

УДК 612.763:612.741.1-055

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАТЕНТНОСТЕЙ М-ОТВЕТА И F-ВОЛНЫ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ БИМАНУАЛЬНОЙ КООРДИНАЦИИ У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СЛОЖНОСТИ

© *Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.*

Курский государственный медицинский университет, Курск

E-mail: PWTKachenko@rambler.ru

Проведен сравнительный анализ средних значений характеристик латентностей стимуляционной миографии у мужчин и женщин. Методом корреляционного анализа выявлены взаимоотношения характеристик латентностей стимуляционной электронейромиографии нервов предплечий с показателями бимануальной координации произвольных целенаправленных движений у испытуемых. Установлено наличие особенностей активации двигательных единиц и возбудимости мотонейронов у мужчин и женщин. Показано, что у мужчин при реализации произвольной двигательной программы происходит более адекватное вовлечение нервно-мышечных структур по сравнению с женщинами. Корректировка реализации бимануальных координаций в обеих группах осуществляется по факту совершения ошибки с выраженным значением длительности выполнения пробы у женщин. При этом у мужчин освоение двигательных навыков сопровождается оптимизацией активации нервно-мышечных структур от задания к заданию, а у женщин на фоне дискоординации межэффectorных взаимоотношений происходит нивелирование закономерностей освоения бимануальных двигательных навыков. Установленные особенности могут служить критериями для профессионального отбора и прогнозирования успешности освоения трудовых бимануальных двигательных навыков.

Ключевые слова: бимануальная координация, стимуляционная миография, половые различия.

SPECIAL FEATURES OF INTERRELATIONS BETWEEN M-RESPONSE AND F-WAVE LATENCIES AND BIMANUAL COORDINATION INDICES IN MALES AND FEMALES WHILE EXERCISING MOTOR TASKS OF VARIOUS COMPLEXITY

Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I.

Kursk State Medical University, Kursk

The average values of latency characteristics of stimulation myography in men and women were analyzed. The correlation analysis revealed interrelations between latencies of stimulation electroneuromyography of forearm nerves and bimanual coordination indices of voluntary task-oriented movements in subjects. Some special features of motor units activation and motor neuron excitability were established both in men and women. Men in realizing voluntary motor programme revealed more adequate involvement of neuromuscular structures compared to women. The correction of bimanual coordination was realized in both groups after making faults, the values of task realization being more prolonged in women. Along with it mastering motor skills in men was accompanied with optimizing neuromuscular activation with every task but women showed the leveling of mastering bimanual motor skills against the background of dyscoordination of inter-effector relations. The established features may serve as criteria for professional selection and forecasting the efficiency of labour bimanual motor skills.

Keywords: bimanual coordination, stimulation myography, sex differences.

Известно, что наиболее общей и характерной чертой изменений координации двигательных актов при выработке навыка является переход от распространенного возбуждения к более локальному, экономному [9]. Данное утверждение может быть справедливым при условии, если центр пошлет на периферию правильную и целесообразную эффекторную цепь, а она спроецируется на периферии в виде правильного целесообразного движения [1]. Ранее нами было установлено, что уровень координации бимануальных произвольных движений выше у мужчин вне зависимости от сложности задания и определяется особенностями зрительной и слуховой сенсорной афферентации. В то же время вопрос о роли эффекторного аппарата в реализации сложных бимануальных двигательных координаций остается недостаточно изученным, несмотря на важность про-

блемы. Целью нашей работы явилось изучение устойчивых корреляционных взаимоотношений показателей движений рук и латентных характеристик М-ответа и F-волны.

