

ОСОБЕННОСТИ СООТНОШЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ЭФФЕКТОРНОГО АППАРАТА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИМАНУАЛЬНОЙ КООРДИНАЦИИ

© *Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.*

Курский государственный медицинский университет, Курск

E-mail: bobig@mail.ru

С использованием корреляционного анализа выявлены взаимоотношения характеристик М-ответа и скорости распространения возбуждения по лучевому, срединному и локтевому нервам с показателями бимануальной координации произвольных целенаправленных движений. Выявлены некоторые половые особенности в интеграции эффекторного аппарата с уровнем двигательной активности при освоении бимануальных навыков в зависимости от сложности выполняемого задания. У мужчин произвольная координация реализуется преимущественно мышечными структурами, иннервируемыми срединным нервом правого предплечья. У женщин наибольший вклад в данный процесс вносит лучевой нерв левой руки, что, вероятно, и отражается в дискоординации движений и затрудняет формирование двигательных навыков. При этом в обеих группах испытуемых коррекция программы осуществляется по факту совершения ошибки.

Ключевые слова: бимануальная координация, моторный ответ мышцы, корреляция.

FEATURES OF RELATIONS BETWEEN CHARACTERISTIC OF THE EFFECTOR APPARATUS AND INDICATORS OF BIMANUAL COORDINATION

Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I.

Kursk State Medical University, Kursk

The correlation analysis revealed the relations between characteristics of M-response and speed of distribution of excitement along radial, median, and ulnar nerves and indicators of bimanual coordination of any voluntary movements. Some sexual distinctions in integration of the effector apparatus with the level of physical activity were established in learning bimanual skills depending on task complexity. The voluntary coordination in men is realized mainly by muscular structures innervated with a median nerve of right forearm. In women this process is controlled by a radial nerve of a left hand that results in possible discoordination of movements and complicates the formation of motor skills. In both groups of subjects the correction program is carried out after making a mistake.

Keywords: bimanual coordination, motor response of a muscle, correlation.

Проблема соотношения центральных моторных программ, эффекторного аппарата и конечного результата координации двигательной активности остается актуальной до настоящего времени, несмотря на многолетнее ее изучение [1, 13]. На основании электромиографических исследований установлено, что характерной чертой изменения координации двигательных актов при выработке навыка является переход от генерализованного в пространстве и времени возбуждения к его локализации [6, 11]. Ранее ними было установлено, что уровень бимануальной координации сложных целенаправленных движений имеет существенные различия у мужчин и женщин [7] и зависит от особенностей сенсорно-моторных корреляционных взаимоотношений [8, 9, 12]. Однако соотношение состояния периферического нервно-мышечного аппарата и тонких двигательных бимануальных координаций у мужчин и женщин остается малоизученным вопросом.

Целью настоящего исследования являлось изучение особенностей устойчивых корреляционных взаимоотношений характеристик М-ответа и скорости распространения возбуждения по не-

рвам предплечий с показателями бимануальной координации произвольной двигательной активности у испытуемых мужского и женского пола.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании на основе информированного согласия приняли участие 75 испытуемых (39 мужчин и 36 женщин), имеющих правосторонний профиль функциональной асимметрии.

Регистрация параметров М-ответа осуществлялось на нейромиоанализаторе НМА-4-01 «НЕЙРОМИАН», Россия. Стимуляции подвергались n. medianus, n. ulnaris и n. radialis, места стимуляции и точки отведения потенциалов при этом определяли в соответствии с общепринятыми методами [2, 4, 5].

Биполярную стимуляцию производили прямоугольными импульсами тока в количестве 20 с частотой 1 Гц длительностью 0,1 мс с нулевой задержкой и супрамаксимальной интенсивностью. Динамический диапазон регистрации 80000 мкВ, полоса пропускания – от 10 Гц до

2000 Гц с выключенным фильтром режекции, порог интенсивности стимулов – 50 мА, скорость развертки 2,5 мс/д, чувствительность 2 мВ/д.

В качестве диагностических параметров рассматривали латентность М-ответа (мс), амплитуду М-ответа (мВ), минимальные, средние и максимальные скорости проведения по нерву. Для расчетов использовали параметры только первого М-ответа, что связано с его стабильностью при использовании супрамаксимальных стимулов.

