

ПОСТУРАЛЬНЫЙ БАЛАНС В ДВУХОПОРНОЙ И ОДНООПОРНОЙ СТОЙКАХ У ФУТБОЛИСТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДВОЙНЫХ ЗАДАЧ

Тишутин Н.А.

Белорусский
государственный
университет
физической
культуры

В статье проведен анализ особенностей поддержания постурального баланса в двухопорной и одноопорной стойках у футболистов при параллельном решении когнитивных задач. Показано, что футболисты по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, характеризуются более высоким уровнем поддержания постурального баланса в двухопорной и одноопорной стойках в условиях параллельного решения когнитивных задач. Срочная адаптация постуральной системы к выполнению двойных задач у всех обследуемых реализуется через повышение частоты позных коррекций, величины девиаций центра давления, а также уровня энергозатрат. Установлены преобладающие позные стратегии, обеспечивающие поддержание позы в условиях выполнения двойных задач у футболистов. Выявленные особенности поддержания позы при параллельном решении когнитивных задач у футболистов могут быть полезны тренерам для оценки эффективности выполнения специфических для их вида спорта двойных задач.

Ключевые слова: двойные задачи; постуральный баланс; когнитивная задача; двухопорная стойка; одноопорная стойка; футболисты.

POSTURAL BALANCE IN DOUBLE AND SINGLE SUPPORT STANDS IN FOOTBALL PLAYERS DURING DUAL TASKS PERFORMANCE

The article analyzes the features of maintaining postural balance in double-support and single-support stands in football players while solving simultaneously cognitive tasks. It has been shown that football players, compared to students not engaged in sports, are characterized by a higher level of maintaining postural balance in double-support and single-support stands in conditions of parallel solving cognitive tasks. Urgent adaptation of the postural system to dual tasks performance in all subjects is realized through an increase in the frequency of postural corrections, the magnitude of deviations of the center of pressure, as well as the level of energy consumption. The predominant postural strategies that ensure the maintenance of posture in conditions of performing dual tasks in football players have been established. The identified features of maintaining a posture while solving simultaneously cognitive tasks in football players can be useful for coaches in assessing the effectiveness of performing dual tasks specific to their sport.

Keywords: dual tasks; postural balance; cognitive task; double-support stand; single-support stand; footballers.

ВВЕДЕНИЕ

Ситуации выполнения нескольких одновременных задач разного типа характерны для спортсменов, особенно в игровых видах спорта, где необходимо выполнять двигательные и когнитивные, технико-тактические действия в усложненных временных, пространственных и постуральных условиях [1]. Отмечается, что параллельно с решением когнитивных задач, связанных с анализом и выбором наиболее оптимальной позиции, траектории движения, технического действия, футболист должен поддерживать

постуральный баланс (ПБ), а также выполнять различные двигательные действия, что характеризует двойную задачу (dual tasks) в игровой деятельности у футболистов [2]. Спортсменам-футболистам важно эффективно поддерживать ПБ как в простых двухопорных стойках (ДС), так и в более сложных одноопорных стойках (ОС) [3].

Для эффективного поддержания ПБ в организме функционирует сложная многоуровневая система, которая, в том числе, включает кору больших полу-

шарий, структуры ствола мозга, спинного мозга, таламуса, мозжечка, а также базальных ядер [4, 5]. Префронтальные отделы коры больших полушарий необходимы для обеспечения постурального контроля, поскольку они являются морфологической структурой для осуществления когнитивных управляющих функций [6], которые необходимы для поддержания различных поз, особенно в усложненных постуральных условиях. Решение когнитивных задач обеспечивается преимущественной активностью префронтальной коры и лобных долей головного мозга, которые имеют широкие интернейронные взаимосвязи с другими областями коры больших полушарий, а также рядом подкорковых структур, включая гиппокамп, базальные ядра, гипоталамус и миндалевидное тело [7, 8]. В связи с этим парадигма двойных задач (ДЗ) основана на предположении, что при синхронной активности в структурах и областях головного мозга в процессе параллельного решения постуральной и когнитивной задач могут появляться перекрытия, создающие конкуренцию за общие ресурсы [9].

В объяснении механизмов выполнения ДЗ в настоящее время имеется несколько точек зрения. К одной из них относится теория пропускной способности, рассматривающая возможность параллельной обработки информации и одновременное использование общих ресурсов для выполнения постуральной и когнитивной задач [10]. Некоторые исследователи указывают на более сложную U-образную модель эффективного выполнения ДЗ, успешность в которых может повышаться или снижаться в зависимости от более высоких или низких требований постурально-когнитивной задачи [11]. Также одним из объяснений особенностей выполнения ДЗ является модель приоритизации задач (prioritization task), которая подразумевает больший приоритет двигательной или когнитивной задачи в ущерб эффективности другой [12].

На данный момент у каждого из представленных объяснений есть преимущества и недостатки, но ни одно из них пока не объясняет полностью механизмы выполнения ДЗ, включая поддержание позы и решение когнитивных задач. Вместе с тем отмечается необходимость более глубокого понимания особенностей взаимодействия двух задач, поскольку полученные ранее экспериментальные исследования демонстрировали противоречивые результаты [13].

В спортивной деятельности ДЗ являются и во все малоисследованной областью, однако сочетание постуральной и когнитивной задач во многом обуславливают специфику игровой деятельности футболистов. Следовательно, изучение особенностей выполнения постурально-когнитивных задач у футболистов с целью дальнейшего развития способности к выполнению специфических для вида спорта ДЗ является весьма актуальной задачей, решение

которой будет способствовать достижению более высокого спортивного результата.