Исследование выполнено с участием 75 испытуемых (39 мужчин и 36 женщин) в возрасте 18–20 лет. С помощью нейромиоанализатора НМА-4-01 «НЕЙРОМИАН» у испытуемых стимулировали лучевой, срединный и локтевой нервы предплечий справа и слева и проводили миографию. Места стимуляции, точки отведения потенциалов и расположения референтных электродов определяли по соответствующим анатомо-клиническим и анатомо-топографическим руководствам [5, 10]. Использовали биполярную стимуляцию прямоугольными импульсами тока. Количество стимулов – 20 с частотой 1 Гц. Длительность стимуляции составляла 0,1 мс с нулевой задержкой и су-

прамаксимальной интенсивностью, динамический диапазон регистрации - М:80000 мкВ, F-8000 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 - М: 2 мВ/д - F:200 мВ/д [2, 4, 6].

В качестве диагностических параметров оценивали латентность М-ответа (мс), минимальные (min), средние (med) и максимальные (max) значения латентности F-волны и разность латентностей F-волна / М-ответ (min, med, max) в мс. Для расчетов использовались параметры только первого М-ответа в связи с его стабильностью при использовании супрамаксимальных стимулов [6].

Уровень бимануальной координации оценивался методом суппортметрии при выполнении четырех заданий (контуров) различной степени сложности. При реализации заданий регистрировались общее время выполнения задания (ОВ), время на контуре задания (ВНК), Время вне контура задания (ВВК) и количество ошибок (КО). На основе регистрируемых характеристик рассчитывали интегральный показатель координации (ИПК), скорость выполнения задания (СК) и скорость реакции при исправлении ошибки (СР) [11].

При статистической обработке определяли средние значения рассматриваемых характеристик с ошибками и использовали t-критерий Стьюдента для оценки достоверности их различий. Для оценки взаимоотношений производили полный корреляционный анализ с расчетом коэффициентов (r) корреляции и корреляционных отношений (η) зарегистрированных показателей. С целью определения уровня многосторонних связей рассчитывали $\Sigma r + \eta$ для каждого показателя без учета знака [3].

Средние значения рассматриваемых характеристик мы не приводим, поскольку они в целом соответствуют описанным в специальной литературе [2, 7, 8]. Сравнение значений показателей, зарегистрированных при стимуляции симметричных нервов, показало отсутствие между ними статистически значимых различий.

Анализ полученных данных у мужчин и женщин показал, что значения латентностей у мужчин выше при стимуляции лучевого нерва как справа, так и слева. При этом достоверно отличаются латентность М-ответа ($p < 0,01$), а также средняя ($p < 0,01$) и максимальная ($p < 0,01$) разности латентностей F-волны. При стимуляции срединного нерва справа достоверно различаются латентность М-ответа ($p < 0,001$), а также минимальное ($p < 0,01$), среднее ($p < 0,01$) и максимальное ($p < 0,01$) значения латентностей F-волны. Среди значений симметричного нерва слева, как и в предыдущем случае, у мужчин выше значения

латентности М-ответа ($p < 0,05$) и минимальная ($p < 0,05$) и средняя ($p < 0,05$) характеристики латентности F-волны. Среди показателей локтевого нерва справа у мужчин достоверно выше латентность М-ответа ($p < 0,01$), среднее ($p < 0,001$) и максимальное ($p < 0,001$) значения латентности F-волны, а также среднее ($p < 0,05$) и максимальное ($p < 0,01$) значения разностей латентностей М-ответа и F-волны. Среди показателей, зарегистрированных при стимуляции левого локтевого нерва, у мужчин значимо больше минимальное ($p < 0,001$), среднее ($p < 0,001$) и максимальное ($p < 0,001$) значения латентности F-волны, а также средняя ($p < 0,001$) и максимальная ($p < 0,01$) разности латентностей М-ответа и F-волны.

Ранее нами было показано, что уровень бимануальной координации произвольной двигательной активности выше у мужчин, описаны половые различия, рассматриваемых характеристик с приведением их нормативных значений [11].