Уровень бимануальной координации произвольной двигательной активности определяли методом суппортметрии, основанным на использовании программно-аппаратного комплекса, состоящего из модифицированного суппорта токарного станка, соединенного посредством специальной микросхемы с компьютером с соответствующим программным обеспечением. Во время эксперимента испытуемым предлагается, манипулируя приводами установки, одновременно двумя руками провести стержень индикатора по контуру двигательного задания. Для последовательного выполнения предлагается четыре задания различной степени сложности, представляющие собой геометрические контуры, нанесенные диэлектриком на металлические пластины. Испытуемые, манипулируя одновременно двумя руками приводами установки, проводили стержень индикатора по контуру задания, при выполнении которых регистрируются общее время реализации трека, время на контуре задания (разница между общим временем и временем вне контура задания), время вне контура задания (время, приходящееся на ошибки), количество ошибок (количество сходов с контура). При этом рассчитывается ряд показателей: интегральный показатель координации по формуле $3600 - (\text{количество ошибок} \times \text{время вне контура}) / \text{общее время выполнения задания}$, где 3600 – эмпирически выведенный коэффициент, смещающий получаемые значения в область, адекватную для статистической обработки; скорость выполнения задания как отношение суммарной длины контура к общему времени его прохождения; скорость реакции (скорость исправления ошибки) как отношение времени вне контура к количеству ошибок. Выполнение заданий осуществлялось под контролем зрения и звуковой индикации схода с трека [7].

При статистической обработке определяли средние значения рассматриваемых характеристик с ошибкой, прямолинейную (r) и криволинейную (η) зависимости между значениями характеристик F-волны и М-ответа и показателями суппортметрии, коэффициент суммарной многосторонней скоррелированности, рассчитываемый

как $\Sigma r + \eta$ без учета знака [3]. Достоверность различий оценивали по t-критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения зарегистрированных характеристик распространения возбуждения по нервам мы позволим себе не приводить, поскольку они соответствовали приведенным в литературе данным [2, 4, 5]. При анализе различий средних значений М-ответа и скорости распространения возбуждения, полученных при стимуляции соответствующих нервов справа и слева, у мужчин статистически значимые отличия имеют значения амплитуды М-ответа ($p < 0,05$) и максимальной скорости проведения возбуждения по лучевым нервам ($p < 0,05$) при больших показателях справа. Среди характеристик срединных и локтевых нервов амплитуда М-ответа ($p < 0,05-0,01$) также достоверно выше справа. У женщин зарегистрированные значения рассматриваемых показателей справа и слева статистически значимо между собой не различаются.

Анализ половых различий М-ответа и F-волны показал, что при стимуляции лучевого нерва справа в группе мужчин достоверно выше значения латентности М-ответа ($p < 0,001$), а также минимального и среднего значения скорости проведения возбуждения ($p < 0,01$). Аналогичная картина наблюдается и при сравнении показателей, полученных при левосторонней стимуляции: у мужчин также были выше значения латентности М-ответа ($p < 0,001$) и средней скорости проведения импульса ($p < 0,05$). В отношении ответов, полученных при стимуляции срединного нерва справа, установлены достоверно значимые различия латентностей М-ответа ($p < 0,001$) с преобладанием значений у мужчин.

При стимуляции локтевого нерва правого предплечья минимальная скорость проведения возбуждения по указанному нерву выше в группе женщин ($p < 0,01$). Существенные различия установлены между вызванными показателями данного нерва и слева: у женщин выше амплитуда М-ответа ($p < 0,05$), а также минимальная ($p < 0,001$) и средняя ($p < 0,001$) скорость проведения возбуждения по нерву.

С целью выяснения взаимоотношений между значениями характеристик распространения возбуждения по нервам и показателями бимануальной координации был проведен полный корреляционный анализ.

Скоррелированность характеристик М-ответа и скорости распространения возбуждения с показателями бимануальной координации у мужчин