Цель исследования – выявление особенностей поддержания постурального баланса в двухопорной и одноопорной стойках у футболистов при параллельном решении когнитивных задач.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на базе лаборатории кафедры физиологии и биохимии УО «Белорусский государственный университет физической культуры». В исследовании приняли участие 100 студентов (мужского пола) данного университета в возрасте от 17 до 20 лет. Из них 50 студентов являлись действующими футболистами, которые выступают за различные футбольные клубы в чемпионате Беларуси и имеют I спортивный разряд или II спортивный разряд со стажем занятий футболом более 10 лет (основная группа). Помимо футболистов, обследовано 50 студентов-сверстников, которые не занимаются спортом и не имеют спортивных разрядов (группа контроля). Все обследования проводились во временном интервале с 9.00 до 11.00. Каждый участник давал свое информированное согласие на обследование согласно Хельсинской Декларации Всемирной медицинской ассоциации, которая регламентирует проведение научных исследований.

Перед проведением основного тестирования с ДЗ у всех исследуемых фиксировались следующие антропометрические показатели: длина тела, масса тела, длина стопы. Масса тела (кг) измерялась с использованием медицинских электронных весов ВЭМ-150 (ОАО «Зенит-БелОМО», Республика Беларусь). Для определения длины тела (см) использовался медицинский ростомер. Длину стопы (см) измеряли при помощи измерительной линейки для ног.

Далее исследуемыми в положении сидя на экране монитора производился анализ двух видеозаписей от первого лица (рисунок), в которых было необходимо подсчитать общее количество выполненных передач первым лицом (подсчет передач; 60 с), а также общее количество голов и голов с участием первого лица (подсчет голов, 60 с). При верном подсчете необходимых игровых элементов результативность выполнения когнитивной задачи оценивалась в 10 баллов, при этом за каждый неверно подсчитанный элемент отнимался 1 балл.

На следующем этапе исследуемые поддерживали ПБ, стоя на стабиллоплатформе в вертикальной двухопорной и одноопорной стойках (фон, 60 с). Далее выполнялись двойные задачи, которые заключались в поддержании ПБ в двухопорной и одноопорной стойках с параллельным подсчетом передач, а затем голов (рисунок). Очередность выполнения ДЗ была схожей для всех исследуемых: 1) ДС с подсчетом передач; 2) ОС с подсчетом передач; 3) ДС с подсчетом голов; 4) ОС с подсчетом голов. Между каждым вы-

полнением ДЗ все участники отдыхали в положении сидя в течение 1 минуты. Всем исследуемым ставилась задача максимально эффективно и правильно выполнять постуральную и когнитивную задачи.

Одноопорная стойка поддерживалась на недоминирующей ноге, что обусловлено ее более частым использованием в спортивной деятельности футболистов в качестве опорной. Для определения доминирующей и недоминирующей ног использовалась методика Е.М. Бердичевской [14]. Поддерживаемая ОС была стандартизирована для всех исследуемых и представляла собой стойку на одной ноге с фиксацией другой ноги спереди с углами 90° в тазобедренном, голеностопном и коленном суставах.

Для регистрации перемещений центра давления (ЦД) при поддержании ПБ использовалась стабилометрическая платформа «ST-150» с программным обеспечением STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва).

Результаты тестов на стабиллоплатформе описывались с использованием следующих показателей: ОФР – оценка функции равновесия (баллы), V – скорость перемещений ЦД (мм/с), Qx, Qy – среднее квадратическое (ЦД) относительно X, Y (мм), Am – удельный индекс, отражающий уровень энергозатрат на килограмм веса (мДж/кг).

В работе использовались стандартные статистические методы из пакета программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 12. Для проверки данных на нормальность распределения использовался критерий Шапиро – Уилка. Данные, имеющие ненормальное распределение, представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (25 %; 75 %)), а с нормальным распределением в виде среднего арифметического и его стандартного отклонения ($X_{ср.} \pm S_{ст.откл.}$). Достоверность различий между ос-

новной группой и группой контроля определялась по U-критерию Манна – Уитни. Внутригрупповые различия определяли при помощи W-критерия Уилкоксона. Различия принимались как статистически значимые при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ антропометрических характеристик не выявил значительных различий у представителей основной группы и группы контроля. Длина тела была на 1 % больше в группе контроля (181 см) по сравнению с основной группой (180 см). Напротив, масса тела была выше на 1 % у представителей основной группы (70,1 кг). Медианные значения длины стопы были схожи в обеих исследуемых группах (27 см). Следовательно, антропометрические характеристики, как один из факторов, связанных с эффективностью поддержания ПБ [15], не мог оказывать существенного влияния на различия, полученные по результатам стабилометрического тестирования.

При одиночном поддержании ПБ в двухопорной стойке значения интегрального показателя ОФР в основной группе были выше на 8 % ($p < 0,05$) по сравнению с группой контроля (таблица 1). Напротив, значения показателей V, Qx, Qy, Am были выше у представителей группы контроля на 15 ($p < 0,05$), 44 ($p < 0,05$), 3, 41 % ($p < 0,05$) соответственно. В условиях выполнения ДЗ значения ОФР у представителей основной группы оказались выше на 12 ($p < 0,05$) и 14 % ($p < 0,05$) при одновременном поддержании позы в ДС с подсчетом передач и голов соответственно по сравнению с группой контроля. При выполнении ДЗ, где в качестве когнитивной было необходимо подсчитать количество передач, значения показателей V, Qx, Qy, Am в основной груп-

пе были ниже на 6 ($p < 0,05$), 4, 10, 21 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с группой контроля. При одновременном поддержании позы в ДС с подсчетом количества голов отмечались схожие с подсчетом передач результаты, которые выражались в значительно большей скорости перемещений ЦД и уровне энергозатрат, а также более высокой величине девиаций ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях у представителей группы контроля по сравнению с основной группой.