Рассмотрение суммарных корреляционных взаимоотношений в группе мужчин (рис. 1) показало, что наибольшей суммарной скоррелированностью с показателями бимануальной координации характеризуются латентности и их разности при стимуляции срединного нерва справа и локтевого нерва слева. Анализ корреляционных связей отдельных показателей стимуляционной миографии показал (табл. 1), что наиболее высоким уровнем взаимоотношений обладает минимальная латентность F-волны, имеющая наибольший удельный вес в суммарной скоррелированности показателей нервов, занимающих первые ранги. Далее следуют среднее и максимальное значения латентностей F-волны, среднее и минимальное значения различий латентностей М-ответа и F-волны, а наименьшим уровнем взаимосвязей с показателями координации обладают латентность М-ответа и максимальное значение разностей латентностей.

Со стороны показателей бимануальной координации (табл. 2) наибольшим уровнем корреляционных взаимоотношений характеризуются показатели дефекта выполнения задания: количество ошибок и время вне контура, а также интегральный показатель координации, величина которого, очевидно, определяется количеством ошибочных действий. Наиболее взаимосвязанными являются показатели, зарегистрированные при выполнении третьего задания (рис. 2). При этом в структуру корреляции наибольший вклад вносят высоковзаимосвязанные показатели дефекта реализации двигательных проб и расчетный интегральный показатель координации.

Характерно, что структура корреляционных связей у испытуемых мужского пола представлена преимущественно криволинейными отноше-

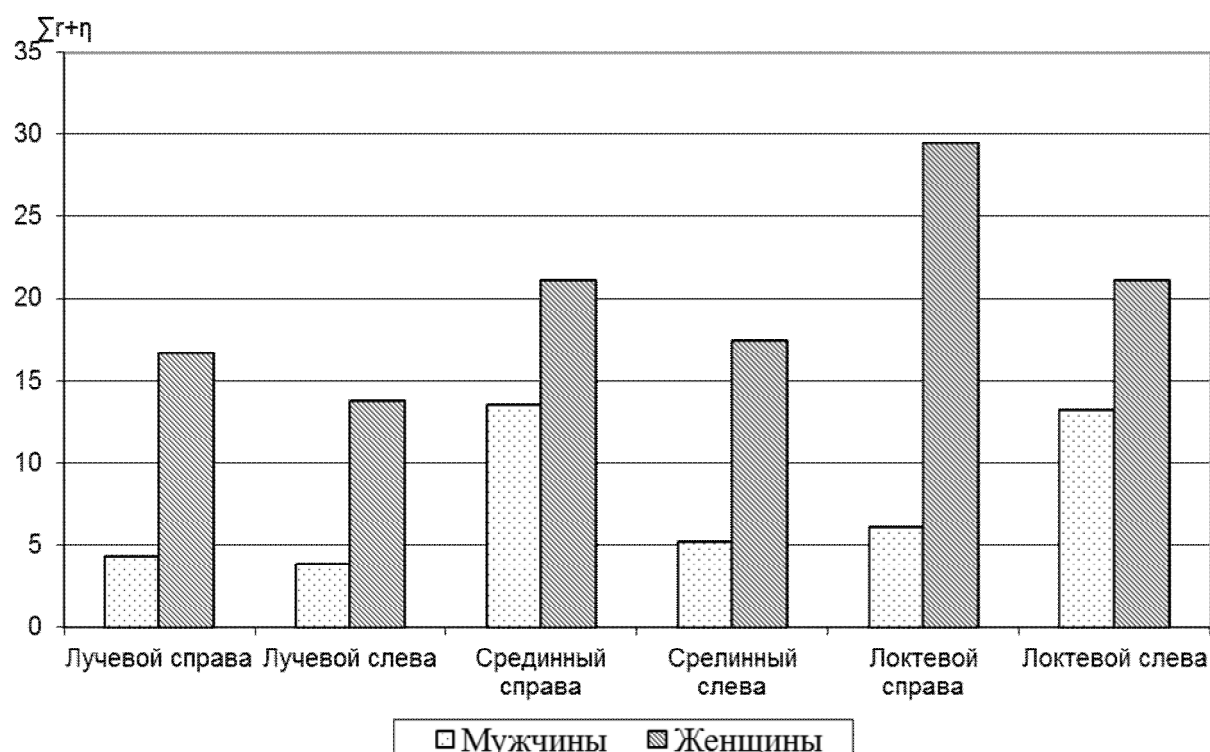


Рис. 1. Суммарная многосторонняя скоррелированность показателей стимуляционной миографии соответствующих нервов у мужчин и женщин.