Показатели	Латентность М-ответа	Амплитуда М-ответа	Скорость распространения возбуждения		
			минимальная	средняя	максимальная
Общее время		0,675±0,09 ^{2лп#} 0,645±0,09 ^{1сп#} 0,527±0,11 ^{2сп#}	-0,352±0,15 ^{1сп*}		0,551±0,11 ^{4сп#}
Время на контуре			-0,333±0,15 ^{1сп*}		
Время вне контура		0,657±0,09 ^{1сп#} 0,547±0,11 ^{3сп#}	0,582±0,1 ^{2лп#}	0,679±0,09 ^{1лп#} 0,579±0,09 ^{1лол#} 0,569±0,09 ^{1лол#}	-0,339±0,16 ^{1лол*} -0,325±0,15 ^{1лол*} 0,312±0,15 ^{2лол*}
Количество ошибок		0,523±0,11 ^{4сл#}	-0,329±0,15 ^{2лп*} -0,335±0,15 ^{2лоп*}	-0,341±0,15 ^{2лп*} -0,315±0,15 ^{1лп*} -0,329±0,15 ^{2лп*} -0,312±0,15 ^{3лп*} -0,338±0,15 ^{2лоп*} -0,321±0,15 ^{3лоп*} -0,310±0,15 ^{2лол*} -0,310±0,15 ^{3лол*}	-0,345±0,15 ^{3лп*} -0,349±0,15 ^{2лп*} 0,579±0,11 ^{2сп#} 0,574±0,11 ^{3сп#} -0,365±0,15 ^{3лоп*} -0,381±0,16 ^{1лол*} -0,337±0,15 ^{2лол*} -0,379±0,15 ^{3лол*}
Интегральный показатель координации	0,634±0,09 ^{1лп#} 0,371±0,15 ^{2лоп*}		0,328±0,15 ^{4сп*} 0,506±0,12 ^{4сл#}	0,338±0,15 ^{4лп*} 0,348±0,15 ^{4сп*}	0,666±0,09 ^{4сп#}
Скорость выполнения		0,567±0,1 ^{2лп#} 0,556±0,09 ^{1сп#}			
Скорость реакции	0,333±0,15 ^{2лп*} 0,321±0,15 ^{3сп*} 0,601±0,09 ^{3сл#} 0,368±0,15 ^{2лол*}	0,650±0,09 ^{1сп#} 0,617±0,09 ^{3сл#}	0,579±0,1 ^{1сп#}	0,537±0,11 ^{1лол#}	-0,332±0,15 ^{2сп*} 0,569±0,11 ^{4сп#}

Примечание. Здесь и далее: 1, 2, 3, 4 – номер двигательного задания; л, с, ло – лучевой, срединный и локтевой нервы соответственно; c, л – слева и справа соответственно; * – коэффициент прямолинейной корреляции; # – корреляционное отношение; приведенные коэффициенты корреляции и корреляционные отношения достоверны при $p < 0,05 - 0,001$.

При рассмотрении полученных результатов в группе мужчин (табл. 1) обращает внимание отсутствие корреляционных связей латентности М-ответа с временными характеристиками бимануальной координации, количеством ошибок и скоростью выполнения координационных проб всех четырех двигательных заданий.

При этом выявлены положительные прямолинейные и криволинейные корреляционные связи данного параметра различных нервов с интегральным показателем координации и скоростью реакции. Амплитуда М-ответа коррелирует только криволинейно с большинством из характеристик координации за исключением интегрального показателя. Минимальная скорость распространения возбуждения разнонаправленно (прямолинейно и криволинейно) взаимосвязана с характеристиками реализации координационных проб, за исключением скорости выполнения задания, с которой никаких связей не выявлено. Средняя скорость не коррелирует с временными показателями выполнения бимануальных двигательных заданий и, как следствие, со скоростью их реали-

зации. Обращает внимание, что со временем вне контура и скоростью реакции выявлены исключительно криволинейные связи, а с количеством ошибок и интегральным показателем – только прямолинейные положительные. В отношении максимальной скорости передачи возбуждения также выявлен ряд особенностей. Так, время за контуром и скорость реакции коррелируют преимущественно прямолинейно, а количество ошибок, наряду с прямолинейными, имеет и несколько криволинейных взаимоотношений. Интересным является факт, что наибольшим уровнем суммарных многосторонних связей проявляются характеристики, полученные при стимуляции срединного нерва справа ($\Sigma\gamma+\eta = 8,540$), достоверно отличаясь от остальных за счет выраженных корреляционных взаимоотношений амплитуды М-ответа, минимальной и максимальной скорости распространения возбуждения.

Среди показателей бимануальной координации суммарно по заданиям, представленным на рисунке, наиболее скоррелированными являются характеристики выполнения первого (трениро-

вочного) ($\Sigma r+\eta = 8,130$) и наиболее сложного второго заданий ($\Sigma r+\eta = 7,314$). При этом уровень скоррелированности показателей первой координатной пробы определяется взаимоотношениями общего времени выполнения задания, времени вне контура и скорости реакции при исправлении ошибки, а в корреляционную картину второго контура наибольший суммарный вклад вносит скоррелированность значений количества ошибок. В целом уровень многосторонних взаимоотношений показателей бимануальной координации снижается от задания к заданию.

