

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

Варфоломеева Анна Вячеславовна

**ДИНАМИКА И СПЕЦИФИКА ОБЩЕОРГАНИЗМЕННЫХ
СИСТЕМОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОМ И
КОЛЛЕКТИВНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ**

Специальность 5.3.2 - «психофизиология»
(психологические науки)

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата психологических наук

Научный руководитель:
Александров Юрий Иосифович,
академик РАО,
доктор психологических наук, профессор

Москва, 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СОДЕРЖАНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВАРИАЦИЙ	18
1.1. Общая характеристика различных парадигмальных подходов к описанию индивидуальности.....	26
1.2. Общие сведения об организации ритма сердца и его вариабельности	31
1.3. Индивидуальные вариации и соматотипические классификации	48
1.4. Состав тела	54
1.5. Основания эмпирического исследования с позиций системно-эволюционной парадигмы	65
1.6. Организация эмпирического исследования	82
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА	87
2.1. Участники исследования	87
2.2. Процедура исследования	87
2.3. Наборы текстовых задач, применявшихся в исследовании	89
2.4. Тестовые методики	91
2.5. Аппаратные методики	99
2.6. Переменные	101
2.7. Анализ данных.....	104
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ	107
3.1. Анализ импедансных характеристик тканей.....	107
3.1.1. Сравнение методик для оценки состава тела	107
3.1.2. Оценка тест-ретестовой надежности весов Рісоос	122
3.1.3. Разбиение выборки на кластеры, различающиеся по показателям состава тела	123
3.1.4. Распределение переменных психологических тестов в группах участников исследования, различающихся по показателям состава тела	129
3.2. Оценка показателей вариабельности сердечного ритма.....	131
3.2.1. Разбиение выборки на кластеры, различающиеся по показателям вариабельности сердечного ритма.....	131
3.2.2. Распределение переменных психологических тестов в группах участников исследования, различающихся по показателям вариабельности сердечного ритма	133
3.3. Совместная оценка показателей вариабельности сердечного ритма и состава тела	135
3.4. Анализ динамики величины gMSSD	137

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	152
ВЫВОДЫ	164
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	166
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	210

ВВЕДЕНИЕ

Проблема исследования.

Взаимосогласование процессов системогенеза у индивидов при решении индивидуальных и коллективных задач, эмпирические закономерности между метаболическими, вегетативными и психологическими характеристиками индивида, обеспечивающие вариативность системогенеза и множественность траекторий достижения результатов.

Актуальность.

Актуальность настоящего исследования состоит в необходимости создания общего описания, включающего в себя анализ поведенческой вариативности и описание её общеорганизменного, в частности метаболического и вегетативного, обеспечения. В рамках системно-эволюционного подхода (Анохин, 1973; Швырков, 1988; 1995; Александров, 1989, 2021; Александров и др., 1999; 2025) поведение понимается как системогенетический процесс, основанный на избирательном вовлечении клеток различной морфологической принадлежности в функциональные системы, обеспечивающей достижение полезного результата. Несмотря на значительный объём работ в области психофизиологии, в целом, эмпирические исследования, как правило, ограничиваются либо описанием нейрональной активности и поведенческих паттернов, либо клинικο-диагностической оценкой состава тела и энергозатрат, направленных на выявление паттернов заболевания; при этом, как правило, не устанавливаются содержательные связи между поведением, нейрональной активностью и метаболизмом (см. однако в Александров, 2008; Alexandrov, Pletnikov, 2022; Gulyaeva, 2026).

На сегодняшний день остаётся недостаточно разработанным вопрос о том, как общеорганизменные ресурсы - базовые (состав тела, распределение активной клеточной массы) и динамические (динамика нейровисцеральной организации по

показателям вариабельности сердечного ритма; Бахчина, Александров, 2017; Bakhchina et al., 2018) - сопряжены с реализацией, актуализацией и селекцией функциональных систем, которые лежат в основе любых поведенческих актов, в том числе решения сложных когнитивных задач. В частности, показатели биоимпедансометрии и вариабельности сердечного ритма практически не рассматривались как индикаторы потенциальных возможностей вовлечения тканей организма в актуализируемые функциональные системы, что сужает представления о метаболической и тканевой составляющей системогенеза.

Особого внимания требует и анализ достижения коллективного результата. В работах (Варфоломеева и др., 2024; Тищенко, 2025; Тищенко и др., 2026) приводится критический анализ исследований по межиндивидуальному взаимодействию и по достижению коллективного результата, в которых основным, если не доминирующим, концептуальным положением является рассмотрение такого взаимодействия как реализация сходного поведения, вызванного средовым воздействием, или же индуцирование поведения одного индивида поведением другого. В работах, использующих оценку синхронизации сердечного ритма в диадах (в русле поливагальной теории или теории нейровисцеральной интеграции), согласованность чаще всего сводится к поточечному совпадению кардиоритмов. В то же время, с позиций системно-эволюционного подхода, логично предположить, что взаимосогласование при достижении коллективного результата может проявляться не как изоморфная синхронизация, а как содружественные изменения в динамических сдвигах вариабельности сердечного ритма, отражающие системную комплементарность параллельных системогенезов взаимодействующих индивидов, что зачастую остается за рамками рассмотрения.

Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью дать возможно полное описание установления взаимосвязей между поведенческими вариациями, телесно-метаболической регуляцией и нейровисцеральной динамикой в единой системогенетической логике. Впервые в работе предлагается совместная

кластеризация показателей состава тела, вариабельности сердечного ритма и психологических характеристик для проверки базового положения системно-эволюционного подхода о вариативности системогенеза и множественности потенциальных траекторий достижения полезного результата (Александров, Гринченко, 1979; Александров и др., 1980).

Подобное описание в рамках системно-эволюционного подхода значимо, не только для фундаментальной науки, развития теории функциональных систем и представлений о структуре и динамике индивидуального опыта, но и для прикладных областей: полученные результаты могут послужить основой для разработки персонализированных программ обучения, профориентации и психофизиологической коррекции, учитывающих не только когнитивный профиль, но и индивидуальные метаболические и регуляторные ресурсы организма в ситуациях индивидуального и коллективного поведения, что отвечает задачам сохранения здоровья и повышения эффективности деятельности в условиях современной образовательной и профессиональной среды.

Степень разработанности проблемы.

Проблема индивидуальных вариаций поведения и физиологических характеристик разрабатывается в нескольких самостоятельных исследовательских направлениях и их междисциплинарных пересечениях. В психофизиологии феноменология индивидуальных вариаций может рассматриваться как - меж- и внутри- индивидуальные различия, а также интраиндивидуальная вариативность (например Hultsch et al., 2008; Vaughan, Birney, 2023), при этом в реактивной парадигме вариативность описывается как адаптации и саморегуляции. Классическая экспериментальная (корреляционная) традиция (Cronbach, 1957) долгое время не уделяла внимания временной динамике поведения индивида, а рассматривала отклонения от средних показателей и оценивала эти изменения как погрешность измерения.

В рамках системно-эволюционной парадигмы (Анохин, 1973; Швырков, 1988; 1995; Александров, 2020; Александров и др., 1999; 2025) поведение понимается как системогенетический процесс, основанный на избирательном вовлечении, актуализации и формировании функциональных систем. В рамках подхода было показано, что индивиды различаются по характеристикам нейрональной активности, процесса научения, решения задач и процесса формирования структуры опыта (Александров и др., 1980; Александров и др., 1989; Максимова и др., 2019; Тищенко и др., 2021; Ткаченко, Кузина, 2024; Варфоломеева и др., 2024;). Это позволяет описывать индивидуальные вариации не как «шум», а как закономерности взаимодействия различных, по способу организации, индивидов друг с другом и с окружающей средой.

Специальную линию составляют исследования «телесного самосознания» (например, Ребеко, 2015; Хватов, 2022), показывающие, что схема тела является эволюционно древним «компонентом самосознания», а нарушения телесного опыта лежат в основе психосоматических расстройств. В области нейробиологии, психофизиологии и физиологии также представлены данные о метаболической регуляции и энергетическом обеспечении поведения, в частности о двусторонней связи метаболизма мозга и тела. В обзорной работе Гуляевой Н.В., в специальном выпуске журнала «Биохимия» «Взаимодействие между нервными сигналами и метаболическими путями: Роль в функционировании здорового и больного мозга» (Gulyaeva, 2026) отмечается, что метаболическая связь между мозгом и телом двусторонняя: метаболиты, такие как глюкоза, жирные кислоты и аминокислоты, действуют как первичные сигналы, влияющие на нейронные сети и химию мозга. Связь между метаболизмом тела и «сигнальными системами» мозга представляет собой не просто поставку топлива, а сложный информационный обмен. Взаимодействие мозга и тела осуществляется в рамках согласованной работы двух основных осей: оси «мозг–тело» (от центра к периферии) и оси «тело–мозг» (от периферии к центру). Это соотношение между функционированием мозга и

метаболизмом тела обуславливает, по мнению Н.В. Гуляевой, механическую и логическую связь между метаболическими - соматическими заболеваниями и когнитивными нарушениями, которые могут лежать в основе их коморбидности. Тесная связь между метаболизмом и функционированием мозга, и метаболизмом периферических органов и тканей составляет основу для терапии метаболических нарушений по оси «тело–мозг» (Gulyaeva, 2026). Согласно теории «эгоистичного мозга» (Peters, 2011; Peters et al., 2013, 2022), мозговые ткани при дефиците ресурсов ограничивают глюкозу для висцеральных тканей, приоритизируя себя. В работах (Pellerin, Magistretti, 1994; Magistretti, Allaman, 2015, 2018) разработана модель астроцит-нейронального лактатного челнока, согласно которой астроциты поглощают глюкозу из крови, превращают её в лактат и предоставляют его нейронам в качестве энергетического субстрата. Так же в работе (Gulyaeva, 2026) приводится цитата Сапольски (Sapolsky, 2000), в которой описано взаимодействие глюкокортикоидов и показано, что они могут оказывать повреждающее действие на нейроны гиппокампа, нарушая их энергетический метаболизм и ингибируя утилизацию глюкозы. Кроме того, в работах (Gulyaeva, 2023, 2026) подчёркивается, что глюкокортикоиды обеспечивают координированное функционирование ключевых компонентов и механизмов гиппокампальной пластичности: нейрогенеза, глутаматергической нейротрансмиссии, микроглии и астроцитов, систем нейротрофических факторов, нейровоспаления.

Важно отметить, что эмпирические исследования методом непрямой калориметрии (для оценки основного метаболизма в состоянии покоя - RMR - resting metabolic rate) подтверждают статистически значимые взаимосвязи между оценками уровня энергозатрат покоя с антропометрическими показателями (Соловьева и др., 2012; Nielsen et al., 2000). Помимо энергетических аспектов, при описании вегетативного обеспечения достижения индивидуального результата, значительное внимание уделяется variability сердечного ритма (BCR), которая может рассматриваться как интегральный показатель вегетативных и

метаболических ресурсов в обеспечении поведения. В работах Демаревой В.А. и соавторов показано, что параметры ВСР выступают чувствительными маркерами успешности решения лингвистических и когнитивных задач, стрессовых нагрузок и индивидуальных особенностей вегетативной регуляции (Демарева, Полевая, 2017; Демарева и др., 2015). Эти результаты могут быть включены в обсуждение с позиций системно-эволюционного подхода и теории функциональных систем (Анохин, 1973, Швырков, 1988; 1995; Александров и др., 1999; 2025; Александров, 2020), где активность организма рассматривается как результат взаимосогласования популяций клеток различной морфологической принадлежности, в частности, активность миокардиальных клеток как компонента общеорганизменных функциональных системы, через взаимодействие с другими висцеральными и нейрональными тканями (Анохин, 1973; Бахчина, Александров, 2017).

Несмотря на значительный объём работ в этой области, остаются недостаточно разработанными следующие аспекты: отсутствие общего описания и установления взаимосвязей между поведенческими вариациями и телесно-метаболической регуляцией, что может быть представлено и описано в рамках системно-эволюционного подхода; эмпирические исследования состава тела и энергозатрат, как правило, ограничиваются клинико-диагностическими задачами и не включают анализ поведенческих и «когнитивных» показателей; также важным является описание того, как показатели вариабельности сердечного ритма и биоимпедансного анализа могут быть использованы для оценки не только текущего функционального состояния, но и «потенциальных возможностей» вовлечения компонентов организма в функциональные системы - то есть, в частности, в обеспечения процесса системогенеза.

Настоящее диссертационное исследование направлено на оценку общеорганизменных и метаболических основ системогенеза. Во-первых, для упомянутой оценки, вводится анализ состава тела (биоимпедансометрия) как показатель энергетического и структурного ресурса, который, согласно системно-

эволюционному подходу, обеспечивает возможность избирательного вовлечения клеток различной морфологической принадлежности в функциональные системы. Во-вторых, применяется специализированный анализ динамики варибельности сердечного ритма, что позволяет не просто констатировать организацию варибельности сердечного ритма, но и описать внутрииндивидуальную изменчивость этого показателя в процессе решения задач, трактуемую как динамика актуализации и селекции функциональных систем. В-третьих, впервые совместно кластеризуются показатели состава тела, варибельности сердечного ритма (ВСР) и психологические характеристики, показывая, что группы индивидов, выделенные по этим критериям, имеют неизоморфное, но устойчивое пересечение. Это означает, что одна и та же поведенческая эффективность может достигаться при разном метаболическом и вегетативном обеспечении, что является прямым эмпирическим подтверждением положения системно-эволюционного подхода о вариативности системогенеза и множественности эволюционных траекторий достижения полезного результата.

Кроме того, в отличие от работ, изучающих синхронизацию сердечного ритма в диадах (например, в рамках поливагальной теории или теории нейровисцеральной интеграции), в настоящем исследовании анализ не ограничивается поточечной оценкой совпадения кардиосигналов. Согласованность между индивидами может проявляться не как совпадение ритмов (Тищенко, 2025), но как содружественные изменения в динамических сдвигах варибельности сердечного ритма, что интерпретируется как взаимосогласование параллельных системогенезов, при котором разные регуляторные стратегии дополняют друг друга. Это принципиально расширяет понимание межиндивидуального взаимодействия: оно не сводится к подражанию или синхронизации, а предполагает формирование содружественной реализации функциональных систем взаимодействующих индивидов, которая обеспечивает достижение коллективного результата, где вклад каждого участника может быть различным по характеру вегетативного обеспечения.

Таким образом, настоящее исследование восполняет пробел, связанный с исследованием метаболической и тканевой составляющей системогенеза, а также предлагает новый методологический инструментарий для оценки динамической согласованности физиологических процессов при достижении коллективного результата.

Теоретико-методологической основой исследования является системно-эволюционная парадигма, сформулированная на базе теории функциональных систем (Анохин, 1973; Швырков, 1988; Александров и др., 2025; Alexandrov et al., 1997).

В основу диссертационного исследования легли разработанные в системно-эволюционной парадигме положения об организации структуры индивидуального опыта (Александров и др., 1999; Александров, 2009а), особенностях его формирования, реализации и реорганизации (Александров, 2005; 2009б; 2001, 2018, 2024), о проявлении в вариабельности сердечного ритма актуализации систем разной степени дифференцированности (Бахчина, Александров, 2017; Александров и др., 2017). Также в объяснении результатов диссертационного исследования применяются положения о телесности индивидуального опыта (Колбенева, Александров, 2010; Kolbeneva, Aleksandrov, 2016), о достижении коллективного результата (Александров, 2008; Александров, Александрова, 2007; Alexandrov Yu. I., 2001; 2002), о системной комплементарности, как основе этого достижения (Александров, 2001, 2009, 2022; 2024), и о различии нейрональной активности, научения, решения задач и структуре опыта, включая временную динамику (Александров и др., 1989; Ткаченко, Кузина, 2024; Варфоломеева и др., 2024; Тищенко и др., 2021; Максимова и др., 2019) в изучаемых популяциях.

Предмет исследования - составляющие структуры индивидуального опыта - способы решения (СПР) - формирующиеся в ходе взаимодействия индивидов с предметной областью по принципу системогенеза, обладающие потенциалом

дифференциации, актуализация и селекция которых обеспечивает формирование новых способов решения.

Объект исследования - студенты, проходящие обучение в высших учебных заведениях, вовлекающиеся в решение когнитивных задач для достижения индивидуального и коллективного результата.

Теоретическая гипотеза:

Реализация СпР, которые формируются при взаимодействии индивида с предметной областью, проявляется не только в поведенческих характеристиках (характеристики решения задач), и, в сопряженных с ними, психологических характеристиках, но и в таких свойствах индивида, которые связаны с энергетическим и метаболическим обеспечением взаимодействия. Такие свойства могут быть зафиксированы при помощи оценки общеорганизменных показателей (вариабельность сердечного ритма и состав тела), характеризующих особенности системной организации целенаправленного поведения индивидов. Формирование индивидуального опыта индивида в ходе взаимодействия с предметной областью протекает по принципу системогенеза - избирательного вовлечения компонентов организма в функциональные системы, обеспечивающие достижение индивидуального и коллективного результата. Системогенез является вариативным процессом (ввиду индивидуальной изменчивости в морфогенетических и метаболических процессах) и его динамика должна проявляться в согласованной изменчивости разноуровневых характеристик - поведенческих, психологических и системных общеорганизменных. В качестве показателей последних рассматриваются вариабельность сердечного ритма и состав тела, отражающие энергетическое и метаболическое содержание взаимодействия и системную организацию целенаправленного поведения. Соответственно, именно вариативность общеорганизменных показателей и её сопряжённость с картиной семейств решения - совокупность характеристик решения задач (или поведенческих характеристик) и психологических характеристик - выступает эмпирическим маркером координации

процессов системогенеза, а различия в этой вариативности описывают индивидуальные варианты системной организации поведения.

Цель исследования - определить изменения системогенеза в процессе достижения коллективного и индивидуального результата, а также устойчивость реализации функциональных систем.

Гипотезы исследования:

H1: Показатели состава тела могут быть сгруппированы таким образом, что образуются группы участников исследования, различающиеся по их соотношению.

H2: Показатели ВСП могут быть сгруппированы таким образом, что образуются группы участников исследования, различающиеся по оценкам динамики ВСП.

H3: Совместная кластеризация показателей состава тела и показателей variability сердечного ритма позволяет выделить группы участников исследования, различающиеся соотношением базовых и динамических показателей.

H4: Индивиды с различающимся соотношением показателей состава тела и с различающимся соотношением показателей variability сердечного ритма обладают различной картиной сопряженности поведенческих характеристик (или характеристик решения) и психологических характеристик, т.е. с реализуемыми способами решения.

H5: Изменчивость величин длительностей последовательных RR-интервалов оказывается сопряженной с процессом решения задач как при индивидуальном, так и при диадном решении.

Задачи исследования:

1. Выделить семейства решения, общие для всех наборов текстовых задач, сравнить их по составу переменных, а также разделить участников исследования на группы по преимущественному использованию различающихся семейств решения (для индивидуального и для диадного решения).

2. Выделить группы участников исследования, различающиеся по соотношению показателей состава тела.
3. Выделить группы участников исследования, различающиеся по соотношению показателей variability сердечного ритма.
4. Сравнить величины переменных тестовых методик для групп участников исследования, выделенных по разным критериям.
5. Установить соответствие между разбиением участников исследования на группы (по семействам решения, по соотношению показателей состава тела и по соотношению показателей variability сердечного ритма) и индивидуально-психологическими характеристиками.
6. Соотнести между собой картины разбиения выборки по разным критериям, а также установить их соотношение с индивидуально-психологическими характеристиками и определить область пересечения этих группировок.

Обоснование применения определенных методик

В исследовании применяются сложные когнитивные задачи («Рыцари и лжецы» и «Моральные дилеммы») для реконструкции способов решения, которые были обоснованы и операционализированы как компоненты структуры индивидуального опыта (Тищенко, 2025; Тищенко и др., 2021). В связи со стандартизованным протоколом для реконструкции способов решения также применяются тесты «Стандартные прогрессивные матрицы Дж. Равена: Параллельные формы» и «Шкала аналитичность-холистичность». Также применяются методики, позволяющие оценить содержательные характеристики индивидуального опыта: «VIA-24», «Я-структурный тест Амона» и «Опросник качества жизни ВОЗ».

Актуальность исследования определяется возможностью перехода к исследованию нового типа, в рамках которого результаты оценки сопряжённости индивидуальных свойств могут выступать как специально сконструированные независимые и зависимые переменные, позволяющие оценивать закономерности

формирования и актуализации индивидуального опыта при взаимодействии с предметной областью и другими индивидами.

Специально следует подчеркнуть, что индивидуальный опыт здесь рассматривается не только в контексте его фиксации на нейрональном субстрате, но и как проявляющийся в общетелесных процессах и свойствах, формирующихся при актуализации не только групп нейронов, но и общеорганизменных функциональных систем, предполагающих вовлечение клеток различной морфологической принадлежности и метаболические процессы, лежащие в основе системогенетических изменений. Применение специальных протоколов оценки импедансных свойств тканей и динамики вариабельности сердечного ритма позволяет сформулировать возможное решение проблемы согласования индивидуальных системогенетических процессов при достижении индивидуального и коллективного результата.

Научная новизна исследования. В исследовании применяется специальный анализ показателя вариабельности сердечного ритма (rMSSD), который указывает на динамику вовлечения клеток сердечной ткани в реализуемое поведения. Применена процедура «скользящего окна» для оценки этой динамики и установления соответствия с ходом решения задач, как индивидуально, так и в диадах. Получены новые результаты, указывающие не только и не столько на согласованность сердечного ритма у взаимодействующих индивидов, сколько непосредственно на сходство процессов согласования системогенезов у взаимодействующих индивидов. Также в исследовании устанавливается соответствие между характеристиками решения задач, психологическими характеристиками, а также показателями состава тела и динамикой вариабельности сердечного ритма. Такой совместный анализ, выполненный с применением процедур многомерной статистики, позволяет упорядочить индивидуальную вариативность, включая как критерий и статичные, и динамические показатели, тем самым описывая специфику

достижения индивидуальных результатов с учетом совокупности индивидуальных свойств.