Таблица 1

Суммарная многосторонняя скоррелированность характеристик электронейромиографии, стимулируемых нервов с показателями бимануальной координации

Показатели	Латентность М-ответа	Латентность F-волны			Разность латентностей F-волны и М-ответа		
		min	med	max	min	med	max
Мужчины	2,628	3,565	7,606	7,045	5,093	7,495	2,418
Женщины	31,700	10,653	12,770	20,572	15,941	8,201	19,799

Примечание: здесь и далее в таблице 2 приведены суммы статистически значимых коэффициентов корреляции и корреляционных отношений без учета знака.

ниями за исключением корреляции минимального значения различий рассматриваемых латентностей со временем за контуром и количеством ошибок при реализации координационных заданий. В этих сопоставлениях корреляционные взаимоотношения носят характер положительных прямолинейных связей.

У женщин характер корреляционных связей латентностей с показателями бимануальной координации имеет существенные различия от таковой у мужчин. На фоне выраженной тесноты суммарных корреляционных взаимоотношений наибольшим уровнем взаимосвязей характеризуются показатели, зарегистрированные при стимуляции локтевого нерва справа, а второй и третий ранги, существенно не различаясь между собой, занимают характеристики срединного нерва справа и локтевого слева (рис. 2).

Анализ суммарной многосторонней скоррелированности отдельных характеристик стимуля-

ционной миографии у женщин показал (табл. 1), что наибольшим уровнем взаимоотношений обладает латентность М-ответа, имеющая важное значение в структуре корреляции срединного и лучевого нервов справа. Далее в ранжированном ряду располагаются максимальное значение латентности F-волны, максимальное различие латентностей М-ответа и F-волны, минимальное значение этого же показателя. Последние три ранга по уровню суммарной многосторонней скоррелированности занимают значения средней и минимальной латентностей F-волны и средняя разность М-ответа и F-волны.

Со стороны показателей бимануальной координации (табл. 2), как и у мужчин, наибольшей теснотой взаимосвязей характеризуются количество ошибок, время вне контура задания и интегральный показатель координации. Далее в ранжированном ряду по уровню многосторонней скоррелированности находятся общее время

