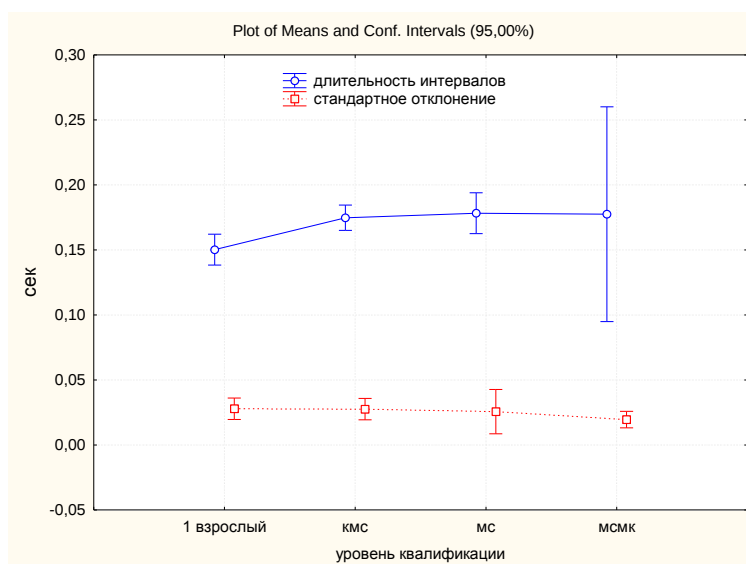


Рис. 8. Изменения длительности интервалов между ударами и ее стандартного отклонения при максимальном теппинге у спортсменов разного уровня квалификации.

В описании протоколов проведения тестов на ритмографе описана методика Ильина для определения свойств нервной системы (силы, выносливости) по теппинг-тесту. Задание на максимальный теппинг соответствует теппинг-тесту. Разделив 30-секундный отрезок на шесть 5-тисекундных отрезков и вычислив количество ударов в каждом из них можно построить кривые динамики работоспособности в течение этих 30 секунд.

Приведем пример определения силы нервной системы, а, следовательно, и ее выносливости, стрессоустойчивости у спортсменов из нашей выборки.

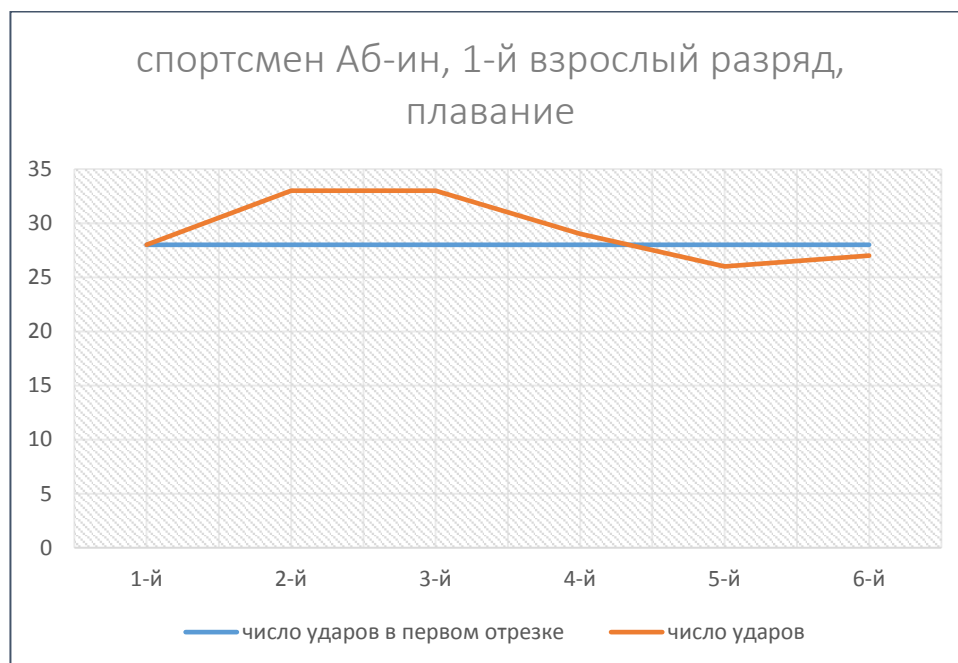


Рис. 9. Пример анализа динамики выполнения задания на максимальный теппинг по методу Ильина. Нервная система сильная.

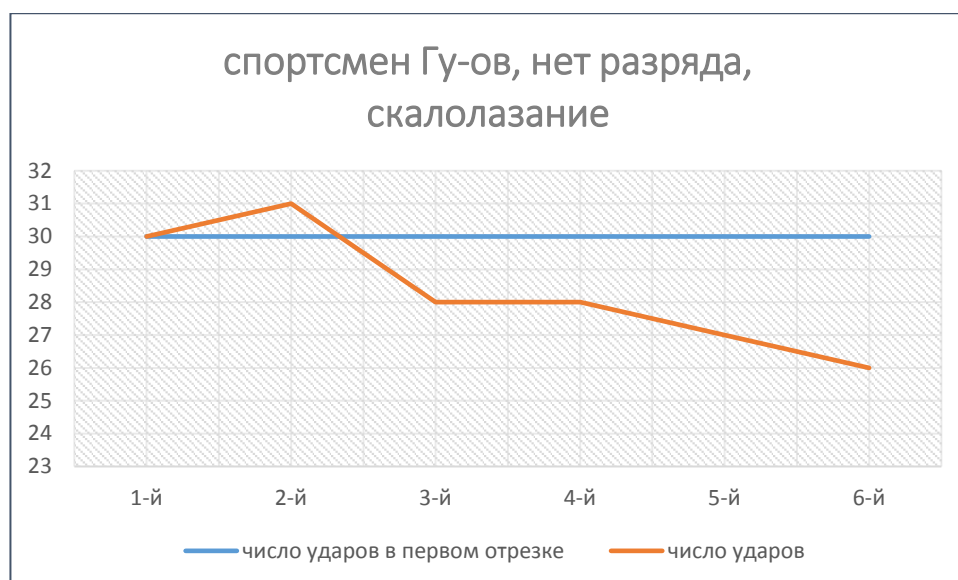


Рис.10. Пример анализа динамики выполнения задания на максимальный теппинг по методу Ильина. Нервная система средне-слабая.

