

УДК 159.9

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВАРИАЦИИ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ: ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ И АНАЛИЗ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА¹

© 2025 г. А. В. Варфоломеева^{1,2,*}, А. Г. Тищенко^{1,2,**}, Ю. И. Александров^{1,2,***}

¹ФГБУН Институт психологии РАН;

129366, г. Москва, ул. Ярославская, д. 13, корп. 1, Россия.

²ФГБОУ ВО МПГУ;

127006, г. Москва, ул. Каретный Ряд, 2, Россия.

*Младший научный сотрудник лаборатории психофизиологии им. В.Б. Швыркова.

E-mail: varflany@gmail.com

**Младший научный сотрудник лаборатории психофизиологии им. В.Б. Швыркова.

E-mail: antongtishenko@gmail.com

***Доктор психологических наук, профессор, академик РАО, заведующий лабораторией психофизиологии им. В.Б. Швыркова.

E-mail: yuraalexandrov@yandex.ru

Поступила 21.07.2024

Аннотация. В статье представлен обзор исследований индивидуальных вариаций процесса научения, в которых проводится комплексная оценка вовлечения компонентов всего организма в достижение результата. Целью обзора является оценка валидности анализа биоэлектрического импеданса и электрокардиографии для изучения системной организации поведения, в котором реализуются разные способы решения задач. Специальное внимание уделяется анализу взаимосогласования структур индивидуального опыта индивидов, вовлекающихся в достижение коллективного результата. Обосновывается, что анализ биоэлектрического импеданса и электрокардиография обеспечивают необходимые условия для оценки ресурсных и метаболических характеристик системной общеорганизменной организации опыта при учете проанализированных в настоящем исследовании ограничений этих методик.

Ключевые слова: индивидуальные вариации, структура индивидуального опыта, анализ биоэлектрического импеданса, электрокардиография.

DOI: 10.31857/S0205959225010065

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В психологических и психофизиологических исследованиях для изучения процесса научения, в ходе которого формируется системная организация нового поведения, применяются, например, когнитивные задачи, для которых оценивается, в первую очередь, результативность их решения. Отмечается, что "...результативность целенаправленной деятельности может варьировать в широких пределах..." [22, с. 334]. Результаты, полученные в исследованиях научения, свидетельствуют в пользу того, что изучаемые популяции представлены группами индивидов, различающихся по характеристикам этого процесса [6; 21]. Указанная вариативность

обусловлена дифференциацией, в ходе которой формируются системы индивидуального опыта, образованные группами нейронов, специализированных относительно взаимодействий со средой [3]. Для решения проблемы изучения индивидуальных вариаций проводится оценка индивидуальных особенностей вовлечения новых нейронов в обеспечение формирующегося поведения [19], оценка вариативности способов решения текстовых задач [11; 21], в том числе с соотношением способов решения с показателями вариативности сердечного ритма и пропорцией жировой, костно-мышечной и жидкостной составляющих тела² [10].

² В литературе встречается как термин "показатели состава тела" (англ. body composition), так и "составляющие тела" (англ. body constituents). Здесь и далее в статье используется второй вариант ввиду его большей корректности.

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-18-00389, <https://rscf.ru/project/24-18-00389/>

В работах, развивающих теорию функциональных систем³, для объяснения различий в результативности выполнения разной деятельности (в том числе разных когнитивных задач) вводится понятие “физиологическая стоимость” или “физиологическая цена” [13; 22]. Авторы оперируют понятием “эффективность деятельности”, которая определяется как “...физиологическая стоимость единицы результата деятельности” [16, с. 87]. Физиологическая стоимость оценивается не по сдвигам ряда отдельных физиологических показателей при совершении индивидами той или иной деятельности, а по характеру и выраженности корреляционных взаимосвязей между показателями этой деятельности и показателями, отражающими физиологические изменения в организме при ее реализации [13]. Оценка физиологической стоимости является развитием учения о гомеостазе и подхода к построению “вегетативного портрета”, предложенного В.В. Шидловским [25], а также может быть охарактеризована как интегративная оценка предполагаемого теорией функциональных систем П.К. Анохина вовлечения всего организма в достижение результата.