Выявлено, что у представителей основной группы в условиях выполнения ДЗ значения показателей Qx, Qy увеличились на 50 ($p < 0,05$) и 19 % ($p < 0,05$) при подсчете передач, а также на 56 ($p < 0,05$) и 10 % ($p < 0,05$) при подсчете голов соответственно по сравнению с одиночным поддержанием позы. В группе контроля значения показателей Qx, Qy при выпол-

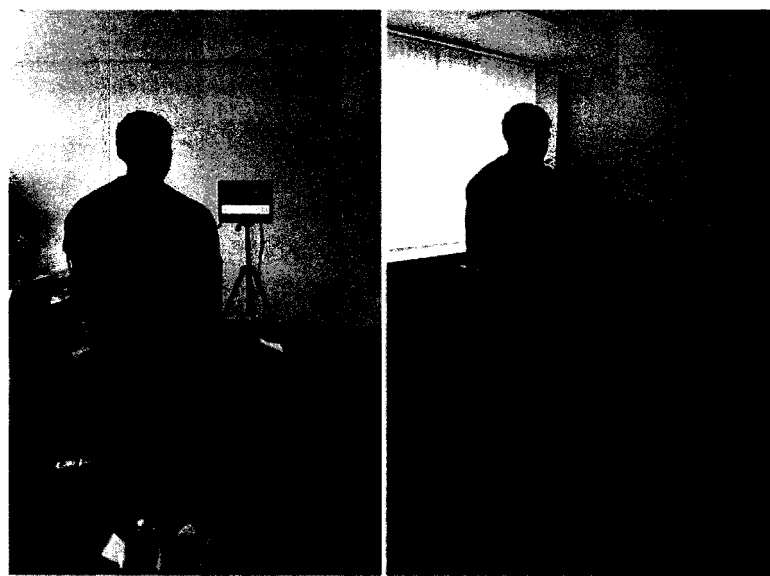


Рисунок – Выполнение когнитивной задачи при поддержании постурального баланса в двухопорной (слева) и одноопорной стойках (справа)

полнением ДЗ все участники отдыхали в положении сидя в течение 1 минуты. Всем исследуемым ставилась задача максимально эффективно и правильно выполнять поструральную и когнитивную задачи.

Одноопорная стойка поддерживалась на недоминирующей ноге, что обусловлено ее более частым использованием в спортивной деятельности футболистов в качестве опорной. Для определения доминирующей и недоминирующей ног использовалась методика Е.М. Бердичевской [14]. Поддерживаемая ОС была стандартизирована для всех исследуемых и представляла собой стойку на одной ноге с фиксацией другой ноги спереди с углами 90° в тазобедренном, голеностопном и коленном суставах.

Для регистрации перемещений центра давления (ЦД) при поддержании ПБ использовалась стабилметрическая платформа «ST-150» с программным обеспечением STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва).

Результаты тестов на стабиллоплатформе описывались с использованием следующих показателей: ОФР – оценка функции равновесия (баллы), V – скорость перемещений ЦД (мм/с), Qx, Qy – среднее квадратическое (ЦД) относительно X, Y (мм), Am – удельный индекс, отражающий уровень энергозатрат на килограмм веса (мДж/кг).

В работе использовались стандартные статистические методы из пакета программ Microsoft Excel 2010 и Statistica 12. Для проверки данных на нормальность распределения использовался критерий Шапиро – Уилка. Данные, имеющие ненормальное распределение, представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (25 %; 75 %)), а с нормальным распределением в виде среднего арифметического и его стандартного отклонения ($X_{ср.} \pm S_{ст.откл.}$). Достоверность различий между ос-

новной группой и группой контроля определялась по U-критерию Манна – Уитни. Внутригрупповые различия определяли при помощи W-критерия Уилкоксона. Различия принимались как статистически значимые при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ антропометрических характеристик не выявил значительных различий у представителей основной группы и группы контроля. Длина тела была на 1 % больше в группе контроля (181 см) по сравнению с основной группой (180 см). Напротив, масса тела была выше на 1 % у представителей основной группы (70,1 кг). Медианные значения длины стопы были схожи в обеих исследуемых группах (27 см). Следовательно, антропометрические характеристики, как один из факторов, связанных с эффективностью поддержания ПБ [15], не мог оказывать существенного влияния на различия, полученные по результатам стабилметрического тестирования.

При одиночном поддержании ПБ в двухопорной стойке значения интегрального показателя ОФР в основной группе были выше на 8 % ($p < 0,05$) по сравнению с группой контроля (таблица 1). Напротив, значения показателей V, Qx, Qy, Am были выше у представителей группы контроля на 15 ($p < 0,05$), 44 ($p < 0,05$), 3, 41 % ($p < 0,05$) соответственно. В условиях выполнения ДЗ значения ОФР у представителей основной группы оказались выше на 12 ($p < 0,05$) и 14 % ($p < 0,05$) при одновременном поддержании позы в ДС с подсчетом передач и голов соответственно по сравнению с группой контроля. При выполнении ДЗ, где в качестве когнитивной было необходимо подсчитать количество передач, значения показателей V, Qx, Qy, Am в основной группе были ниже на 6 ($p < 0,05$), 4, 10, 21 % ($p < 0,05$) соответственно по сравнению с группой контроля. При одновременном поддержании позы в ДС с подсчетом количества голов отмечались схожие с подсчетом передач результаты, которые выражались в значительно большей скорости перемещений ЦД и уровне энергозатрат, а также более высокой величине девиаций ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях у представителей группы контроля по сравнению с основной группой.