3.3. Задания на простой ритмический праксис

Из множества показателей, вычисляемых по результатам выполнения заданий на ритмический праксис, для практических целей рекомендуется применять два основных, независящих от предъявляемого ритма метрономом, следовательно, можно сравнивать их значения при выполнении заданий с разными частотами:

- вариация воспроизводимых интервалов от заданного – характеризует устойчивость воспроизводимого ритма, то есть насколько переменны собственные удары испытуемого от удара к удару. Чем ниже значение показателя вариации, тем выше устойчивость воспроизведения ритма.

- относительная ошибка воспроизведения ритма (err) – отражает точность попадания в ритм (отклонение ударов испытуемого от ударов метронома). Чем ближе этот показатель к нулю, тем лучше (меньше ошибка, выше точность). Кроме того, при качественном выполнении заданий на ритмический праксис следует ожидать отрицательных значений данного показателя, так как это будет означать то, что спортсмен не просто реагирует на звук метронома (по принципу стимул-реакция), а антиципирует его, то есть

предвосхищает, задействует внутренние механизмы отсчета временных интервалов.

Сравнение результативности выполнения заданий на простой ритмический праксис спортсменов уровня квалификации «1-й взрослый разряд» и «КМС» не выявило значимых различий между ними.

При сравнении спортсменов, имеющих первый разряд ($n=14$), с мастерами спорта ($n=8$) выявило значимые различия в показателях устойчивости воспроизведения ритмов 180 и 240 уд/мин. Так, более высококвалифицированные спортсмены демонстрировали более низкие значения вариации и стандартного отклонения интервалов между ударами при слухо-моторной синхронизации на высоких частотах.

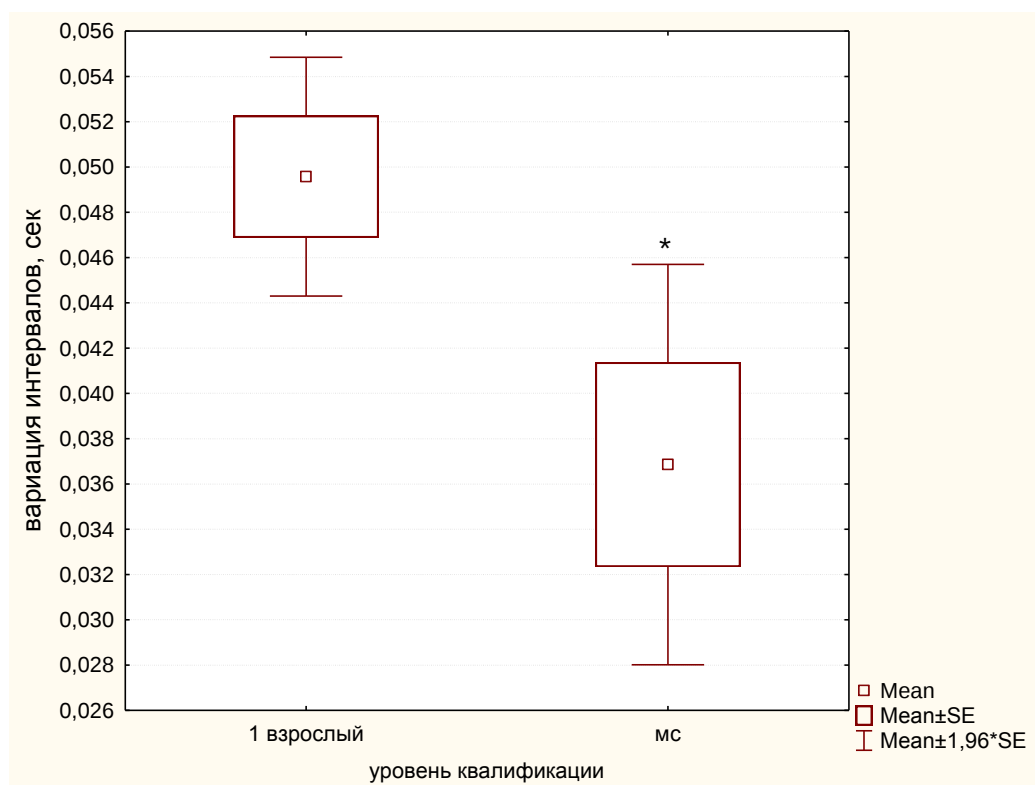


Рис. 11. Вариация интервалов между ударами при выполнении задания на простой ритмический праксис на частоте 180 уд/мин у спортсменов уровня квалификации «1-й взрослый разряд» и «мастер спорта» (мс).