Подобная интегративная оценка вовлечения всего организма в достижение результата является альтернативой реализующему положения редуccionизма учению о соматотипах, предложенных У. Шелдоном в рамках конституциональной психологии. Приемы оценки типов человеческого тела были доработаны Хитом и Картером [31]. Этот шаблонный подход учитывает вес (в кг), рост (в см), окружность плеча (в см), максимальную окружность голени (в см), ширину бедра (в см), ширину плечевой кости (в см), толщину кожной складки на трицепсе (в мм), подкожную кожную складку (в мм), надлопаточную кожную складку (в мм) и медиальную кожную складку на голени (в мм) и остается популярным в антропометрических исследованиях. Как отмечается, “с модификациями Парнелла (конец 1950-х годов), а также Хита и Картера (середина 1960-х годов) соматотип продолжает оставаться лучшим показателем общей формы тела” [32]. Однако, важно указать, что подобное оценивание фиксирует антропометрические характеристики, которые являются лишь внешним описанием и не могут рассматриваться без учета динамических процессов взаимодействия и развития, т.е. как минимум должны быть дополнены методиками оценки обменных процессов [17], таких как оценка индекса массы тела, подводное

взвешивание и воздушная плетизмография, рентгеновская денситометрия, томографические исследования, а также калиперометрия. Такая совокупность различных индивидуальных свойств, обосновываемая целями до- и квазиэкспериментальных типов исследования, позволит связать особенности формирования опыта с их проявлениями в характеристиках как межиндивидуальных взаимодействий, так и общетелесных процессов, что даст возможность сформулировать более полное решение проблемы индивидуальных вариаций процесса научения. Так, например, ранее была установлена сопряженность между характеристиками формирования составляющих структуры индивидуального опыта у членов диады и их индивидуально-психологическими, полоролевыми и антропометрическими характеристиками (такими как длина правого указательного пальца, обхват правого запястья, межостный размер над передними бугристыми подвздошной кости (*crista iliaca*)) [14].

АНАЛИЗ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА

В основе анализа биоэлектрического импеданса лежат результаты измерений емкостных и резистивных характеристик “тканей человеческого тела” [29]. Процедура регистрации направлена на измерение интегрального сопротивления между регистрирующими электродами, которые устанавливаются на конечности: запястья рук и щиколотки ног. Электрический переменный ток 0.4 мА при частоте 50 кГц подается с помощью одночастотного прибора биоэлектрического импеданса. Такая процедура применяется в одночастотной интегральной методике (50 кГц), которая в том числе позволяет оценивать величину основного обмена и “характеризует минимальный расход энергии, необходимый для поддержания процессов жизнедеятельности организма в состоянии покоя” [17, с. 102]. Величина основного обмена подвержена колебаниям в связи с особенностями диеты, интенсивностью физических нагрузок, а также изменениями температуры тела, возникающими при патологических состояниях. Значение удельного сопротивления включается в регрессионный анализ для определения составляющих тела [34], в первую очередь количества воды в организме (ОВО), поскольку жидкая среда является активной составляющей проводимости [17]. Также алгоритм расчета позволяет вычислить объем внеклеточной жидкости (ВКЖ), клеточной жидкости (КЖ), безжировой массы тела (БМТ), гидратацию тощей массы (ГТМ). Кроме того, определяются свободная жировая масса (СЖМ), которая, как

³ Функциональные системы – временные конstellляции “...избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействие и взаимоотношения принимают характер взаимодействия компонентов на получение фокусированного полезного результата” (Анохин, 1973, с. 35).

и другие физиологические жидкости, является хорошим проводником электричества, а также жировая масса (ЖМ), которая “реагирует с сильным сопротивлением” [30].

Анализ биоэлектрического импеданса построен на устойчивых закономерностях, которые связывают измеренные значения импеданса с параметрами состава тела. Для тела как биологического объекта и его сегментов определяются физические модели, а также статистические закономерности между антропологическими, физическими и другими переменными, которые характеризуют человеческий организм. В работе [17] утверждается, что “электрический ток может протекать, огибая клетки, и непосредственно через клетки. Границы клеток образованы мембранами, которые по своим электрическим свойствам являются конденсаторами с зависящей от частоты переменного тока емкостью”. Для оценки объема внеклеточной жидкости измеряется импеданс на постоянном токе, поскольку в этом случае клеточные мембраны остаются непроницаемыми, и внутриклеточная жидкость не меняет результат измерения.

Несмотря на распространенность анализа биоэлектрического импеданса, в основном он применяется для клинической оценки и в спортивной медицине. Учет общеорганизменных характеристик как динамических возможен с применением анализа биоэлектрического импеданса [13]. Показатели такого анализа могут рассматриваться как составляющая часть комплекса сопряженных свойств индивидов. Несмотря на то, что анализ биоэлектрического импеданса становится популярной процедурой оценки соотношений разных составляющих тела, некоторые авторы [34] отмечают, что не приведены однозначные доказательства его надежности, а также клинической ценности. Чаще всего критика фокусируется на его предполагаемой невысокой абсолютной точности и на том, что различные анализаторы импеданса или уравнения прогнозирования не измеряют состав тела одинаково. В обзоре [34] обосновывается, что величина ошибок при анализе биоэлектрического импеданса не отличается от величин ошибок, которые наблюдаются в сходных методиках (например, в прямом изотопном и делюционном анализе). Утверждается, что такие статистически значимые, но небольшие различия могут не иметь клинического значения и сосредоточение на них внимания может скрыть операционную эквивалентность этих методик. Наконец, подчеркивается необходимость лучшей стандартизации протоколов и необходимость консенсуса в отношении минимального клинически важного различия между методами [34]. Анализ биоэлектрического импеданса является стандартизированной методикой оценки составляющих тела и может