Теоретическая значимость. Результаты настоящего исследования дополняют и расширяют это представление в связи с установлением соответствия между собственно способами решения и динамикой актуализации опыта, проявляющегося в показателях вариабельности сердечного ритма. Кроме того, принципиальную значимость имеет результат, указывающий на неизоморфность различающихся свойств индивидов, а именно специфическая организация структуры опыта, направленная на достижение полезного результата (решение когнитивных задач), может быть достигнута при различном соотношении тканей тела - а значит и различном протекании метаболических процессов.

Практическая значимость работы. Полученные в исследовании результаты имеют значение для разработки программ обучения, реабилитации и коррекции, которые могут быть построены на основе оценки совокупности индивидуальных свойств и динамики актуализации опыта при решении задач разного типа. Исследование способствует выявлению групп индивидов, обладающих различиями в потенциальном поведенческом репертуаре, обеспечивающим возможность достижения индивидуальных и коллективных результатов, а также характеризующихся различными вариантами выхода из ситуации рассогласования.

Новизна исследования

Настоящее исследование направлено на оценку общеорганизменных и метаболических основ системогенеза и восполняет пробел, связанный с недостаточным вниманием к метаболической и тканевой составляющей системогенеза, а также предлагает новый методологический инструментарий для оценки динамической согласованности физиологических процессов у индивидов при достижении ими индивидуальных и коллективного результата. Так же применен анализ rMSSD с применением скользящего окна (для оценки динамики вариабельности сердечного ритма), не типичный для оценки согласованности

диады в процессе решения текстовых задач. Обоснован и применен метод биоимпедансометрии в рамках психофизиологического исследования.

Положения выносимые на защиту:

1. Устойчивость реализации общеорганизменных функциональных систем при достижении индивидуального результата сопряжена с организацией структуры индивидуального опыта (способами решения), а селекция функциональных систем обеспечивается возможностями дифференциации этих способов.
2. Реализация функциональных систем характеризуется вариативностью как при достижении индивидуального результата, так и при достижении коллективного результата, т.е. проявляется во внутри-индивидуальной изменчивости.
3. Динамика и специфика селекции и реализации функциональных систем обеспечивается ресурсными возможностями популяций клеток различной морфологической принадлежности, проявляющимися в устойчивости и согласованности вариабельности сердечного ритма при достижении индивидуального и коллективного результата.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы и приложений. Объём основного текста диссертации составляет 165 страниц и включает 30 таблиц и 48 рисунков, 2 приложения. В список литературы включены 396 источников, из них 267 написаны на иностранном языке.

ГЛАВА 1. СОДЕРЖАНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВАРИАЦИЙ

Проблема индивидуальных вариаций, отмечаемая в психофизиологических и психологических исследованиях, проявляется, в частности, в разнообразии достигаемых результатов. Так, например, авторы (Клименко и др., 2019) подчеркивают, что «Результативность целенаправленной деятельности варьирует в широких пределах». По различным оценкам феноменология индивидуальных вариаций может быть классифицирована на несколько группировок (Hultsch et al., 2008; Vaughan, Birney, 2023): межиндивидуальные различия, внутрииндивидуальные различия и интраиндивидуальная вариативность. В первом случае речь идет о различиях между участниками исследования, которые фиксируются в усредненном показателе, измеренном однократно. Во втором случае это различия в выраженности разных свойств у одного участника исследования в одной временной точке. И, наконец, последняя, характеризует изменение одного и того же показателя у одного участника исследования в разные моменты времени. При этом она же подразделяется на краткосрочные флуктуации (от попытки к попытке, от дня ко дню), часто не имеющие направленного тренда, и долгосрочные изменения (изменение одного и того же показателя у одного испытуемого в разные моменты времени). Дополнительно Фиск и Райс (Fiske, Rice, 1955) различали спонтанную (тип 1) и реактивную (тип 2) вариативность. Реактивная вариативность возникает как ответ на изменение условий стимуляции, инструкции или обратной связи - именно она представляет интерес для исследователей адаптации, саморегуляции и метакогнитивного контроля, интерпретирующих данные в терминах реактивной парадигмы.

Специальным образом эта проблема характеризуется в работе Ли Кронбаха «The two disciplines of scientific psychology» (Cronbach, 1957), в которой автор представил деление на экспериментальную традицию (ориентированную на поиск общих причинно-следственных законов через групповое усреднение) и

корреляционную традицию (изучающую устойчивые индивидуальные различия, такие как интеллект или личностные черты). При этом представители этих традиций долгое время не уделяли систематического внимания временной динамике внутри одного индивида. Предполагалось, что психологические свойства индивида стабильны во времени, а любые отклонения от этой стабильности есть не что иное, как случайная погрешность измерения. В работе Battig (1979), озаглавленной «Are the important individual differences in learning really within-individual?», впервые был поставлен вопрос о том, что наиболее значимые для понимания научения различия могут лежать не между людьми, а внутри одного человека - в изменчивости его стратегий, внимания и мотивации от попытки к попытке. Баттих показал, что внутрииндивидуальная вариативность систематически связана с успешностью обучения и не может быть сведена к артефактам измерения. Иными словами, такая вариативность является неотъемлемым свойством научения; принятие ее во внимание необходимо и предписывает объяснение рассогласования, инициирующего формирование опыта, как разрешение неравновесного состояния.

Одним из источников такой вариативности, не рассмотренных в работах Кронбаха и Баттих, является оценка телесности и включение подобного описание в рассмотрение вариативности реализации поведения. Результаты таких исследований свидетельствуют в пользу того, что изучаемые популяции представлены группами индивидов, которые различаются по характеристикам нейрональной активности, организации мышечной активности (Александров и др., 1989), процесса научения (Ткаченко, Кузина, 2024; Апанович и др., 2020), решения задач (Тищенко и др., 2021; Варфоломеева и др., 2024) и формирования структуры опыта (Максимова и др., 2019).

В связи с установленными расхождениями в оценке решения задач исследователем и в самооценке, участником, предполагается разработка и дальнейшее изучение того, что можно определить как потенциальный

поведенческий репертуар - (само)оценка возможностей соотношения со средой, в том числе социальной. Этот конструкт фиксирует оценку реализации опыта или того, как он мог бы быть реализован.

В то же время такой репертуар может не соответствовать актуальному (в смысле действительному) потенциальному репертуару конкретного индивида, который основан на антиципации возможностей организма.

Потенциальный поведенческий репертуар (оцениваемый исследователем);

Потенциальный поведенческий репертуар (оцениваемый участником исследования);

Актуальный поведенческий репертуар (оцениваемый исследователем).

Актуальный поведенческий репертуар (оцениваемый участником исследования).

Эти задачи соотносятся с исследуемой феноменологией самосознания (англ. self-awareness; Blakemore, Frith, 2003; Morin, 2011), самооценки (англ. self-esteem; Orth, Robbins, 2014) и самоэффективности (англ. self-efficacy; Cervone, 2000; Maddux, 2016). Исследования в рамках этой проблематики реализуют логику оценки перспективы от первого лица, поскольку обращаются к содержанию субъективного мира индивида, который репрезентирует модели совершенных взаимодействий индивида со средой и построение моделей будущих взаимодействий. В отечественных исследованиях это разрабатывается в рамках системно-эволюционного подхода (Швырков, 1988; Александров, 2005; 2009; 2020), в частности его основания об антиципации, о предвосхищении будущего результата в виде построения его модели - акцептора результатов действия - разрабатывалась П.К. Анохиным (Анохин, 1975), а также, в отношении обращения к содержанию субъективного мира, в исследованиях Я.А. Пономарева, посвященных изучению внутреннего плана действий (Пономарев, 1983).

Проблема осознания человеком собственного тела, его границ и внутренних состояний является одной из центральных в современной психологии телесности.

Этот феномен, в зарубежной традиции обозначаемый как «bodily self-awareness» или «body ownership», описывает фундаментальное переживание принадлежности тела себе и его отделённости от окружающего мира. Восприятие и осознание телесных границ и сигналов представляет собой сложный, многокомпонентный процесс, который начинает формироваться на ранних этапах онтогенеза, имеет глубокие эволюционные корни и может нарушаться при различных психосоматических и психических расстройствах.

Отечественный психолог И.А. Хватов развивает эволюционный подход к изучению схемы тела (Хватов, 2020). Схема тела понимается им как неосознаваемый психический конструкт, обеспечивающий ориентацию в пространстве и взаимодействие с объектами среды с учётом физических параметров собственного тела. Хватов и его коллеги экспериментально исследуют способность учитывать границы тела у разных видов животных. Например, в их работах показано, что сцинки *Tiliqua gigas* при проникновении в отверстия разного диаметра соотносят параметры своего тела с размерами проёма, что свидетельствует о наличии у рептилий зачатков схемы тела (Хватов, 2015). Аналогичные способности выявлены у жаб, хорьков и змей. На основе этих данных делается вывод, что схема тела является эволюционно наиболее древним компонентом самосознания.

В онтогенезе человека способность учитывать границы собственного тела также проходит закономерные стадии. В исследовании Хватова (2022) детям 18, 22 и 26 месяцев предлагалось проникать в отверстия, соответствующие или не соответствующие размеру их тела. Результаты показали, что в 18 месяцев дети ещё не соотносят размеры своего тела с отверстиями; эта способность появляется и стабилизируется примерно к 22–26 месяцам, что совпадает по времени с началом «активного формирования самосознания». Этот экспериментальный подход, основанный на анализе учета границ тела, позволяет изучать ранние онтогенетические предпосылки самосознания человека. Помимо этого, авторы отмечают, что формирование «регуляторных систем мозга», которые связывают с

обеспечением произвольного контроля когнитивной деятельности, так же подчиняется возрастным закономерностям. Например, работах Мачинской Р.И. и соавторов (Захарова и др., 2022; Семёнова и Мачинская, 2012; Мачинская и Курганский, 2013) показано, что «нейрофизиологические механизмы произвольного внимания» и «программирования действий» претерпевают качественные изменения в дошкольном и младшем школьном возрасте, что согласуется с концепцией гетерохронности.

Если исследования Хватова фокусируются на эволюционных и когнитивных основах схемы тела, то работы Т.А. Ребеко посвящены нарушениям телесного опыта при психосоматической патологии. Она рассматривает воплощение как интегральный психический процесс, в котором выделяются два ключевых измерения: вертикальное (опыт самопринадлежности, «моё тело») и горизонтальное (опыт самоагентности, взаимодействия с миром через тело). Нарушение воплощения, согласно Ребеко, лежит в основе целого спектра психосоматических и психических расстройств - от кожных заболеваний до нарушений пищевого поведения и алекситимии (Ребеко, 2025; см так же в Lenggenhager et al., 2007; Tsakiris, 2017).

Особое внимание в работах Т.А. Ребеко уделяется психосоматике кожных заболеваний. Кожа рассматривается ею не только как физиологический барьер, но и как психологическая граница между «Я» и миром, формирование которой происходит в ранних отношениях матери и младенца. Опираясь на концепцию «первичной кожи» Э. Бик, Т.А. Ребеко предполагает, что травматический опыт материнского «непонимания» нарушает способность ребёнка к интеграции внутреннего и внешнего, что приводит к формированию защитных механизмов в виде «второй кожи» и «вторичного симбиоза». В её эмпирическом исследовании 72 женщин с псориазом, атопическим дерматитом и здоровых участниц было показано, что атопический дерматит связан с затянувшимся симбиозом и дефектами сепарации, тогда как псориаз - с несостоявшимся симбиозом и преждевременным

разрывом отношений с матерью. Оба типа заболеваний, таким образом, представляют собой разные формы нарушения телесной границы и репрезентации «Я» (Каменецкая, Ребеко, 2015).

Нарушения пищевого поведения, в свою очередь, интерпретируются Ребеко как компульсивные попытки совладания с переживанием внутренней пустоты. В её исследовании переедание у женщин было связано с дефицитарным Я-отграничением, деструктивной агрессией, полезависимостью (неспособностью отделить себя от контекста) и фиксированным (ригидным) когнитивным стилем. Общим для кожных заболеваний и нарушений пищевого поведения является, таким образом, дефицит дифференциации собственных телесных границ и неспособность к зрелой психологической сепарации (Ребеко, 2015).

В зарубежной психологии и нейронауке проблема осознания тела активно разрабатывается в рамках концепции «body ownership» - чувства принадлежности тела себе (Tsakiris, 2010). Экспериментальные парадигмы, такие как иллюзия резиновой руки (RHI) (Botvinick, Cohen, 1998) и иллюзия полного тела, демонстрируют, что ощущение собственности на тело является результатом мультисенсорной интеграции (Ehrsson, 2012) и может быть пластично изменено в условиях рассогласования экстероцептивных и проприоцептивных сигналов.

Ключевым процессом для формирования телесного самосознания также признаётся интероцепция - восприятие внутренних сигналов организма (сердцебиения, дыхания, висцеральных ощущений). Интероцептивная точность (способность верно определять телесные сигналы) и интероцептивное осознание связываются с эмоциональной регуляцией, психическим здоровьем и степенью подверженности телесным иллюзиям (Tsakiris et al., 2011).

Таким образом, как индивидуальные траектории, получаемые в поведенческих исследованиях, так и попытки рассматривать опыт через телесные процессы могут быть описаны в контексте системогенеза, в ходе которого формируются и реализуются функциональные системы, обеспечивающие

взаимодействие организма со средой. С позиций теории функциональных систем П.К. Анохина (Анохин, 1974), взаимодействия организма со средой являются результатом избирательного вовлечения компонентов организма в функциональную систему. При этом вариативность как поведенческих, так и физиологических показателей описывает изменчивость и вариативность самого процесса системогенеза. Следовательно, для эмпирической проверки гипотез о вариациях индивидуальных различиях необходимо одновременное измерение поведенческих, психологических и физиологических (вариабильность сердечного ритма, импеданс тканей) характеристик, что позволит описать вариативность процессов системогенеза у индивидов с различными соотношениями этих характеристик.

Парадигмальная формулировка проблемы может быть выведена с учетом основных положений системно-эволюционной парадигмы и определена как взаимосогласование процессов системогенеза в ходе взаимодействия индивида с предметной областью. Положения СЭП (Швырков, 1995; Александров, 2020) позволяют связывать особенности формирования опыта с их проявлениями в характеристиках как межиндивидуальных взаимодействий, так и общетелесных процессов, что открывает возможность формулировки более полного решения этой проблемы. Тем самым подчеркивается, что системогенез, лежащий в основе формирования нового опыта (Александров, 2020), а также процессы, в которых он проявляется, является вариативным и проявляется в динамической изменчивости. Иными словами, системогенез, являющийся неотъемлемым свойством эволюционного развития индивида (Анохин, 1973), сам подвержен эволюционному развитию в ходе взаимодействия индивида с предметной областью.

Вариативность процессов системогенеза, лежащего в основе формирования нового опыта определяется соотношением общеорганизменных и поведенческих характеристик (Варфоломеева и др, 2024). Проблема координации процессов системогенеза может быть решена при оценке показателей вариабельности сердечного ритма (BCP) и анализа биоэлектрического импеданса, которые в

совокупности позволяют определять динамическое изменение и возможности вовлечения компонентов организма в функциональные системы (ФС) (Варфоломеева и др., 2025). Решение этой проблемы позволит описать варианты системогенеза, а также обеспечит возможность дать точную характеристику индивидуальным вариациям системной общеорганизменной организации поведения, что предписывается положениями теории функциональных систем, в частности, не только об избирательном вовлечении компонентов в ФС, но и об изменчивости этой избирательности (см., например, у П.К. Анохина о «внезапной мобилизуемости»: изменениях нейронного обеспечения поведения в последовательных реализациях одного акта, а также в «поведении как повторении без повторения» у Н.А. Бернштейна).

Структура обзора литературы и логика анализа построены на предложенной в публикациях (Тищенко, 2025; Тищенко и др., 2026) методике, в рамках которой на основе работ, представляющих результаты теоретических и эмпирических исследований, определяются группы парадигм, различающихся своими представлениями в рамках конкретной проблемы. Установленные ранее группы парадигм «Элементаризм», «Мягкий Холизм» и «Жесткий Холизм» являются основанием в настоящем обзоре литературы для определения специфики исследований по изучаемой проблеме. Примененная логика анализа в (Тищенко, 2025; Тищенко и др., 2026) формально может быть обобщена до парадигмальных различий к объяснению взаимодействия индивида со средой. Предложенные группы парадигм различаются по реализуемым версиям объяснительных принципов, а также по обоснованию ключевых компонентов исследования. Таким образом, в рамках рассмотрения проблемы индивидуальных вариаций указанные парадигмы различаются по способу оценки изменчивости: элементаризм - сводит вариативность к случайностям, а телесность описывает как наборы отдельных сенсорных или физиологических компонент, не имеющих взаимосвязей с поведенческими, а тем более физиологическими показателями; мягкий холизм -

описывает вариативность как свойство целостной системы, но может не учитывать её как основной маркер для описания реконструируемых моделей; жесткий холизм - вариативность - интегральная характеристика любых взаимодействий, а также можно заключить, что вариативность является одним из проявлений системогенеза, то определяет динамический характер этого взаимодействия и является ключевым для рассматриваемой проблемы в настоящем диссертационном исследовании. Взаимодействие индивида со средой сообразным образом может быть описано при соотнесении с этими группами парадигм.

1.1. Общая характеристика различных парадигмальных подходов к описанию индивидуальности

В первую очередь можно заметить, что в рамках группы «Элементаризм» взаимодействие индивида со средой в полной мере описывается моделью «стимул-реакция», развитие носит инструктивный характер. При этом крайне важным оказывается то, что, собственно, представляет собой это развитие. Здесь оно в полной мере соответствует первичным представлениям об адаптации - «подгонка» индивида под среду или, более точно, под изменяющиеся условия среды. При этом изменяются они для индивида, а сама среда мыслится неизменной, конечной, детерминированной. В этих условиях формировалась классическая физиология, механистическая.

По мнению А.П. Огурцова, описание организма через редукционизм (редукционистская логика) недостаточно для описания сложных форм поведения «Поворот к органицизму как познавательной модели описания и объяснения жизни привел к тому, что идея жизни как универсалия трактуется как смутная и неотчетливая, и должна быть замещена анализом организмов различного типа, различающихся способами организации материальных частиц» (Огурцов, 2011, с. 458). Здесь и далее автор прослеживает дифференциацию учения о взаимодействии

индивида со средой и, в целом, о жизни, подчеркивая несовместимость различных подходов.

Наиболее полное и не в полной мере редуктивное представление об организации взаимодействия индивида со средой оформилось в группе «Мягкий холизм: Сильный эмерджентизм», в которой принципиальным является идея иерархии и уровней организации живого. Организм здесь сегментарный, функциональный, обладает саморегуляцией, можно охарактеризовать его как «бернардовский», поскольку К. Бернар (1878) сформулировал пять признаков живого: 1) организация, 2) способность воспроизведения, 3) развитие, 4) смерть, 5) питание. Такой организм обладает внутренней средой, поддержание которой и есть суть жизни. Можно полагать, что развитие этой идеи - поддержания постоянства внутренней среды, У. Кэнноном, предложившем термин «гомеостазис», стало ядром новой физиологии, в которой гомеостаз стал явлением, описываемом на всех уровнях (напр. клеточный, биохимический, физиологический). Идея о гомеостазе имплицитно опирается на допущение о гармоничности, соразмерности и детерминации живого, такие допущения нельзя оценивать как нейтральные, поскольку на них строится описание взаимодействия организма со средой и делает его предзаданным (Соорер, 2008). Можно заметить, что в этой идее проявляется предковая форма «Мягкого холизма», восходящая к, по меньшей мере, платонизму. Идея постоянства, гармоничности, пропорциональности, которые в том числе составили ядро понятия «норма». Причем это тесное семантическое родство проявляется как в происхождении словоформы «норма» (греч. *gnomon* и лат. *norma*), так и в происхождении словоформы «регуляция» (лат. *regulae*). Здесь важно подчеркнуть, что регуляция неизбежно сопутствует в первую очередь идее гомеостаза, но потенциально может быть распространена на все концептуальные проявления проблемы взаимодействия индивида со средой.

По всей видимости, регуляция является одним из обозначений адаптации, т.е. может быть описана как направленность (преддетерминированная) на

подстраивание под представляемые индивиду условия среды. Такое рассмотрение позволяет вводить сложные функциональные отношения между различными сегментами организма, которые не только исполняют свою функцию, но и могут включаться и исключаться из этих отношений.

При этом общая логика всё ещё соответствует схеме «стимул-реакция», в которой принципом или правилом выступает рефлекс - отражение внешне приобретенного импульса. Регуляция (в значении процесса адаптации) является своего рода формой или типом включения/исключения определенных элементов рефлекторной дуги, в связи с чем в этой лексике встречаются такие термины, как контур (см. напр. «центральный и автономный контуры регуляции» в Баевский и др., 2004).

Среди значимых событий, которые оформляют логику регуляции в физиологии можно отметить XVIII в., когда физиолог М. Ф. Г. Биша предложил разделение на автономную (вегетативную) и соматическую нервную систему, и Я. Винслов предложил термин «симпатическая» для автономной нервной системы, а также XIX в., когда Ч. Белл и Ф. Мажанди предложили локализацию чувствительных и двигательных нервных волокон. Дополнил это разделение Дж. Лэнгли, предложив термин «парасимпатическая» для автономной нервной системы, тем самым, как можно судить, убрал внутреннее противоречие в рамках этой «гармоничной» физиологии (Самойлов, 2005). Таким образом эта двухчастная нервная система стала ещё и соответствовать двум ключевым процессам в физиологии, которые принимались как основные и отражающие суть взаимодействия индивида со средой, возбуждению и торможению. Два этих процесса не только концептуализировали идею о балансе и уравновешенности, но и определили дальнейшее развитие физиологических исследований, став ядром учений, например, И.М. Сеченова (центральное торможение), Н.Е. Введенского (процессы возбуждения и торможения) и А.А. Ухтомского (учение о доминанте), И.П. Павлова (на балансе этих процессов построена типология высшей нервной

деятельности), В.П. Бехтерева (Коштоянц, 1946; Самойлов, 2005). Кроме того, У. Кэннон выразил соотношение этих процессов в формуле «бей-беги». Также можно полагать, что физиологические работы того же периода, выполнявшиеся З. Фрейдом, которые он концептуализировал в «Проекте научной психологии», отождествив физиологические и психические процессы, проявляются в теории драйвов или же в мотивах жизни и смерти (Ярошевский, 1996).