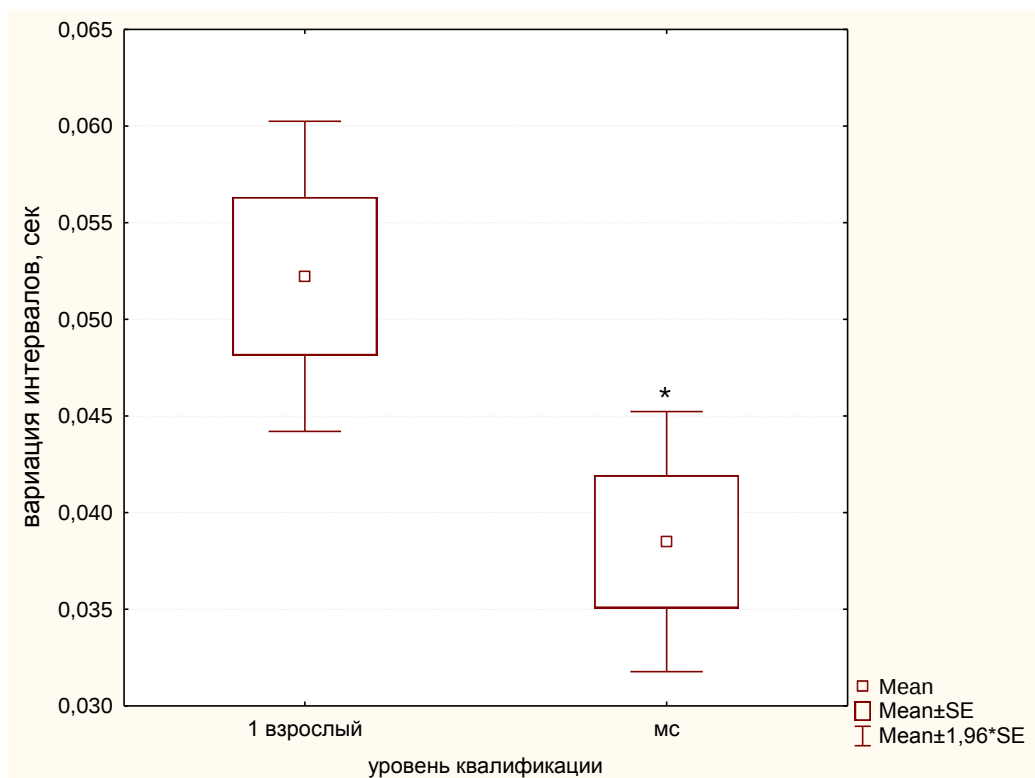


Рис. 12. Вариация интервалов между ударами при выполнении задания на простой ритмический праксис на частоте 240 уд/мин у спортсменов уровня квалификации «1-й взрослый разряд» и «мастер спорта» (мс).

3.4. Задание на воспроизведение ритма по памяти

Задание на воспроизведение ритма по памяти состоит из двух частей: 30 сек синхронизация с ритмом 60 уд/мин под звуки метронома, затем без остановки 30 сек без звука, по памяти в том же ритме.

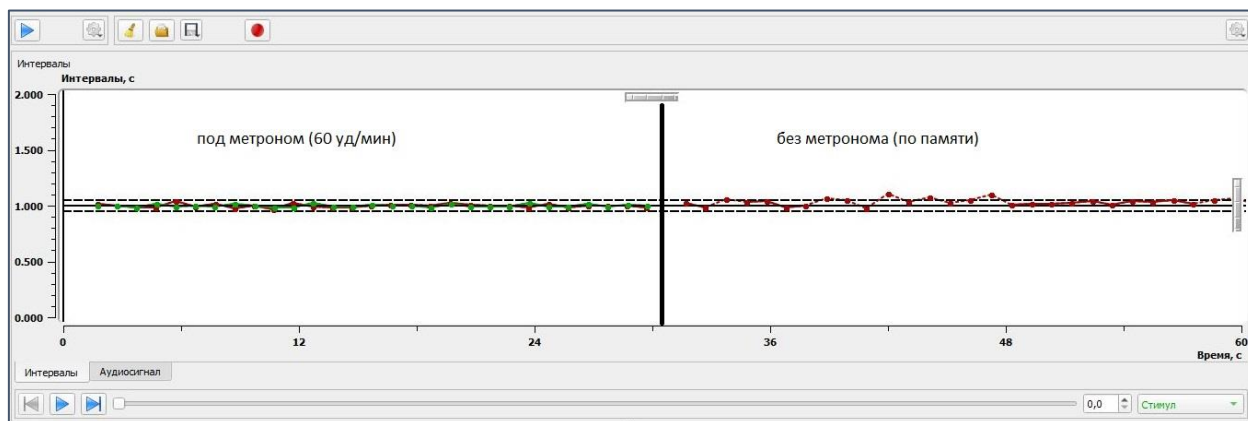


Рис. 13. Пример выполнения задания на удержание ритма по памяти.

Для того, чтобы оценить степень нарушения воспроизведения ритма по памяти, для каждого спортсмена было произведено попарное сравнение двух

серий интервалов с использованием непараметрических статистических критериев: под метроном и по памяти. Оказалось, что у 58.1% (25 человек из 43) спортсменов выключение звука значительно нарушает ритмичность выполнения движения, у 27.9% (12 человек) - не выявлено значимых различий между двумя сериями интервалов, то есть при выключении звука эти спортсмены продолжают выполнять ритмичное действие так же, как и при наличии звуковой подсказки, а у 14% (6 человек) эти различия есть, но слабые, на границе уровня значимости ($p=0.04$).

Таким образом, можно заключить, что у большинства спортсменов после выключения звука ухудшается воспроизведение ритма по сравнению с первой фазой. Однако, если мы разделим спортсменов по уровню их квалификации, то окажется, что чем выше уровень квалификации, тем менее выражен этот эффект.

Так, у спортсменов 1-го взрослого разряда вариация по памяти значительно выше, чем под метроном (рис. 14), у спортсменов уровня КМС также значительно выше (но уровень значимости ниже) (рис. 15), а у мастеров спорта нет достоверных различия, то есть у них выключение звука почти не влияет на устойчивость воспроизведения ритма (рис. 16).