В группе женщин (табл. 2) картина корреляционных взаимоотношений характеристик М-ответа и скорости распространения возбуждения по нервам в значительной степени отличается от таковой у мужчин, описанной выше. При этом обращают внимание отрицательные прямолинейные связи латентности М-ответа с временными характеристиками бимануальной координации. В то же время с показателями дефекта выполнения двигательных заданий: временем вне контура и количеством ошибок выявлены только криволинейные взаимоотношения, как и в корреляционной структуре интегрального показателя координации, в которой преобладают криволинейные корреляции. Интересным является факт, что криволинейные взаимоотношения показателей дефекта бимануальной координации во многих случаях имеют двусторонний характер, т.е. наблюдается динамика изменений как первого признака по второму, так и второго по первому. Амплитуда М-ответа прямолинейно положительно и криволинейно коррелирует с общим временем выполнения задания и временем на контуре, а с характеристиками дефекта реализации пробы установлены преимущественно прямолинейные положительные взаимоотношения. Интегральный показатель координации исключительно отрицательно прямолинейно взаимосвязан с амплитудой М-ответа. Скорость реализации пробы и реактивность при исправлении ошибки прямолинейно обратнаправлено либо криволинейно коррелирует с указанной характеристикой в зависимости от задания. Характеристики скорости распространения возбуждения у женщин в зависимости от сложности двигательного задания и нерва характеризуются преимущественно криволинейными связями в отличие от мужчин. Анализ суммарных многосторонних взаимоотношений показал, что наибольшей скоррелированностью с показателями координации четырех заданий обладают характеристики, зарегистрированные при стимуляции срединного нерва слева ($\Sigma r+\eta = 23,146$), за ними следуют данные с левого локтевого нерва ($\Sigma r+\eta = 18,879$) и со срединного нерва справа ($\Sigma r+\eta = 18,388$). В структуре скоррелированности

левого срединного нерва наибольшее значение имеют взаимоотношения латентности и амплитуды М-ответа, а также максимальной скорости распространения возбуждения. Среди характеристик локтевого нерва слева наибольший вклад в уровень скоррелированности вносят скоростные характеристики распространения возбуждения по данному нерву, а среди данных, полученных при стимуляции правого срединного нерва, наиболее скоррелирована с показателями координации латентность М-ответа. При выполнении двигательных заданий для определения уровня бимануальной координации (рис. 1) наибольшей суммарной скоррелированностью обладают показатели третьего контура, за которым последовательно следуют вторая, четвертая и первая координатные пробы. Наибольшее значение в структуру корреляции характеристик координации третьего задания вносят показатели дефекта реализации пробы: время вне контура и количество ошибок, а также временные характеристики и интегральный показатель координации. При выполнении второго задания наиболее взаимосвязанными являются время вне контура, количество ошибок, а также интегральный показатель и скорость реализации пробы. В структуре корреляционных связей четвертого задания наиболее взаимосвязаны количество ошибок, интегральный показатель координации, скорость выполнения задания и общее время его реализации. Среди показателей наименее скоррелированного первого задания выделяются время вне контура и количество ошибок, определяющие и общий уровень взаимоотношений.

Известно, что характеристики М-ответа являются достаточно стабильными показателями и обладают близкими значениями при регистрации с симметричных мышц [4]. В связи с этим обнаруженное нами увеличение амплитуды и скорости распространения возбуждения у мужчин может свидетельствовать о наличии у них функциональной правосторонней доминантности. При этом следует обратить внимание на симметрию рассматриваемых показателей у женщин. Что касается выявленных нами половых различий исследованных показателей, то они могут быть обусловлены анатомо-функциональными особенностями нервно-мышечного аппарата у женщин [2, 5, 10].

Отдельный интерес представляют выявленные особенности корреляционных связей электрографических характеристик с показателями уровня бимануальной координации произвольных целенаправленных движений, особенно с учетом выявленных нами ранее выраженных половых различий изучаемой двигательной активности [7].

