

ВЛИЯНИЕ ПОЛОВОГО ДИМОРФИЗМА И ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРОЯВЛЕНИЕ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА

Резюме. Досліджено вплив статевого диморфізму на виявлення нейродинамічних особливостей спортсменів високого класу. Доведено, що напружена фізична діяльність активізує нейродинамічні процеси у спортсменів з високим рівнем функціональної підготовленості та гальмує їх розвиток у менш підготовлених спортсменів.

Summary. The influence of sexual dimorphism on revealing neurodynamic peculiarities of elite athletes has been studied. It has been proved that strenuous physical activity activates neurodynamic processes in athletes with high level of functional fitness.

Постановка проблемы. В современных условиях отбор перспективных спортсменов приобретает все большую актуальность и значимость. Для отбора наряду с учетом морфологических характеристик, функциональных возможностей организма спортсменов необходимо учитывать особенности их нейродинамических и психомоторных функций, личностных свойств, обеспечивающих координацию психофизиологических проявлений функционального состояния [11]. Если говорить о комплексной системе отбора, нельзя не отметить, что учет нейродинамических особенностей спортсменов – важная сторона этого процесса, требующая дальнейшего изучения [5, 6, 8].

Индивидуально-типологические особенности высшей нервной деятельности составляют психофизиологическую основу поведенческих и когнитивных процессов и их вегетативного обеспечения [4, 7, 9]. В настоящее время интересы ученых, изучающих проблемы дифференциальной психофизиологии и физиологии высшей нервной деятельности человека, сосредоточены на функциональной подвижности нервных процессов, являющейся базовым звеном в обеспечении сенсомоторных, вегетативных и психических функций организма человека в условиях обучающей, профессиональной и спортивной деятельности [6–9].

Проявление особенностей нейродинамических процессов у спортсменов высокого класса во многом определяется спецификой их тренировочной и соревновательной деятельности в конкретном виде спорта [4, 6]. Так, под влиянием систематических тренировок в коре головного мозга формируются функциональные сдвиги, которые в какой-то мере обусловлены спецификой спортивной деятельности и являются относительно устойчивыми. Среди этих функциональных изменений можно выделить сдвиги двух типов: общие, отличающие спортсменов от лиц, которые не занимаются спортом, и специфические, проявляющие тесную связь с конкретной спортивной специализацией [4, 6].

Проявление полового диморфизма в нейродинамических процессах спортсменов практически не исследовано. Так, к числу факторов, безусловно определяющих латентный период простой сенсомоторной реакции, относятся пол и возраст. Исследования разных авторов показали, что среднее значение латентного периода у мужчин меньше, чем у женщин, а у мальчиков меньше, чем у девочек, начиная с раннего детского возраста [1, 13], но выявленные различия часто оказываются недостоверными [3, 13]. При этом, как отмечает Б. Керр с соавт. [13], в процессе эксперимента представители мужского пола во всех возрастных группах делают больше ошибок, чем женщины.

Сурнина О.Е., Лебедева Е.В. [10] для выявления статистически значимых различий, связанных с половым диморфизмом, при исследовании особенностей реакции на движущийся объект как разновидности простой зрительно-моторной реакции использовали наиболее адекватный метод анализа распределения индивидуальных данных, а не сравнение средних значений. Отметим, что согласно этим данным средние значения реакции у мужчин больше, чем у женщин, во всех возрастных группах, но эти различия также не являются статистически значимыми. Достоверные различия обнаружены лишь при анализе распределений индивидуальных данных, который позволил установить, что во всех возрастных группах количество быстрых реакций у мальчиков больше, чем у девочек.

Таким образом, литературные данные относительно проявления полового диморфизма в нейродинамических процессах свидетельствуют о необходимости применения дифференцированного подхода при разработке психофизиологических критериев спортивного отбора с учетом возрастных и половых особенностей высшей нервной деятельности спортсменов данной возрастной группы и вида спортивной деятельности. Кроме того, при изучении индивидуальных особенностей нейродинамических процессов высшей нервной деятельности спортсменов необходимо учитывать, что результаты и латентные периоды реакций при сенсомоторной деятельности различной сложности зависят от функционального состояния спортсмена, на которое влияют факторы внешней среды, в том числе и напряженные тренировочные и соревновательные нагрузки.

Цель исследования – изучить влияние полового диморфизма и напряженной мышечной деятельности на проявление нейродинамических свойств высшей нервной деятельности спортсменов высокого класса.