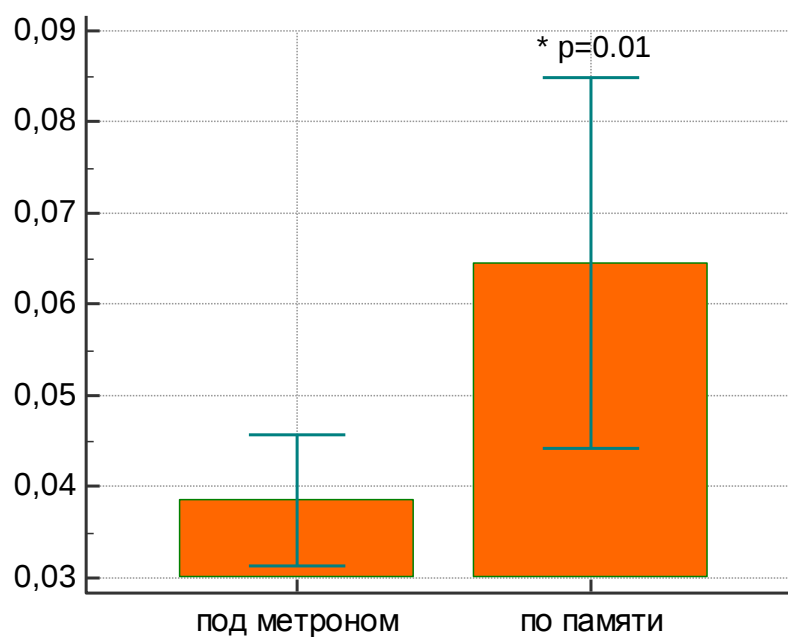


Рис. 14. Изменение вариации (устойчивости) воспроизведения ритма после выключения звука метронома у спортсменов **1-го взрослого разряда** (среднее $\pm$ 95% доверит. интервал, критерий Вилкоксона, различия достоверны).

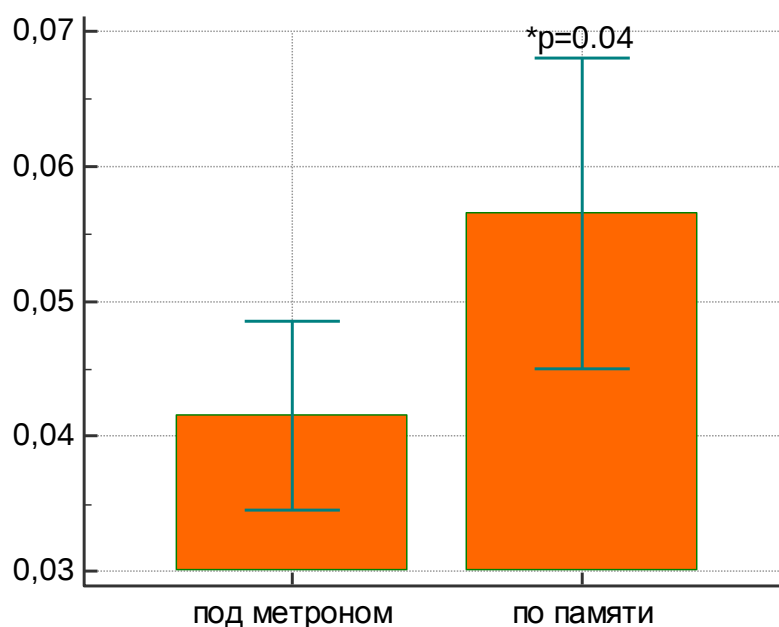


Рис. 15. Изменение вариации (устойчивости) воспроизведения ритма после выключения звука метронома у спортсменов квалификации **КМС** (среднее $\pm$ 95% доверит. интервал, критерий Вилкоксона, различия достоверны).

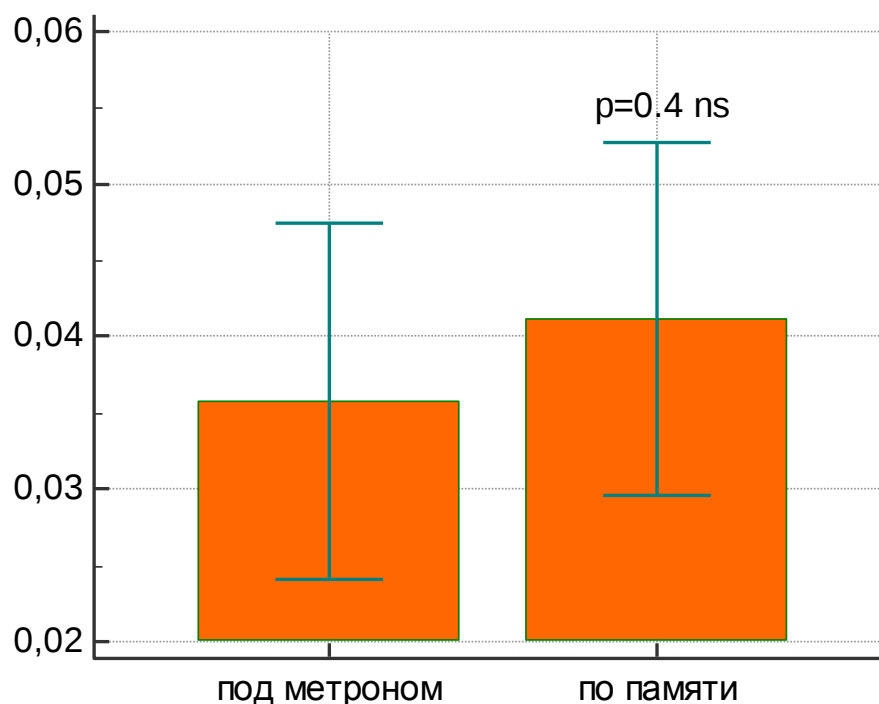


Рис. 16. Изменение вариации (устойчивости) воспроизведения ритма после выключения звука метронома у спортсменов квалификации **МС** (среднее $\pm$ 95% доверит. интервал, критерий Вилкоксона, различия недостоверны).