Скоррелированность характеристик М-ответа и скорости распространения возбуждения с показателями бимануальной координации у женщин

Показатели	Латентность М-ответа	Амплитуда М-ответа	Скорость распространения возбуждения		
			минимальная	средняя	максимальная
Общее время	-0,387±0,15 ^{2лп*}	0,644±0,1 ^{1сл#}	-0,334±0,16 ^{3лп*}	-0,415±0,15 ^{2лп*}	0,613±0,11 ^{3лп#}
	-0,506±0,14 ^{3лп*}	0,436±0,15 ^{1сл*}	-0,327±0,16 ^{2сл*}		0,567±0,12 ^{4лп#}
	-0,345±0,16 ^{4лп*}	0,537±0,14 ^{3сл*}	-0,331±0,16 ^{3сл*}		0,557±0,12 ^{1сл#}
	-0,418±0,15 ^{2лп*}	0,626±0,11 ^{4сл#}	0,565±0,11 ^{3лоп#}		0,635±0,1 ^{1сл#}
	-0,408±0,15 ^{3лп*}		0,601±0,1 ^{3лоп#}		0,610±0,11 ^{3сл#}
	-0,399±0,15 ^{4лп*}		0,572±0,11 ^{1лоп#}		0,621±0,11 ^{4сл#}
	-0,553±0,14 ^{3сл*}				0,388±0,15 ^{3лол*}
	-0,339±0,16 ^{4сл*}				
	-0,331±0,16 ^{2сл*}				
	-0,421±0,15 ^{3сл*}				
-0,338±0,16 ^{4сл*}					
Время на контуре	-0,432±0,15 ^{2лп*}	0,576±0,11 ^{2лп#}	-0,337±0,16 ^{3лп*}	0,629±0,1 ^{3сл#}	0,664±0,09 ^{3лп#}
	-0,367±0,15 ^{3лп*}	0,587±0,11 ^{2сл#}	-0,323±0,16 ^{3сл*}		0,598±0,12 ^{4лп#}
	-0,401±0,15 ^{4лп*}				0,695±0,09 ^{2сл#}
	-0,411±0,15 ^{4лп*}				0,669±0,09 ^{3сл#}
	-0,439±0,15 ^{2сл*}				0,682±0,09 ^{3сл#}
	-0,473±0,15 ^{2сл*}				0,669±0,09 ^{4сл#}
	-0,342±0,16 ^{4сл*}				0,359±0,15 ^{3лол*}
	-0,388±0,15 ^{3сл*}				
	-0,391±0,15 ^{4сл*}				
Время вне контура	0,623±0,11 ^{2лп#}	0,401±0,15 ^{3лп*}	0,565±0,12 ^{2сл#}	0,655±0,09 ^{1лоп#}	0,544±0,13 ^{4сл#}
	0,579±0,12 ^{3лп#}	0,567±0,14 ^{1лп*}	0,779±0,06 ^{1лоп#}	0,659±0,09 ^{2лоп#}	0,654±0,1 ^{1лоп#}
	0,545±0,12 ^{4лп#}	0,438±0,15 ^{2лп*}	0,606±0,11 ^{1лоп#}	0,592±0,11 ^{3лол*}	0,642±0,1 ^{1лоп#}
	0,604±0,11 ^{1сл#}	0,345±0,14 ^{3лп*}	0,591±0,11 ^{2лоп#}		0,629±0,1 ^{1лоп#}
	0,573±0,11 ^{2сл#}	0,446±0,15 ^{1сл*}	0,576±0,11 ^{3лоп#}		0,542±0,12 ^{2лоп#}
	0,585±0,11 ^{2сл#}	0,458±0,15 ^{2сл*}			0,559±0,13 ^{2лоп#}
	0,641±0,1 ^{3сл#}	0,566±0,14 ^{3сл*}			0,664±0,09 ^{3лоп#}
	0,659±0,09 ^{3сл#}	0,382±0,15 ^{4сл*}			
	0,577±0,11 ^{4сл#}				
	0,595±0,1 ^{2лоп#}				