Выявлено, что у представителей основной группы в условиях выполнения ДЗ значения показателей Qx, Qy увеличились на 50 ($p < 0,05$) и 19 % ($p < 0,05$) при подсчете передач, а также на 56 ($p < 0,05$) и 10 % ($p < 0,05$) при подсчете голов соответственно по сравнению с одиночным поддержанием позы. В группе контроля значения показателей Qx, Qy при выпол-

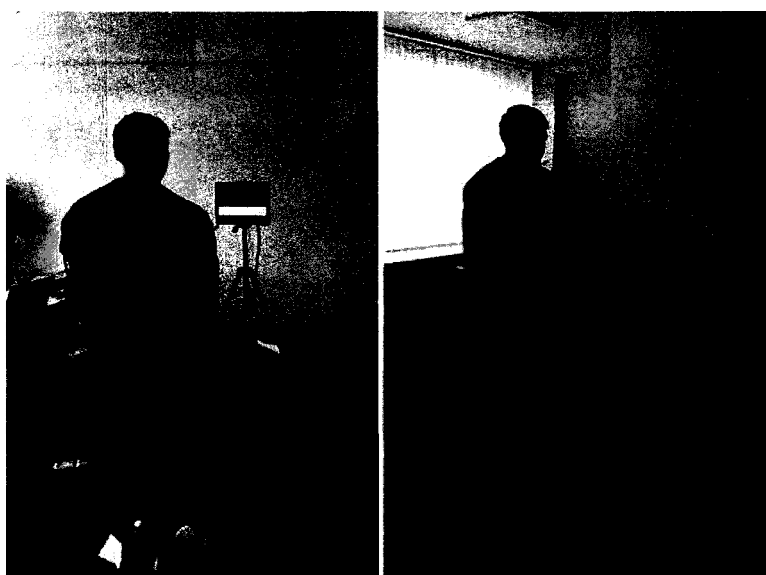


Рисунок – Выполнение когнитивной задачи при поддержании пострурального баланса в двухопорной (слева) и одноопорной стойках (справа)

Таблица 1. – Стабилометрические показатели основной группы и группы контроля при выполнении двойных задач в двухопорной и одноопорной стойках

Условие, показатель	Двухопорная стойка		Одноопорная стойка	
	основная группа (n=50)	группа контроля (n=50)	основная группа	группа контроля (n=50)
одиночное поддержание постурального баланса				
ОФР, (баллы)	*128±20	●*118±23	*37±12	●*31±13
V, (мм/с)	*6 (5,3; 7,2)	●*6,9 (5,5; 8,1)	*26 (23; 29)	*28 (24; 34)
Qx, (мм)	*1,8 (1,5; 2,4)	●*2,6 (1,7; 3,2)	*4,6 (4,2; 5,2)	●*5,3 (4,5; 5,8)
Qy, (мм)	*3,1 (2,5; 4,1)	*3,2 (2,6; 3,9)	*6,8 (5,8; 7,6)	●*7,2 (6,5; 8)
Am, (мДж/кг)	*22 (18; 33)	●*31 (20; 49)	*439 (380; 674)	*587 (414; 851)
поддержание постурального баланса с подсчетом передач				
ОФР, (баллы)	114±25	● 102±28	24±10	● 19±6
V, (мм/с)	7,6 (6,2; 8,5)	● 8,1 (5,5; 8,1)	34 (31; 39)	● 38 (33; 47)
Qx, (мм)	2,7 (2,1; 3,2)	2,8 (2,1; 3,6)	7 (6,3; 7,6)	7,4 (6,5; 8,1)
Qy, (мм)	3,7 (3; 4,3)	4,1 (3,3; 5)	7,4 (6,5; 8,3)	● 8,3 (7; 9,4)
Am, (мДж/кг)	30 (23; 41)	● 38 (25; 63)	811 (682; 1085)	● 1105 (802; 1702)
поддержание постурального баланса с подсчетом голов				
ОФР, (баллы)	#117±20	●#103±25	#23±8	●#19±6
V, (мм/с)	#7,2 (6,3; 8,7)	●#7,8 (7; 10,1)	#35 (32; 40)	●#38 (33; 44)
Qx, (мм)	#2,8 (2,2; 3,3)	#3 (2,6; 3,8)	#6,6 (6,1; 7,6)	●#7,1 (6,5; 7,9)
Qy, (мм)	#3,4 (3; 4,6)	3,5 (2,9; 4,4)	#7,6 (6,5; 8,7)	#8,3 (7,1; 9,2)
Am, (мДж/кг)	#29 (22; 39)	●#37 (26; 61)	#845 (698; 1105)	●#1042 (772; 1376)

Примечание: ● – достоверность различий между основной группой и группой контроля с использованием критерия Манна – Уитни ($p < 0,05$);

* – достоверность различий между одиночным поддержанием позы и с одновременным подсчетом передач по критерию Уилкоксона ($p < 0,05$);

– достоверность различий между одиночным поддержанием позы и с одновременным подсчетом голов по критерию Уилкоксона ($p < 0,05$).