3.5. Задание на помехоустойчивость при воздействии интерферирующего ритма

Задание на помехоустойчивость, ингибирование нерелевантных сигналов при воздействии интерферирующего ритма включало две части: 30 сек синхронизация с одним ритмом метронома 60 уд/мин, затем включается второй (интерферирующий) ритм с другой частотой (90 уд/мин) и другим звуком. Задача – удерживать исходный ритм, не сбиваясь на помеху.

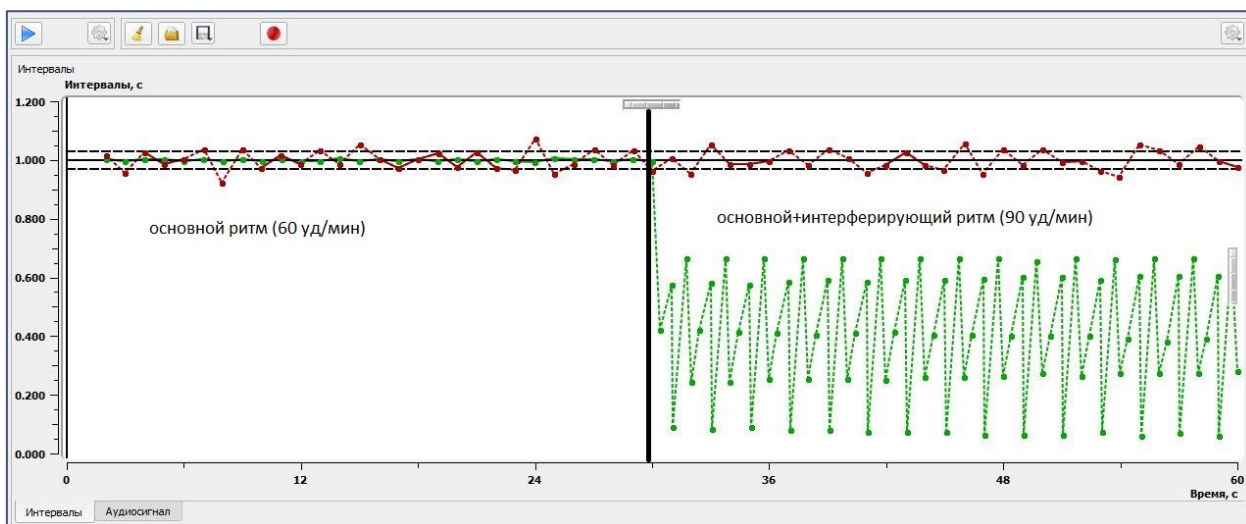


Рис.17. Пример выполнения задания на помехоустойчивость.

Для выявления влияния включения интерферирующего ритма на воспроизведение основного, для каждого спортсмена было произведено попарное сравнение двух серий ударов (интервалов между ударами): 1) только основной ритм, 2) основной и интерферирующий ритм при помощи непараметрических статистических критериев.

В результате статистического анализа оказалось, что ни у одного спортсмена не выявлено значимых различий между двумя сериями в задании на интерференцию. То есть, вся они (каждый в отдельности) успешно справились с заданием, помеха в виде дополнительного ритма не влияла на качество выполнения ритмического действия.

Статистический анализ в группах выявил следующие особенности. Если сравнивать результативность выполнения задания на помехоустойчивость в группах спортсменов с разным уровнем квалификации, то обнаруживается неоднозначная картина: в группах «1-й взрослый разряд» и «МС» нет статистически значимого влияния включения интерферирующего ритма на показатель устойчивости воспроизведения основного ритма, а в группе «КМС» - есть достоверные различия между сериями.

Отсутствие закономерности в результативности выполнения задания на помехоустойчивость в связи с уровнем квалификации можно объяснить либо

большими индивидуальными различиями в группе «1-й взрослый разряд», либо тем, что этот показатель действительно не связан с уровнем квалификации. Однако для ответа на данный вопрос необходимо проведение аналогичных исследований на больших выборках.

3.6. Задание на переключаемость

Задание на переключаемость состояло из двух серий удержания ритмов 40 и 120 уд/мин под метроном: первая серия – 20 секунд удержание ритма 120 уд/мин, затем 20 сек удержание ритма 40 уд/мин, затем вторая серия – та же последовательность ритмов. Спортсмену было необходимо быстро менять ритм своих ударов в соответствии с меняющимся ритмом ударов метронома, переключаться с быстрого ритма на медленный и обратно.

Статистический анализ результативности выполнения задания на переключаемость показал большое количество сильно отклоняющихся значений, что ставит под сомнение достоверность полученного уровня значимости различий.

В данном задании большой интерес представляет анализ индивидуальной динамики подстройки к изменившемуся ритму в процессе переключения. Продемонстрируем на примере некоторых спортсменов эту динамику (рис. 18-19).