Методы и организация исследования. Исследование проводили в соревновательном периоде подготовки с участием 96 спортсменов высокого класса (мужчины и женщины) в возрасте 19–24 лет, специализирующихся в циклических видах спорта, требующих проявления выносливости (биатлон, легкоатлетический бег на 5000 м, гребля на байдарках и каноэ на дистанции 1000 м).

У всех обследованных спортсменов регистрировали параметры, характеризующие высшую нервную деятельность по результатам сенсомоторной деятельности различной степени сложности, заключающейся в дифференцировании положительных и тормозных раздражителей, которые подаются сериями с разной скорос-

тью предъявления. На приборе ПНН-3 проводилось определение латентных периодов простой (ЛП ПЗМР, мс) и сложной (ЛП СЗМР, реакция выбора двух раздражителей из трех, мс) зрительно-моторных реакций на геометрические фигуры (круг, квадрат, треугольник) как наиболее простых и доступных для каждого человека и не связанных с его приобретенными способностями. Среднее значение латентного периода сенсомоторных реакций вычислялось при предъявлении 30 сигналов. В режиме “обратной связи” для определения уровня функциональной подвижности нейродинамических процессов спортсменам предлагалась серия из 120 сигналов [8]. Учитывали время выполнения задания ($T_{\text{общ}}$, с), минимальное значение экспозиции сигнала (M_3 , мс) и время его достижения ($T_{\text{мэ}}$, с), рассчитывали интегральный показатель успешности работы (ПУР, усл. ед.). Значение $T_{\text{общ}}$ было показателем уровня функциональной подвижности нейродинамических процессов, отражающим способность центральной нервной системы обеспечивать максимально возможный для данного индивида темп безошибочной сложной сенсомоторной деятельности в условиях частой смены следующих друг за другом различных положительных и тормозных раздражителей. Данный показатель имеет высокую генетическую детерминированность и находит отражение в характере реагирования ряда физиологических систем организма человека [7, 8, 11]. Исследование основных характеристик нейродинамических процессов у спортсменов по результатам сенсомоторной деятельности разной степени сложности проводили в состоянии относительного покоя и восстановительном периоде после выполнения комплекса тестирующих физических нагрузок.

Для анализа реакции кардиореспираторной системы на тестирующие физические нагрузки в реальном масштабе времени с помощью быстродействующего автоматизированного кардиоспирометрического комплекса “Охусон Alpha” (“Jaeger”, Германия) регистрировали: легочную вентиляцию (VE , л·мин⁻¹), частоту дыхания, дыхательный объем, концентрацию кислорода и углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе, потребление кислорода (VO_2 , л·мин⁻¹), выделение CO_2 (VCO_2 , л·мин⁻¹), газообменное отношение (VCO_2/VO_2), вентиляционные эквиваленты для O_2 (EQO_2) и CO_2 ($EQCO_2$), частоту сердечных сокращений, кислородный пульс (O_2 -пульс= $VO_2/ЧСС$, мл). Концентрацию лактата в капиллярной крови определяли энзиматическим методом (“Dr. Lange-400”).

В качестве модели физической нагрузки средней аэробной мощности использовалась

тестирующая нагрузка из расчета 2 Вт на 1 кг массы тела спортсмена, в качестве модели нагрузки максимальной аэробной мощности – тестирующая нагрузка ступенчатовозрастающей мощности продолжительностью 12—18 мин, выполняемая до момента достижения спортсменом индивидуальных границ максимального уровня потребления кислорода (уровень “критической” мощности). Такая модель нагрузки позволяет определить максимальный уровень аэробной мощности организма (по $VO_2 \max$), аэробную эффективность [2, 14]. Тестирующие нагрузки выполнялись на тредмиле L-500 (Германия). После завершения тестирования проводили компьютерный расчет комплекса показателей, которые отображали уровень функциональных возможностей организма спортсменов.

Полученные экспериментальные данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента и с расчетом коэффициентов внутривидовой корреляции с помощью компьютерной программы “Microsoft Excel”.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ основных характеристик сенсомоторной деятельности разной сложности не выявил различий среди спортсменов высокого класса, специализирующихся в биатлоне, легкоатлетическом беге на дистанции 5000 м, гребле на байдарках и каноэ на дистанции 1000 м. Очевидно, соревновательная деятельность в указанных видах спорта требует от организма спортсменов максимальной реализации аэробных возможностей, проявления выносливости и предъявляет сходные требования к свойствам нейродинамических процессов. Поэтому дальнейший анализ проявления полового диморфизма по результатам сенсомоторной деятельности спортсменов проведен отдельно по группам мужчин и женщин без учета вида спортивной деятельности (таблица).