нении ДЗ также увеличивались на 8 ($p < 0,05$) и 29 % ($p < 0,05$) в условиях с подсчетом передач, а также на 15 ($p < 0,05$) и 9 % с подсчетом голов соответственно по сравнению с одиночным поддержанием ПБ.

В обеих исследуемых группах значения ОФР достоверно снижались как при подсчете передач в ДС, так и при подсчете голов по сравнению с одиночным поддержанием позы. Однако у представителей группы контроля, это снижение было более выраженным и составляло 14 ($p < 0,05$) и 13 % ($p < 0,05$) соответственно при подсчете передач и голов по сравнению с представителями основной группы, у которых значения ОФР снижались на 11 ($p < 0,05$) и 9 % ($p < 0,05$). Напротив, значения скорости девиаций ЦД при выполнении ДЗ значительно возрастали в обеих исследуемых группах, однако у представителей основной группы, это повышение было более выраженным,

чем в группе контроля. Схожая тенденция отмечается и по данным уровня энергозатрат, значения которого в основной группе возрастали на 36 ($p < 0,05$) и 32 % ($p < 0,05$) при выполнении ДЗ по сравнению с одиночным поддержанием ПБ, а в группе контроля – на 23 ($p < 0,05$) и 19 % ($p < 0,05$).

В условиях одиночного поддержания позы в ОС значения показателя ОФР в основной группе были выше на 19 % ($p < 0,05$), чем в группе контроля (таблица 1). Стабилометрические показатели V, Qx, Qy, Am напротив, у представителей основной группы были ниже на 8, 15 ($p < 0,05$), 6 ($p < 0,05$), 25 % соответственно по сравнению с таковыми в группе контроля.

При поддержании постурального баланса в ОС с параллельным подсчетом передач у представителей основной группы значения показателя ОФР оказались на 26 % ($p < 0,05$) выше, чем в группе контроля.

Показатели V и Am при подсчете передач в ОС, напротив, были на 12 ($p<0,05$) и 36 % ($p<0,05$) соответственно более высокими у студентов группы контроля. Величина девиаций ЦД во фронтальной плоскости достоверно не различалась у представителей двух групп, однако медианные Qx в основной группе были ниже на 5 % по сравнению с группой контроля. Значения показателя Qy в условиях поддержания ОС с подсчетом передач были ниже на 11 % ($p<0,05$) у представителей основной группы.

При поддержании позы в ОС с параллельным подсчетом голов показатели скорости колебаний ЦД, уровня энергозатрат, а также величины девиаций ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях были ниже у представителей основной группы по сравнению с группой контроля: V (на 8 %, $p<0,05$), Am (на 19 %, $p<0,05$), Qx (на 7 %, $p<0,05$), Qy (на 8 %).

Переход к выполнению двойных задач, которые заключались в поддержании ПБ в одноопорной стойке с параллельным подсчетом передач и голов, сопровождался достоверным изменением значений всех рассматриваемых стабилметрических показателей в обеих исследуемых группах. Так, значения показателя ОФР в основной группе снижались на 35 ($p<0,05$) и 38 % ($p<0,05$) при подсчете передач и голов соответственно, а в группе контроля – на 39 % ($p<0,05$) с обеими когнитивными задачами по сравнению с одиночным поддержанием позы (таблица 1). Значения скорости колебаний ЦД в основной группе увеличились на 31 ($p<0,05$) и 33 % ($p<0,05$), при подсчете передач и голов соответственно, а в группе контроля – на 36 % ($p<0,05$) как при подсчете передач, так и голов. Аналогично показатель Am увеличился в значениях на 85 ($p<0,05$) и 92 % ($p<0,05$) у представителей основной группы при подсчете передач и голов соответственно, а также на 88 ($p<0,05$) и 78 % ($p<0,05$) в группе контроля. Величина деви-

ций ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях также возрастала при выполнении ДЗ по сравнению с одиночным поддержанием позы в обеих исследуемых группах. Так, у представителей основной группы значения Qx и Qy при поддержании ПБ в ОС и подсчете передач возрастали на 47 ($p<0,05$) и 13 % ($p<0,05$), а при подсчете голов – на 47 ($p<0,05$) и 14 % ($p<0,05$) соответственно. В группе контроля отмечалась схожая направленность и степень прироста величин данных показателей: подсчет передач (Qx – 47 %, Qy – 14 %; $p<0,05$), подсчет голов (Qx – на 46 %, Qy – 14 %; $p<0,05$).

Второстепенная когнитивная задача вводится с целью повышения когнитивной нагрузки [16], а также имитации специфики игровой деятельности футболистов. При решении когнитивной задачи в положении сидя не выявлено значительных различий по набранным баллам между представителями основной группы и группы контроля (таблица 2).

При выполнении когнитивного задания в ДС отмечается снижение баллов в обеих группах, однако достоверно более низкие значения отмечаются только в группе контроля, где средний балл при подсчете передач снизился до 9,6 ($p<0,05$), а при подсчете голов до 9,56 баллов ($p<0,05$) по сравнению с таковыми в положении сидя. Вместе с этим при поддержании позы в ДС и параллельном решении когнитивных задач у представителей основной группы выявлены достоверно более высокие баллы по сравнению с группой контроля: подсчет передач и голов (на 3 %; $p<0,05$).