Эта бинарная логика проявляется, как можно отметить, и в противопоставлении «потенциал покоя - потенциал действия», «внутреннее - внешнее», «врожденное - приобретенное», «центр - периферия». Каждая из этих пар составляет ядро физиологического учения как на момент его оформления в самостоятельную дисциплину, так и в дальнейшем, реализуя результаты становления группы парадигм «Мягкий холизм». Подобные дихотомии или же диалектические пары являются, в терминах Я.А. Пономарева, «запредельными состояниями» - абстракциями, идеализациями, онтологизация которых недопустима, но использование в гносеологических целях - необходимо (Пономарёв, 2006). Таким образом можно заключить, что в рамках «мягкого холизма» все взаимодействия организма со средой сводятся к нескольким оппозиционным вариантам - «возбуждение- торможение», «центр-периферия». Эти взгляды не позволяют описать вариативность взаимодействия организма со средой и редуцируют его до схемы стимул-реакция, любое отклонение от желаемого (предписанного) поведения в рамках исследования у участника исследования будет трактоваться в таком случае либо как отклонение от нормы, либо как переход с одной модели, на другую, представляя собой бинарную систему, в которой нет места для системного (целостного) процесса реализации поведения. Что так же проявляется в развитии представлений о нервной системе, как доминирующей.

Обособление представлений о доминирующей роли нервной системы во взаимодействии индивида со средой осуществлялось в течение XIX в., закончившись, по сути, знаковым событием - демонстрацией результатов удаления

коры больших полушарий в 1897 г. и проверками функционального значения этого морфологического образования. Важно, что уже к началу XIX в. были сформулированы положения о нейро-мышечных взаимодействиях (хотя этому предшествовали более ранние опыты с «животным электричеством»), которые на тот момент в большей степени строились на общем принципе рефлекса, предложенным Р. Декартом, изученным Й. Прохаска и модифицированным Ч. Беллом и Ф. Мажанди. Последующие работы были направлены на построение единообразной картины нейрональной регуляции. Здесь стоит отметить довольно важную линию, которая характеризовалась конкуренцией между представлением о рефлекторной дуге и рефлекторным кольцом, которое в обобщенном виде было предложено Ч. Беллом (1826) как «нервный круг» (англ. nervous circle). Важность этой линии можно обосновать тем, что идея рефлекса воплощает логику линейного детерминизма и каузальных отношений, а попытки «замкнуть» дугу потенциально приводят к введению замкнутой или циклической причинности, как, например, это было сделано в работах В. Вундта. В тот же период оформлялись представления об обратной связи, что также отходили от строгой линейности в организации рефлекторной дуги, - в работах К. Людвига, И.Ф. Циона и И.М. Сеченова (Коштоянц, 1946). Следующей эксплицитной попыткой введения другого принципа отражения были работы А.Ф. Самойлова, разрабатывавшего проблему кольцевых рефлексов и предложившего термин «рефлекторное кольцо», а позднее Н.А. Бернштейном. Отдельно можно заметить, что все эти попытки были скорее локальными и частными, были обращены к описанию конкретных физиологических функций.

Интересно заметить, что представления об обратной связи, которые развивались И.Ф. Ционом в лаборатории Э. Дюбуа-Раймона и К. Людвига, в некотором смысле наследовались И.П. Павловым, обучавшемся у И.Ф. Циона и реализовались в оформленном виде у П.К. Анохина в теории функциональных систем (Коштоянц, 1946). При этом, версия обратной связи, разрабатывавшаяся

А.Ф. Самойловым, который по разным оценкам проходил обучение у И.М. Сеченова и И.П. Павлова, не реализовалась в дальнейшем - его ученик В.В. Парин, а затем и Р.М. Баевский разрабатывали концепцию функциональных состояний, при этом делая акцент на возможность их оценки при помощи электрокардиографии (Самойлов, 2005).

Если проводить специальный анализ концепции функциональных состояний, то можно отметить, что она продолжает линию «гармоничной» физиологии, а также адапционистского взгляда на взаимодействие индивида со средой. Поскольку, в некотором смысле, эта концепция оформлялась на основе работ А.Ф. Самойлова, то можно объяснить и специальное значение электрокардиографии, в рамках которой были разработаны математические процедуры анализа сердечного ритма - вариабельность сердечного ритма, - которые позволяют определять функциональное состояние (Меркулова, Лапкин, 2020). Также, например, по оценкам (Джебраилова и др. 2012; 2013) анализ вариабельности сердечного ритма является одной из «...наиболее широко используемых методик оценки вегетативных механизмов регуляции физиологических функций [...] который оказался информативен в разных условиях, в том числе и при интеллектуальной деятельности» (Джебраилова и др., 2013, с. 94).

1.2. Общие сведения об организации ритма сердца и его вариабельности

Стоит подробно рассмотреть основания, позволяющие обращаться к активности сердца при изучении взаимодействия индивида со средой. Так, согласно классической морфологии, сердце представляет собой полый, фиброзно-мышечный орган, состоящий из четырех камер (Шимкевич и др., 1890) (признак класса млекопитающих (Шмальгаузен, 1947)) состоящее из сердечной, эндотелиальной и жировой тканей. При этом сердечная мышца представляет собой особый вид поперечно-полосатой мышечной ткани, встречающейся исключительно в сердце

(миокардиальная ткань). В ранних работах по разработке замкнутых рефлекторных дуг, сопровождавшихся введением понятия кольцевого рефлекса обосновывалось, что сердечные сокращения, как и другая мышечная активность, регулируются комплексом из некоторого количества водителей ритма, которые посредством взаимодействия с баро-рецепторами регулируют работу сердечной мышцы через проводящую систему сердца, а так же при участии некоторых отделов мозга (в частности продолговатый и спинной мозг) в предзаданности кровообращения и регуляции сердечных сокращений (Шимкевич и др., 1890). В таком случае сердце понимается, буквально, как насос, перекачивающий кровь, а кардиомиоциты некоторыми «регуляторами» сердечных сокращений, активация которых обеспечивается синоатриальным узлом (ритмоводителя) (там же).

Суммарная активность кардиомиоцитов - электрокардиограмма (ЭКГ) - возможна при наличии колебаний разности потенциалов, возникающих на поверхности ткани. Изменения разности потенциалов на поверхности тела фиксируют с помощью различных систем отведений ЭКГ, где каждое отведение регистрирует разность потенциалов, которая возникает между двумя определенными точками, где установлены электроды. Последние подключаются к гальванометру электрокардиографа: один из электродов присоединяют к положительному полюсу гальванометра (положительный, или активный электрод отведения), второй электрод - к его отрицательному полюсу (отрицательный, или индифферентный электрод отведения). Также фиксируют разность потенциалов между двумя точками электрического поля, удаленными от сердца и расположенными во фронтальной плоскости, например, на конечностях. Такая процедура называется двухполюсной и была предложена в 1912 году Эйнтховеном (Einthoven, 1912). Оси отведений образуют во фронтальной плоскости грудной клетки треугольник Эйнтховена. Усиленные однополюсные отведения от конечностей были предложены Гольдбергом в 1942 году. Они регистрируют разность потенциалов между одной из конечностей, на которой установлен

активный электрод данного отведения, и объединённым электродом, который образуется при соединении через дополнительное сопротивление двух конечностей. Усиленные однополюсные отведения от конечностей обозначаются следующим образом: aVR - усиленное однополюсное отведение от правой руки; aVL - усиленное однополюсное отведение от левой руки; aVF - усиленное однополюсное отведение от левой ноги. Стандартные и усиленные однополюсные отведения от конечностей дают возможность зарегистрировать изменения электродвижущей силы сердца во фронтальной плоскости, то есть в плоскости треугольника Эйнтховена (Einthoven, 1912).

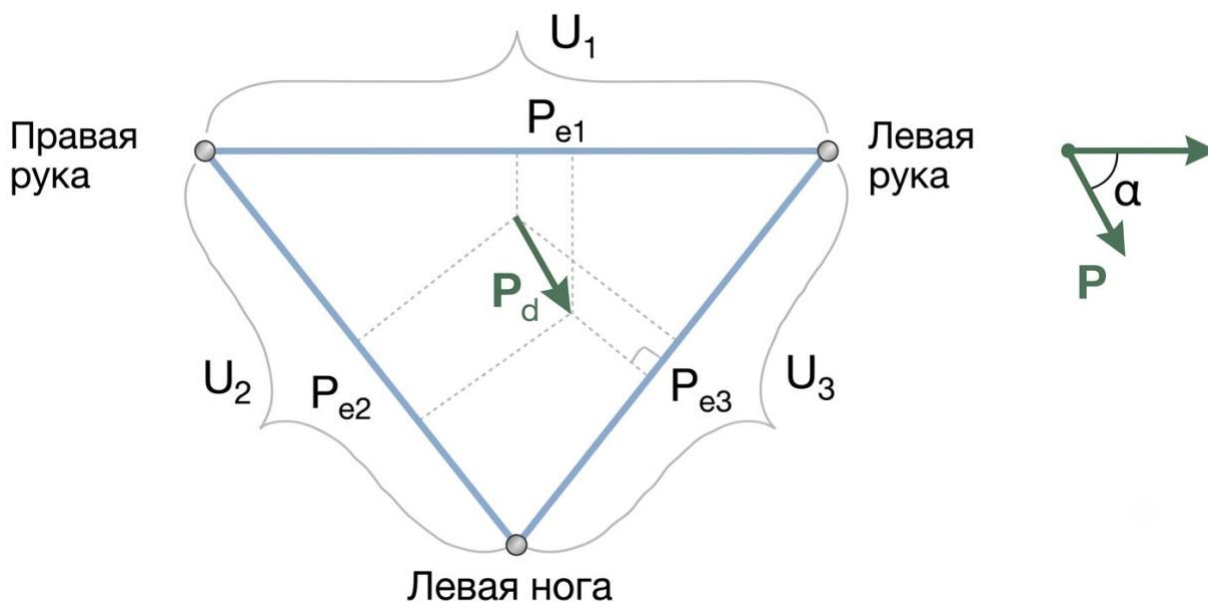


Рисунок 1. Треугольник Эйнтховена, адаптирован автором на основе методички «Основы клинической электрокардиографии», Хабаровск 2010

Таким образом, создается диполь в равностороннем треугольнике, если диполь поместить в центр треугольника, то он будет равноудален ото всех его вершин.

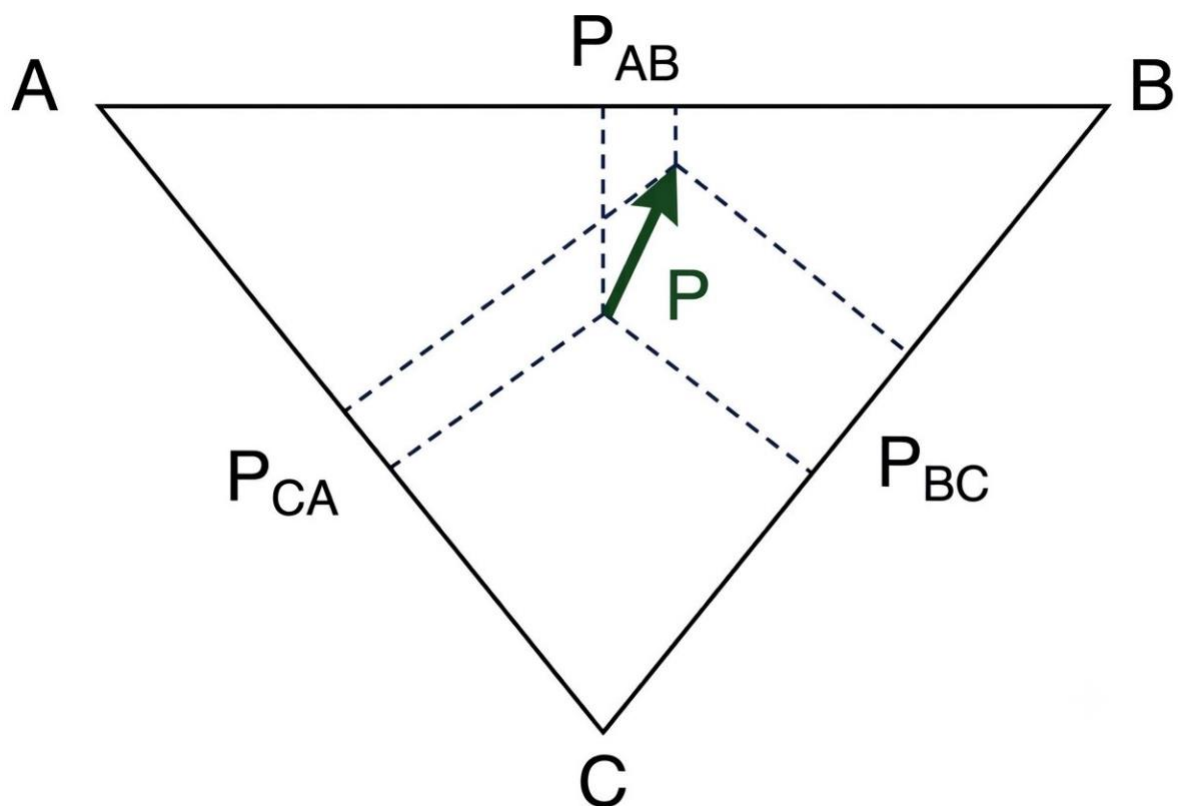


Рисунок 2. Диполь в равностороннем треугольнике, адаптировано автором на основе (Общая физика, Антонов А.Ю., СПб, 2019)

Можно показать, что в этом случае разность потенциалов (напряжение) между двумя любыми вершинами прямо пропорциональна проекции дипольного момента на соответствующую сторону ($U_{AB} \sim P_{AB}$). Поэтому отношение напряжений между вершинами треугольника равно отношению проекций дипольного момента на соответствующие стороны:

$$U_{AC}:U_{AB}:U_{CB} = P_{AC}:P_{AB}:P_{CB}.$$

Сопоставляя величины проекций, можно судить о величине самого вектора и его расположении внутри треугольника (Антонов А.Ю., 2019). Развитие кардиографии и анализа полученных данных шло, в основном, эмпирическим путем. Данные ЭКГ обычно используются в медицине и дополняют клиническую картину заболевания, или уточняют пороки развития (Мясников А. Л., 1963). На

Рис. 3 представлена нормальная электрокардиограмма человека (обозначения зубцов были даны Эйнтховеном и представляют взятые подряд буквы латинского алфавита). Она представляет собой график изменения во времени разности потенциалов, снимаемой двумя электродами соответствующего отведения за цикл работы сердца. Горизонтальная ось является не только осью времени, но и осью нулевого потенциала. ЭКГ представляет собой кривую, состоящую из трех характерных зубцов, обозначаемых P, QRS, T, разделенных интервалом нулевого потенциала. Высоты зубцов в различных отведениях обусловлены направлением электрической оси сердца, т.е. углом α (см. рис. 1). Электрокардиограмма, записанная при норме в стандартных отведениях, характеризуется тем, что ее зубцы в разных отведениях будут неодинаковы по амплитуде. Зубцы ЭКГ будут наиболее высокими во II отведении и наиболее низкими в III отведении (при нормальном положении электрической оси).

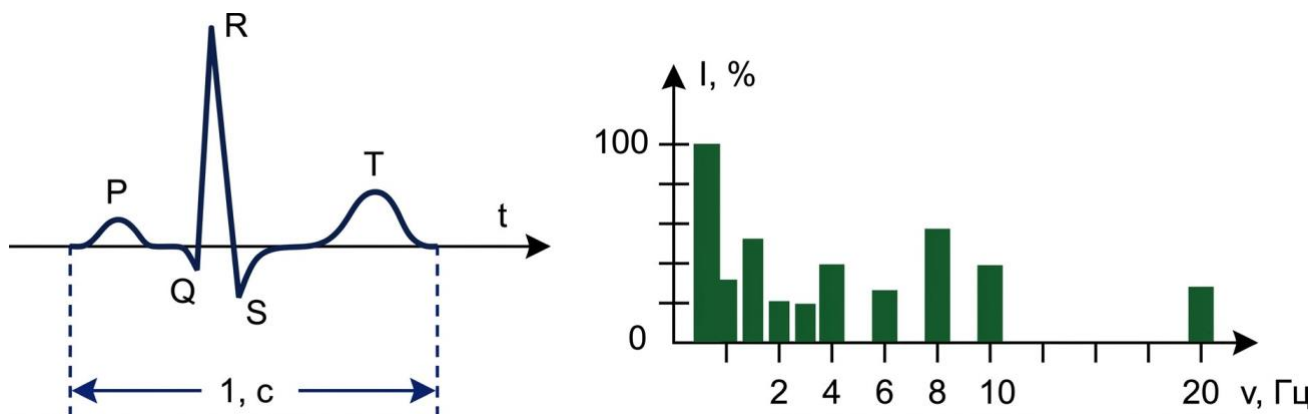


Рисунок 3. Электрокардиограмма здорового человека и ее спектр: P - деполяризация предсердия; QRS -деполяризация желудочков; T - реполяризация; частота пульса 60 ударов в минуту (период сокращения - 1 с), адаптировано автором, источник (А.Н. Ремизов, 1987, с. 638)

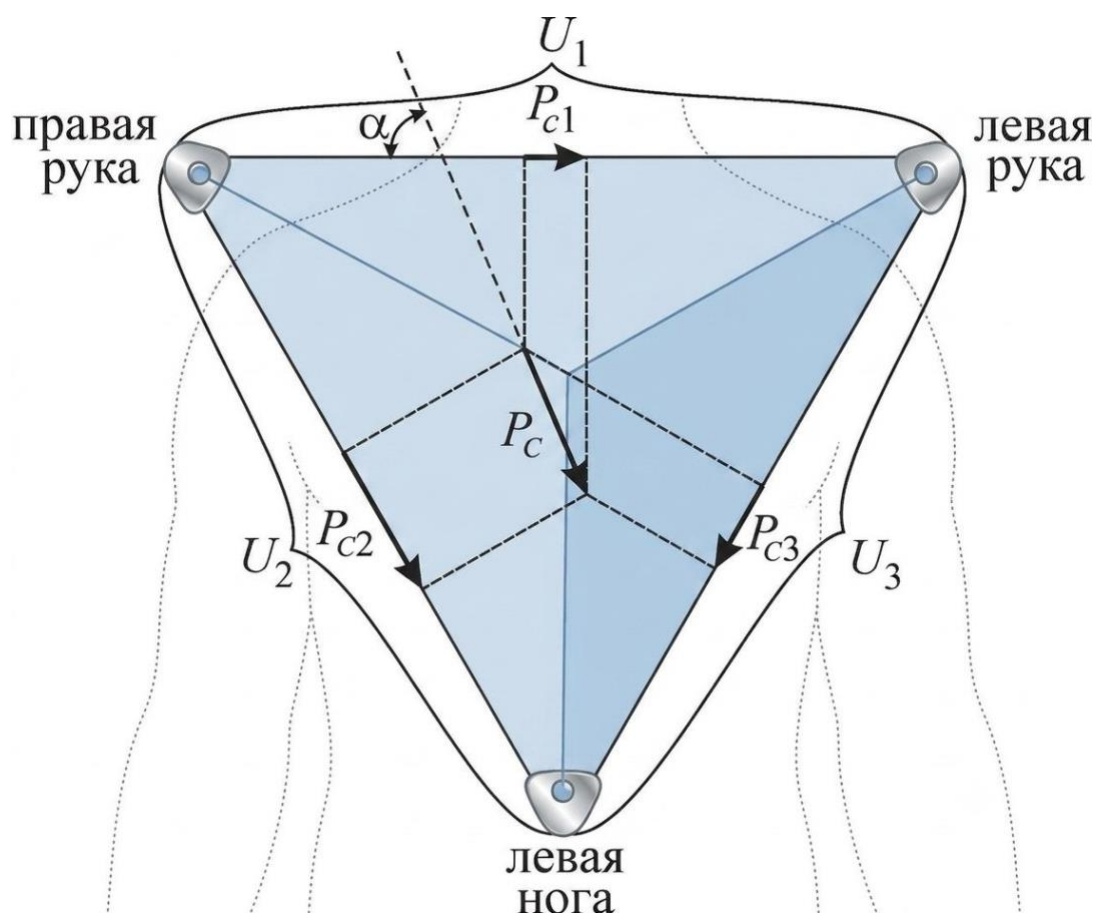


Рисунок 4. Графическое определение электрической оси сердца по трем стандартным отведениям (схема составлена на основе оригинальной концепции равностороннего треугольника Эйнтховена (Einthoven, 1912)).

Сопоставляя кривые, зарегистрированные в трех отведениях, можно судить о характере изменения за цикл работы сердца, на основании чего и составляется представление о сокращениях сердца и «правильности» ритма. Для анализа ЭКГ используют также ее гармонический спектр.

Для более точного и наглядного определения отклонения электродвижущей силы (ЭДС) была предложена шести осевая система координат, показанная на рисунке 5 (Bailey, 1943). Она получается при совмещении осей трех стандартных (оси Эйнтховена) и трех усиленных отведений от конечностей, проведенных через электрический центр сердца. Который делит ось каждого отведения на положительную и отрицательную части, обращенные к соответствующему электроду.