рассматриваться как альтернативна конституциональному подходу к оценке состава тела. Вопрос о надежности и клинической ценности анализа биоэлектрического импеданса рассмотрен в монографии [17], где приводятся доказательства его валидности, а также подробное описание принципа регистрации биоэлектрического импеданса.

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ

Наряду с анализом биоэлектрического импеданса в исследованиях по изучению системной организации целенаправленной деятельности применяется регистрация сердечного ритма [13]. Дизайны таких исследований в основном включают нагрузочные пробы для оценки функциональных состояний участников исследования [15].

Основу анализа зарегистрированных кардиоритмограмм составляет оценка показателей variability сердечного ритма: выделяется комплекс *QRS* волны электрокардиограммы. Особую важность представляет *R*-компонент — точка, соответствующая пику этого комплекса, — по которому выделяются *RR*-интервалы, динамика которых обладает свойствами нелинейности, фрактальности, нестационарности, что, в свою очередь, позволяет вычислять значения энтропии сердечного ритма. Такие свойства энтропии как нелинейность и случайность позволяют оценивать процессы реорганизации структуры опыта и рассматривать их как следствие попадания индивида в ситуацию рассогласования, являющуюся ключевым условием инициации научения [1]. В исследованиях описана динамика энтропии при острой алкогольной интоксикации, а также при изменении сложности когнитивных задач [26; 27], эмоциональности [8] и уровня стресса [4], что позволило обосновать связь динамики энтропии с изменением дифференцированности актуализированных систем — элементов опыта.

Кроме того, электрокардиографию применяют в исследованиях для оценки “вклада вегетативной нервной системы в сердечный ритм”, при этом обычно одновременно регистрируется кардиоритмограмма и электроэнцефалограмма для выделения “вызванных потенциалов сердца”, а также для оценки “изменения частоты сердечных сокращений” в различных ситуациях, в основном стрессовых [33]. В некоторых исследованиях на основе оценки “влияния когнитивной нагрузки на ритмику сердечных сокращений” сделаны выводы о том, что “чувствительность показателей ЭКГ к состоянию когнитивной нагрузки остается спорным <пунктом...> и требует больших эмпирических данных” [12]. Анализ variability сердечного ритма также применяется

для оценки когнитивной нагрузки (индивидуальной и командной): в ходе выполнения командной задачи отдельные биологические данные могут выступать как мера “командной или групповой физиологии”, а также как способ выявления ситуации неопределенности при принятии решений [28].

В настоящее время интенсивно развивается область исследований, в которых решается проблема взаимосогласования активности составляющих структур опыта у индивидов, достигающих коллективный результат. В статье [11] приводится краткий обзор основных групп парадигм, в рамках которых реализуются различные исследования совместной деятельности. В статье [28] приводится терминология, применяемая для описания физиологических показателей в процессе выполнения совместной деятельности: нейрофизиологические синхронии (*neurophysiologic synchronies*), физио-поведенческая синхрония (*physio-behavioral synchronicity*) и социально-психофизиологическое соответствие (*social-psychophysiological compliance*). Подобные представления о возможностях применения электрофизиологических методик находятся в рамках традиционной психофизиологии, в которой допускается, что, во-первых, любому психическому процессу соответствует специфический физиологический процесс и, во-вторых, установление физиологических механизмов психических процессов возможно через выявление их корреляционных отношений (см. сравнение системной и традиционной психофизиологии, например, в [3; 24]).

Результаты упомянутых исследований по оценке “нейро-физиологической синхронизации” и “влияния когнитивной нагрузки на ритмику сердечных сокращений” основываются на положениях структурно-функциональной физиологии и представлении об управляющих центрах и управляемой периферии. Классическое рассмотрение соотношения управляемых и управляющих компонентов в организации общеорганизменных процессов обоснованно критиковал П.К. Анохин: «...выражение “управляющая система” (УС) ... ни семантически, ни логически не может быть принято теорией функциональных систем. <...> Что означает это выражение? Ничего, кроме традиционного игнорирования результата системы при обсуждении кибернетических закономерностей. Выражение “УС” ... предполагает, что управляемый объект не является компонентом “УС”, т.е. ... находится за пределами самой “УС”» [5, с. 36].