Схожая тенденция отмечается и при выполнении двойных задач в ОС, в которых баллы по когнитивным задачам значительно снижались в обеих исследуемых группах. Так, в основной группе при решении ДЗ в одноопорной стойке по сравнению с положением сидя отмечалось снижение баллов в когнитивных

Таблица 2. – Баллы по когнитивным задачам в основной группе и группе контроля в положении сидя, двухопорной и одноопорной стойках

Поза	Основная группа (n=50)		Группа контроля (n=50)		Достоверность различий	
	передачи	голы	передачи	голы	между передачами	между голами
Положение сидя	9,96±0,28	9,92±0,27	*9,92±0,27	*9,94±0,24	$p\geq0,05$	$p\geq0,05$
Двухопорная стойка	&9,9±0,46	9,84±0,74	&9,6±0,76	9,56±0,91	$p<0,05$	$p<0,05$
Одноопорная стойка	#9,56±0,70	9,78±0,71	#9,14±0,97	#9,66±0,56	$p<0,05$	$p\geq0,05$

Примечание: p – достоверность различий по критерию Манна – Уитни между баллами основной группы и группы контроля;

* – достоверность различий между баллами в положении сидя и в двухопорной стойке по критерию Уилкоксона ($p<0,05$);

– достоверность различий между баллами в положении сидя и в одноопорной стойке по критерию Уилкоксона ($p<0,05$);

& – достоверность различий между баллами в двухопорной и одноопорной стойках по критерию Уилкоксона ($p<0,05$).

задачах: подсчет передач (на 4 %, $p < 0,05$), подсчет голов (на 1 %). У представителей группы контроля отмечается более выраженное снижение оценок по когнитивной задаче, решаемой в ОС: подсчет передач (на 8 %, $p < 0,05$), подсчет голов (на 3 %, $p < 0,05$). Вместе с этим имеются различия по баллам в когнитивных задачах, полученным при их выполнении в двухопорной и одноопорной стойках. При подсчете передач оценки были ниже в ОС на 3 % ($p < 0,05$) и 5 % ($p < 0,05$) в основной группе и группе контроля соответственно по сравнению с таковыми в двухопорной стойке. Баллы, полученные при подсчете голов в ДС и ОС, достоверно не различались.

Обследованная группа футболистов характеризуется более высоким уровнем поддержания ПБ в двухопорной и одноопорной стойках по сравнению с группой студентов, не занимающихся спортом, причем этот более высокий уровень выявлен как в условиях одиночного поддержания позы, так и при выполнении ДЗ. Данный факт подтверждается значениями интегрального показателя ОФР, которые были значительно выше у футболистов по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, причем во всех трех условиях поддержания ПБ как в двухопорной, так и одноопорной стойках.

Одним из важных механизмов, за счет которых обеспечивается поддержание ПБ, являются позные стратегии. Выделяют голеностопную стратегию поддержания позы, которая реализуется через изменение угла в голеностопном суставе посредством активности трехглавой мышцы голени, а также тазобедренную, основывающуюся на изгибании туловища в тазобедренном суставе и дальнейшей активности мышц шеи, живота и четырехглавой мышцы бедра [17, 18]. Имеются сведения, что тазобедренная стратегия используется преимущественно для поддержания ПБ во фронтальной плоскости, а голеностопная – в сагиттальной [19]. С позиции экономизации голеностопная стратегия является более экономной, чем тазобедренная, поскольку для ее реализации необходимо вовлечение меньшего количества мышечных групп и суставов [18].

При одиночном поддержании позы в ДС у футболистов отмечается значительно меньшая скорость перемещений ЦД, величина его колебаний во фронтальной плоскости, а также уровень энергозатрат. Величина колебаний в сагиттальной плоскости значительно не различалась между двумя исследуемыми группами. Следовательно, поддержание ПБ у футболистов в фоне обеспечивалось преимущественно за счет позных коррекций в сагиттальной плоскости, которые осуществляются посредством голеностопной стратегии. Напротив, для студентов группы контроля была характерна большая степень вовлечения тазобедренной стратегии поддержания позы, которая является более энергозатратной по сравнению с голеностопной.

При выполнении ДЗ в двухопорной стойке более высокий уровень поддержания позы у футболистов проявлялся в значительно меньшей скорости девиаций ЦД и уровне энергозатрат. Следовательно, обследованная группа футболистов при выполнении ДЗ характеризовалась меньшим напряжением функционирования постуральной системы, которое в совокупности с более высокой ОФР по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, свидетельствует о более эффективном выполнении постуральной задачи в условиях, усложненных параллельной когнитивной задачей.

Группа футболистов, по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, характеризуется на 3 и 4 % меньшей величиной снижения значений интегрального показателя ОФР при выполнении двойного задания в ДС с подсчетом передач и голов соответственно (таблица 1). Однако значения показателей скорости перемещений ЦД и уровня энергозатрат при выполнении ДЗ у футболистов возрастали в большей степени, чем у студентов группы контроля, что указывает на необходимость большего напряжения функционирования постуральной системы у футболистов для эффективного постурального контроля в условиях, усложненных когнитивной деятельностью.

Особенности выполнения двойных задач в ОС характеризовались схожими с ДС соотношениями между двумя группами. В группе футболистов отмечены достоверно более высокие значения интегрального показателя ОФР, что свидетельствует о более высоком уровне поддержания ими позы в ОС с параллельным когнитивным заданием по сравнению со студентами, не занимающимися спортом.

При одиночном поддержании позы в ОС у футболистов выявлена значительно меньшая величина девиаций ЦД как в сагиттальной плоскости, так и во фронтальной. В этих же условиях скорость перемещений ЦД и уровень энергозатрат также были ниже в группе футболистов по сравнению с контролем, однако достоверных различий не выявлено. Напротив, в условиях выполнения ДЗ у футболистов выявлена значительно меньшая скорость девиаций ЦД, а также меньший уровень энергозатрат. Вместе с этим величина колебаний ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях оказывается значительно меньшей у футболистов по сравнению со студентами группы контроля, что также подтверждает их более высокий уровень поддержания ПБ в ОС при выполнении двойных задач.