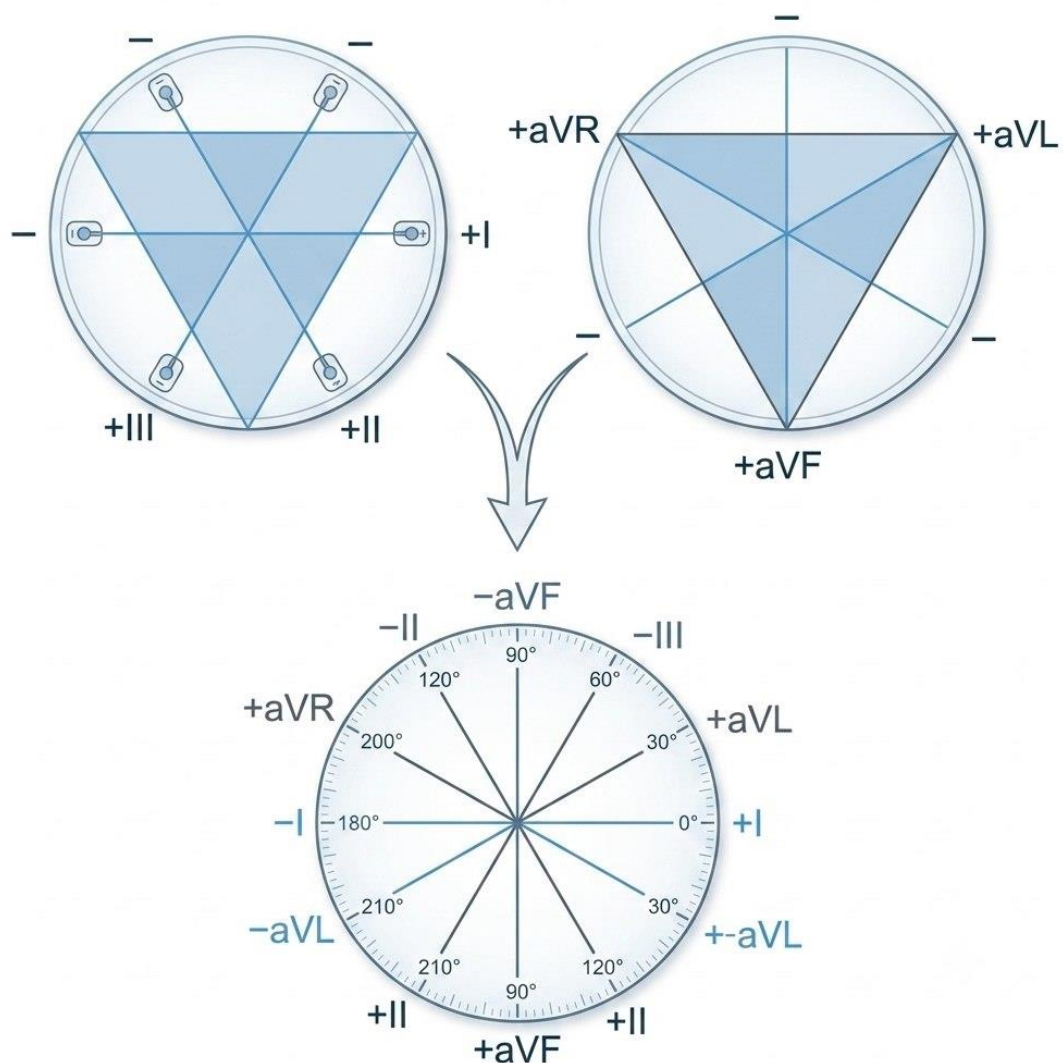


Рисунок 5. Формирование шести осевой системы координат (по Баелю), адаптировано автором, источник (В.В. Мурашко, А.В. Струтынский 1987, с. 256).

Предложенные Вилсоном, в 1934 году (Wilson, 1934), грудные однополюсные отведения, регистрируют разность потенциалов между активным электродом, установленным в определенных точках на поверхности грудной клетки и электродом, который образуется при соединении через дополнительное сопротивление трех конечностей (по Эйнтховену), объединенный потенциал которых близок к нулю. Грудные отведения регистрируют изменение ЭДС сердца в горизонтальной плоскости.

Зарегистрированная электрокардиограмма может быть проанализирована на предмет оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР), которая оценивается по изменению RR-интервалов в ЭКГ (Зарубин Ф.Е., 1998), где R - точка,

соответствующая пику комплекса QRS волны электрокардиограммы (ЭКГ) и RR-интервал между последовательными R-точками. Методологически анализ ВСР стандартизован (Malik et al., 1996) и включает временные (SDNN, RMSSD, pNN50) и спектральные показатели: высокочастотный (HF, 0.15–0.4 Гц), низкочастотный (LF, 0.04–0.15 Гц) и очень низкочастотный (VLF) компоненты, а также индекс вегетативного баланса LF/HF. Несмотря на широкое применение, классические подходы ограничены требованием стационарности ритмограммы, что затрудняет анализ в естественных условиях деятельности. Разработка телеметрических систем (Рунова и др., 2012) и методов динамического спектрального анализа, таких как периодограмма Ломба–Скаргла и непрерывное вейвлет-преобразование (Бахчина, 2014), позволила преодолеть эти ограничения и исследовать изменения ВСР с высоким временным разрешением, согласованным с динамикой внешних событий.

Как было отмечено, в рамках классической физиологии регуляция сердечного ритма рассматривается в контексте многоуровневого комплекса, включающего автономный и центральный контуры (Баевский, Иванов, 2001). Автономный контур, связанный с дыхательной синусовой аритмией, отражает преимущественно «парасимпатические влияния», тогда как центральный контур, интегрирующий активность подкорковых, гипоталамо-гипофизарных и корковых структур, модулирует недыхательную аритмию и обеспечивает адаптацию к широкому спектру внешних воздействий (Баевский, 2004). Современные нейроанатомические модели, в частности концепция центральной вегетативной сети (Benarroch, 1997; Thayer, Lane, 2000, 2009), а также нейровисцеральная интегративная модель, подчёркивают ключевую роль префронтальной коры, поясной извилины, островка, амигдалы и гипоталамуса в регуляции вегетативных выходов на сердце (Task Force, 1996; Ferrell, 2002; Critchley et al., 2003).

Традиционные исследования демонстрируют, что выполнение когнитивных задач сопровождается снижением вариабельности сердечного ритма, особенно в низкочастотном (0.1 Гц) диапазоне, что связывают с мобилизацией центральных

ресурсов и подавлением «автономных регуляторных влияний» (Kalsbeek, Sykes, 1967; Sayers, 1971; Mulder, 1972; Mulder et al., 2000). В частности, 0.1 Гц компонент спектра ВСП оказался наиболее чувствительным к усилиям, затрачиваемым на решение задачи (Mulder, 2000; Hansen et al., 2003), а его восстановление после нагрузки отражает глубину предшествующего напряжения (Машин, 2010). В исследовании Бахчиной (2014) было впервые показано, что даже простые первичные когнитивные пробы (компьютерная кампиметрия, тест Струпа, управление углом наклона отрезка и др.) вызывают тонкие, специфичные перестройки спектральных показателей ВСП, указывая на то, что вегетативное обеспечение подстраивается не только под уровень сложности, но и под характер целевой функции (Бахчина, 2014, с. 71–74). Кроме того, уровень дезорганизации сердечного ритма (dRR) оказался прямо связан с неопределённостью информационного образа: в фазе поиска стимула неопределённость максимальна и dRR выше, чем при его «уничтожении» в условиях полной определённости (там же, с. 72).

При рассмотрении эмоциогенных контекстов также отмечаются изменения в динамике ВСП, которые объясняются через наличие тесных нейроанатомических связей между вегетативными центрами и структурами, связанными с эмоциональной феноменологией (Thayer, Brosschot, 2005; Appelhans, Luecken, 2006). Показано, что предъявление эмоционально окрашенных задач модулирует как временные, так и спектральные показатели ВСП, а лица с более высокой ВСП в покое демонстрируют лучшие способности к эмоциональной регуляции (Thayer, Lane, 2000; Butler et al., 2006). В исследовании (Mikkil et al., 2011) прослушивание эмоционально насыщенных фрагментов текста вызывало рост LF/HF (отношение мощности низкочастотных волн (LF) к высокочастотным волнам (HF)), сопровождавшийся активацией амигдалы по данным ПЭТ. Бахчиной с соавторами (Рунова и др., 2013) при суточном мониторинге была выявлена связь уровня эмоциональной дезадаптации со снижением спектральной мощности LF и HF, а

также с ростом индекса вегетативного баланса. Особенно показательно, что устойчивость эмоционального состояния в течение дня поддерживается динамическими перестройками режима вегетативной регуляции, а при высокой дезадаптации ИВБ остаётся повышенным на протяжении всех суточных проб (Рунова и др., 2013).

При физических нагрузках отмечаются сдвиги вегетативного баланса, в частности речь идёт о постнагрузочном снижении общей мощности спектра, мощности HF и росте LF/HF, что объясняется как симпатическая активация (Pichot et al., 2000; Шлык, 2011). Однако систематические тренировки повышают парасимпатический тонус в покое, что служит индикатором тренированности (Cottin et al., 2008; Кудря, 2012). В исследовании Бахчиной (2014) непрерывный мониторинг спортсменов в процессе тренировки выявил принципиальное различие между интенсивной и экстремальной физической нагрузкой: при интенсивной (оптимальной) нагрузке наблюдалось согласованное снижение TP (общая мощность спектра VCP) и LF/HF (TP↓, LF/HF↓), тогда как при экстремальных воздействиях, напротив, TP↓ сочеталось с LF/HF↑, что соответствует паттерну стресс-реакции (Бахчина, 2014, с. 100–105).

С позиций трёхкомпонентной теории экстремальных состояний (Парин, 2008) стресс рассматривается как неспецифическая защитная редуцированная реакция организма на сигнал о чрезмерном рассогласовании. Его физиологическим субстратом является последовательная активация трёх нейрохимических систем: симпатoadреналовой (САС), гипоталамо-гипофизарно-адреналовой (ГГАС) и эндогенной опиоидной (ЭОС). В серии исследований, проведённых под руководством С.Б. Парина и С.А. Полевой (Бахчина, 2014; Бахчина и др., 2013; Некрасова и др., 2012; Полевая и др., 2013), было впервые показано, что вегетативным отображением острого стресса, инвариантным к природе нагрузки (эмоциональной, когнитивной, физической), является специфический динамический паттерн: снижение общей мощности спектра VCP, согласованное по

времени с возрастанием индекса вегетативного баланса ($TP\downarrow$, $LF/HF\uparrow$). Этот паттерн был зафиксирован в контексте публичного выступления (у 76% участников), при внезапных манёврах водителей автобусов, в сложных игровых ситуациях у шахматистов, при ошибках в компьютерных играх, а также при тренировке в газовой-дымовой камере (Бахчина, 2014; Полевая и др., 2013). Важно, что данная структура неспецифична относительно характера стресс-фактора и воспроизводится даже тогда, когда сходная динамика ЧСС наблюдается и при нестрессогенной моторной активности. Это делает её более надёжным маркером стресса, нежели абсолютные значения ЧСС или отдельные спектральные компоненты (Бахчина, 2014, с. 109–111).

Особую роль в организации «вегетативного ответа» на стресс играет эндогенная опиоидная система. Ещё в работах 1980-х годов было показано, что опиоидные пептиды модулируют гемодинамику и висцеральные реакции при шоке и стрессе (Голанов и др., 1982; Лишманов, Маслов, 1994). Современные исследования с использованием фармакологического анализа демонстрируют, что активация опиоидных рецепторов при анестезии вызывает дозозависимое снижение спектральных показателей ВСР, что подтверждает прямое влияние ЭОС на вегетативную регуляцию (Ledowski et al., 2005; Tarvainen et al., 2012). Сравнение здоровых испытуемых и наркозависимых пациентов, проведённое Бахчиной с соавторами (Бахчина и др., 2014), выявило, что при нарушении регуляторной функции ЭОС снижается общая мощность спектра ВСР, а показатели сверхвысокочастотного диапазона (0.6–2 Гц) приобретают высокую специфичность и чувствительность для идентификации этого состояния (Бахчина, 2014, с. 74–78). Это согласуется с гипотезой о том, что ЭОС участвует в поддержании пластичности вегетативного обеспечения деятельности, а её дисфункция ведёт к редукции режимов регуляции.

Рассмотренные представления и результаты исследований, во-первых, находятся в точном соответствии с оформленными представлениями о нервной

регуляции мышечных сокращений, а во-вторых, направлены на обоснование зависимости активности сердца от стимуляции со стороны нервных волокон, а значит и проявления нейрональных процессов в активности сердца. В явной форме это обоснование проявляется по меньшей мере в двух теориях, разработанных для объяснения взаимодействия нервной и сердечно-сосудистой систем - теория нейро-висцеральной интеграции (Thayer, Lane, 2000) и поливагальная теория (Porges, 1995). Обе теории обращаются к феноменологии вариабельности сердечного ритма, которая в обобщенном виде рассматривается как отражение баланса между симпатической и парасимпатической ветвями автономной нервной системы. Отсюда и выделение таких составляющих, как симпатический тонус и парасимпатический тонус. Последний рассматривается как маркер адаптивных резервов организма (Standards, 1996). Парасимпатическая активность (или регуляция) обеспечивается эфферентными волокнами блуждающего нерва, отходящими от дорсального ядра и двойного ядра (*nucleus ambiguus*) ствола мозга, иннервируют сердце, бронхи, желудочно-кишечный тракт, печень, поджелудочную железу и другие внутренние органы (Berthoud, Neuhuber, 2000). Функционально характеризуется снижением частоты сердечных сокращений, уменьшением проводимости, снижением сократимости предсердий; вагусный тонус в покое доминирует над симпатическим, обеспечивая «резерв» для адаптации (Levy, Martin, 1979). Напротив, симпатический тонус описывается как постоянное тоническое воздействие на органы мишени в состоянии покоя (Guyton, Hall, 2015). Обеспечивается преганглионарными симпатическими нейронами расположенными в межмедиолатеральном столбе грудного и верхнепоясничного отделов спинного мозга (Th1–L2). Их аксоны проецируются к паравертебральным и превертебральным ганглиям, откуда постганглионарные волокна направляются к эффекторам (Janig, 2022). В отличие от парасимпатической системы, которая у млекопитающих доминирует в покое (так называемый «вагусный пресс»),

симпатический тонус считается ниже в состоянии релаксации, но его вклад возрастает при ортостазе, физической нагрузке, стрессе (Levy, Martin, 1979).

Вместе с разделением на симпатический/парасимпатический тонус встречается и разделение на тоническую/фазическую вариабельность сердечного ритма. Тоническая HRV - усреднённые показатели вариабельности, измеряемые в состоянии покоя (обычно 5–24 часа) или в коротких «базальных» периодах. Интерпретируется как маркер фоновой активности автономной нервной системы, в частности - тонуса блуждающего нерва. Высокая тоническая HRV (особенно HF-HRV) считается индикатором адаптивных резервов, эффективности центральной автономной сети (CAN) и способности к эмоциональной и когнитивной саморегуляции (Thayer, Lane, 2000; Thayer et al., 2009). Фазическая HRV - изменения показателей HRV в ответ на стимул или во время выполнения задачи (например, когнитивной). Классически наблюдаемое снижение HF-HRV во время умственной нагрузки трактуется как «парасимпатическое оттормаживание» (снятие вагусного торможения), что позволяет мобилизовать симпатическую активность и увеличить сердечный выброс для обеспечения потребностей мозга (Hjorskov et al., 2004). Восстановление HRV после нагрузки интерпретируется как возврат к гомеостатическому состоянию.

Возвращаясь к двум теориям (нейро-висцеральной и поливагальной), стоит заметить, что теория нейро-висцеральной интеграции является более распространенной, которую привлекают для объяснения динамики вариабельности сердечного ритма, в частности при решении когнитивных задач или при межиндивидуальных взаимодействиях, является теория нейро-висцеральной интеграции (Thayer, Lane, 2000). В рамках этой теории авторы объединили концепцию центральной автономной сети (Central Autonomic Network, CAN) с представлением о вариабельности сердечного ритма как маркере функционирования префронтальной коры. Согласно этой теории CAN включает префронтальную кору (вентромедиальную, орбитофронтальную, переднюю

поясную), миндалевидное тело, гипоталамус, периаквадуктальное серое вещество, стволомозговые ядра (*nucleus tractus solitarii*, *nucleus ambiguus*, дорсальное ядро блуждающего нерва). При этом она обеспечивает оценку значимости стимулов и контекста, торможение симпатической активности и поддержание парасимпатического тонуса, а также регуляцию эмоций, внимания и когнитивного контроля.

Высокая вариабельность сердечного ритма, особенно в высокочастотном спектре (HF) отражает эффективное функционирование CAN, в частности - высокий тонус вагуса, обеспечивающий «гибкий ответ» на изменяющиеся условия. Низкая вариабельность сердечного ритма связывается с дисфункцией префронтальной коры, потерей тормозного контроля над миндалевидным телом и, как следствие, с тревожностью, депрессией и нарушением когнитивного контроля (Thayer et al., 2012). Авторы рассматривают вариабельность сердечного ритма не просто как показатель вегетативного баланса, а как интегральный индикатор способности организма к саморегуляции, включающей эмоциональную, когнитивную и физиологическую гибкость. Согласуются с этой картиной данные о связи зрелости/состояния регуляторных систем мозга с управляющими функциями и вниманием (Мачинская, Курганский, 2013; Захарова, Мачинская, 2022).

Некоторую альтернативу этой теории нейро-висцеральной интеграции представляет поливагальная теория, предложенная С. Порджесом (Porges, 1995; 2009), в которой автор обсуждает эволюционную перспективу, в рамках которой вегетативная нервная система имеет не два, а три филогенетически слоя. Первый слой, дорсальное ядро блуждающего нерва (DVC) - древний, не миелинизированный путь, связанный с реакциями иммобилизации (замирание, обморок) при угрозе. Симпатическая система - активирует реакции «бей или беги». Вентральное ядро блуждающего нерва (VVC) - миелинизированный путь, эволюционно появившийся у млекопитающих, обеспечивающий социальное взаимодействие, самоуспокоение и безопасное вовлечение в среду.

Поливагальная теория постулирует, что организм оценивает безопасность среды через процесс нейроцепции (неосознанная оценка риска). В зависимости от оценки активируется один из трех слоев. Высокая вариабельность сердечного ритма соответствует активации вентрального вагуса, что, по мнению автора, проявляется в спокойном внимании и расслабленном сердцебиении, снижение вариабельности - симпатическая система, проявляется в мобилизации, а дорсальный вагус - резкое снижение вариабельности, брадикардии, проявляется в иммобилизации.

Высокая HRV (особенно высокочастотный компонент) в поливагальной теории интерпретируется как проявление активного вентрального вагуса, свидетельствующее о чувстве безопасности и возможности для социального вовлечения, внимания и когнитивной деятельности. Низкая HRV отражает активацию более примитивных защитных стратегий (симпатической или дорсальной), что сужает поведенческий репертуар и снижает способность к сложным когнитивным операциям (Porges, 2007).

Большинство исследований, в которых вариабельность сердечного ритма изучается в контексте решения когнитивных задач, преимущественно обращаются к теории нейро-висцеральной интеграции. Более того, такие исследования следуют корреляционной логике, определяя, например, положительную корреляцию тонической HRV с показателями рабочей памяти, внимания и когнитивной гибкости (Hansen et al., 2003; Luft et al., 2019). Высокая HRV связана с лучшей способностью подавлять доминантные, но нерелевантные ответы (стоп-сигнал, Stroop-задачи) (Gillie, Thayer, 2014). Люди с низкой HRV хуже справляются с задачами на исполнительный контроль и имеют больше когнитивных ошибок (см. в Winton et al., 1984; Williams et al., 2019).

Фазическая HRV (изменения во время задачи). Когнитивная нагрузка обычно вызывает снижение HRV (парасимпатическое оттормаживание) (Hjortskov et al., 2004). Это отражает мобилизацию ресурсов. Однако успешное выполнение задач может сопровождаться меньшим снижением HF-HRV или её быстрым

восстановлением после нагрузки (Laborde et al., 2017). В задачах на принятие решений с высокими требованиями к эмоциональной регуляции высокая HRV предсказывает лучшие результаты (Segerstrom, Nes, 2007; Mosconi, 2009; Zimmermann et al., 2022).

Кроме того, таким же образом оценивают и связь вариабельности сердечного ритма с интеллектом. В мета-анализе (Zeki et al., 2014) указывается на умеренную положительную связь между HRV и общим интеллектом, особенно с fluid intelligence. Это объясняется тем, что эффективная работа CAN (высокая HRV) обеспечивает оптимальную регуляцию внимания и торможения, что лежит в основе интеллектуальной деятельности.

Исследования с биологической обратной связью (HRV biofeedback) показывают, что обучение резонансному дыханию (около 0.1 Гц) повышает HRV и улучшает когнитивные функции: рабочую память, эмоциональную регуляцию, снижает тревожность (Lehrer et al., 2011). Эти эффекты интерпретируются как тренировка вагусного тонуса, что усиливает контроль префронтальной коры над лимбическими структурами (Lehrer et al., 2003; Lehrer, Gevirtz, 2014).

Не все исследования подтверждают линейную связь; некоторые когнитивные задачи могут требовать снижения HRV (например, задачи на бдительность) (Thayer, Brosschot, 2005). Влияние HRV на когнитивную деятельность может быть опосредовано уровнем тревожности, возрастом, физической подготовленностью, состоянием здоровья (Kemp, Quintana, 2013).

Парасимпатический тонус также иногда называется «тоническая холинергическая активность», в частности в работах, где предложен холинергический противовоспалительный путь (англ. cholinergic anti-inflammatory pathway; CAP). В конце XX века Кевин Трейси и его коллеги определили, что блуждающий нерв выполняет не только регуляторную, но и противовоспалительную функцию, что впоследствии привело к формулировке холинергического противовоспалительного пути (Borovikova et al., 2000; Tracey,

2009). Организация этого пути описывается так, что провоспалительные цитокины (TNF- α , IL-1 β , IL-6) активируют афферентные волокна блуждающего нерва, которые передают сигнал в ядро солитарного тракта (NTS) и далее в дорсальное моторное ядро блуждающего нерва (DMV). Вслед за этим DMV и nucleus ambiguus активируют эфферентные волокна блуждающего нерва, которые выделяют ацетилхолин в периферических тканях. Ацетилхолин взаимодействует с $\alpha 7$ -никотиновыми ацетилхолиновыми рецепторами ($\alpha 7$ nAChR) на макрофагах, дендритных клетках, тучных клетках и других иммунных клетках (Wang et al., 2003). Активация $\alpha 7$ nAChR запускает сигнальный каскад (JAK2/STAT3, PI3K/Akt), который подавляет транскрипцию провоспалительных цитокинов через ингибирование NF- κ B (Dawson et al., 2000; de Jonge et al., 2005).