В связи с этим в настоящем исследовании предполагается, что системно-эволюционный подход в разработке представлений о природе вариабельности сердечного ритма и возможностях применения электрокардиографии в психофизиологических

исследованиях требует отказа от логики выделения доминирующего центра, в качестве которого, как правило, рассматривается центральная нервная система, а точнее, ствол головного мозга [8]. С этих позиций электрокардиография — это не оценка нейровисцеральной интеграции [33], где ведущим регулятором является мозг как “носитель” знания о регуляции и энергообеспечении организменных взаимодействий [13; 22]. С позиций системно-эволюционного подхода анализ кардиоритмограммы позволяет проводить реконструкцию “...результатов процессов согласования активности различных элементов организма, которое зависит от базовых характеристик системной организации реализуемого поведения, в том числе от степени дифференцированности актуализированного набора систем...” [9].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЗОРА

Проведенный обзор литературы обосновывает валидность таких методик, как анализ биоэлектрического импеданса и электрокардиография, что позволяет применять их при изучении системной организации поведения индивидов, реализующих разные способы решения задач [21]. Эти методики важны для оценки взаимосогласования структур опыта индивидов, взаимодействующих для достижения коллективного результата [11]. Ранее было высказано суждение о том, что достижение “индивидуальных” и “коллективных” результатов можно описывать не в терминах нейрональных и висцеральных составляющих “механизмов поведения”, а в терминах общеорганизменных функциональных систем, включающих в том числе и общие обменные процессы, обеспечивающие взаимосогласование как внутриорганизменных процессов системогенеза, так и индивидуальных системогенезов [9; 11].

По результатам обзора установлено, что в основе анализа биоэлектрического импеданса лежит оценка изменения потенциалов, которая является общей характеристикой электрофизиологических методик. По изменению потенциалов определяется изменение активности групп клеток, вовлекающихся в общеорганизменные функциональные системы. В рамках системно-эволюционного подхода получен обширный эмпирический материал в условиях острой и хронической регистрации одиночных нейронов, а также в ходе регистрации электроэнцефалограммы при реализации дефинитивного (ранее усвоенного, установившегося) поведения [23]. Применение электрокардиографии в исследованиях позволило связать показатели вариабельности сердечного ритма с общей активностью организма: “...снижение сложности динамики сердечного

ритма, указывающее, как мы полагаем, на снижение сложности системной общеорганизменной организации поведения в периоде недостижения результата [характеризуемом повышенной эмоциональностью], < > косвенно свидетельствует в пользу правильности гипотезы о том, что в начале научения присутствует этап временной дедифференциации...” [2; 7, с. 1513]. Оценка валидности методики анализа биоэлектрического импеданса позволяет заключить, что в показателях составляющих тела проявляется не только общее состояние организма, но и возможности вовлечения клеток в различные функциональные системы через оценку особенностей метаболических процессов организма (величину основного обмена). Отдельно стоит заметить, что анализ биоэлектрического импеданса, по-видимому, косвенно оценивает в том числе и метаболический статус сердечной ткани. Однако специальных работ по обоснованию возможности такой оценки с помощью данной процедуры обнаружить не удалось. Предположительная возможность такой косвенной оценки имеет особую значимость при анализе сопряженности динамики вариабельности сердечного ритма и составляющих тела, поскольку тогда применение электрокардиографии и анализа биоэлектрического импеданса позволит судить об общих возможностях вовлечения различных тканей в формирование поведенческих актов.