Количество ошибок	0,579±0,11 ^{2лп#}	0,341±0,16 ^{3лп*}	0,546±0,12 ^{4сл#}	0,712±0,08 ^{3лоп#}	0,685±0,09 ^{3лоп#}
	0,689±0,09 ^{3лп#}	0,428±0,15 ^{1лп*}	0,620±0,11 ^{4сл#}	0,700±0,08 ^{1лоп#}	0,658±0,09 ^{3лоп#}
	0,638±0,11 ^{4лп#}	0,433±0,15 ^{2лп*}	0,659±0,09 ^{3лоп#}	0,604±0,11 ^{2лоп#}	0,565±0,11 ^{4лоп#}
	0,599±0,11 ^{3лп#}	0,432±0,15 ^{3лп*}	0,688±0,08 ^{1лоп#}	0,689±0,07 ^{3лоп#}	
	0,608±0,1 ^{1сл#}	0,401±0,15 ^{4лп*}	0,640±0,09 ^{3лоп#}	0,581±0,11 ^{3лоп#}	
	0,629±0,1 ^{2сл#}	-0,331±0,16 ^{2сл*}	0,604±0,11 ^{3лоп#}		
	0,669±0,09 ^{3сл#}	0,438±0,15 ^{1сл*}	0,616±0,11 ^{4лоп#}		
	0,661±0,09 ^{4сл#}	0,443±0,15 ^{2сл*}	0,650±0,1 ^{4лоп#}		
	0,766±0,07 ^{3сл#}	0,418±0,15 ^{3сл*}			
	0,539±0,12 ^{2лоп#}	0,920±0,03 ^{4сл#}			
Интегральный показатель координации	0,567±0,11 ^{1лп#}	-0,467±0,14 ^{4лп*}	0,792±0,05 ^{1лоп#}	0,545±0,11 ^{2лп#}	0,708±0,08 ^{4лп#}
	0,610±0,11 ^{2лп#}	-0,469±0,14 ^{2лп*}	0,567±0,12 ^{2лоп#}	0,576±0,11 ^{4сл#}	0,551±0,15 ^{4сл#}
	0,587±0,12 ^{3лп#}	-0,434±0,14 ^{3лп*}	0,666±0,09 ^{3лоп#}	0,628±0,11 ^{1лоп#}	0,786±0,07 ^{3лоп#}
	0,563±0,11 ^{4лп#}	-0,478±0,14 ^{2сл*}		0,639±0,1 ^{2лоп#}	
	0,589±0,11 ^{1сл#}	-0,473±0,14 ^{2сл*}		0,667±0,08 ^{3лоп#}	
	0,604±0,11 ^{2сл#}	-0,677±0,11 ^{3сл*}			
	0,392±0,15 ^{3сл*}	-0,377±0,15 ^{4сл*}			
	0,543±0,12 ^{4сл#}				
Скорость выполнения	0,555±0,12 ^{3лп#}	-0,412±0,15 ^{2лп*}	0,335±0,16 ^{3лп*}	0,597±0,11 ^{2лп#}	0,601±0,11 ^{1лп#}
	0,332±0,16 ^{3лп*}	0,667±0,09 ^{4лп#}	0,337±0,16 ^{2сл*}	0,568±0,12 ^{2лп#}	0,629±0,1 ^{1сл#}
	0,360±0,16 ^{4лп*}	-0,402±0,15 ^{2сл*}	0,342±0,16 ^{3сл*}	0,551±0,12 ^{2сл#}	0,630±0,1 ^{2сл#}
	0,394±0,15 ^{2сл*}	-0,417±0,15 ^{3сл*}	0,597±0,1 ^{4лоп#}	0,681±0,08 ^{3лоп#}	0,331±0,16 ^{3сл*}
	0,506±0,14 ^{3сл*}	0,660±0,09 ^{4сл#}			0,619±0,11 ^{4сл#}
	0,331±0,16 ^{4сл*}	0,516±0,12 ^{4лоп#}			-0,417±0,14 ^{4лол*}
	0,397±0,15 ^{3сл*}				-0,421±0,15 ^{4лол*}
	0,449±0,14 ^{4сл*}				
Скорость реакции	0,628±0,11 ^{2лоп#}	0,583±0,11 ^{3лоп#}	-0,394±0,15 ^{1лоп*}	0,441±0,15 ^{4сл*}	0,341±0,16 ^{4сл*}
		0,544±0,11 ^{3лоп#}	0,569±0,11 ^{2лоп#}	0,553±0,11 ^{3сл#}	