Авторы указывают на то, что тоническая активность вагуса поддерживает базальный противовоспалительный фон, предотвращая чрезмерную активацию иммунной системы. При локальном воспалении (например, в кишечнике, лёгких, печени) CAP может быть «активирован рефлексно», ограничивая повреждение тканей. CAP модулирует инсулинорезистентность, ожирение, атеросклероз, связывая вегетативную регуляцию с воспалением (Pavlov, Tracey, 2012). Классическая физиология рассматривает тонический вагусный тонус (и, следовательно, HF-HRV) как индикатор эффективности CAP. Высокая тоническая холинергическая активность ассоциируется с низким уровнем системных провоспалительных цитокинов, лучшей чувствительностью к инсулину, снижением риска сердечно-сосудистых и метаболических заболеваний (Thayer et al., 2010).

Обращает на себя внимание такая ассоциированность с метаболизмом. В исследованиях рассматривается содержание (и метаболизм) адипокинов, участвующих в вегетативном тонусе (Leon-Ariza et al., 2017). Авторы отмечают, что лептин способствует повышению симпатической активности, приводя к увеличению артериального давления и частоты сердечных сокращений (Leon-Ariza et al., 2017). Провоспалительный цитокин - фактор некроза опухоли альфа (TNF- α)

- усиливает симпатический тонус и снижает парасимпатическую активность (Leon-Ariza et al., 2017). Свободные жирные кислоты, резистин и ангиотензиноген также вносят вклад в развитие симпатической гиперактивации при ожирении (Thayer, Sternberg, 2010). Также рассматривается роль миокинов, среди которых фактор роста фибробластов 21 (FGF21), повышающий чувствительность к инсулину и модулирующий вегетативный баланс в сторону парасимпатической активности (Leon-Ariza et al., 2017). Нейротрофический фактор мозга (BDNF) - участвует в нейропластичности и «может влиять на центральную автономную регуляцию» (Leon-Ariza et al., 2017). Иризин, катепсин В - также рассматриваются как потенциальные медиаторы связи мышц с ВНС (Stuckey, 2014; Moscatelli et al., 2022; Alcántara et al., 2024).

1.3. Индивидуальные вариации и соматотипические классификации

Рассмотренная в контексте вариабельности сердечного ритма ассоциированность с метаболизмом, в частности обобщаемая до выраженности жировой и мышечной тканей, подводит к необходимости рассмотрения традиционных конституциональных теорий, разрабатывавшихся для объяснения взаимодействия индивида со средой.

Коренная проблема традиционных конституциональных теорий, начиная с Э. Кречмера и заканчивая У. Шелдоном, состоит не просто в описательности и отсутствии конструктивной валидности (как отмечают Николаев и др., 2009), а в изначальной логической ошибке: попытке вывести психологический тип из морфологии тела напрямую, минуя анализ физиологических механизмов, которые опосредуют взаимодействие индивида со средой. Немецкий психиатр Э. Кречмер в работе «Строение тела и характер» (1924) предложил первую систематическую теорию, связывающую тип телосложения (астенический/лептосомный, атлетический, пикнический) и предрасположенность к психическим заболеваниям,

а также особенности «характера» здоровых людей (Кречмер, 1924). Астенику приписывалась замкнутость и эмоциональная ранимость, пикнику - общительность и любовь к комфорту, атлету - агрессивность. Эта триада получила широкую известность, но уже к середине XX века была подвергнута критике как за слишком жесткую привязку психических и психологических особенностей к соматотипу, так и за неоднородность самих типов.

Американский психолог У. Шелдон совместно с С. Стивенсом (Sheldon, Stevens, 1942) предпринял более сложную попытку: вместо дискретных типов он предложил количественные шкалы для трёх тканевых компонентов - эндоморфии (производные энтодермы, преимущественно внутренние органы), мезоморфии (костно-мышечная ткань) и эктоморфии (производные эктодермы - кожа, нервная система). Каждому компоненту ставился в соответствие темперамент: висцеротония (любовь к комфорту, общительность), соматотония (агрессивность, тяга к соревнованию) и церебротония (сдержанность, интроверсия). Несмотря на статистическую обработку, эта схема осталась в рамках корреляционного дизайна «соматотип → темперамент» без убедительного физиологического обоснования (Русалов, 1979).

Важно отметить, что в тот же период отечественная физиология предложила принципиально иной, функциональный подход, который вводит объяснение индивидуальных различий, не опираясь исключительно на типологию морфологии тела, а описывая свойства и различные варианты организации нервной системы. И.П. Павлов в письме к Г.К. Хованько (1930) развёл понятия темперамента (прирождённые свойства нервной системы) и характера (приобретённые формы поведения), критикуя Кречмера за смешение этих категорий (цит. по: Русалов, 1979, с. 16-17).

Позиция И.П. Павлова, изложенная сводится к, характерной для «Мягкого холизма», логике редукции любых психологических свойств и процессов к нервным процессам. Положение дел в нейрофизиологии конца XIX-начала XX вв.

определяло в качестве таких процессов - «возбуждение» и «торможение». Примечательно, что подробное изучение этих процессов характерно для отечественной физиологии (И.М. Сеченов, Н.Н. Введенский, А.А. Ухтомский). В основу учения о типах высшей нервной деятельности легли именно характеристики соотношения возбуждения и торможения (Павлов, 1951). Он высказал мысль о том, что в основе темперамента лежат не свойства жидкостей или телесных тканей, а особенности функционирования нервной системы - комбинация силы, уравновешенности и подвижности связаны с тем или иным типом темперамента. Согласно И.П. Павлову, сангвиник обладает сильным, уравновешенным, подвижным типом нервной системы; холерик - сильным, подвижным, но неуравновешенным типом нервной системы; флегматик - сильным, уравновешенным, но инертным типом нервной системы; меланхолик - слабым типом нервной системы.

Дальнейшие исследования, проведенные в школе Б.М. Теплова и В.Д. Небылицына, показали, что необходим принципиально другой подход к изучению биологических основ темперамента (Теплов, 1985; Небылицын, 1976, 1990). По их мнению, прежде всего следовало бы сосредоточиться не на изучении типов, как предполагал И.П. Павлов, а на исследовании отдельных свойств нервной системы. Предполагалось, что, только зная свойства нервной системы, их количество и устойчивые вариации, можно будет установить возможную структурную организацию (тип) темперамента. По мнению В.Д. Небылицына, в основе темперамента должны лежать прежде всего так называемые «общие свойства нервной системы», поскольку именно они выступают в качестве главных детерминант общеличных проявлений, среди которых важнейшее место принадлежит темпераменту (Небылицын, 1976).

Дальнейшим развитием активно-специфической теории В.М. Русалова о структуре темперамента является теория функционального ансамбля темперамента (FET), разработанная И.М. Трофимовой (Rusalov, Trofimova, 2007). Суть

разработанного В.М. Русаловым подхода заключается в том, что черты темперамента, относящиеся к разным сферам активности (моторно-физической, социально-вербальной и умственной), регулируются различными «нейрофизиологическими системами» и должны оцениваться отдельно, а не сводиться к обобщённым факторам (Русалов, 1979). На этой основе Русалов разработал Опросник Структуры Темперамента (ОСТ-150), содержащий 12 шкал, которые группируются в три ряда - по сферам активности - и четыре колонки - по формально-динамическим аспектам: энергичность, темп/пластичность, ориентация и эмоциональность.

На основе ОСТ-150 была создана компактная версия опросника - STQ-77 (Structure of Temperament Questionnaire - Compact), валидизированная на русскоязычных и канадских выборках (Trofimova, 2010; Trofimova, Sulis, 2011). Кроме того, И.М. Трофимова сопоставила каждую из 12 шкал STQ-77 с накопленными в нейронауках данными о функциях конкретных нейромедиаторов, опиоидных рецепторов и нейропептидов. Результатом стала нейрохимическая модель Функциональный Ансамбль Темперамента (Functional Ensemble of Temperament, FET), впервые целостно представленная в обзорной статье (Trofimova, Robbins, 2016) в журнале «Neuroscience & Biobehavioral Reviews».

В рамках теории FET постулируется, что поведение регулируется 12 универсальными функциональными аспектами, которые можно сгруппировать по двум осям (Trofimova, Robbins, 2016; Trofimova, Sulis, 2018). По сферам активности: физическая, социально-вербальная и умственная (интеллектуальная) - унаследовано от активно-специфического подхода Русалова. По динамическим аспектам: энергичность (energetic maintenance), темп/лабильность (lability, скорость инициации действий) и ориентация поведения (orientation/selection). Эти 9 шкал (3 × 3) измеряют формально-динамические, неэмоциональные аспекты поведения. Ещё 3 шкалы относятся к эмоциональности: Нейротицизм (Neuroticism), Импульсивность (Impulsivity) и Уверенность в себе / Довольность (Self-Confidence

/ Dispositional Contentment) (Trofimova, Sulis, 2016). Кроме того, можно заметить, что принципиальное новшество FET - это отказ от поиска «один нейромедиатор - одна черта». Модель утверждает, что каждый компонент темперамента обеспечивается ансамблем (командой) «нейрохимических систем», а не отдельным веществом. Например (табл. 1 в Trofimova, Robbins, 2016). Физическая работоспособность (Physical Endurance) связывается с балансом норадреналина, дофамина и серотонина в моторных цепях, а также с активностью опиоидных рецепторов. Социальная пластичность (Social Tempo / Plasticity) - с дофаминергическими и серотониновыми проекциями в префронтальную кору и лимбические структуры. Интеллектуальная работоспособность (Mental Endurance / Sustained Attention) - с фронтальным норадреналином и ацетилхолином, что было ревизировано Трофимовой при участии Т. Роббинса в 2015 г. Эмоциональность в FET рассматривается не как рядовая черта, а как амплификатор (усилитель) всех остальных аспектов. Её нейрохимический профиль отличается от «функциональных» черт: ведущую роль играют опиоидные рецепторные системы (мю-, каппа- и дельта-) и связанные с ними нейропептиды (Trofimova, Robbins, 2016).

При этом FET можно охарактеризовать как консервативную, в связи с тем, что она опирается только на те, которые имеют консенсусное решение в экспериментальной литературе, и не включает спекулятивных отношений. Однако у FET есть сильная сторона - способность описывать не только нормальные черты темперамента, но и симптомы психических расстройств в единой системе координат. Трофимова и коллеги показали, что профили по 12 шкалам STQ-77 систематически различаются при большом депрессивном расстройстве (БДР), генерализованном тревожном расстройстве (ГТР) и их коморбидной форме (Trofimova, Sulis, 2010; Trofimova, Christiansen, 2016). Так, депрессивные пациенты демонстрируют снижение по шкалам физической выносливости и физического темпа, что соответствует симптоматике анергии и психомоторной заторможенности.

Пациенты с тревожностью, напротив, имеют повышенные значения по Нейротицизму и Импульсивности, отражая хроническое возбуждение и потерю тормозного контроля. Разработчики FET полагают, что каждый из 21 основного диагноза DSM/ICD может быть представлен как специфический паттерн дисбаланса в регуляции 12 аспектов поведения.

Важно подчеркнуть, что описанные нейрохимические и темпераментальные модели, несмотря на свою эвристическую ценность, формулируются в рамках «корреляционной» логики, где свойства нервной системы или нейромедиаторные профили сопоставляются с поведенческими характеристиками, но при этом метаболический субстрат этих процессов - ткани организма, их масса, гидратация и энергетический потенциал - не учитывается. Между тем, любая взаимодействие клеток осуществляется при конкретных метаболических условиях, которые определяются составом тела: соотношением жировой, мышечной и костной ткани, общим количеством воды и основным обменом. Эти параметры не являются пассивным «фоном», а выступают как ресурсные ограничения и возможности для формирования и реализации функциональных систем. Именно поэтому в настоящем исследовании необходимо обратиться к анализу состава тела как к инструменту, позволяющему оценить ту телесную составляющую, которая, согласно системно-эволюционному подходу, обеспечивает избирательное вовлечение популяций клеток различной морфологической принадлежности в системогенез. Переход к рассмотрению состава тела не означает отказа от анализа нейрохимических или вегетативных механизмов, но расширяет объяснение, включая энергетический ресурс как фактор индивидуальных вариаций поведения (Kanen et al., 2022).

1.4. Состав тела

Традиционные конституциональные подходы - от Э. Кречмера и У. Шелдона до У. Хита и Дж. Картера, а также построенные на антропометрии методики, вне зависимости от точности каждой из них, по-видимому, не могут считаться валидными: для них, в первую очередь, не доказана конструктивная валидность. В работах, посвящённых анализу состава тела (Николаев и др., 2009), авторы не останавливаются подробно на оценке этих исследований, но указывают на их описательный характер.

Поскольку эти исследования в меньшей степени относятся к действительной оценке тканей тела и не подразумевают собственно состав тела, необходимо привести краткую характеристику основных приемов, которые применяются для такой оценки. Под «составом тела» принято понимать деление массы тела на два или несколько взаимодополняющих компонентов. Например, представление массы тела в виде суммы жировой и безжировой масс, которое используется для диагностики избыточной массы тела и ожирения, а также для оценки риска сопутствующих заболеваний.

Модели состава тела служат удобным способом представления знаний о составе тела человека; в зависимости от целей исследования они включают от двух до пяти и более взаимодополняющих компонентов (Николаев и др., 2009). Под *моделью состава тела* понимают совокупность количественных допущений и математических соотношений, позволяющих вычислить массы компонентов, которые в сумме составляют всё тело. Наиболее употребительны двух-, трёх- и четырёхкомпонентные модели, а также пятиуровневая многокомпонентная модель состава тела (Behnke et al., 1942; Siri, 1956, 1961; Brožek et al., 1963; Lohman, 1986; Wang et al., 1992; Николаев и др., 2009).

В классической двухкомпонентной модели масса тела человека (МТ) рассматривается как сумма двух составляющих: жировой массы тела (ЖМТ) и

безжировой массы тела (БМТ): $MT = ж_{MT} + БМТ$ (Николаев и др., 2009). Под жировой массой тела понимается масса всех липидов в организме; это наиболее лабильная компонента состава тела, содержание которой может меняться в широких пределах. Согласно наиболее употребительной при изучении состава тела анатомической классификации, различают существенный жир, входящий в состав белково-липидного комплекса большинства клеток (например, фосфолипиды клеточных мембран), и несущественный жир (триглицериды) в жировых тканях. Существенный жир необходим для нормального метаболизма органов и тканей; его относительное содержание стабильно и составляет около 2 % безжировой массы (Moore et al., 1963). Несущественный жир образует основной запас метаболической энергии и выполняет функцию термоизоляции внутренних органов. Количество жировой ткани в организме значительно различается у разных индивидов и испытывает колебания у одного человека в течение жизни; это может быть связано как с нормальными физиологическими изменениями в процессе роста и развития, так и с нарушениями метаболизма.

Несущественный жир состоит из подкожного и внутреннего жира. Подкожный жир распределен относительно равномерно вдоль поверхности тела. Внутренний (висцеральный) жир сосредоточен, главным образом, в брюшной полости (абдоминальный жир). Установлено, что риск развития сердечно-сосудистых и других заболеваний, связанных с избыточной массой тела, в большей степени коррелирует с содержанием внутреннего, а не подкожного, жира (Neeland et al., 2019).

Масса тела за вычетом липидов носит название безжировой массы тела (БМТ). Компонентами БМТ являются общая вода в организме, мышечная масса, масса скелета и другие составляющие. Существующие методы оценки состава тела в двухкомпонентной модели основаны на измерении одной из двух величин: плотности тела и содержания воды в организме. В первом случае предполагаются постоянными и известными плотности безжировой и жировой массы тела ($P_{БМТ}$ и

$\rho_{\text{жмт}}$, соответственно). Пусть ρ - плотность тела, $V = M/\rho$ - объем тела, $V_{\text{жмт}} = J_{\text{жмт}}/\rho_{\text{жмт}}$ - объем жировой массы тела, а $V_{\text{бмт}} = B_{\text{мт}}/\rho_{\text{бмт}}$ - объем безжировой массы тела. Имеем тождество (Николаев и др., 2009):

$$V = V_{\text{жмт}} + V_{\text{бмт}} \quad (1)$$

$$M/\rho = J_{\text{жмт}}/\rho_{\text{жмт}} + B_{\text{мт}}/\rho_{\text{бмт}} \quad (2)$$

Другая возможность определения состава тела в двухкомпонентной модели связана с оценкой содержания воды в организме. Общая вода организма (ОВО) - наибольшая по массе составляющая безжировой массы тела. Эталонным методом измерения общей воды организма считается метод изотопного разведения с использованием трития, дейтерия или H_2^{18}O . Оценка БМТ получается при предположении о постоянстве относительного содержания ОВО в БМТ: чаще всего используется значение $\text{ОВО}/\text{БМТ} = 0,732 \text{ л/кг}$ (Pace, Rathbun, 1945).

Рассмотренная двухкомпонентная модель ($M = J_{\text{жмт}} + B_{\text{мт}}$) соответствует молекулярному уровню строения тела. Физиологическая интерпретация получаемых результатов затруднена ввиду неоднородности состава липидов и безжировой массы. С учетом этого А. Бенке ввёл понятие тощей массы тела (lean body mass), равной сумме безжировой массы тела и массы существенного жира, и предложил рассматривать следующую двухкомпонентную модель (Behnke et al., 1942):

$$M = M_{\text{нж}} + T_{\text{мт}} \quad (3).$$

Развитием двухкомпонентного подхода стало понятие саркопенического ожирения - сочетания избытка жировой ткани с дефицитом мышечной массы и функции. Согласно консенсусу ESPEN и EASO, диагноз строится на одновременной оценке мышечной массы и силы (Donini et al., 2022), а само состояние ассоциировано с повышенной смертностью независимо от ИМТ (Benz et al., 2024; Prado et al., 2024). При этом пороговые значения мышечной массы остаются предметом дискуссии и требуют единого референсного стандарта (Cruz-Jentoft et al., 2019; Buckinx et al., 2018). Это демонстрирует принципиальное ограничение ИМТ как единственного

антропометрического показателя и обосновывает переход к многокомпонентной оценке (Pedersen, Febbraio, 2012; Sweatt et al., 2024).

1.4.1. Биоимпедансный анализ

Анализ биоэлектрического импеданса (биоимпедансный анализ, БИА) представляет собой неинвазивную процедуру оценки состава тела, основанную на измерении электрического сопротивления (импеданса) биологических тканей при пропускании через них слабого переменного тока. Биологические ткани обладают различной электропроводностью: жидкости организма (кровь, межклеточная и внутриклеточная жидкость) являются хорошими проводниками, тогда как жировая и костная ткани характеризуются высоким сопротивлением электрическому току. При пропускании переменного тока низкой интенсивности через тело человека измеряется импеданс (Z) - комплексная величина, включающая активное сопротивление (R) и реактивное сопротивление (X_c). Реактивное сопротивление обусловлено ёмкостными свойствами клеточных мембран, которые на низких частотах действуют как изоляторы, а на высоких частотах становятся проницаемыми для тока (Kyle et al., 2004; Showkat et al., 2023). Фундаментальное соотношение, связывающее импеданс с объёмом проводника, описывается формулой $V = \rho L^2/R$, где V - объём, ρ - удельное сопротивление, L - длина проводника, R - сопротивление (Ward, 2019). Применительно к телу человека в качестве длины проводника используется рост (S), что позволяет рассчитывать так называемый «импедансный индекс» S^2/R , лежащий в основе большинства современных алгоритмов оценки состава тела.

В современных биоимпедансных приборах используются различные модели состава тела - от простейшей двухкомпонентной (жировая масса + безжировая масса) до многокомпонентных моделей. Наибольшее распространение получил метод биоимпедансной спектроскопии (BIS), позволяющий оценивать объёмы внутриклеточной и внеклеточной жидкости по отдельности, что даёт более точные

результаты в клинически сложных случаях (Vermeiren et al., 2021). Альтернативой выступают одночастотные (50 кГц) и многочастотные анализаторы, различающиеся по количеству используемых частот и способу математической обработки сигнала (Freeborn et al., 2023).

Уорд (Ward, 2019) представил классификацию семейства биоимпедансных технологий, включающую также сегментарные, фокальные и векторные подходы, что подчёркивает разнообразие современных аналитических возможностей БИА (Yadollahi et al., 2015).

Особое место в современных биоимпедансных исследованиях занимает фазовый угол (PhA) - параметр, отражающий соотношение активного и реактивного сопротивления и рассматриваемый как интегральный индикатор клеточной целостности и качества тканей. Показано, что низкий фазовый угол сопряжён с саркопенией (Di Vincenzo et al., 2021), метавоспалением и оксидативным стрессом (da Silva et al., 2023; Barrea et al., 2021), а при ожирении его динамика используется для контроля эффективности снижения веса (Cancello et al., 2023). В отличие от абсолютных оценок состава тела, требующих популяционно-специфичных уравнений, фазовый угол сопоставим между устройствами и популяциями, что делает его перспективным маркером в психофизиологических выборках (Ward, Brantlov, 2023; Lukaski, Garcia-Almeida, 2023). Близким по смыслу направлением является векторный анализ биоимпеданса (BIVA), позволяющий оценивать состав тела без популяционных уравнений (Marini et al., 2020; da Silva et al., 2023; Bellido et al., 2023).

Ключевым вопросом при использовании БИА остаётся его валидность по отношению к эталонным методикам оценки состава тела. Наиболее часто в качестве референсного стандарта выступает двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия (DEXA), которая, в свою очередь, валидизирована относительно четырёхкомпонентной модели - признанного «золотого стандарта» в оценке состава тела.

Следует подчеркнуть, что DEXA не является безусловным эталоном: она сама валидизируется относительно четырёхкомпонентной (4C) молекулярной модели, и её смещение систематически зависит от гидратации и доли жировой массы. Прямое сравнение новых биоимпедансных анализаторов (например, InBody 770) с 4C-моделью показывает приемлемое согласие на групповом уровне при заметных индивидуальных расхождениях (Brewer et al., 2021), что воспроизводит общий вывод систематического обзора для здоровых взрослых (Oliver et al., 2026).