В работе [10] приводятся результаты оценки сопряженности показателей составляющих тела и показателей вариабельности сердечного ритма. Установлено, что при реализации протокола выделения способов решения текстовых задач [21] с включением этих показателей участники исследования могут быть разделены на 16 групп. Для этих групп определено, что они различаются по показателям составляющих тела, динамике вариабельности сердечного ритма в процессе решения задач и реализуемым способам решения. Этот результат является существенным для оценки взаимосогласования способов решения при достижении “индивидуального” и “коллективного” результатов, поскольку оценка показателей составляющих тела при учете реализуемого поведения, результатов этого поведения, психологических характеристик, а также показателей вариабельности сердечного ритма, позволяет изучать системную общеорганизменную организацию поведения индивидов. Однако требует уточнения спецификация протокола анализа данных для оценки подобия структуры сердечного ритма индивидов в ситуации достижения “коллективного результата”, поскольку электрокардиография при межиндивидуальных взаимодействиях требует установления соответствия между динамически изменяющимися рядами интервалов и поведенческими событиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что электрокардиография и анализ биоэлектрического импеданса обеспечивают необходимые условия для оценки ресурсных и метаболических характеристик системной общеорганизменной организации опыта. Предполагаемый анализ позволит провести проверку гипотез о положении переменных-дескрипторов способов решения в многомерном пространстве и уточнить число групп участников исследования, реализующих различающиеся способы решения. В связи с установлением сопряженности поведенческих характеристик решения задач с психологическими характеристиками и определением многомерной структуры способов решения необходимо подчеркнуть важность дополнительной оценки сопряженности поведенческих характеристик решения задач с такими индивидуальными характеристиками, для которых предполагается взаимосвязь с показателями составляющих тела и вариабельностью сердечного ритма. К таким характеристикам могут относиться, например, общее благополучие индивидов [20] и качество жизни [18].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Ю.И. Системогенез и смерть нейронов // Нейрохимия. 2004. Т. 21. № 1. С. 5–14.
2. Александров Ю.И. От эмоций к сознанию // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева. Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2006. С. 293–328.
3. Александров Ю.И. Опасность междисциплинарных исследований и ее преодоление // Психологическое знание: виды, источники, пути построения / Отв. ред. А.Л. Журавлев, А.В. Юревич. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2021.
4. Александров Ю.И., Сварник О.Е., Знаменская И.И., Колбенева М.Г., Арутюнова К.Р., Крылов А.К., Булава А.И. Регрессия как этап развития. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2017.
5. Анохин П.К. Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973.
6. Апанович В.В., Тищенко А.Г., Арутюнова К.Р., Александров Ю.И. Способы решения аналитических и холистических задач // Экспериментальная психология. 2020. Т. 13. № 4. С. 52–71.
7. Бахчина А.В., Александров Ю.И. Дедифференциация системного обеспечения поведения в начале научения // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: Результаты и перспективы развития / Отв. ред. А.Л. Журавлев, В.А. Кольцова. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2017. С. 1508–1515.

8. Бахчина А.В., Александров Ю.И. Сложность сердечного ритма при временной системной дедифференциации // Экспериментальная психология. 2017. Т. 10. № 2. С. 114–130. DOI 10.17759/exppsy.2017100210.
9. Варфоломеева А.В., Караванова А.С., Бахчина А.В. Кортико-висцеральные взаимодействия на разных стадиях научения // Психология XXI века: методология психологической науки и практики. Сборник тезисов участников международной научной конференции молодых ученых 2–4 сентября 2020 г. / Под ред. А.В. Шаболтас. СПб.: Скифия-принт, 2020.
10. Варфоломеева А.В., Тищенко А.Г., Александров Ю.И. Связность общеорганизменных показателей: вариабельность сердечного ритма и состав тела // Интегративная физиология: Всероссийская конференция с международным участием, Санкт-Петербург (6–8 декабря 2023 г.). Тезисы докладов. СПб.: Ин-т физиологии им. И.П. Павлова РАН, 2023.
11. Варфоломеева А.В., Тищенко А.Г., Александров Ю.И. Варианты взаимосогласования индивидов со сходными и различающимися психологическими характеристиками // Экспериментальная психология. 2024. Т. 17. № 2. С. 84–97. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170205>
12. Гашкова А.С., Котюсов А.И. Применение электрокардиографии в психофизиологических исследованиях // Глобальные вызовы в меняющемся мире: тенденции и перспективы развития социально-гуманитарного знания: 6-й молодежный конвент УрФУ. Екатеринбург, 2022. С. 683–687.
13. Зорин Р.А., Медведева Ю.И., Курепина И.С., Лапкин М.М., Жаднов В.А. Распределение физиологических ресурсов и эффективность целенаправленной деятельности у больных эпилепсией // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2018. Т. 26. № 3. С. 369–379. doi:10.23888/PAVLOVJ2018263369-379
14. Максимова Н.Е., Александров И.О. Феномен коллективного знания: согласование индивидуальных когнитивных структур или формирование надындивидуальной психологической структуры? // Психология человека в современном мире / Отв. ред. А.Л. Журавлев, Е.А. Сергиенко, В.В. Знаков, И.О. Александров // М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2009.
15. Машин В.А. Анализ вариабельности сердечного ритма с помощью метода графа // Физиология человека, 2002. Т. 28. № 4. С. 63–73.
16. Медеяновский А.Н. Функциональные системы, обеспечивающие гомеостаз // Функциональные системы организма. М.: Медицина. 1987. С. 77–103.
17. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009.
18. Психология здоровья: Учебник для вузов / Под ред. Г.С. Никифорова. СПб., Питер, 2006.
19. Сварник О.Е. Механизмы реорганизации индивидуального опыта при научении // Мат-лы Итоговой научной конференции Института психологии РАН. М.: Изд-во “Институт психологии РАН”, 2010. С. 250–259.
20. Ставцев А.А., Реан А.А., Кузьмин Р.Г. Сильные стороны личности российских педагогов в модели VIA: апробация русскоязычной версии опросника “24 сильные стороны личности” (VIA - IS120) // Интеграция образования. 2021. Т. 25. № 4(105). С. 681–699. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.105.025.202104.681-699>.
21. Тищенко А.Г., Апанович В.В., Александров Ю.И. Декрипторы способов решения текстовых задач: соотношение с индивидуально-психологическими характеристиками // Вопросы психологии. 2021. Т. 67. № 2. С. 135–147.
22. Физиологическая цена целенаправленной деятельностью в динамике эндохирургического тренинга // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27. № 3. С. 333–341.
23. Швырков В.Б. Что такое нейрональная активность и ЭЭГ с позиций системно-эволюционного подхода // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях. М.: Наука, 1987. С. 5–24.
24. Швырков В.Б. Психофизиология // Тенденции и развития психологической науки. М.: Наука. 1989.
25. Шидловский В.А. Современные теоретические представления о гомеостазе // Итоги науки и техники. Сер. Физиология человека и животных. М.: 1982. Т. 25. С. 3–18.
26. Bakhchina A.V., Apanovich V.V., Arutyunova K.R., Alexandrov Y.I. Analytic and Holistic Thinkers: Differences in the Dynamics of Heart Rate Complexity When Solving a Cognitive Task in Field-Dependent and Field-Independent Conditions // Front. Psychol. 2021. 12:762225.
27. Bakhchina A.V., Arutyunova K.R., Sozinov A.A., Demidovsky A.V., Alexandrov Y.I. Sample entropy of the heart rate reflects properties of the system organization of behavior // Entropy. 2018. V. 20(6). 449. P. 1–22.
28. Dias R.D., Zenati M.A., Stevens R., Gabany J.M., Yule S.J. Physiological synchronization and entropy as measures of team cognitive load // J Biomed Inform. 2019. 96:103250.
29. Foster K.R., Lukaski H.C. Whole-body impedance—what does it measure? // The American Journal of Clinical Nutrition. 199. V. 64. № 3. P. 388S–396S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.388S>
30. Hoffmann J., Thiele J., Kwast S., Borger M.A., Schröter T., Schmidt J., Busse M. A new approach to quantify visceral fat via bioelectrical impedance analysis and ultrasound compared to MRI // International Journal of Obesity. 2024. № 48. P. 209–217. <https://doi.org/10.1038/s41366-023-01400-7>
31. Norton K., Olds T. Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses. Australian Sports Commission; UNSW Press. 1996.
32. Rempel R. A Modified Somatotype Assessment Methodology. Simon Fraser University. 1994.