Сравнение латентных периодов простой и сложной зрительно-моторной реакций по группам не позволило выявить достоверных различий среди мужчин и женщин, но в группе женщин отмечалась более высокая скорость сложной зрительно-моторной реакции, о чем свидетельствует меньшее среднее значение времени реакции при предъявлении 30 сигналов.

При увеличении сложности сенсомоторной деятельности в условиях предъявления 120 сигналов в режиме “обратной связи” мужчины-спортсмены затрачивали меньше времени на выполнение теста, чем женщины. О более быстрой сенсомоторной реакции мужчин свидетельствует также и меньшее значение минимальной экспозиции сигнала и время ее достижения. О более успешном дифференцировании раздражителей в группе мужчин свидетельствует и достоверно более высокий интегральный показатель успешности работы головного мозга ($ПУР=1,71\pm 0,26$ усл. ед., $p<0,05$) по сравнению с группой женщин ($ПУР=1,22\pm 0,19$ усл. ед.), характеризующий большую интенсификацию нейродинамических процессов у спортсменов-мужчин.

Выявленные различия в группе мужчин и женщин не связаны со сложностью сенсомоторных задач, а скорее всего зависят от особенностей расчета основных психофизиологических показателей в различных тестах. Так, при оценке латентного периода сложной зрительно-моторной реакции рассчитывается среднее значение времени реакции при предъявлении 30 сигналов. При предъявлении 120 сигналов в режиме “обратной связи” оцениваются характеристики функциональной подвижности нейродинамических процессов не по средним значениям латентных периодов реакции, а по значению достигнутой минимальной экспозиции сигнала (по минимальному латентному периоду времени реакции), на которую не влияют латентные периоды ошибочных

Сравнительная характеристика психофизиологических показателей у спортсменов высокого класса (мужчины и женщины), специализирующихся в циклических видах спорта, требующих проявления выносливости (n = 96)

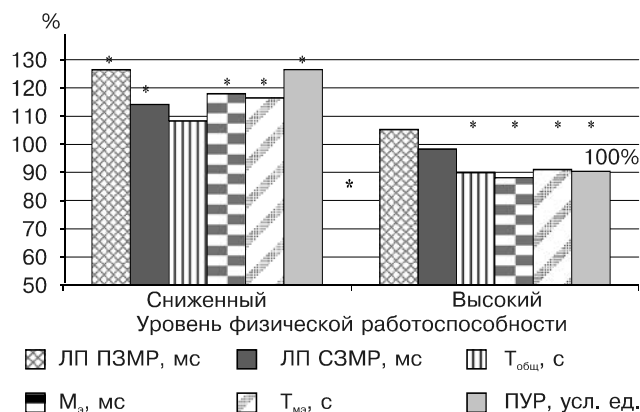
Психофизиологический показатель	Женщины	Мужчины
	M ± m	M ± m
Латентный период зрительно-моторной реакции (30 сигналов) ЛП ЗМР, мс:		
простой	238,7 ± 3,02	241,5 ± 2,99
сложной (реакция выбора, режим «обратной связи»)	410,7 ± 3,18	429,8 ± 4,01*
<i>Уровень функциональной подвижности нервных процессов</i>		
Время выполнения задания (120 сигналов, режим «обратной связи») T _{общ} , с	75,15 ± 3,21	69,69 ± 2,06
Минимальная экспозиция M _э , мс	241,01 ± 13,62	219,32 ± 19,71
Время выхода на минимальную экспозицию T _{мэ} , с	54,09 ± 3,73	46,01 ± 2,69*
Показатель успешности работы, усл. ед.	1,22 ± 0,19	1,71 ± 0,26*

* Различия достоверны, $p<0,05$

реакций. В связи с этим можно сказать, что в группе мужчин скорость сложной сенсомоторной реакции выше по значению минимальной экспозиции сигнала ($M_3=219,3\pm 19,71$ мс) и по времени выхода на минимальную экспозицию ($T_{M3}=46,01\pm 2,69$ с), чем в группе женщин ($M_3=241,01\pm 13,62$ мс, $T_{M3}=54,09\pm 3,73$ с), но при этом спортсмены-мужчины допускают больше ошибок, что и отражается на большем времени реакции выбора, как среднем значении ЛП СЗМР из 30 предъявленных сигналов.