Масштабное ретроспективное исследование (Achamrah et al., 2018), включавшее 3655 измерений, проведённых в университетском медицинском центре Руана, показало, что согласие между БИА (Bodystat Quadscan 4000) и DEXA (Lunar Prodigy Advance) существенно зависит от индекса массы тела (ИМТ). Для пациентов с ИМТ в диапазоне 16–18,5 кг/м² различия между методами были минимальны (менее 1 кг). При ИМТ от 18,5 до 40 кг/м² БИА систематически переоценивал тощую массу на 3,4–8,3 кг и недооценивал жировую массу на 2,5–5,7 кг. Для пациентов с выраженным дефицитом массы тела (ИМТ < 16 кг/м²) направление ошибки менялось: БИА недооценивал тощую массу на 2,25 кг и переоценивал жировую на 2,57 кг. При экстремальном ожирении (ИМТ ≥ 40 кг/м²) различия варьировали в зависимости от конкретных значений ИМТ. Важно отметить, что пределы согласия были широкими для всех диапазонов ИМТ, что указывает на недостаточную надёжность БИА для индивидуальной диагностики, несмотря на хорошие показатели согласованности на групповом уровне.

В исследовании (Vermeiren et al., 2021) оценивалась сравнительная точность биоимпедансной спектроскопии (Body Composition Monitor) и DEXA у детей с ожирением до и после 10-месячной программы снижения веса. До вмешательства были выявлены существенные систематические расхождения между методами по всем оцениваемым параметрам. После значительного снижения веса согласие между BIS и DXA улучшилось, пропорциональное смещение для жировой массы и её процентного содержания исчезло, хотя BIS продолжала систематически

недооценивать жировую массу в среднем на 2,9 кг. При оценке продольных изменений не было обнаружено пропорционального смещения для абсолютных и относительных показателей жировой и тощей массы, что позволяет использовать BIS в качестве альтернативы DXA при групповых исследованиях эффектов вмешательств, но не для мониторинга индивидуальной динамики из-за широких пределов согласия. В работе (Benito et al., 2019) утверждается, что методика калиперометрии (измерения кожно-жировых складок) склонен недооценивать реальные изменения жировой массы по сравнению с DEXA и БИА. Авторы рекомендуют DEXA и БИА как более эффективные инструменты для отслеживания динамики жировой массы в ходе программ снижения веса, хотя и отмечают, что абсолютные значения, получаемые разными методиками, могут существенно различаться.

Обзор биоимпедансных устройств, недавно представленный (Showcat et al., 2023), систематизирует различные подходы к измерению импеданса: прямые методы с использованием специализированных анализаторов, косвенные методы на основе амплитудно-фазовых измерений, мостовые схемы, осцилляторные и локин-усилительные технологии. Авторы отмечают, что портативные устройства на базе микросхемы AD5933 получили широкое распространение, хотя и имеют ограничения по частотному диапазону (до 100 кГц) и требуют тщательной калибровки. В исследовании (Frija-Masson et al., 2021) приводятся результаты оценки метрологической точности трёх моделей смарт-весов (Body Partner, DietPack, Body Cardio), сравнив их показатели с DEXA как эталонной методикой. Результаты показали, что все три устройства достаточно точно измеряли массу тела (медианная абсолютная ошибка 0–0,3 кг), однако для жировой массы ошибка составляла от –2,2 до –4,4 кг, а для мышечной массы - от –6,6 до +4,5 кг. Более высокой точностью обладают профессиональные БИА-анализаторы, использующие прямой сегментарный многочастотный анализ (DSM-BIA). Технология DSM-BIA, реализованная в приборах типа InBody, рассматривает тело человека как пять

взаимосвязанных цилиндров (туловище, две руки и две ноги) и проводит независимые измерения импеданса для каждого сегмента на нескольких частотах (от 1 до 1000 кГц). (Ling et al., 2011) провели валидацию DSM-BIA на 484 участниках среднего возраста, используя DXA в качестве референсного метода. Были получены превосходные показатели согласия для тощей массы тела (ICC = 0,95–0,96), жировой массы (ICC = 0,93–0,97) и процентного содержания жира (ICC = 0,88–0,93). Для сегментарных измерений тощей массы конечностей также были продемонстрированы высокие коэффициенты корреляции (ICC $\geq$ 0,83), хотя точность оценки туловищного сегмента оказалась несколько ниже (ICC = 0,70–0,73).

В последние годы предпринимаются попытки комбинировать БИА с другими методами для преодоления его ограничений. Например, авторами (Hoffmann et al., 2024) предложена процедура для количественной оценки висцеральной жировой ткани без использования МРТ. Она основана на сочетании данных одночастотного БИА (общая жировая масса) с ультразвуковым измерением подкожной жировой клетчатки по специально разработанным картам. Сопоставление расчётных значений VAT с данными МРТ показало высокую надёжность (ICC 0,95 у мужчин и 0,96 у женщин) при средней разнице менее 0,04 кг.

Параллельно с БИА развиваются «безконтактные» подходы: трёхмерное оптическое сканирование и анализ цифровых изображений со смартфона, обучаемые на четырёхкомпонентной модели. Валидационные исследования показывают, что коммерческие 3D-сканеры и мобильные приложения воспроизводят жировую и безжировую массу с точностью, сопоставимой с полевыми методами (Tinsley et al., 2020; Bennett et al., 2022). В клинической радиологии аналогичную роль играет автоматический анализ состава тела по КТ/МРТ с помощью глубокого обучения, позволяющий получать прогностически значимые показатели без дополнительной лучевой нагрузки (Bates, Pickhardt, 2022; Liu et al., 2021).

Отдельно необходимо заметить, что в ряде исследований обсуждаются возможные факторы, в связи с которыми снижается точность биоимпедансных измерений. Так, например, поскольку БИА оценивает состав тела через определение общей воды организма, любые отклонения от нормального уровня гидратации приводят к систематическим ошибкам. Допущение о постоянной гидратации тощей массы (73,2%), лежащее в основе большинства алгоритмов БИА, нарушается при ожирении, старении и ряде патологических состояний, что особенно проблематично для клинических популяций (Achamrah et al., 2018). Увеличение количества жировой ткани сопровождается относительным расширением внеклеточного жидкостного пространства, что искажает результаты БИА-измерений. Эта закономерность обнаруживается в нескольких независимых исследованиях, показавших, что точность БИА снижается по мере нарастания ИМТ (Ward, 2019). Сегментарные БИА-устройства, измеряющие импеданс преимущественно нижней части тела (особенно модели типа «нога-к-ноге»), могут давать значительные ошибки при абдоминальном типе ожирения, поскольку экстраполируют измерения с конечностей на всё тело (Frija-Masson et al., 2021). Разные производители БИА-устройств используют собственные проприетарные алгоритмы расчёта, валидизированные на различных популяциях. Использование уравнения, разработанного для здоровых людей с нормальным весом, неизбежно приводит к ошибкам при его применении у пациентов с ожирением или дефицитом массы тела (Окороков, 2022; Saseedharan et al., 2025).

В критическом обзоре (Ward, 2019) подчёркивается, что значительная часть разногласий относительно точности БИА связана с отсутствием единых стандартов измерения. Такие факторы, как положение тела, подготовка кожи, время последнего приёма пищи и физической нагрузки, могут существенно влиять на результаты и редко контролируются в рутинной практике. Автор указывает, что БИА является методикой косвенной оценки: прибор измеряет электрическое сопротивление, которое затем преобразуется в оценки объёмов жидкостей и тканей с помощью

алгоритмов, включающих ряд допущений (постоянство удельного сопротивления, гидратации тканей). Накопление ошибок на каждом этапе этого преобразования неизбежно приводит к погрешностям, которые следует рассматривать как естественное ограничение технологии, а не как дефект конкретных устройств. Также автор отмечает, что эталонные методики, используемые для валидации БИА (DEXA, изотопное разведение), сами обладают сопоставимой по величине погрешностью. Например, в исследовании (Raimann et al., 2014) ошибки измерений между БИА, прямыми изотопными и дилуционными методами были одного порядка. Это ставит под сомнение категоричные выводы о «неприемлемой неточности» БИА. Кроме того, в работе (Ward, 2019) предложено сместить фокус со статистически значимых различий на диагностически значимые. Используя концепцию минимальной клинически важной разницы (MCID), автор показал на примере оценки общей воды организма у детей, что несколько широко распространённых предсказательных уравнений для БИА демонстрируют операциональную эквивалентность, несмотря на формальные статистические различия. Это заключение, как можно судить, имеет крайне важное значение для психофизиологических исследований: если интерес представляет не точное абсолютное значение жировой или тощей массы, а её изменение в ходе исследования или связь с другими переменными, то строгие требования к точности методики могут быть смягчены при условии надлежащей стандартизации процедуры.

Современные исследования демонстрируют сопряжённость показателей состава тела с психологическими характеристиками, включая субъективное благополучие, выраженность депрессивной симптоматики, частоту стрессовых состояний и общую самооценку. В частности, появляются работы, в которых биоимпедансная спектроскопия используется для классификации уровня когнитивной нагрузки с применением процедур машинного обучения, а также для изучения взаимосвязи между психологическим стрессом и метаболическими показателями.

В отношении сопряженности показателей состава тела и других свойств индивида в клинических исследованиях отмечается следующее. Величины, измеряемые при анализе биоэлектрического импеданса, как общее (внутриклеточное и межклеточное) количество жидкости, безжировая (тощая) и жировая масса, а также величина основного обмена сопряжены с рисками развития таких патологических состояний, как остеопороз (Sgarro et al., 2023), кардиоваскулярные заболевания (Bohn et al., 2015), нарушения гликообмена (Frige et al., 2009) и др. При этом проводилась оценка субъективного благополучия (Chlabicz et al., 2021), выраженности депрессии (Guedes et al., 2013; Kusaei et al., 2020; Lv et al., 2024; Mezuk et al., 2012; von Zimmermann et al., 2020), частоты стрессовых состояний (Stefanaki et al., 2018; Tamashiro et al., 2007), в том числе социальный стресс (Tamashiro et al., 2007), удовлетворенность телом (Raustorp et al., 2006; Rusu et al., 2025), общая самооценка (Krupa-Kotara et al., 2023) у пациентов разных групп с различающейся выраженностью показателей состава (Campbell et al., 2004; Kusari et al., 2020; Krupa-Kotara et al., 2023).

Подход, предложенный (Hoffmann et al., 2024) и комбинирующий БИА с ультразвуком, открывает возможности для более детальной оценки распределения жировой ткани, включая висцеральный жир, который, как известно, ассоциирован с провоспалительным статусом и нейроэндокринными нарушениями, потенциально влияющими на когнитивные функции и эмоциональное состояние. Эти направления открывают перспективы для интеграции БИА в комплексные психофизиологические исследования, в которых состав тела рассматривается как динамическая характеристика, сопряжённая с вариабельностью сердечного ритма и другими показателями системной организации организма (Oudbier et al., 2022; Kostka et al., 2024; Tian et al., 2024).

Накопленные данные связывают висцеральную жировую ткань не только с кардиометаболическим, но и с нейрокогнитивным риском: показана её ассоциация с общей смертностью (Saad et al., 2022) и с патологией, характерной для болезни

Альцгеймера (Kim et al., 2022), а также с хроническим низкоуровневым воспалением - «инфламэйджингом» (Ferrucci, Fabbri, 2018). Это делает состав тела не просто морфологической, но и нейроэндокринной/воспалительной переменной (Wrann et al., 2013).

1.5. Основания эмпирического исследования с позиций системно-эволюционной парадигмы

В школе И.П. Павлова сформировалось направление, в рамках которого будут введены, разрушительные для рефлекторной доктрины, положения. Работы Л.А. Орбели, П.К. Анохина и Е.М. Крепса являлись эволюционно одними из первых, вводящих и последовательно разрабатывающих положения о системной организации функций. Период 1932-1935 оказался интенсивным в работе по проверке положений П.К. Анохина, что в свою очередь привело к введению понятия «функциональная система», рассматриваемому как «избирательное интегративное образование целого организма» (Анохин, 1968), которая «...является подлинной единицей интеграции, создающейся при динамическом формировании любой качественно очерченной деятельности организма. Мы всегда подчеркивали, функциональная система является избирательным центрo-периферическим образованием...» (там же). Архитектоника функциональной системы: пусковой стимул, обстановочная афферентация, пусковая афферентация и память, акцептор результатов действия (АРД), в котором содержится формирование результатов действия, а также модели этапных результатов наряду с конечным результатом и модель последнего представлена не единичной характеристикой, а комплексом параметров (см. там же).

В работе А.Г. Тищенко (Тищенко, 2025) приводятся утверждения, сформулированные на основе положений СЭП, необходимые для решения проблемы соотношения индивидуального и социального. В частности указывается, что: 1) «В связи с постулатами СЭП (№1 и №8) определяется единый субстрат

(организм), который является эволюционным вариантом в некоторой популяции и имеет потенцию к формированию и фиксации индивидуального и коллективного опыта (Швырков, 1995, с. 10–11)» и 2) «Этот субстрат обладает некоторым правилом организации, которое в соответствии с положениями (№2 и №5, см. в (Ibid., с. 10–11)) можно выразить через основанные на генетической программе селективные процессы онтогенеза, в ходе которого формируются ресурсы для развития и взаимодействия с окружением.

Одним из ключевых следствий положений СЭП, основанных на ТФС П.К. Анохина, является пересмотр традиционных взглядов на активность нейронов, а как следствие и метаболических взаимодействий других клеток организма. Этот пересмотр был инициирован П.К. Анохиным, который ввел представление о метаболической активности, в противовес, господствующей, на тот момент, «электрической» доктрине. Так в работе (Анохин, 1974) высказывается критика в отношении «электрической» и «суммационной» доктрины нейрональной активности и предлагается метаболическое объяснение генеза импульсации нейрона. В работе (Александров, 2005; Александров, 2008; Alexandrov, Pletnikov, 2022) приводятся аргументы в пользу объяснения нейрональной активности в рамках системно-эволюционной парадигмы через удовлетворение метаболических потребностей и реализации множества цепочек сложных биохимических каскадов с привлечением результатов исследований последнего десятилетия.

Стоит привести критику классической физиологической терминологии, которую приводил 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”» (Анохин 1973, с. 36). Современный аналитический обзор регуляторных систем мозга также

развивает представление о системной, распределённой организации регуляции, а не о локализованном управляющем центре (Мачинская, 2015). В связи с этим классические представления, например, о природе ВСР, требуют не только пересмотра (см. Бахчина, Александров, 2017), но и предполагают отказ от логики выделения доминирующего центра, представленного, как это определяется, центральной нервной системой или, более конкретно, стволом головного мозга. Исходя из неклассического понимания организации активности организма, в частности сердечной активности, можно говорить о регистрации ЭКГ не только как о регистрации нейро-висцеральной интеграции (Thayer, Lane 2000), где ведущим регулятором является мозг как «носитель» знания о регуляции, а как об оценке энергообеспечения организменных взаимодействий (Машин, 2011) или как о проявлении «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» (Бахчина, Александров, 2017).

Однако исходя из положений П.К. Анохина - функциональные системы (ФС) обладают «...абсолютным признаком функциональной системы является наличие рецепторных аппаратов, оценивающих результаты ее действия. Эти рецепторные аппараты...» «...центральные объединения, выполняющие роль рецептора результатов действия (акцептор действия), создаются *ex tempore*, динамически, в процессе формирования функциональной системы, приспособляющей организм к экстренно сложившейся ситуации. Характерная черта этого афферентного аппарата заключается в том, что он складывается до получения самих результатов действия» (Анохин, 1974). Отсюда определяется, что нет такого морфологически обеспеченного центра, однозначно определяющего изменение сердечной активности.

Логика неклассической физиологии в её терминах «взаимосогласование активностей» вводит взаимодействие между различными популяциями клеток.

Популяция клеток, образующая сердце, или обращаясь к классической терминологии, сердечную ткань, представляет собой вариант подобных популяций. Неклассическое рассмотрение физиологических процессов позволяет рассматривать взаимосогласование активностей популяций клеток *различной* морфологической принадлежности. Тогда кардиальные мышцы будут пониматься не как множество кардиомиоцитов реактивно (по принципу пейсмейкера) регулируемых синоатриальным узлом без участия нервной ткани, а разнородной по морфологическому строению, не имеющей определенной функциональной локализации и предзаданной ритмики сокращения тканью, которая так же самоорганизуется и включается в ФС, а деятельность сердца будет определяется как интегративная (Bakhchina. 2018). В таком случае неклассическое описание сердца позволяет утверждать, что сердце своего рода хаб - область пересечения крупных сосудов, сплетение и организация которых обеспечили их срастание и гипертрофическое изменение до формирования различных клеточных популяций, в том числе - специфической популяции клеток - кардиомиоцитов. Эта популяция, будучи отличной от клеток предшественников, образующих собственно сосуды, обеспечивает координацию обменных процессов содержимого кровеносного русла и других популяций клеток. Такая координация обеспечивается частично изолированной популяцией нейрональных клеток, образовавших ганглиозные пучки-ритмоводители, необходимые для поддержания соотношений объемов крови, проходящих через сердечные камеры.

Тривиальное представление о сердце-насосе не лишено инструментального смысла ввиду того, что создаваемое давление в сосудах и возможность их наполнения и опустошения действительно обеспечивается сокращением камер сердца. Однако, сердечные сокращения не являются механическим и строго детерминированным процессом, о чем можно говорить исходя из литературных данных, рассмотренных выше. В первую очередь, если рассматривать не классическое понимание гомеостаза, как гармоничное поддержание основных

констант, а как динамическую смену внутренних условий, то, с позиций теории функциональных систем, соотношения объемов крови и требуемое давление для её распространения по телу динамически изменяются в зависимости от актуального состояния организма. Далее, если же рассматривать общеорганизменные функциональные системы, процессы системогенеза и избирательное вовлечение популяций клеток различной морфологической принадлежности для достижения общеорганизменного результата, стоит заметить, что в сердечной активности не просто «отражается состояние организма», а сердце обладает своеобразной пластичностью, соизмеримой с самоорганизацией всего организма, с, пусть и локальными, но процессами антиципации. Таким образом, регистрация показателей variability сердечного ритма (BCR) и оценка степени его определенности (энтропии BCR) позволяют изучать динамические процессы в этой частично изолированной популяции клеток, направленные на избирательное распределение общеорганизменных ресурсов и энергетического обмена для поддержания целостности всего организма.

Таким образом, рассмотрение «специфической активности сердца» является рассмотрением взаимодействия некоторой конкретной популяции клеток с другими популяциями клеток. Отсюда выводится, что возможно проводить оценку общих возможностей различных популяций вступать во взаимодействия. Регистрация ЭКГ - частный случай оценки электрофизиологии тканей, которая обеспечивает характеристику вовлечения клеток в различные функциональные системы. Наряду с ЭКГ можно выделить и ЭЭГ, и электромиографию, и другие электрофизиологические приёмы. Для оценки «возможностей» такого вовлечения необходимы приёмы, которые будут обращены к метаболическим процессам. Одним из них является биоимпедансный анализ, который косвенно и обобщенно, но позволяет решать такую задачу.

Таким образом, рассмотрение сердечной активности с позиций системно-эволюционного подхода не сводится к фиксации работы «насоса» или к оценке

баланса симпатического и парасимпатического тонуса. Напротив, *вариабельность сердечного ритма трактуется нами как интегральный показатель процессов согласования между популяциями клеток различной морфологии (кардиомиоцитами, нейронами, гладкомышечными клетками сосудов, клетками жировой и мышечной ткани) в ходе формирования и реализации общеорганизменных функциональных систем.* Эти системы обеспечивают не только локальные гемодинамические эффекты, но и глобальную координацию энергетического обмена, перераспределения ресурсов и поддержания гомеостаза в условиях меняющихся поведенческих задач. Поэтому динамика вариабельности сердечного ритма (особенно её нелинейные характеристики, такие как энтропия, и изменения rMSSD) отражает не столько «вегетативную регуляцию» в классическом смысле, сколько темпоральную организацию системогенеза - моменты актуализации, селекции и смены функциональных систем, обеспечивающих целенаправленное поведение. Регистрация ЭКГ, таким образом, становится не просто методом оценки состояния, а окном в процесс непрерывного взаимосогласования всех тканевых компонентов организма, что делает ВСР ключевым показателем для изучения общеорганизменных механизмов поведения.

1.5.1. Некоторые замечания о метаболическом обеспечении клеточных взаимодействий

Для обоснования методического обеспечения исследования дополнительно необходимо обратиться к обобщенным сведениям из области биохимии для возможного объяснения установленных в рассмотренных исследованиях закономерностей, а также для их критического анализа с позиций СЭП.

Наряду с циклом трикарбоновых кислот (цикл Кребса) одним из ключевых метаболических путей является пентозофосфатный путь, который состоит из окислительной (необратимой) и неокислительной (обратимой) ветвей. Окислительная ветвь, ограничиваемая ферментом

глюкозо-6-фосфатдегидрогеназой (G6PDH), обеспечивает продукцию NADPH (НАДФ) - основной донор восстановительных эквивалентов для совокупности веществ с антиоксидантными свойствами (поддержание глутатиона в восстановленной форме GSH), синтеза жирных кислот, холестерина, нуклеотидов, работы редокс-чувствительных ионных каналов (Stincone et al., 2015; Bouzier-Sore, Bolaños, 2015; Forman et al., 2009). Соотношение метаболитов окислительной и неокислительной ветвей обеспечивает поддержание окислительно-восстановительного потенциала (редокс-потенциал) тканей или редокс-статуса. Для клетки он определяется соотношениями NADPH/NADP⁺ и GSH/GSSG. В здоровой клетке редокс-потенциал сдвинут в восстановленную сторону (GSH/GSSG > 100). Каноническое пороговое значение отношения GSH/GSSG в покое клетки составляет более 100:1 (Zitka et al., 2012). По результатам нейрофармакологических исследований установлено, что интенсивная вовлеченность в метаболические процессы пентозофосфатного пути способствует тому, что редокс-потенциал становится ещё более восстановленным, в связи с чем открываются калиевые каналы и достигается гиперполяризация (Laborit et al., 1963; Conway, Mullaney, 1960), а также подавляется оксидативный стресс (Jones, 2006) и создаётся метаболическая база для анаболизма и пластичности (Stincone et al., 2015). Редокс-чувствительность калиевых каналов получает и современное описание: так, авторы (Ciorba et al., 1997) указывают, что обратимое окисление остатков метионина способствует «модуляции их активации», а эндогенная перекись водорода, по оценкам (Avshalumov et al., 2005), способствует «регуляции АТФ-чувствительных K⁺-каналов и возбудимости нейронов», кроме того выполнен систематический обзор окислительной модуляции потенциал-зависимых K⁺-каналов выполнен в (Sahoo et al., 2014). Постоянная деградация ключевого гликолитического фермента комплексом APC/C-Cdh1 ограничивает гликолиз и направляет поток глюкозы в пентозофосфатный путь, обеспечивая NADPH-зависимую антиоксидантную защиту нейронов (Herrero-Méndez et al., 2009), а

неопределённость оценок вклада ПФП в нейрональное потребление глюкозы заставляет рассматривать его значение для защиты от окислительного стресса как недооценённое (Bouzier-Sore, Bolaños, 2015). Важно, что редокс-статус не является изолированным параметром клеток или отдельных тканей: он распространяется через жидкие среды, в частности через плазму крови (где GSH/GSSG отражает общий окислительный стресс), а также через то, что некоторые авторы называют «нейровегетативные контуры» (Jones, 2006; Pavlov, Tracey, 2012). В работах Гуляевой (Gulyaeva 2018, 2023) подчёркивается, что системный редокс-статус является ключевым звеном, сопрягающим метаболические и сигнальные процессы в мозге, а его нарушение лежит в основе стресс-индуцированных нейропластических изменений (Neves et al., 2022; TeSlaa et al., 2023).