33. *Thayer J.F., Lane R.D.* A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation // *Journal of affective disorders*. 2000. V. 61. №. 3. P. 201–216.
34. *Ward L.C.* Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardization // *Eur J Clin Nutr*. 2019. 73. P. 194–199. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0335-3>

INDIVIDUAL VARIATIONS OF SYSTEMIC ORGANIZATION OF BEHAVIOUR: ELECTROCARDIOGRAPHY AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS⁴

A. V. Varfolomeeva^{1,2,*}, A. G. Tishchenko^{1,2,**}, Yu. I. Alexandrov^{1,2,***}

¹*Institute of Psychology, Russian Academy of Sciences;
129366, Moscow, Yaroslavskaya st., 13-1, Russia.*

²*Moscow Pedagogical State University;
127006, Moscow, Karetny Ryad st., 2, Russia.*

**Junior researcher, Shvyrkov's laboratory of psychophysiology
E-mail: varflany@gmail.com*

***Junior researcher, Shvyrkov's laboratory of psychophysiology
E-mail: antongtishenko@gmail.com*

****Doctor of Psychology, professor, academic of Russian Academy of Education, head of Shvyrkov's
laboratory of psychophysiology
E-mail: yuraalexandrov@yandex.ru*

Received 21.07.2024

Abstract. The article presents a review of studies of individual variations in the learning process, in which a comprehensive assessment of the involvement of components of the organism-wide in the achievement of the result is carried out. The aim of the review is to assess the validity of bioelectrical impedance analysis and electrocardiography for studying the systemic organization of behavior in which different ways of problem solving are implemented. Special attention is focused on the analysis of mutual coordination of the structures of individual experience of individuals involved in the achievement of a collective result. It is substantiated that bioelectrical impedance analysis and electrocardiography provide the necessary conditions for assessing the resource and metabolic characteristics of the systemic organism-wide organization of experience, taking into account the limitations of these techniques analyzed in this study.