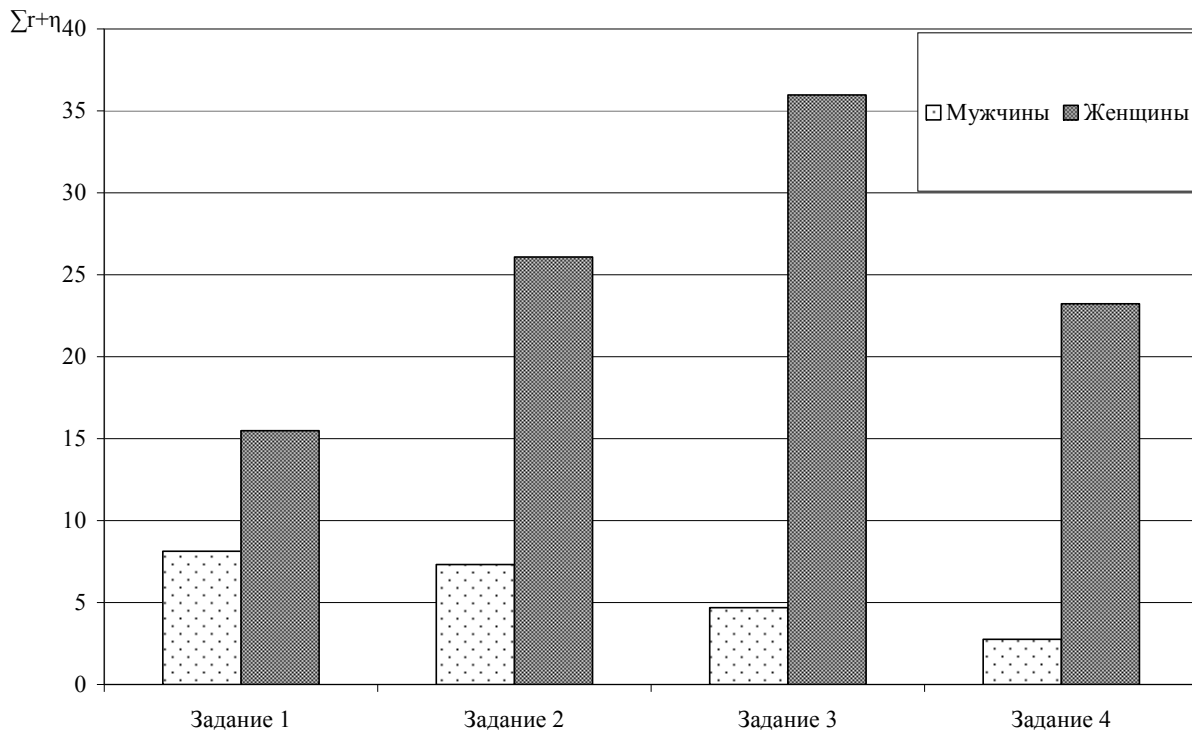


Рис. 1. Суммарная многосторонняя скоррелированность характеристик бимануальной координации с показателями М-ответа и скорости распространения возбуждения по нервам.

Так, у мужчин в реализации двигательных заданий наиболее значение имеют мышцы, иннервируемые срединным нервом справа, среди которых преобладают сгибатели и пронаторы, что согласуется с биомеханикой производимых движений.

При этом синхронизация активности двигательных единиц, отражаемая в амплитуде М-ответа, происходит в режиме настройки в соответствии с проводимыми бимануальными манипуляциями, о чем свидетельствуют криволинейные связи. Подобное предположение может быть обоснованным и в отношении максимальной скорости распространения возбуждения, вносящей второй по значимости вклад в структуру суммарной скоррелированности, за исключением второго наиболее сложного задания, в котором установлена отрицательная прямолинейная связь со скоростью реакции при устранении дефекта. Данный факт свидетельствует о том, что чем выше скорость передачи, тем менее скоординированы движения в ситуации сбоя (схода индикатора с контура). Этот аргумент подтверждается отрицательными коррелятами значений скорости распространения возбуждения по рассматриваемым нервам с количеством ошибок при выполнении координационной пробы и криволинейной настройкой со скоростью реакции, являющейся производной количества ошибок. Суммарная многосторонняя скоррелированность по двигательным заданиям отражает результативность тренировки и вработывания от трека к треку.