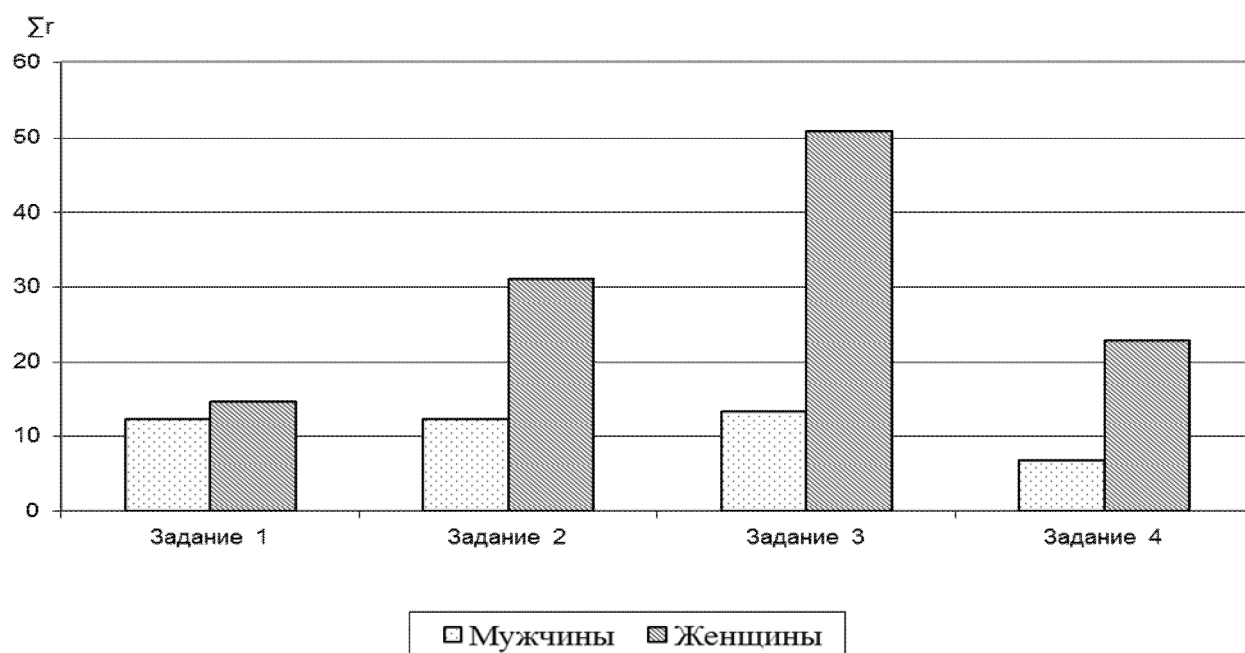


Рис. 2. Суммарная многосторонняя скоррелированность показателей бимануальной координации по четырем заданиям у мужчин и женщин.

Таблица 2

Суммарная многосторонняя скоррелированность показателей бимануальной координации четырех двигательных заданий с характеристиками стимуляционной электронейромиографии

Показатели	ОВ	ВНК	ВВК	КО	ИПК	СК	СР
Мужчины	1,860	3,093	9,173	14,461	8,691	4,985	5,851
Женщины	18,610	12,544	22,719	24,646	19,246	18,538	3,270

выполнения задания, скорость его выполнения, время на контуре и скорость реакции при исправлении ошибки. Наиболее скоррелированными являются показатели третьего координационного задания, существенно отличаясь от других (рис. 1) и замыкает ранжирование первое координационное задание – скорость выполнения, прямолинейно положительно.

Выявленные различия рассматриваемых показателей свидетельствуют о анатомо-функциональных особенностях распространения возбуждения по стимулируемым нервам у мужчин и женщин, обусловленных, вероятно, организацией проводящих путей и формированием двигательных команд программного характера [1, 5, 10].

У мужчин наиболее тесно взаимосвязанными с показателями бимануальной координации являются характеристики, зарегистрированные при стимуляции правого срединного нерва и левого локтевого, что может быть следствием реализации двигательной программы преимущественно посредством мышечных структур предплечий, иннервируемых данными нервами. Доминирующее значение правой руки и корректирующая роль левой в целом соответствует биомеханике производимых движений при реализации всех

четырёх двигательных заданий, описанной нами ранее. Обращает на себя внимание высокая теснота корреляционных взаимосвязей характеристик латентности F-волны и разниц латентностей рассматриваемых феноменов. Поскольку в генерации F-волны принимают участие все отделы двигательных единиц, то закономерности возникновения этого феномена являются интегральным отражением функций нервно-мышечного аппарата в целом при проведении возбуждения по быстрым и медленным аксонам исследуемого нерва [2, 6].

Напротив, у женщин наиболее скоррелированными являются характеристики, зарегистрированные при стимуляции правого локтевого нерва, за которыми следуют показатели срединного нерва справа и левого локтевого. Данный факт свидетельствует о различиях включенности нервно-мышечных структур в реализацию координационной бимануальной программы. У женщин, в отличие от мужчин, выраженные корреляционные связи обнаруживает латентность М-ответа, полученная при стимуляции лучевого и срединного нервов справа, что свидетельствует о доминантности правых нервно-мышечных структур и включении в процесс бимануальной координации наряду с флексорами мышц экстензоров с воз-

можной десинхронизацией их работы [5, 6]. В то же время высокоскоррелированные латентности F-волны и разницы латентностей принадлежат локтевым нервам, отвечающим преимущественно за сгибание кисти и ее приведение [5].