Переход к выполнению двойных задач в ОС по сравнению с одиночным поддержанием позы сопровождался значительным увеличением колебаний ЦД во фронтальной и сагиттальной плоскостях в обеих исследуемых группах. Однако большая степень прироста отмечалась во фронтальной плоскости, что свидетельствует о преимущественной постуральной адаптации к условиям поддержания

позы в ОС с параллельным когнитивным заданием за счет тазобедренной стратегии. Однако при подсчете голов группа футболистов характеризовалась значительно меньшей величиной колебаний ЦД во фронтальной плоскости, что указывает на меньшее вовлечение в их постуральный контроль тазобедренной стратегии.

Результаты по когнитивным задачам в положении сидя не имели значительных различий между группами футболистов и студентов, не занимающихся спортом. Однако при поддержании ПБ в двухопорной и одноопорной стойках футболисты характеризовались значительно более высокими баллами по когнитивным задачам. При поддержании ПБ в двухопорной и одноопорной стойках у студентов группы контроля отмечались более низкие баллы в когнитивных задачах по сравнению с таковыми в положении сидя. В обследованной группе футболистов по мере усложнения условий поддержания ПБ баллы по когнитивным задачам также имели тенденцию к снижению, однако значительные различия выявлены лишь по подсчету передач в положении сидя и ОС. Баллы по подсчету передач в обеих группах были значительно ниже в ОС по сравнению с ДС, что позволяет предположить о возрастании частоты ошибок в когнитивных задачах по мере усложнения постуральных условий, в которых эти задачи выполняются.

Полученные в данном исследовании результаты схожи с теми, в которых у групп здоровых добровольцев и спортсменов отмечается снижение эффективности выполнения ДЗ по сравнению с их одиночным решением [20]. Однако они отличаются от того, в котором получен более высокий уровень совместного выполнения ДЗ по сравнению с одиночным [21].

Изменения результатов в ДЗ по сравнению с одиночными, полученные в настоящем исследовании, могут объясняться теорией пропускной способности, подразумевающей задействование общих ресурсов для решения двигательной и когнитивной задач [10, 12]. В частности, для реализации постуральной и когнитивной задач необходима активность общих областей префронтальной коры больших полушарий, височно-теменной области и базальных ядер [8, 10], что обуславливает наличие перекрывающейся активности в данных областях и структурах при выполнении ДЗ. Однако в случае слишком высоких ресурсных запросов может отмечаться их нехватка, вследствие чего результат в одной или двух задачах может снижаться.

Подобная ситуация наблюдается и в настоящем исследовании, поскольку при выполнении ДЗ отмечалось снижение эффективности поддержания позы в двухопорной и одноопорной стойках, а также баллов в когнитивных заданиях. Однако футболисты демонстрировали меньшую степень снижения результатов при выполнении ДЗ по сравнению с одиночными, что указывает на более высо-

кий уровень выполнения ими ДЗ, чем у студентов группы контроля. Данный более высокий уровень у футболистов может быть обусловлен долговременными адаптационными перестройками во взаимодействии постуральной и когнитивной систем, которые связаны с оптимизацией функционирования постуральной системы в условиях решения специфических для игровой деятельности футболистов когнитивных задач. Имеются сведения, что спортивные тренировки футболистов способствуют развитию стратегий восприятия стимулов из окружающей среды за счет оптимизации фокуса внимания [21], который обеспечивает эффективное решение двигательных и когнитивных задач, в том числе поддержание ПБ и принятие наиболее оптимальных тактических решений [22]. Следовательно, выявленный более высокий уровень выполнения ДЗ у футболистов, способствует их высокой игровой эффективности, и соответственно, положительно влияет на достижение высокого спортивного результата всей команды.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обследованные футболисты по сравнению со студентами-сверстниками, не занимающимися спортом, характеризуются более высоким уровнем поддержания ПБ в двухопорной и одноопорной стойках как при одиночном поддержании позы, так и при параллельном решении когнитивных задач. При переходе к поддержанию ПБ в двухопорной стойке с параллельным выполнением когнитивных задач у футболистов отмечалось меньшее снижение значений интегрального показателя ОФР, чем у студентов, не занимающихся спортом.

Срочная адаптация постуральной системы студентов обеих групп к выполнению ДЗ в одноопорной стойке реализуется, по большей части, за счет повышения частоты поздних корректировок во фронтальной плоскости, которые осуществляются с использованием тазобедренной стратегии. Однако при подсчете количества голов в ОС группа футболистов характеризовалась меньшей величиной колебаний ЦД во фронтальной плоскости, что свидетельствует о меньшем вовлечении в их постуральный контроль тазобедренной стратегии по сравнению со студентами группы контроля.

Оценки по когнитивным задачам в положении сидя значительно не различались между группами футболистов и студентов, не занимающихся спортом, однако, при поддержании ПБ в двухопорной и одноопорной стойках у футболистов отмечены достоверно более высокие баллы. Параллельно с ростом сложности постуральных условий от положения сидя к двухопорной и одноопорной стойкам отмечается увеличение частоты ошибок в когнитивных задачах, которые значительно чаще встречались у студентов, не занимающихся спортом.