Глутамат - центральный метаболит цикла трикарбоновых кислот. Он образуется из α -кетоглутарата трансаминированием и участвует в синтезе глутатиона (через γ -глутамилцистеинлигазу) (Dringen, 2000). В каждой клетке, имеющей митохондрии, существует пул глутамата, не связанный с нейротрансмиссией. Специализированные нейроны дополнительно экспрессируют везикулярные транспортеры (VGLUT) и систему обратного захвата (EAAT), что позволяет, как считается, использовать глутамат для синаптической передачи (Danbolt, 2001). Взаимодействие глутаматергической и глутатионовой систем описано в работах Гуляевой (Gulyaeva 2017, 2023), которая отмечает, что глутамат выступает не только как нейромедиатор, но и как ключевой регулятор редокс-гомеостаза через контроль доступности цистеина для синтеза глутатиона. Организация метаболизма глутатиона в нервной ткани, с ключевой ролью астроцитов в снабжении нейронов цистеином как лимитирующим предшественником, детально охарактеризована в (Dringen, Hirrlinger, 2003; Aoyama, 2021).

ГАМК образуется из глутамата глутаматдекарбоксилазой (GAD, кофактор PLP). Она является ключевым участником шунта Робертса - обходного пути ЦТК,

где ГАМК превращается в сукцинат через ГАМК-трансаминазу и сукцинат-семиальдегиддегидрогеназу. Количественная оценка вклада ГАМК-шунта относительно 2-оксоглутаратдегидрогеназного пути в энергообеспечение ГАМК-ергических нейронов выполнена в (Hassel et al., 1998), а сопряжение катаболизма ГАМК с митохондриальным фосфорилированием глюкозы показано в (Cavalcanti-de-Albuquerque et al., 2022). Шунт Робертса позволяет клетке поддерживать уровень ГАМК независимо от её медиаторной функции, сохранять углеродный скелет глутамата при изменении метаболических потребностей, обходить α -кетоглутаратдегидрогеназный этап ЦТК, что важно в условиях гипоксии или окислительного стресса. Современное описание метаболической динамики глутамата и ГАМК и роли астроцит-нейронального взаимодействия в этих процессах представлено в обзоре (Bouché et al., 2003; Andersen, Schousboe, 2023).

Поскольку глутамат и ГАМК являются прямыми метаболитами ЦТК, их концентрации отражают энергетический статус клетки. Изменение активности ЦТК (например, при гипоксии или при активации ППО) немедленно сказывается на пуле глутамата и, соответственно, на синтезе ГАМК и глутатиона. Таким образом, классические «возбуждающий» и «тормозной» медиаторы неразрывно связаны с базовым метаболизмом, и их сигнальная функция всегда наложена на этот метаболический фон (Schousboe, Waagepetersen, 2007). Актуальное состояние исследований в области биоэнергетических соотношений в нервной ткани позволяет делать выводы о пропорциональности окисления глюкозы степени распространения возбуждения по нервным волокнам и роли глюкозного метаболизма как донора субстратов нейромедиаторов (Markham et al., 2013; Dienel, 2019; Díaz-García et al., 202; TeSlaa et al., 2023).

Сказанное позволяет уточнить метаболическое значение шунта Робертса: он выступает одновременно и как альтернативный путь окисления субстратов цикла трикарбоновых кислот, и как регулятор редокс-гомеостаза. Поскольку глутамат

является предшественником и глутатиона, и ГАМК, модуляция потока через шунт контролирует доступность субстрата для синтеза глутатиона, что в долгосрочной перспективе поддерживает устойчивость самой ГАМК-ергической передачи. Тем самым регуляция синтеза глутатиона и выработка ГАМК оказываются звеньями единого метаболического контура, а не альтернативными путями цикла Кребса и ПФП (Li et al., 2025).

Дофамин синтезируется из тирозина через L-ДОФА (ферменты: тирозингидроксилаза, TH; ароматическая декарбоксилаза, AADC). Серотонин - из триптофана через 5-гидрокситриптофан (триптофангидроксилаза, TPH; AADC). Оба процесса требуют тетрагидробиоптерина (BH₄) как кофактора гидроксилаз, молекулярного кислорода, витамина B₆ (PLP) для AADC, достаточного пула АТФ для везикулярного упаковывания через VMAT2 (Fitzpatrick, 1999; Eiden, Weihe, 2011). Ключевая роль тетрагидробиоптерина как лимитирующего кофактора ароматических гидроксилаз, включая его биосинтез de novo из GTP и регенерацию, систематизирована в (Moncrieff et al., 2023).

При нарушении везикулярного депонирования или истощении антиоксидантной защиты дофамин и серотонин подвергаются аутоокислению с образованием хинонов, семихинонов и активных форм кислорода (АФК). Авторы (Spina, Cohen, 1989) показали, что при инкубации дофамина или серотонина с гомогенатами мозга образуется перекись водорода, которая утилизируется глутатионпероксидазой, сопрягая метаболизм моноаминов с системой глутатиона (Spina, Cohen, 1989). В обзорной работе Гуляевой (Gulyaeva, 2026) представлены данные литературы о нейрометаболической функции дофаминовой системы, включая её роль в регуляции окислительно-восстановительного статуса и взаимодействие с пентозофосфатным путём. Окисленные продукты (хиноны) могут ковалентно связывать тиоловые группы ферментов, в том числе G6PDH, ингибируя ППО и замыкая порочный круг: снижение NADPH → истощение GSH → усиление аутоокисления. Хиноны дофамина ковалентно модифицируют тиоловые группы

белков приблизительно на четыре порядка быстрее, чем аминокислоты, истощая глутатион и инактивируя тиол-зависимые ферменты, среди которых и G6PDH (Hurban, Tretyakova, 2022). Более того, сопряжение дефицита G6PDH с окислением дофамина установлено на генетической модели: снижение NADPH/GSH запускает потерю катехоламина, что связывает дефект пентозофосфатного пути с патогенезом болезни Паркинсона (Sies, 2021; Stykel et al., 2025).

Через рецепторы, сопряжённые с G-белками, дофамин и серотонин регулируют активность ключевых метаболических ферментов:

D₁-подобные рецепторы (G_{αs}) → ↑цАМФ → ↑РКА → фосфорилирование и активация PFK-2 → ↑фруктозо-2,6-бисфосфат → аллостерическая активация PFK-1 (усиление гликолиза) (Greengard, 2001).

D₂-подобные (G_{αi}) и 5-HT_{1A} (G_{αi}) → ↓цАМФ, что может снижать гликолиз и, согласно Лабори, активировать ППО через не прямые механизмы (возможно, через редокс-чувствительные транскрипционные факторы) (Laborit et al., 1963; Hoyer et al., 2002).

5-HT_{2B} (G_{αq}) → ↑PI3K/Akt → ↑экспрессию G6PDH и активность ППО (Stincone et al., 2015). Сопряжение «5-HT_{2B}-сигналинга» с митохондриальной функцией через PI3K/Akt показано на кардиомиоцитах (Nebigil et al., 2003), а систематическое описание роли серотонина в регуляции энергетического гомеостаза - от аппетита и термогенеза до секреции инсулина и липогенеза - представлено в обзоре (McCormack et al., 1990; Yabut et al., 2019; Singh et al., 2026).

Влияние дофамина и серотонина на ионные каналы (Na⁺, K⁺, Ca²⁺) опосредовано не только фосфорилированием, но и редокс-модуляцией: их аутоокисление может изменять проводимость калиевых каналов, а также активность Na⁺/K⁺-АТФазы (Laborit et al., 1963), что соответствует представлениям о сопряжении ППО и калиевого насоса (см. также в Krivoi et al., 2006).

Ацетилхолин синтезируется из ацетил-КоА (продукта гликолиза и β-окисления) и холина (компонента мембран, поступающего с пищей или

синтезируемого) под действием холинацетилтрансферазы (ChAT) (Zeisel, da Costa, 2009). Его деградация осуществляется ацетилхолинэстеразой (AChE), активность которой чувствительна к редокс-статусу. В работе (Blusztajn et al., 2017) охарактеризовано участие холина во взаимодействиях, описываемых как «холинергические», а также его нейропротекторные свойства (Caulfield, Birdsall, 1998; Falk et al., 2020).

Ацетилхолин, стало быть, а именно его концентрация, обеспечивает выбор между тем путем, который будет задействован: цикл Кребса, шунт Робертса или ППО. Основание для утверждения об определении выбора между ЦТК, шунтом Робертса и ППО благодаря соотношению активности никотиновых и мускариновых рецепторов, такие данные можно встретить в современных исследованиях (Picciotto et al., 2012; Lu et al., 2013). Никотиновые рецепторы (традиционно описываемые как ионотропные, проницаемые для $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$) (Albuquerque et al., 2009) при активации повышают внутриклеточный Na^+ , что способствует усиленной продукции Na^+/K^+ -АТФазы и потреблению АТФ (Attwell et al., 2001), а через повышение Ca^{2+} - активирует дегидрогеназы ЦТК и митохондриальное дыхание (Denton, 2009; McCormack et al., 1990; Wan et al., 1989; Díaz-García et al., 2021). Одновременно, согласно классификации (Laborit, 1963), никотиновый эффект ингибирует пентозофосфатный путь (Stapleton et al., 2003), что сдвигает метаболизм в сторону окислительного фосфорилирования (полный ЦТК) (Hall et al., 2012). Никотиновые (ионотропные) - вызывают быстрый вход $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, деполяризацию, активацию Na^+/K^+ -АТФазы, усиление гликолиза; при этом, согласно классификации Лабори, никотиновый эффект ингибирует ППО (Laborit et al., 1963; Dani, Bertrand, 2007). Существенное значение концентрации никотина в осуществлении церебрального глюкозного метаболизма установлено в ФДГ-ПЭТ-исследовании у человека (Domino et al., 2000), а совокупность результатов нейровизуализационных исследований систематизирована в (Sharma, Brody, 2009). Мускариновые (метаботропные) - через M_1 , M_3 , M_5 ($\text{G}_{\alpha q}$) активируют фосфолипазу C и могут

повышать ППО; через M₂, M₄ (Gαi) снижают цАМФ, что, по Лабори, активирует ППО (непрямой механизм, возможно, через изменение редокс-чувствительной транскрипции) (Laborit et al., 1963; Wess, 1996). Метаболическое значение роли мускарина в нейрональных взаимодействиях демонстрируется на генетических моделях: M₃-рецепторы β-клеток поджелудочной железы критичны для глюкозозависимой секреции инсулина и толерантности к глюкозе (Gautam et al., 2006a), тогда как их дефицит защищает от ожирения, повышая энергетические затраты (Gautam et al., 2006b).

В работе Н.В. Гуляевой (Gulyaeva, 2026) показано, что холинергическая система является одной из ключевых между метаболизмом и нейропластичностью, а её дисфункция сопряжена с нарушениями энергетического гомеостаза мозга. Таким образом представленная картина метаболической регуляции нейромедиаторных систем согласуется с концепцией «метаболической нейрофилософии», развиваемой в работах Гуляевой (Gulyaeva, 2026), согласно которой функции мозга, познание и психические состояния кардинально зависят от метаболических процессов. А метаболизм здесь рассматривается не просто как комбинация химических процессов, а как фундаментальная основа реализации сигнальных функций нейромедиаторов, причём их синтез, везикулярное депонирование и рецепторная передача всегда наложены на метаболический фон, определяемый редокс-статусом и активностью пентозофосфатного пути. Как подчёркивает Гуляева (Gulyaeva, 2017, 2023), глутаматергическая система является центральным звеном этого сопряжения, поскольку глутамат одновременно выступает и как основной возбуждающий нейромедиатор, и как ключевой метаболит цикла трикарбоновых кислот и предшественник глутатиона. Таким образом, классические нейромедиаторные системы неразрывно связаны с базовым энергетическим метаболизмом, что составляет метаболический базис индивидуальных вариаций поведения. Изложенные метаболические закономерности позволяют определять их проявления в общеорганизменных

свойствах, регистрируемых при помощи оценки динамики вариабельности сердечного ритма и биоимпедансным характеристикам тканей (Lu et al., 2013).

1.5.2. К проблеме эргичности для содержательного объяснения вариабельности сердечного ритма

Отдельно стоит рассмотреть проблему эргичности, поскольку в рамках, развиваемых в СЭП, положений о клеточном метаболизме, эта проблема приобретает не более, чем инструментальное значение. Строгого физиологического определения этого понятия в литературе не приводится: сходная по названию «эргичность (выносливость)» является психометрической характеристикой структуры темперамента (Русалов, 2012), тогда как в физиологической традиции устоялись прилагательные «эрготропный» и «трофотропный», введённые У.Р. Гессом для систем, повышающих либо снижающих способность организма расходовать энергию (Hess, 1949; Gellhorn, 1970). В настоящей работе под эргичностью понимается способность тканей и клеточных популяций к мобилизации и согласованному использованию энергетических субстратов - гликолиза, пентозофосфатного пути, окислительного фосфорилирования - для поддержания актуализируемых функциональных систем; понятие продолжает традицию эрго-/трофотропной организации и операционализируется по показателям вариабельности сердечного ритма и биоимпедансометрии.

Так, например, термины "глутаматергический", "ГАМК-ергический", "дофаминергический" и т.д. возникли в рамках классической нейростологии и электрофизиологии, когда нейроны идентифицировали по содержанию определённого медиатора (иммуноцитохимия), наличию ферментов его синтеза (например, глутаматдекарбоксилаза для ГАМК) (Soghomonian et al., 1998), специфическому везикулярному транспортеру, а также характеру постсинаптических эффектов (DeFelipe et al., 2013). Подобная удобная рабочая классификация для описания организации нейронных сетей не отражает

биохимической сущности клетки. Этот тезис можно обосновать тем, что один и тот же нейрон может содержать и высвобождать несколько медиаторов (например, ко-трансммиттеры) (Vaaga et al., 2014; Tunc-Ozcan, 2026), может менять экспрессию ферментов синтеза в зависимости от активности (фенотипическая пластичность) (Spitzer, 2012; Guemez-Gamboa et al., 2014; Borodinsky et al., 2014), содержит в себе полный набор метаболических пулов глутамата, ГАМК, ацетил-КоА и т.д., независимо от того, использует ли он их для синаптической передачи или нет (Bak et al., 2006; Waagepetersen et al., 1999).

Таким образом, нейрон не является "глутаматергическим" в том смысле, что его метаболизм глутамата принципиально отличается от метаболизма "дофаминергического" нейрона. Различия - только в наличии дополнительного специализированного аппарата (везикулярные транспортеры, системы обратного захвата) и в том, какой пул метаболита направлен в синапс. Традиционная нейрофизиология описывает синапс как устройство для "передачи нервного импульса" с клетки на клетку. Однако если смотреть с позиции клеточного метаболизма, картина иная. В первую очередь известно (Судаков, 2006), что потенциал действия прекращается в пресинаптической терминали, обеспечивая открытие потенциал-зависимых кальциевых каналов. Вход Ca^{2+} запускает экзоцитоз везикул, содержащих определённый набор молекул. Высвобождаемое вещество (глутамат, ГАМК, ацетилхолин, дофамин и др.) проникает или выбрасывается в межклеточное пространство. Дальнейшее зависит от того, какие рецепторы и транспортеры экспрессирует клетка-мишень в данный момент, а также от её собственного метаболического состояния. Так, например, клетка-мишень может использовать это вещество как сигнал (через рецепторы, изменяющие ионную проводимость или внутриклеточные каскады), захватить его как метаболический субстрат (например, астроциты захватывают глутамат, превращают в глутамин и возвращают нейронам) (Bak et al., 2006), игнорировать, если его концентрация недостаточна или метаболические пути заняты, в некоторых

случаях (например, при инактивации собственного фермента ЦТК) испытывать необходимость в получении данного метаболита извне, и тогда высвобождение соседней клетки выступает как межклеточная метаболическая кооперация (Bélanger et al., 2011; Almeida et al., 2023), а не "сигнал" в классическом смысле. На примере инактивации сукцинатдегидрогеназного этапа ЦТК (например, при гипоксии, окислительном стрессе или фармакологическом ингибировании), то поток через ЦТК нарушается (Pala et al., 2026). В такой ситуации клетка может испытывать дефицит α -кетоглутарата и, следовательно, глутамата (поскольку глутамат образуется из α -кетоглутарата трансаминированием). Получение глутамата из внеклеточной среды становится жизненно необходимым для поддержания пула метаболитов, синтеза глутатиона (Forman et al., 2009), аммиачного гомеостаза (Bak et al., 2006) и, возможно, для обхода дефектного участка ЦТК через шунт Робертса (который требует ГАМК, а ГАМК синтезируется из глутамата) (Salminen et al., 2016; Waagepetersen et al., 1999; Roberts et al., 1950). В этом контексте высвобождение глутамата соседним нейроном (или астроцитом) - это не "нейротрансмиссия", а метаболическая поддержка. Более того, сама клетка, высвобождающая глутамат, может делать это не столько для "передачи сигнала", сколько для регуляции собственного метаболизма (например, для сброса избытка глутамата, который в высокой концентрации токсичен) (Shin et al., 2026). Таким образом, классическое деление на "пресинаптическую передачу сигнала" и "постсинаптический ответ" стирается, уступая место картине двунаправленного метаболического обмена, где одна и та же молекула выполняет сигнальную, трофическую, энергетическую или защитную функцию в зависимости от состояния обеих клеток (Bélanger et al., 2011; Almeida et al., 2023). Если мы принимаем такую картину, то классификация нейронов по одному медиатору становится не более чем анатомическим ярлыком, удобным для ориентации в структурах мозга, но не имеющим глубокого биохимического смысла (DeFelipe et al., 2013). Можно выделить несколько уровней, где "эргичность" сохраняет ограниченную

эвристическую ценность: Уровень синтеза: наличие или отсутствие ферментов для дополнительного накопления вещества в везикулах (например, VGLUT, VMAT, GAD). Но это лишь одна из многих метаболических возможностей клетки (Soghomonian et al., 1998). Уровень высвобождения: какие вещества клетка выделяет в ответ на деполяризацию. Но один нейрон может выделять несколько (ко-трансммиттеры), а состав выделяемого может меняться при пластичности (Vaaga et al., 2014; Spitzer, 2012). Уровень анатомии: традиционное деление на глутаматергические пирамидные нейроны и ГАМК-ергические интернейроны в коре - это удобная описательная схема для структурной организации, но она не означает, что глутамат у одних и ГАМК у других не выполняют внутриклеточных метаболических функций (DeFelipe et al., 2013). С точки зрения метаболической координации, более продуктивно говорить не о "типах нейронов", а о метаболических «компартаментах» и потоках между клетками (нейроны, астроциты, эндотелий), где ключевую роль играет не «какой это нейрон», а какой пул веществ и в каком направлении движется в данный момент, и какие рецепторы/транспортёры активны (Bélangier et al., 2011; Almeida et al., 2023).

Важно заметить, что все эти сведения из области биохимии и, в частности, нейробиохимии позволяют сформулировать содержательное описание для системогенетических процессов, которые являются центральными в настоящей работе. Согласование этих процессов обеспечивается в том числе изменением метаболизма, который не является однородным и функциональным, а способствует сложным и нелинейным координационным взаимодействиям между популяциями клеток различной морфологической принадлежности - взаимодействие, которое проявляется в динамике вариабельности сердечного ритма как смена общеорганизменных функциональных систем (стойкое снижение SDNN, rMSSD, HF и LF при метаболическом синдроме систематизировано в метаанализах (Ortiz-Guzmán et al., 2023a, 2023b), а связь вагальных показателей BCP со скоростью метаболизма покоя и субстратным окислением показана в (Alcántara et al., 2024)), а

также в импедансных характеристиках тканей как история клеточного метаболизма (фазовый угол отражает целостность клеточных мембран и активную клеточную массу (Norman et al., 2012); его снижение ассоциировано с катаболическими состояниями и неблагоприятными исходами (Garlini et al., 2019) и рассматривается как скрининговый маркер метаболических заболеваний (Praget-Bracamontes et al., 2023), которая обеспечивает актуальное метаболическое состояние для будущих системогенетических изменений. В таком понимании метаболизм выступает адаптационным ресурсом организма: митохондрии интегрируют психосоциальный стресс и клеточную энергетику, формируя митохондриальную аллостатическую нагрузку (Picard, McEwen, 2018), митохондриальная «экономика» определяет переход адаптации в дезадаптацию (Morava, Kozicz, 2013), а нарушения энергетического метаболизма мозга авторы опосредуют через когнитивные и психические нарушения (Morella et al., 2022).

1.6. Организация эмпирического исследования

На основе проведенного обзора литературы формулируются основные компоненты исследования.