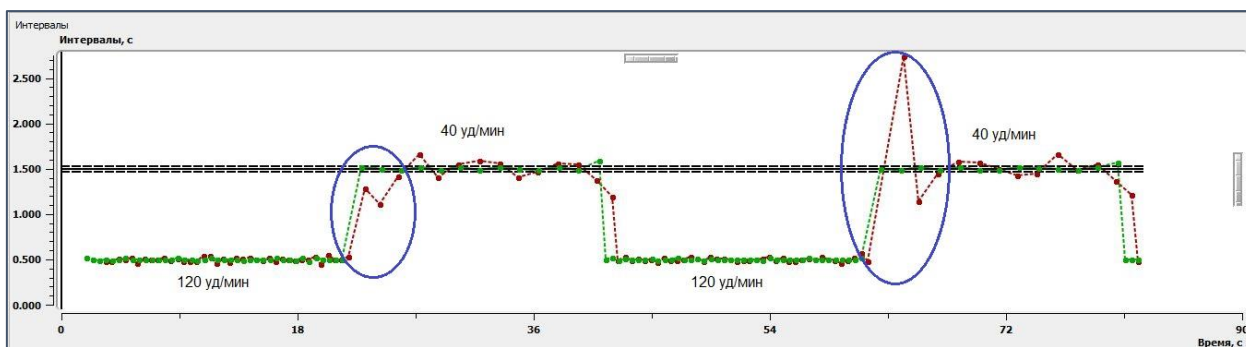


Рис.18. Выполнение задания на переключаемость спортсменом Г-евым (КМС, водное поло).

Для всех спортсменов воспроизведение ритма 120 уд/мин было более легким заданием, чем удержание ритма 40 уд/мин. Кроме того, переключение

с быстрого ритма на медленный также было сложнее, чем с медленного на быстрый. На рис... видно насколько быстро и точно происходит это переключение.

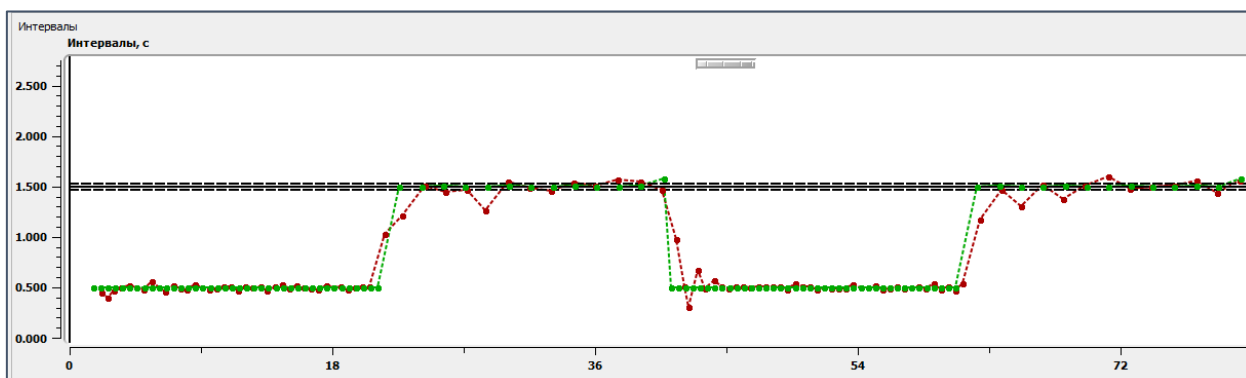


Рис.19. Выполнение задания на переключаемость Д-ко (ЗМС, гребля на байдарках).

Единственный представитель уровня квалификации ЗМС выполняет задание достаточно успешно, можно видеть, как происходит подстройка под новый ритм после переключения частоты метронома (рис. 19). Однако анализ записей спортсменов других групп не позволяют однозначно сделать вывод о связи результативности выполнения задания на переключаемость между ритмами и уровнем квалификации спортсменов.

Также был проведен анализ взаимосвязей между результатами выполнения теста на переключаемость на ритмографе с классическим тестом на переключение внимания «Красно-черные таблицы». Наличие значимых корреляций между этими двумя методиками показывает, что предложенное задание на переключаемость на ритмографе действительно измеряет эту функцию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Способность к слухо-моторной синхронизации при выполнении различных заданий оценивалась при помощи специально разработанного программно-аппаратного комплекса – «Сенсомоторный ритмограф».

Для оценки способности спортсменов к слухо-моторной синхронизации были разработаны следующие задания (протоколы):

- произвольный темп;
- максимальный темп;
- простой ритмический праксис (слухо-моторная синхронизация с ритмами разной частоты);
- воспроизведение ритма по памяти;
- помехоустойчивость;
- переключаемость.

Для каждого протокола подробно описана инструкция для спортсмена и процедура проведения.

Анализ результатов выполнения задания на воспроизведение ритма по памяти показал, что у большинства спортсменов после выключения звука ухудшается воспроизведение ритма по сравнению с первой фазой. Однако, если при разделении спортсменов по уровню их квалификации оказалось, что чем выше уровень квалификации, тем менее выражен этот эффект. То есть более высококвалифицированные спортсмены в целом лучше удерживают ритм по памяти.

Что касается воспроизведения основного ритма при наличии помехи (интерферирующего ритма), то для спортсменов нашей выборки это задание оказалось легким, то есть включение дополнительного ритма не ухудшало синхронизацию движений с основным. Кроме того, результативность выполнения задания на помехоустойчивость не связана с уровнем квалификации спортсменов.