У женщин на фоне сравнительно низкого уровня бимануальной координации установлены более выраженные корреляционные взаимоотношения характеристик М-ответа, полученных при стимуляции всех исследуемых нервов, с показателями бимануальных координаций. При этом следует отметить статистически значимое преобладание взаимоотношений, относящихся к срединному нерву слева, в котором, как и у мужчин, выраженные взаимосвязи принадлежат амплитуде М-ответа и максимальной скорости распространения возбуждения. При этом подавляющее большинство связей носит криволинейный характер, в некоторых случаях и двусторонний, отражающий сонстрайку скорости распространения возбуждения по нерву и активацию двигательных единиц соответствующих мышц соответственно произвольным движениям. Однако данная сонстрайку не приводит к адекватной реализации процесса, что отражается в отрицательных криволинейных связях интегрального показателя координации. При этом значения скоростей распространения возбуждения по левому локтевому нерву характеризуются наибольшей суммарной скоррелированностью, а сам нерв занимает второй ранг по уровню взаимоотношений. Кроме того, у женщин, в отличие от мужчин, выраженные связи латентности М-ответа отрицательно прямолинейно коррелируют с временными показателями координации и преимущественно положительно – с их производной скоростью реализации пробы, что может свидетельствовать о роли старт-команды для выполнении движения. Дан-

ное предположение в полной мере может относиться и к мышцам, иннервируемым правыми лучевым и срединным нервами. Также у женщин, как и у мужчин, выраженными корреляционными связями обладают время за контуром и количество ошибок при выполнении пробы, которые вносят наибольший вклад в формирование интегрального показателя координации, занимающего третий ранг по уровню взаимоотношений. Однако, в отличие от мужчин, процесс тренировки и вработывания у женщин имеет более длительный период, и относительная оптимизация функционирования системы происходит только к выполнению третьего координационного задания.

Таким образом, формирующаяся в центральной нервной системе сложная двигательная программа у мужчин обеспечивает более адекватное формирование двигательного навыка и реализуется преимущественно флексорной системой доминантной правой руки с корректирующими влияниями других мышц. У женщин, как и у мужчин, данная программа корректируется по факту совершения ошибки при ее реализации, однако она реализуется преимущественно системой сгибателей субдоминантной руки с широким привлечением нервно-мышечных структур справа и слева. Данное обстоятельство вызывает определенную дискоординацию бимануальных движений и затрудняет формирование исследованных двигательных навыков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и двигательной активности. – М. : Медицина, 1990. – 496 с.
2. *Гехт Б.М., Касаткина Л.Ф., Самойлов М.И., Санадзе А.Г.* Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний. – Таганрог : Издательство ТРТУ, 1997. – 370 с.
3. *Завьялов А.В.* Соотношение функций организма. – М. : Медицина, 1990. – 159 с.
4. *Зенков Л.Р., Ронкин М.А.* Функциональная диагностика нервных болезней (Руководство для врачей). – М. : МЕДпресс-информ, 2004. – 488 с.
5. *Николаев С.Г., Самойлов М.И.* Нормальные показатели F-волны при регистрации с верхних конечностей // Функциональная диагностика. – 2003. – № 2. – С. 56-58.
6. *Персон Р.С.* Миография в исследованиях человека. – М. : Наука, 1969. – 231 с.
7. *Ткаченко П.В.* Уровни бимануальной координации и некоторые дифференциально-психофизиологические аспекты двигательной активности // Курский науч.-практич. вестник «Человек и его здоровье». – 2006. – № 4. – С. 17-23.
8. *Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.* К вопросу о слуховом сенсорном обеспечении сложных произвольных целенаправленных бимануальных движений // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2010. – Т. 96, № 11. – С. 1107-1113.
9. *Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.* Особенности сенсорного обеспечения монотонной психомоторной деятельности, требующей зрительного внимания // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 2012. – Т. 153, № 4. – С. 405-409.
10. *Herbison G.J., Graziani V.* Neuromuscular disease: rehabilitation and electrodiagnosis. 1. Anatomy and physiology of nerve and muscle // Arch. Phys.Med. Rehabil. – 1995. – Vol. 76. – P. 3-9.
11. *Lebon F., Guillot A., Rouffet D., Collet C.* EMG correlates different types of muscular contraction during motor imagery // Neurosci. Let. – 2008. – Vol. 435. – P. 181-185.
12. *Torres E.B., Raymer A., Gonzalez Rothi I.J., Heilman K.M., Poizner H.* Sensory-spatial transformations in the left posterior parietal cortex may contribute to reach timing // J. Neurophysiol. – 2010. – Vol. 104. – P. 2375-2388.
13. *Torres E.B.* Two classes of movements in motor control // Exp. Brain Res. – 2011. – Vol. 215. – P. 269-283.