Keywords: individual variations, structure of individual experience, bioelectrical impedance analysis, electrocardiography.

REFERENCES

1. *Alexandrov Ju.I.* Sistemogenez i smert' neyronov. Neirohimija. 2004. V. 21. № 1. P. 5–14. (In Russian)
2. *Alexandrov Ju.I.* Ot jemocij k soznaniyu. Psihologija tvorchestva: shkola Ja.A. Ponomareva. Ed. D.V. Ushakov. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2006. P. 293–328. (In Russian)
3. *Alexandrov Ju.I.* Opasnost' mezhdisciplinarnyh issledovanij i ejo preodolenie. Psihologicheskoe znanie: vidy, istochniki, puti postroenija. Eds. A.L. Zhuravlev, A.V. Jurevich. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2021. (In Russian)
4. *Alexandrov Ju.I., Svarnik O.E., Znamenskaja I.I., Kolbeneva M.G., Arutjunova K.R., Krylov A.K., Bulava A.I.* Regressija kak jetap razvitija. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2017. (In Russian)
5. *Anohin P.K.* Principy sistemnoj organizacii funkcij. Moscow: "Nauka", 1973. (In Russian)
6. *Apanovich V.V., Tishhenko A.G., Arutjunova K.R., Alexandrov Ju.I.* Sposoby reshenija analiticheskikh i holisticheskikh zadach. Jeksperimental'naja psihologija. 2020. V. 13. № 4. P. 52–71. (In Russian)
7. *Bahchina A.V., Alexandrov Ju.I.* Dedifferenciacija sistemnogo obespechenija povedenija v nachale nauchenija. Fundamental'nye i prikladnye issledovanija sovremennoj psihologii: Rezul'taty i perspektivy razvitija. Eds. A.L. Zhuravljov, V.A. Kol'cova. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2017. P. 1508–1515. (In Russian)

⁴ The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation № 24-18-00389, <https://rscf.ru/project/24-18-00389/>