Результативность выполнения задания на переключаемость на ритмографе оказалась значимо связана с переключаемостью, оцененной по классическому тесту на переключение внимания – «Красно-черные таблицы», что подтверждает валидность данного задания в отношении оценки соответствующей функции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Касаткин В. Н. и др. Нарушение слухо-моторной синхронизации у пациентов с опухолями мозжечка //Российский журнал детской гематологии и онкологии. – 2017. – №. 4.
2. Методика экспресс-диагностики свойств нервной системы по психомоторным показателям Е.П. Ильина (Теппинг-тест) / Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Ред.-сост. Д.Я. Райгородский – Самара, 2001. С.528-530
3. Appelbaum L. Gregory & Graham Erickson (2016): Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques // International Review of Sport and Exercise Psychology, DOI: 10.1080/1750984X.2016.1266376
4. Barnett Kaitlyn, Dave A Gonzalez, Alicia Capobianco, Sara M Scharoun, Eric A. Roy (2014): Soccer specific working memory task // Journal of Exercise, Movement, and Sport Vol 46, No 1
5. Bengtsson S. L. et al. Listening to rhythms activates motor and premotor cortices // Cortex. 2009. T. 45. №. 1. С. 62-71.
6. Ben-Pazi H. et al. Age and medication effects on rhythmic responses in ADHD: Possible oscillatory mechanisms? // Neuropsychologia. 2006. T. 44. №. 3. С. 412-416.
7. Bobin-Bègue A., Droit-Volet S., Provasi J. Young children's difficulties in switching from rhythm production to temporal interval production (> 1 s) //Frontiers in psychology. 2014. T. 5
8. Bood R. J. et al. The power of auditory-motor synchronization in sports: enhancing running performance by coupling cadence with the right beats //PloS one. – 2013. – T. 8. – №. 8. – С. e70758.
9. Broadbent David P., Joe Causer, A. Mark Williams & Paul R. Ford (2015): Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions // European Journal of Sport Science Volume 15, Issue 4

10. Burgess P. W. et al. The cognitive and neuroanatomical correlates of multitasking // *Neuropsychologia*. – 2000. – T. 38. – №. 6. – C. 848-863.
11. Buszard T., Masters R. S.W., Farrow D. (2017): The generalizability of working-memory capacity in the sport domain // *Current Opinion in Psychology* Volume 16, August 2017, Pages 54–57
12. Carron A. V., Hausenblas H. A., Eys M. A.: *Group Dynamics in Sport* // *Fitness Information Technology*, 2005. 376
13. Chen J. L., Penhune V. B., Zatorre R. J. Moving on time: brain network for auditory-motor synchronization is modulated by rhythm complexity and musical training // *Journal of cognitive neuroscience*. 2008. T. 20. №. 2. C. 226-239.
14. Chen J. L., Zatorre R. J., Penhune V. B. Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms // *Neuroimage*. 2006. T. 32. №. 4. C. 1771-1781.
15. Corriveau K. H., Goswami U. Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments: tapping to the beat // *Cortex*. 2009. T. 45. №. 1. C. 119-130.
16. Diamond A., Lee K.: Interventions Shown to Aid Executive Function Development in Children 4 to 12 Years Old // *Science* VOL 333 19 August 2011
17. Furley Philip, Geoffrey Schweizer & Alex Bertrams: The two modes of an athlete: dual-process theories in the field of sport // *International Review of Sport and Exercise Psychology* Volume 8, 2015 - Issue 1
18. Furley P., Memmert D. Creativity and working memory capacity in sports: working memory capacity is not a limiting factor in creative decision making amongst skilled performers // *Front. Psychol.*, 10 February 2015
19. Fuster J. M. Executive frontal functions // *Experimental brain research*. – 2000. – T. 133. – №. 1. – C. 66-70.
20. Goswami U. A temporal sampling framework for developmental dyslexia // *Trends in cognitive sciences*. 2011. T. 15. №. 1. C. 3-10.
21. Grahn J. A., Brett M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain // *Journal of cognitive neuroscience*. 2007. T. 19. №. 5. C. 893-906.

22. Habas C. et al. Distinct cerebellar contributions to intrinsic connectivity networks // Journal of neuroscience. 2009. T. 29. №. 26. C. 8586-8594.
23. Hillman C. H., Buck S. M., Themanson J. R., Pontifex M. B., and Castelli D. M. : Aerobic Fitness and Cognitive Development: Event-Related Brain Potential and Task Performance Indices of Executive Control in Preadolescent Children // Developmental Psychology 2009, Vol. 45, No. 1, 114–129
24. Holm L., Ullén F., Madison G. Motor and executive control in repetitive timing of brief intervals //Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. – 2013. – T. 39. – №. 2. – C. 365.
25. Ivry R. B. et al. The cerebellum and event timing //Annals of the New York Academy of Sciences. 2002. T. 978. №. 1. C. 302-317.
26. Jones, C. M., & Miles, T. R. : Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball // Journal of Human Movement Studies 1998, 4, 231–235.
27. Karmarkar U. R., Buonomano D. V. Timing in the absence of clocks: encoding time in neural network states //Neuron. – 2007. – T. 53. – №. 3. – C. 427-438.
28. Koechlin E., Summerfield C. An information theoretical approach to prefrontal executive function //Trends in cognitive sciences. – 2007. – T. 11. – №. 6. – C. 229-235.
29. Konoike N. et al. Temporal and motor representation of rhythm in fronto-parietal cortical areas: an fMRI study // PloS one. 2015. T. 10. №. 6. C. e0130120.
30. Laborde S., Furley P., Schempp C. : The relationship between working memory, reinvestment, and heart rate variability // Physiology & Behavior 139 (2015) 430–436
31. Lewis P. A., Miall R. C. Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging //Current opinion in neurobiology. – 2003. – T. 13. – №. 2. – C. 250-255.