Выявленные особенности выполнения ДЗ у футболистов, вероятно, связаны с долговременными адаптационными перестройками в функционировании постральной и когнитивной систем, происходящими в процессе их тренировочной и соревновательной деятельности.

Полученные в настоящей работе данные подкрепляют имеющиеся сведения о теории пропускной способности как одного из возможных объяснений механизмов выполнения ДЗ. Добавление к постральной задаче дополнительной когнитивной задачи в связи с задействованием общих ресурсов и их нехваткой может вызывать снижение эффективности выполнения одной или обеих задач. Выявленные особенности выполнения ДЗ в двухопорной и одноопорной стойках у футболистов могут быть полезны тренерам-преподавателям по футболу при оценке эффективности выполнения специфических для их вида спорта двойных задач.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б23М-038).

ЛИТЕРАТУРА

1. Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity / V. S. Lyzohub [et al.] // *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. – 2019. – Vol. 10, iss. 3. – P. 288–294.
2. Fleddermann, M-T. Tapping the Full Potential? Jumping Performance of Volleyball Athletes in Game-Like Situations / M-T. Fleddermann, K. Zentgraf // *Front. Psychol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 1375.
3. Hrysomalilis, C. Balance ability and athletic performance / C. Hrysomalilis // *Sports Med.* – 2011. – Vol. 41, iss 3. – P. 221–232.
4. Нарушения обучения произвольному контролю позы при корковых поражениях различной локализации: к вопросу о корковых механизмах регуляции позы / К. И. Устинова [и др.] // *Журнал высшей нервной деятельности*. – 2000. – Т. 50. – № 3. – С. 421–433.
5. Боброва, Е. В. Современные представления о корковых механизмах и межполушарной асимметрии контроля позы (обзор литературы по проблеме) / Е. В. Боброва // *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. – 2008. – Т. 58. – № 1. – С. 12–27.
6. Miller, E. K. An integrative theory of prefrontal cortex function / E. K. Miller, J. D. Cohen // *Annual review of neuroscience*. – 2001. – Vol. 24, iss. 1. – P. 167–202.
7. Яцык, Г. Г. Современные психофизиологические исследования решения когнитивных задач в условиях стресса / Г. Г. Яцык, Е. В. Воробева // *Северо-Кавказский психолог. вестник*. – 2017. – Т. 15. – № 2. – С. 39–49.
8. Мачинская, Р. И. Управляющие системы мозга / Р. И. Мачинская // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*. – 2015. – Т. 65. – № 1. – С. 33–60.

9. Fraizer, E. V. Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance / E. V. Fraizer, S. Mitra // *Gait & Posture*. – 2008. – Vol. 27, iss. 2. – P. 271–279.
10. Электронцефалографические характеристики здоровых людей с разной успешностью выполнения двойных задач (позный контроль и счет) / Л. А. Жаворонкова [и др.] // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*. – 2015. – Т. 65. – № 5. – С. 597–606.
11. Lacour, M. Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods / M. Lacour, L. Bernard-Demanze, M. Dumitrescu // *Clinical Neurophysiology*. – 2008. – Vol. 38. – P. 411–421.
12. Cognitive-motor dual-task ability of athletes with and without intellectual impairment / D. Van Biesen [et al.] // *Journal of Sports Sciences*. – 2018. – Vol. 36, iss. 5. – P. 513–521.
13. The influence of dual-tasking on postural control in young adults / M. Lanzarin [et al.] // *Fisioter Pesquisa*. – 2015. – Vol. 22, iss. 1. – P. 61–68.
14. Бердичевская, Е. М. Стабилографическая билатеральная характеристика вертикальной устойчивости футболистов с правым и левым профилем сенсомоторной асимметрии / Е. М. Бердичевская, А. М. Пантелеева // *Физическое воспитание и спортивная тренировка*. – 2021. – Т. 2, № 36. – С. 77–86.
15. Савин, А. А. Взаимосвязь способности поддерживать равновесие с антропометрическими данными у спортсменов-борцов / А. А. Савин, А. А. Мельников // *Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле»*. – 2010. – № 4. – С. 97–103.
16. Cortical correlates in upright dynamic and static balance in the elderly / M. Rubega [et al.] // *Scientific reports*. – 2021. – Vol. 11, iss. 1. – P. 14132.
17. Грибанов, А. В. Физиологические механизмы регуляции пострального баланса человека (обзор) / А. В. Грибанов, А. К. Шерстеникова // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки*. – 2013. – № 4. – С. 20–29.
18. Гудков, А. Б. Постуральный баланс у пожилого человека на Севере / А. Б. Гудков, А. В. Демин, А. В. Грибанов. – Архангельск: Соломбальская типография, 2014. – 196 с.
19. Взаимосвязи между показателями трехмерного сканирования позвоночника, компонентов состава тела и стабиллометрии у тяжелоатлетов высшей спортивной квалификации / А. П. Исаев [и др.] // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура»*. – 2015. – Т. 15, № 1. – С. 14–21.
20. Интракорткальные связи при выполнении двойных задач – моторных и счетно-логических или пространственно-образных / Л. А. Жаворонкова [и др.] // *Физиология человека*. – 2019. – Т. 45. – № 2. – С. 16–28.
21. Schaefer, S. Thinking while walking: experienced high heelwalkers flexibly adjust their gait / S. Schaefer, U. Lindenberger // *Frontiers in Psychology*. – 2013. – Vol. 4. – P. 316.
22. Loffing, F. Anticipation in sport / F. Loffing, R. Canal-Bruand // *Current Opinion in Psychology*. – 2017. – Vol. 16. – P. 6–11.

30.08.2023