Выявленная в группе мужчин динамика скоррелированности показателей бимануальной координации с характеристиками стимуляционной миографии может отражать освоение произвольных двигательных навыков при монотонном последовательном выполнении координационных заданий. При этом картина связей показателей выполнения первого пробного задания, второго наиболее сложного и третьего отражает процессы тренировки, корректировки программы (вработывания) и ее закрепления на оптимальном уровне к четвертому треку. Очевидно, что отработка двигательного навыка происходит на основе обратной связи, отражающей возникновение дефекта реализации двигательного задания, определяя при этом и общий уровень бимануальной координации, что согласуется с данными литературы [1].

Динамика корреляционных связей характеристик координации с рассматриваемыми латентностями миографических показателей от задания к заданию на фоне значительно более выраженной тесноты корреляции у женщин по сравнению с мужчинами свидетельствует о неэффективной реализации двигательной программы при освоении сложных бимануальных движений. При этом корректировка работы эффекторного аппарата осуществляется не только посредством совершаемых ошибок, но и через контроль длительности реализации заданий.

Таким образом, полученные данные отражают особенности функционирования двигательных единиц и возбудимости мотонейронов у мужчин и женщин. Изученные корреляционные взаимоотношения латентностей с показателями бимануальной координации выявили более адекватное вовлечение нервно-мышечных структур у мужчин при реализации произвольной двигательной программы. При этом в обеих группах испытуемых коррекция выполнения бимануальных координаций осуществляется преимущественно по факту совершения ошибки, а у женщин также выраженное значение имеет и фактор времени реализации задания. Характерно, что у мужчин освоение двигательных навыков происходит в сторону оптимизации процесса с адекватным включением эффекторных структур от задания к заданию, а у женщин на фоне дискоординации межэффекторных взаимодействий происходит снижения уровня координации движений рук с нивелированием закономерностей их освоения и закрепления.

Полученные результаты, наряду с фундаментальным значением, могут служить критериями для профессионального отбора на производства, требующие тонкой координации произвольной двигательной активности рук (работники часовой, радиоэлектронной промышленности, операторы). Кроме того, отслеживание динамики межэффекторных взаимоотношений позволяет оценивать формирование двигательных навыков с прогнозированием достижения их оптимального уровня и решением вопроса о корректировке в процессе обучения. В частности, снижение уровня корреляционных взаимоотношений может свидетельствовать об оптимизации включения нервно-мышечных структур в бимануальную координацию с повышением ее уровня с учетом биомеханики производимых движений руками при формировании профессиональных двигательных навыков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и двигательной активности. – М. : Медицина, 1990. – 349 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. Кирпатовский И.Д., Смирнова Э.Д. Клиническая анатомия. В 2 книгах. Кн. 2: Верхняя и нижняя конечности. – М. : Медицинское информационное агентство, 2003. – 316 с.
6. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. – Иваново : Иван. гос. мед. академия, 2003. – 264 с.
7. Николаев С.Г. Использование параметров F-волны для диагностики функционального состояния мотонейрона // Владимир. мед. вестн. – 1996. – Т. 3, № 4. – С. 250-256.
8. Николаев С.Г., Самойлов М.И. Нормальные показатели F-волны при регистрации с верхних конечностей // Функциональная диагностика. – 2003. – № 2. – С. 56-58.
9. Персон Р.С. Электромиография в исследованиях человека. – М. : Наука, 1969. – 229 с.
10. Пишель Я.В., Шапиро М.И., Шапиро И.И. Анатомо-клинический атлас рефлексотерапии. – М. : Медицина, 1989. – 144 с.
11. Ткаченко П.В. Уровни бимануальной координации и некоторые дифференциально-психофизиологические аспекты двигательной активности // Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье». – 2006. – № 4. – С. 17-23.