32. Lewis P. A., Miall R. C. Remembering the time: a continuous clock //Trends in cognitive sciences. – 2006. – T. 10. – №. 9. – C. 401-406.
33. Locke E. A.; Latham G. P. : Review by: Henry L. Tosi A Theory of Goal Setting and Task Performance // The Academy of Management Review, Vol. 16, No. 2 (Apr., 1991), pp. 480-483
34. MacPherson A. C., Collins D., Obhi S. S. The importance of temporal structure and rhythm for the optimum performance of motor skills: A new focus for practitioners of sport psychology //Journal of Applied Sport Psychology. – 2009. – T. 21. – №. S1. – C. S48-S61.
35. Mann D.T.Y., Williams A.M., Ward P., Janelle C.M.: Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis // Journal of Sport and Exercise Psychology, 2007
36. Meister I. G. et al. The dorsal premotor cortex orchestrates concurrent speech and fingertapping movements //European Journal of Neuroscience. – 2009. – T. 29. – №. 10. – C. 2074-2082.
37. Miyake A., Friedman N. P. The nature and organization of individual differences in executive functions four general conclusions // Current directions in psychological science. – 2012. – T. 21. – №. 1. – C. 8-14.
38. Moffitta T. E., Arseneault L., Belskya D. , Dickson N., Hancox R. J., Harrington H. L., Houts R. , Poulton R. , Roberts B. W., Ross S., Sears M. R., Thomson W. M., and Caspia A.: A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety // Edited by James J. Heckman, University of Chicago, Chicago, IL, and approved December 21, 2010 (received for review July 13, 2010)
39. Molinari M. et al. Cerebellum and detection of sequences, from perception to cognition // The Cerebellum. 2008. T. 7. №. 4. C. 611-615.
40. Moran, A. P. (1996). The psychology of concentration in sport performers: a cognitive analysis // Hove: PsychologyPress.
41. Okuda J. et al. Differential involvement of regions of rostral prefrontal cortex (Brodmann area 10) in time-and event-based prospective memory //International Journal of Psychophysiology. – 2007. – T. 64. – №. 3. – C. 233-246.

42. O'Reilly J. X. et al. Distinct and overlapping functional zones in the cerebellum defined by resting state functional connectivity // *Cerebral cortex*. 2009. T. 20. №. 4. C. 953-965.
43. Pollok B. et al. The cerebral oscillatory network associated with auditorily paced finger movements // *Neuroimage*. – 2005. – T. 24. – №. 3. – C. 646-655.
44. Repp B. H., Su Y. H. Sensorimotor synchronization: a review of recent research (2006–2012) // *Psychonomic bulletin & review*. 2013. T. 20. №. 3. C. 403-452
45. Simons J. S. et al. Differential components of prospective memory?: Evidence from fMRI // *Neuropsychologia*. – 2006. – T. 44. – №. 8. – C. 1388-1397.
46. Steele C. J. The relationship between brain structure, motor performance, and early musical training : дис. – Concordia University, 2012.
47. Steele C. J., Penhune V. B. Specific increases within global decreases: a functional magnetic resonance imaging investigation of five days of motor sequence learning // *Journal of Neuroscience*. 2010. T. 30. №. 24. C. 8332-8341.
48. Stoodley C. J., Valera E. M., Schmahmann J. D. Functional topography of the cerebellum for motor and cognitive tasks: an fMRI study // *Neuroimage*. 2012. T. 59. №. 2. C. 1560-1570.
49. Tierney A. T., Kraus N. The ability to tap to a beat relates to cognitive, linguistic, and perceptual skills // *Brain and language*. 2013. T. 124. №. 3. C. 225-231
50. Tomporowski P. D., McDowell J. E., Austin B. P., and Miller P. H. : Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized, Controlled Trial // *Health Psychology* 2011, Vol. 30, No. 1, 91–98
51. Ullén F. et al. Intelligence and variability in a simple timing task share neural substrates in the prefrontal white matter // *Journal of Neuroscience*. – 2008. – T. 28. – №. 16. – C. 4238-4243.

52. Vicario C. M. Cognitively controlled timing and executive functions develop in parallel? A glimpse on childhood research // *Frontiers in behavioral neuroscience*. 2013. T. 7.
53. Voss M.W., Kramer A.F., Basak C., Prakash R.S., Roberts B.: Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise // *Applied Cognitive Psychology*, 2010
54. Weinberg R. S., D. Gould: *Foundations of Sport and Exercise Psychology* (4th Edn.) // *Journal of Sports Sciences*, December 2007; 25(14): 1625
55. Weinberg R., Butt J., Knight B.: High School Coaches' Perceptions of the Process of Goal Setting // *The Sport Psychologist*, 2001. 15. 20-47.
56. Wikman J.M., Stelter R., Melzer M., Hauge M.L.T. & Elbe A.M. (2014): Effects of goal setting on fear of failure in young elite athletes // *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 12:3, 185-205, DOI: 10.1080/1612197X.2014.881070.
57. Williams, A. M., & Burwitz, L. (1993). Advance cue utilization in soccer. In T. Reilly, J. Clarys & A. Stibbe (Eds.) // *Science and Football II* (pp. 239–243). London: E & FN Spon.
58. Wilson, M. R., Vine, S. J., & Wood, G. (2009): The influence of anxiety on visual attentional control in basketball free throw shooting // *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 31, 152–168.
59. Wood Greg, Vine Samuel J., Wilson Mark R: Working memory capacity, controlled attention and aiming performance under pressure // *Psychological research*, 2016–Springer https://e-space.mmu.ac.uk/608465/1/WMC_PR_Final.pdf
60. Zachopoulou E. et al. Differentiation of parameters for rhythmic ability among young tennis players, basketball players and swimmers // *European Journal of Physical Education*. – 2000. – T. 5. – №. 2. – C. 220-230.