Таким образом, в результате исследования выявлены различия у спортсменов высокого класса по скорости сенсомоторной реакции и уровню устойчивости нейродинамических процессов к нарастающей степени утомления в высших отделах головного мозга, связанные с проявлением полового диморфизма, что необходимо учитывать при проведении спортивного отбора.

Анализ изменений основных характеристик нейродинамических процессов после выполнения тестирующих физических нагрузок максимальной аэробной мощности позволил выявить различия среди спортсменов высокого класса, связанные с уровнем их функциональной подготовленности, а не с особенностями полового диморфизма. На рисунке представлена динамика изменения основных показателей сенсомоторной деятельности под влиянием напряженной физической нагрузки у спортсменов с высоким и сниженным уровнем функциональной подготовленности. Из-



Изменение латентного периода простой и сложной зрительно-моторных реакций (ЛП ПЗМР, ЛП СЗМР, мс), времени обработки 120 сигналов в режиме "обратной связи" ($T_{общ}$, с), значения минимальной экспозиции сигнала (M_3 , мс), времени выхода на минимальную экспозицию сигнала (T_{M3} , с) и показатель успешности работы головного мозга (ПУР, усл. ед.) в восстановительном периоде после выполнения физических нагрузок у спортсменов с высоким и низким уровнем функциональной подготовленности (изменения выражены в % исходного уровня до выполнения физических нагрузок)

* Различия достоверны относительно исходного уровня, $p < 0,05$

менения выражены в процентах исходного уровня, принятого за 100 %. После выполнения комплекса физических нагрузок отмечалось ухудшение скорости простой зрительно-моторной реакции у всех спортсменов. Однако наиболее выраженное увеличение изменения ЛП ПЗМР – $25,06\pm 2,4$ % – относительно исходного уровня ($p < 0,05$) наблюдалось в группе спортсменов со сниженным уровнем функциональной подготовленности по сравнению со спортсменами с высоким уровнем функциональной подготовленности, у которых время простой реакции ухудшилось незначительно – на $7,24 \pm 1,03$ % ($p < 0,05$).

В группе спортсменов с высоким уровнем функциональной подготовленности выполнение тестирующих физических нагрузок вызывает повышение уровня возбуждения в высших отделах головного мозга, что проявляется в незначительном уменьшении времени латентного периода реакции выбора, а также в повышении уровня функциональной подвижности нейродинамических процессов, о чем свидетельствует снижение общего времени выполнения теста в режиме "обратной связи" на $9,06\pm 2,13$ % и уменьшение минимальной экспозиции сигнала на $12,11\pm 1,98$ % ($p < 0,05$). Отмечалось также повышение под влиянием физической нагрузки показателя успешности работы головного мозга (ПУР) на $8,29\pm 2,01$ % ($p < 0,05$).

В группе спортсменов со сниженным уровнем функциональной подготовленности в восстановительном периоде после выполнения тестирующих физических нагрузок отмечается снижение скорости как простой, так и сложной зрительно-моторной реакции, а также ухудшение основных характеристик подвижности нейродинамических процессов на $8,26$ — $26,13$ % по сравнению с исходным уровнем (рисунок).

Согласно литературным данным [8], скорость простой зрительно-моторной реакции отражает, в основном, изменения в периферическом отделе нервной системы и характеризует текущее функциональное состояние организма. Скорость сложных зрительно-моторных реакций выбора двух раздражителей из трех характеризует скорость нейродинамических процессов, которые протекают в высших отделах нервной системы, отражают аналитико-синтетическую деятельность мозга [8].

Таким образом, в группе спортсменов со сниженным уровнем функциональной подготовленности напряженная физическая нагрузка вызывает более выраженное утомление в периферическом отделе нервной системы, чем в группе спортсменов с высоким уровнем функциональной подготовленности (ЛП ПЗМР, $p < 0,05$). Физические

нагрузки у наиболее подготовленных спортсменов в большей степени способствуют интенсификации нейродинамических процессов головного мозга, что в свою очередь свидетельствует об адекватности тестирующей нагрузки функциональному состоянию и уровню функциональной подготовленности спортсменов по сравнению с менее подготовленными спортсменами.