8. *Bahchina A.V., Alexandrov Ju.I.* Slozhnost' serdechnogo ritma pri vremennoj sistemnoj dedifferenciacii. Jekspierimental'naja psihologija. 2017. V. 10. № 2. P. 114–130. DOI 10.17759/exppsy.2017100210. (In Russian)
9. *Varfolomeeva A.V., Karavanova A.S., Bahchina A.V.* Kortiko-visceral'nye vzaimodejstvija na raznyh stadijah nauchenija. Psihologija XXI veka: metodologija psihologicheskoy nauki i praktiki. Sbornik tezisev uchastnikov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchennyh 2–4 sentjabrja 2020 g. Ed. A.V. Shaboltas. Saint Petersburg: Skifija-print, 2020. (In Russian)
10. *Varfolomeeva A.V., Tishhenko A.G., Alexandrov Ju.I.* Svjaznost' obshheorganizmennyyh pokazatelej: variabel'nost' serdechnogo ritma i sostav tela. Integrativnaja fiziologija: Vserossijskaja konferencija s mezhdunarodnym uchastiem, Sankt-Peterburg (6–8 dekabrja 2023 g.). Tezisy dokladov. Saint Petersburg: In-t fiziologii im. I.P. Pavlova RAN, 2023. (In Russian)
11. *Varfolomeeva A.V., Tishhenko A.G., Alexandrov Ju.I.* Varianty vzaimosoglasovaniya individov so shodnymi i razlichajushhimsja psihologicheskimi harakteristikami. Jekspierimental'naja psihologija. 2024. V. 17. № 2. P. 84–97. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2024170205> (In Russian)
12. *Gashkova A.S., Kotjusov A.I.* Primenenie jelektrokardiografii v psihofiziologicheskikh issledovanijah. Global'nye vyzovy v menjajushhemsja mire: tendencii i perspektivy razvitiya social'no-gumanitarnogo znaniya: 6-j molodezhnyj konvent UrFU. Ekaterinburg, 2022. P. 683–687. (In Russian)
13. *Zorin R.A., Medvedeva Ju.I., Kurepina I.S., Lapkin M.M., Zhadnov V.A.* Raspredelenie fiziologicheskikh resursov i jeffektivnost' celenapravlennoj dejatel'nosti u bol'nyh jepilepsiej. Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova. 2018. V. 26. № 3. P. 369–379. doi:10.23888/PAVLOVJ2018263369-379 (In Russian)
14. *Maksimova N.E., Alexandrov I.O.* Fenomen kollektivnogo znaniya: soglasovanie individual'nyh kognitivnyh struktur ili formirovanie nadyndividual'noj psihologicheskoy struktury? Psihologija cheloveka v sovremennom mire. Eds. A.L. Zhuravlev, E.A. Sergienko, V.V. Znakov, I.O. Aleksandrov. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2009. (In Russian)
15. *Mashin V.A.* Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma s pomoshh'ju metoda grafa. Fiziologija cheloveka, 2002. V. 8. № 4. P. 63–73. (In Russian)
16. *Medeljanovskij A.N.* Funkcional'nye sistemy, obespechivajushhie gomeostaz. Funkcional'nye sistemy organizma. Moscow: Medicina. 1987. P. 77–103. (In Russian)
17. *Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaja I.G., Rudnev S.G.* Bioimpedansnyj analiz sostava tela cheloveka. Moscow: Nauka, 2009. (In Russian)
18. *Psihologija zdorov'ja: Uchebnik dlja vuzov.* Ed. G.S. Nikiforova. Saint Petersburg: Piter, 2006. (In Russian)
19. *Svarnik O.E.* Mehanizmy reorganizacii individual'nogo opyta pri nauchenii. Mat-ly Itogovoj nauchnoj konferencii Instituta psihologii RAN. Moscow: Izd-vo "Institut psihologii RAN", 2010. P. 250–259. (In Russian)
20. *Stavcev A.A., Rean A.A., Kuz'min R.G.* Sil'nye storony lichnosti rossijskikh pedagogov v modeli VIA: aprobacija russkojazychnoj versii oprosnika "24 sil'nye storony lichnosti" (VIA - IS120). Integracija obrazovanija. 2021. V. 25. № 4(105). P. 681–699. DOI 10.15507/1991-9468.105.025.202104.681-699. (In Russian)
21. *Tishhenko A.G., Apanovich V.V., Alexandrov Ju.I.* Deskriptory sposobov reshenija tekstovyh zadach: sootnoshenie s individual'no-psihologicheskimi harakteristikami. Voprosy psihologii. 2021. V. 67. № 2. P. 135–147. (In Russian)
22. *Fiziologicheskaja cena celenapravlennoj dejatel'nost'ju v dinamike jendohirurgicheskogo treninga.* Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova. 2019. V. 27. № 3. P. 333–341. (In Russian)
23. *Shvyrvkov V.B.* Chto takoe nejronal'naja aktivnost' i JeJeG s pozicij sistemno-jevoljucionnogo podhoda. JeJeG i nejronal'naja aktivnost' v psihofiziologicheskikh issledovanijah. Moscow: Nauka, 1987. P. 5–24. (In Russian)
24. *Shvyrvkov V.B.* Psihofiziologija. Tendenci i razvitiya psihologicheskoy nauki. Moscow: Nauka. 1989. (In Russian)
25. *Shidlovskij V.A.* Sovremennye teoreticheskie predstavlenija o gomeostaze. Itogi nauki i tehniki. Ser. Fiziologija cheloveka i zhivotnyh. Moscow: 1982. V. 25. P. 3–18. (In Russian)
26. *Bakhchina A.V., Apanovich V.V., Arutyunova K.R., Alexandrov Y.I.* Analytic and Holistic Thinkers: Differences in the Dynamics of Heart Rate Complexity When Solving a Cognitive Task in Field-Dependent and Field-Independent Conditions. Front. Psychol. 2021. 12:762225.
27. *Bakhchina A.V., Arutyunova K.R., Sozinov A.A., Demidovsky A.V., Alexandrov Y.I.* Sample entropy of the heart rate reflects properties of the system organization of behavior. Entropy. 2018. V. 20(6). 449. P. 1–22.
28. *Dias R.D., Zenati M.A., Stevens R., Gabany J.M., Yule S.J.* Physiological synchronization and entropy as measures of team cognitive load. J Biomed Inform. 2019. 96:103250.
29. *Foster K.R., Lukaski H.C.* Whole-body impedance—what does it measure? The American Journal of Clinical Nutrition. 199. V. 64. № 3. P. 388S–396S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.388S>
30. *Hoffmann J., Thiele J., Kwast S., Borger M.A., Schröter T., Schmidt J., Busse M.* A new approach to quantify visceral fat via bioelectrical impedance analysis and ultrasound compared to MRI. International Journal of Obesity. 2024. № 48. P. 209–217. <https://doi.org/10.1038/s41366-023-01400-7>
31. *Norton K., Olds T.* Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses. Australian Sports Commission; UNSW Press. 1996.
32. *Rempel R.* A Modified Somatotype Assessment Methodology. Simon Fraser University. 1994.
33. *Thayer J.F., Lane R.D.* A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. Journal of affective disorders. 2000. V. 61. № 3. P. 201–216.
34. *Ward L.C.* Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardization. Eur J Clin Nutr. 2019. 73. P. 194–199. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0335-3>