Степень изменения основных показателей нейродинамических процессов под влиянием физических нагрузок (% исходного уровня) прямо взаимосвязана с показателями, характеризующими скорость восстановления после тестирующих нагрузок по полупериоду реакции для ЧСС (T_{50} ЧСС $r = 0,59$, $p < 0,05$) и для потребления кислорода (T_{50} VO_2 $r = 0,48$, $p < 0,05$), а также с характеристиками экономичности функционирования кардиореспираторной системы при выполнении тестирующих нагрузок средней аэробной мощности (ЧСС_{средн} $r = 0,61$, VO_2 $r = 0,49$, Ватт-пульс $r = 0,58$, $p < 0,05$).

Таким образом, у спортсменов со сниженным уровнем экономичности функциональных систем во время физических нагрузок и замедленной скоростью восстановления основных характеристик кардиореспираторной системы после напряженной мышечной деятельности отмечается и более выраженное уменьшение скорости переработки сенсомоторной информации разной степени сложности, что свидетельствует о развитии процессов торможения в высших отделах головного мозга и центрального утомления под влиянием физических нагрузок, неадекватных уровню функциональной подготовленности организма и текущему функциональному состоянию спортсмена.

Выводы

- Спортсмены-мужчины высокого класса отличаются более высокой скоростью зрительно-моторных реакций по основным характеристикам функциональной подвижности нейродинамических процессов от спортсменок высокого класса.
- Среднее значение времени реакции у спортсменов-мужчин высокого класса выше, чем у женщин, за счет большего количества допущенных ошибочных реакций.
- Напряженная физическая нагрузка вызывает активизацию нейродинамических процессов у

спортсменов с высоким уровнем функциональной подготовленности и развитие процессов торможения в высших отделах головного мозга у менее подготовленных спортсменов.

1. Бойко Е.И. Время реакции человека. — М.: Медицина, 1964. — 440 с.
2. Волков Н.И. Тесты и критерии для оценки выносливости спортсменов. — М., 1989. — 44 с.
3. Зайцев А.В., Лупандин В.И., Сурнина О.Е. Возрастная динамика времени реакции на зрительные стимулы // Физиология человека. — 1999. — 25, 6. — С. 34—38.
4. Замаренов В.Б. Изменение некоторых показателей функционального состояния центральной нервной системы под влиянием мышечной деятельности различной направленности. Автореф. ... дис. канд. наук. — Черновцы, 1974. — 28 с.
5. Иванюра И.А., Полищук С.М., Шейко В.И. и др. Динамика некоторых психофизиологических функций учащихся среднего школьного возраста, занимающихся плаванием // Индивидуальные психофизиологические особенности человека и профессии. Деят.; Тез. докл. ч. 2. Черкассы 13—15 ноября 1991 г. — Киев-Черкассы, 1991. — С. 55—57.
6. Лизогуб В.С. Сила нервных процессов та спортивна діяльність // Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки. — 1999. — Вип. 13. — С. 78—83.
7. Макаренко Н.В., Березовский В.А., Майдигов Ю.Л., Кукенко В.М., Кольченко Н.В. Исследование наследственной обусловленности некоторых показателей нейродинамических и психомоторных функций, а также личностных особенностей человека // Физиологический журнал — 1987. — 33, 2. — С. 3—9.
8. Макаренко Н.В. Теоретические основы и методики профессионального психофизиологического отбора военных специалистов. — К., 1996. — 336 с.
9. Майдигов Ю.Л., Макаренко Н.В., Майоренко П.П., Панченко В.М. Особенности реагирования кардиореспираторной системы в условиях сенсомоторной деятельности в зависимости от уровня функциональной подвижности нервных процессов // Физиология человека. — 1991. — 17, 6. — С. 23—28.
10. Сурнина О.Е., Лебедева Е.В. Половые и возрастные различия времени реакции на движущийся объект у детей и взрослых // Физиология человека. — 2001. — 27, 4. — С. 56—60.
11. Шинкарук О.А. Отбор девушек-байдарочниц с учетом динамики их подготовленности на этапе специализированной базовой подготовки // Наука в олимпийском спорте, Спец. выпуск “Женщина и спорт”. — 2000. — С. 81—88.
12. Яворська О.О. Віково-статеві особливості формування та становлення властивостей основних нервних процесів у підлітків 15—17 років // Матеріали симпозиуму “Особливості формування та становлення психофізіологічних функцій в онтогенезі”. — Київ-Черкаси, 1999. — С. 146.
13. Kerr B., Blanchard C., Miller K. Children's use of sequence in partially predictable reaction-time sequences // J. Exp. Child Psychology. — 1980. — 29, 3. — P. 529—538.