Предмет исследования - составляющие структуры индивидуального опыта - способы решения (СПР) - формирующиеся в ходе взаимодействия индивидов с предметной областью по принципу системогенеза, обладающие потенциалом дифференциации, актуализация и селекция которых обеспечивает формирование новых способов решения.

Объект исследования - студенты, проходящие обучение в высших учебных заведениях, вовлекающиеся в решение когнитивных задач для достижения индивидуального и коллективного результата.

Теоретическая гипотеза

Реализация СПР, которые формируются при взаимодействии индивида с предметной областью, проявляется не только в поведенческих характеристиках

(характеристики решения задач), и, в сопряженных с ними, психологических характеристиках, но и в таких свойствах индивида, которые связаны с энергетическим и метаболическим обеспечением взаимодействия. Такие свойства могут быть зафиксированы при помощи оценки общеорганизменных показателей (вариабельность сердечного ритма и состав тела), характеризующих особенности системной организации целенаправленного поведения индивидов. Формирование индивидуального опыта индивида в ходе взаимодействия с предметной областью протекает по принципу системогенеза - избирательного вовлечения компонентов организма в функциональные системы, обеспечивающие достижение индивидуального и коллективного результата. Системогенез является вариативным процессом (ввиду индивидуальной изменчивости в морфогенетических и метаболических процессах) и его динамика должна проявляться в согласованной изменчивости разноуровневых характеристик - поведенческих, психологических и системных общеорганизменных. В качестве показателей последних рассматриваются вариабельность сердечного ритма и состав тела, отражающие энергетическое и метаболическое содержание взаимодействия и системную организацию целенаправленного поведения. Соответственно, именно вариативность общеорганизменных показателей и её сопряжённость с картиной семейств решения - совокупность характеристик решения задач (или поведенческих характеристик) и психологических характеристик - выступает эмпирическим маркером координации процессов системогенеза, а различия в этой вариативности описывают индивидуальные варианты системной организации поведения.

I.4. *Цель эмпирического исследования* состояла в том, чтобы определить изменения системогенеза в процессе достижения коллективного и индивидуального результата, а также устойчивость реализации функциональных систем.

I.5. *Альтернативы исследовательской гипотезы.*

H1: Показатели состава тела могут быть сгруппированы таким образом, что образуются группы участников исследования, различающиеся по их соотношению.

Н2: Показатели ВСП могут быть сгруппированы таким образом, что образуются группы участников исследования, различающиеся по оценкам динамики ВСП.

Н3: Совместная кластеризация показателей состава тела и показателей variability сердечного ритма позволяет выделить группы участников исследования, различающиеся соотношением базовых и динамических показателей.

Н4: Индивиды с различающимся соотношением показателей состава тела и с различающимся соотношением показателей variability сердечного ритма обладают различной картиной сопряженности поведенческих характеристик (или характеристик решения) и психологических характеристик, т.е. с реализуемыми способами решения.

Н5: Изменчивость величин длительностей последовательных RR-интервалов оказывается сопряженной с процессом решения задач как при индивидуальном, так и при диадном решении.

1.6. Задачи исследования

1. Выделить семейства решения, общие для всех наборов текстовых задач, сравнить их по составу переменных, а также разделить участников исследования на группы по преимущественному использованию различающихся семейств решения (для индивидуального и для диадного решения).

2. Выделить группы участников исследования, различающиеся по соотношению показателей состава тела.

3. Выделить группы участников исследования, различающиеся по соотношению показателей variability сердечного ритма.

4. Сравнить величины переменных тестовых методик для групп участников исследования, выделенных по разным критериям.

5. Установить соответствие между разбиением участников исследования на группы (по семействам решения, по соотношению показателей состава тела и по

соотношению показателей variability сердечного ритма) и индивидуально-психологическими характеристиками.

6. Соотнести между собой картины разбиения выборки по разным критериям, а также установить их соотношение с индивидуально-психологическими характеристиками и определить область пересечения этих группировок.

1.7. Обоснование применения определенных методик

При исследовании способов решения текстовых задач было определено, что необходимо учитывать многомерность свойств, описывающих индивидуальный опыт (Тищенко и др., 2021). При этом, многомерность должна характеризоваться не через аддитивность, происхождение которой имеет атомистические корни (Бунге, 1975), а через неаддитивность, образованную селекцией и дифференциацией. В связи с этим проводится оценка поведенческих характеристик, сопряженных с психологическими характеристиками. Для оценки поведенческих характеристик используются тестовые задачи (сложные когнитивные задачи) разных типов, отображающие различные проблемные ситуации, требующие сформированности (или формирования) определенных компетенций, но допускающие множество вариантов решения.

Возможности решения сложных когнитивных задач и оперирование множеством вариантов решения дополнительно оцениваются при помощи психологических характеристик:

Опросник «Шкала аналитичности-холистичности» для оценки атрибутивного аттитюда - социальной установки дискретного выбора из двух альтернатив в предлагаемых условиях. Показатели этой шкалы позволяют оценить общее отношение индивида к определенным ситуациям и сформированность его установок в терминах «Каузальной атрибуции», «Фокуса внимания», «Толерантности к противоречиям», «Восприятия изменений», а также степени сомнения.

Тест «Стандартные прогрессивные матрицы» для оценки показателей чувствительности к изменениям в ситуации динамической смены правил организации условий задач. Показатели этой шкалы позволяют оценить возможности оперирования многоплановостью при выборе из нескольких альтернатив, учитывая такие характеристики, как «Динамическая наблюдательность», «Внимательность», «Переключаемость» и др.

Ресурсное и энергетическое содержание взаимодействия индивидов со средой проводится при анализе вариабельности сердечного ритма, ввиду чувствительности и одновременно интегративности активности сердца, в связи с чем обосновываются гипотезы о специфичности его вхождения в разные поведенческие акты и участие в достижении полезно-приспособительных результатов поведения (Bakhchina et al., 2018). Показатели энтропии вариабельности сердечного ритма позволяют оценивать ситуацию неопределенности, в которой находится индивид, являются не специфичными, т.е. отображают подобие ситуаций стресса, научения и др.

В контексте настоящего диссертационного исследования, направленного на изучение координации процессов системогенеза и оценку индивидуальных вариаций системной организации поведения, используются так же показатели состава тела, получаемые с помощью БИА, которые могут рассматриваться как компонент комплекса сопряжённых свойств индивида. Соотношение жировой и безжировой массы тела отражает метаболические резервы организма, которые, в свою очередь, связаны с вегетативной регуляцией и энергетическим обеспечением поведения.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА

2.1. Участники исследования

В исследовании приняли участие 142 студента московских ВУЗов (Муж = 34; Жен = 108) в возрасте от 18 до 35 лет (Med = 20). Для построения и валидации моделей восстановления импедансных характеристик из общего контингента была сформирована калибровочная подвыборка из 18 участников, для которых наряду с измерением на весах Рісоос выполнялось референсное биоимпедансное измерение на профессиональном анализаторе. Отбор участников в калибровочную подвыборку не был связан с показателями состава тела, что обеспечило перекрытие всего диапазона анализируемых значений и позволило переносить полученные регрессионные модели на основную выборку (подробности изложены в п. 2.7). Дополнительно, для оценки воспроизводимости измерений, у 20 участников с интервалом 7–10 дней были выполнены повторные измерения; соответствующие показатели тест-ретестовой надёжности приведены в п. 3.1.2.

2.2. Процедура исследования

Перед основной частью исследования участники заполняли тестовые методики. Экспериментальная процедура представлена двумя этапами: сначала индивидуальным решением, а затем решением в диадах. Непосредственно перед индивидуальной экспериментальной процедурой участники исследования заполняли тестовые методики на оценку их психологических свойств, добровольное информированное согласие на участие в исследовании, проходили процедуры измерения роста и биоимпедансометрии, а также установку кардиорегистратора. Затем им предъявлялся набор текстовых задач (“Рыцари и лжецы” и “Моральные дилеммы”) в случайном порядке, по модели случайного предъявления сигнальных проб в теории обнаружения сигнала (ТОС). После

решения текстовых задач участники исследования заполняли тестовые методики по оценке их удовлетворенности собственным решением и реконструкции их субъективного пространства решения, сформировавшегося в ходе взаимодействия с задачами.

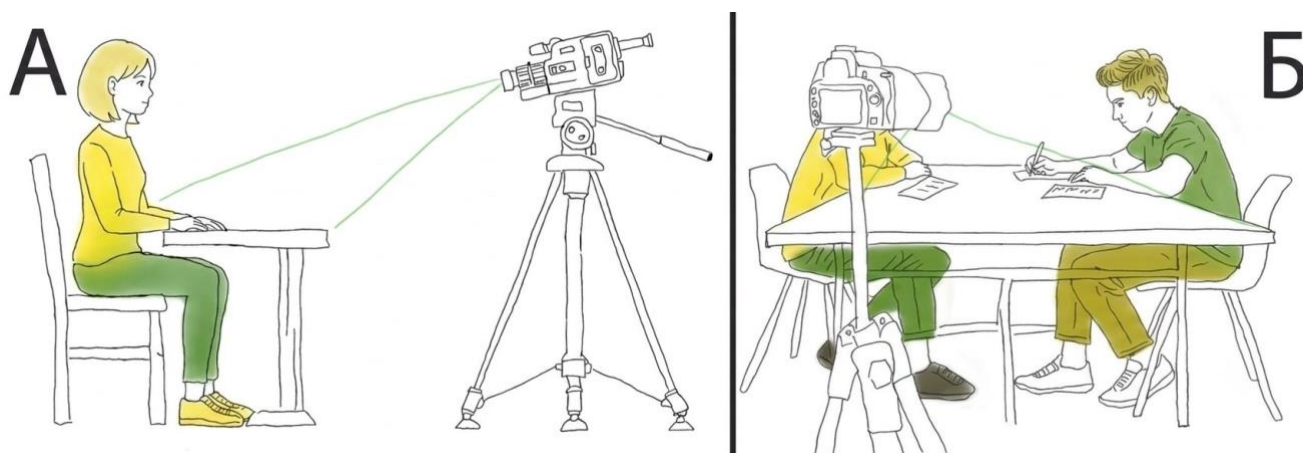


Рисунок 6. Иллюстрация процедуры исследования. На изображении А - индивидуальное решение задач, на изображении Б - решение в диадах.

После индивидуальной экспериментальной процедуры участники исследования группировались в диады для прохождения второго этапа - диадного решения задач. Формирование диад осуществлялось таким образом (случайно, имея в виду конкретного индивида, но на основе результатов использования «Шкалы аналитичность-холистичность»), чтобы сформировать гомогенные и гетерогенные диады по индивидуально-психологическим характеристикам диады.



Рисунок 7. Схематичное изображение сценария двух серий исследования

Участникам исследования предъявлялись 1) параллельная форма набора текстовых задач («Рыцари и лжецы» и «Моральные дилеммы») в случайном порядке, как это реализуется, например, в модели случайного предъявления сигнальных проб в теории обнаружения сигнала (ТОС), что позволит избежать неравномерности в распределении появления задачи каждого типа. После решения текстовых задач участники исследования будут заполнять тестовые методики по оценке их удовлетворенности совместным решением и реконструкции их субъективного пространства решения, сформировавшегося в ходе взаимодействия с задачами.

В ходе экспериментальных процедур велась запись видеопотока для фиксации процесса обсуждения решения во время совместного решения задач и оценки индивидуального вклада каждого из членов диады, видеозапись проводилась без попадания в кадр лица участника исследования, о чем он был осведомлен (см. Рис. 6).

2.3. Наборы текстовых задач, применявшихся в исследовании

В исследовании использовался набор текстовых задач, который применялся в работе (Тищенко, 2025). Набор состоит из задач двух типов: «Рыцари и лжецы» и «Моральные дилеммы». Участникам исследования предъявлялись 30 задач в квази-случайном порядке, из которых 15 задач - «Рыцари и лжецы», и 15 задач - «Моральные дилеммы».

2.3.1. Группа задач «Рыцари и лжецы»

Пример классической задачи из области рекреационной математики и логики, в которой персонажи могут быть названы по-разному, но содержательно условия не меняются: есть персонажи, высказывания которых ложны (они лгут), есть персонажи, высказывания которых истинны (они говорят правду), и есть персонажи, высказывания которых могут быть либо истинными, либо ложными

(они могут как лгать, так и говорить правду). В таких задачах задается сюжет, в котором персонаж задачи (обычно автор) оказывается в ситуации, в которой необходимо задать вопрос другому персонажу, например, «Сколько рыцарей среди вас?», «Есть ли среди вас рыцарь?», «Кто такой персонаж А?», и по ответу этого персонажа необходимо определить кто кем является. В таких задачах участникам исследования необходимо проверять альтернативы «Что, если персонаж, к которому обратились с вопросом, лжет?» и «Что, если персонаж, к которому обратились с вопросом, говорит правду?», и, сопоставляя эти альтернативы с условиями задачи, находить противоречие, позволяющее дать ответ. Одним из вспомогательных моментов при объяснении условий таких задач является правило, что рыцарь не может сказать, что он лжец (иначе он скажет неправду), и лжец не может сказать, что он лжец (иначе он скажет правду). Каталог таких задач для исследования был составлен на основе книги Р. Смаллиана (Смаллиан, 1981). Такие задачи предполагают последовательно исключать непригодные альтернативы, обращаясь к правилам логики, хотя это не является обязательным условием, поскольку хотя задачи и относятся к логическим, они в большей степени могут быть отнесены к задачам «на смекалку», т.е. не требуют специального владения аппаратом формальной логики.

2.3.2. Группа задач «Моральные дилеммы»

Задачи этого класса корректнее называть «Моральные суждения», поскольку в них участник исследования не принимает решения, как в классической «Проблеме вагонетки» о спасении пятерых человек или одного. В этих задачах участнику предлагается ситуация, в которой персонаж оказывается перед выбором о спасении пятерых или одного человека и совершает некоторое действие, которое приводит к чьей-то гибели. Участнику исследования необходимо оценить допустимость совершенного действия по 7-балльной шкале (от «Запрещено» до «Разрешено») и аргументировать свою позицию в свободной форме (Arutyunova et al., 2013). Одним

из условий таких задач является запрет на приписывание дополнительных вводных, в инструкции отмечается, что ситуации следует рассматривать как данность, в которой активное действие или бездействие персонажа приводит к чьей-то гибели.

2.4. Тестовые методики

2.4.1. Опросник «Шкала аналитичность-холистичность»

В основу опросника положена четырехкомпонентная модель Р. Нисбетта (Nisbett et al., 2001), каждый компонент которой представляет одну из 4 субшкал: «Фокус внимания», «Каузальная атрибуция», «Толерантность к противоречиям» и «Восприятие изменений». Публикация результатов стандартизации опросника проведена в 2007 году на английском (Choi et al., 2007) и в 2017 на русском (Апанович и др., 2017) языках. Перечень пунктов включает в себя 17 прямых и 7 обратных, ответы на которых суммируются в соответствии с конкретной субшкалой и для вычисления общего балла, величина которого находится в диапазоне от 24 (полюс аналитичности) до 168 (полюс холистичности). Оценка суждений, приведенных в пунктах, осуществляется по 7-балльной шкале Ликерта от «Совершенно не согласен» до «Совершенно согласен». Ответы «Затрудняюсь ответить» подсчитываются отдельно и в исходной логике анализа результатов такого тестирования предполагают исключать участников исследования из анализа при частоте ответов такого типа ≥ 6 . Однако в дальнейшем эти ответы стали выступать самостоятельной переменной «Сомнение» в анализе (Тищенко и др., 2021).

2.4.2. Тест «Стандартные прогрессивные матрицы: Параллельные формы» Дж. Равена

Тест направлен на оценку невербального интеллекта и состоит из пяти субшкал (А, В, С, D, Е) по 12 задач в каждой. Каждая из субшкал организована так, что с 1 по 12 задачу происходит усложнение материала (Мухордова, Шрейбер,

2011). Материал теста «обращён» в целом к традиционным логическим операциям (сравнение и различие, анализ и др.). В исследовании применялся 20-минутный протокол, т.е. участникам необходимо было выполнить все 60 заданий за 20 минут. В анализ включались баллы, набранные по каждой шкале (от 0 до 12 соответственно, по 1 баллу за каждый ответ, совпадающий с ключом). Можно отметить, что несмотря на отсутствие результатов специальной валидации опросника «Шкала аналитичность-холистичность» при помощи теста «Стандартные прогрессивные матрицы Дж. Равена», принцип организации субшкал позволяет утверждать, что результаты выполнения этого теста компенсируют недостаток опросника - отсутствие «мыслительного компонента», а также содержательно совпадают с конструктом «аналитичность-холистичность». Так, например, Субшкала А («Принцип взаимосвязи в структуре матриц») требует выявление связей в контексте всей матрицы, а Субшкала Е («Принцип разложения фигур на элементы») требует точной дифференцировки и анализа. При этом, однако, каждая матрица построена так, что совмещает в себе операции анализа и синтеза (в терминах автора), в связи с чем однозначного соответствия какой-либо субшкалы и конструкта «аналитичность-холистичность» устанавливать не приходится. Связность результатов двух этих тестовых методик подробно рассмотрена в (Тищенко и др., 2021).

2.4.3. Тест «Сильные стороны личности»

Позитивно психологическая модель 24 сильных сторон личности (VIA, Values In Action) разработана К. Питерсоном и М. Селигманом (2004). Она описывает личностные характеристики индивида, которые в той или иной степени выражены в каждом человеке и универсальны в мультикультурном смысле. Через реализацию поведения, соответствующего индивидуальному паттерну сильных сторон личности, человек достигает психологического благополучия. При этом каждое из 24 качеств обосновано эмпирическими исследованиями поведения человека и

имеет психометрические параметры для валидного научного изучения (Реан и др., 2024). Сильные стороны личности включают: креативность (творческое мышление, оригинальность, изобретательность); любовь к учению; любопытство (любопытность); широту видения (мудрость); критическое мышление; храбрость (отвагу); настойчивость (усердие, трудолюбие, стойкость); честность (искренность, целостность); энергичность (жажду жизни, энтузиазм, бодрость); любовь; доброту (великодушие, заботу, сострадание); социальный (эмоциональный) интеллект; просоциальную активность; беспристрастность; лидерство; прощение (умение прощать); смирение; благоразумие (осторожность); самоконтроль (саморегуляцию); умение ценить красоту и совершенство во всем; благодарность; оптимизм (надежду, ориентацию на лучшее будущее); чувство юмора (игривость); духовность (веру, смысл жизни) (Ставцев и др., 2021; Bruna et al., 2019).

2.4.4. Тест «Я-структурный тест Амона»

Для исследования центральных личностных функций на структурном уровне в данной работе применялся «Я-структурный тест Г. Аммона» (нем. Ich-Struktur-Test nach Ammon, сокр. ISTA). Методика была разработана немецким психиатром и психоаналитиком Гюнтером Аммоном в русле концепции динамической психиатрии и представляет собой клинический личностный опросник. Русскоязычная адаптация теста выполнена коллективом сотрудников Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В.М. Бехтерева под руководством Ю.Я. Тупицына и В.В. Бочарова.

Опросник включает 220 утверждений, описывающих различные способы поведения и установки в ситуациях межличностного взаимодействия. Испытуемому предлагается выразить согласие или несогласие с каждым утверждением, выбирая ответ из дихотомической шкалы («верно»/ «неверно»). Время выполнения методики не лимитировано. Утверждения сгруппированы в 18

шкал, которые попарно (в трех вариантах - конструктивном, деструктивном и дефицитарном) оценивают шесть центральных Я-функций:

Агрессия (А) - потенциал активности, способность к познанию и преобразованию мира.

Страх/Тревога (F) - способность совладания с тревогой, выполняющая сигнальную функцию.

Внешнее Я-отграничение (EG) - способность устанавливать и поддерживать гибкие границы между собой и внешним миром.

Внутреннее Я-отграничение (IG) - способность дифференцировать собственное «Я» от неосознаваемых побуждений и внутренних объектов.

Нарциссизм (N) - степень целостного позитивного принятия себя.

Сексуальность (S) - способность к взаимообогащающему единению с партнером без утраты собственной идентичности.

Помимо первичной интерпретации значений по 18 шкалам, методика позволяет рассчитывать два основных (α и β) и два дополнительных (γ и δ) индекса, отражающие общий уровень жизненной и социальной энергии, баланс конструктивных и деструктивно-дефицитарных компонентов личности.

Русскоязычная версия ISTA была создана в ходе многоэтапной процедуры, включавшей двойной (немецко-русский и русско-немецкий) перевод, сопоставление и согласование психологического смысла утверждений, а также рестандартизацию тестовых норм. Исследования, проведенные на российских выборках, подтвердили удовлетворительные психометрические характеристики опросника. Методика продемонстрировала способность значимо дифференцировать клинические группы (пациенты с неврозами, пограничными расстройствами, психозами) от здоровых лиц и надежно отображать изменения в ходе терапевтического процесса.

2.4.5. Тест «Опросник качества жизни ВОЗ»

Для оценки субъективного восприятия качества жизни в диссертационном исследовании применялся «Опросник качества жизни Всемирной организации здравоохранения» (WHOQOL-100; русскоязычная версия - ВОЗКЖ-100). Инструмент разработан в рамках международного проекта ВОЗ, направленного на создание многомерного, транскультурального измерительного средства, пригодного для использования в разных социальных, культурных и демографических контекстах. Русскоязычная версия подготовлена на базе Санкт-Петербургского научно-исследовательского психоневрологического института им. В. М. Бехтерева (регионального центра ВОЗ) коллективом авторов под руководством Г. В. Бурковского и под редакцией проф. М. М. Кабанова. Опросник опирается на принятое ВОЗ определение качества жизни как «восприятия индивидами их положения в жизни в контексте культуры и систем ценностей, в которых они живут, и в соответствии с их собственными целями, ожиданиями, стандартами и заботами». Качество жизни рассматривается как многомерная, субъективная и культурально-обусловленная характеристика. Ядерный модуль ВОЗКЖ-100 состоит из 100 вопросов, каждый из которых оценивается по пятибалльной шкале Ликерта. Методика предназначена для самостоятельного заполнения респондентом. Время выполнения не лимитировано. Вопросы сгруппированы в шесть макросфер (доменов), каждая из которых содержит несколько субсфер (всего 24 субсферы):

Физическая сфера (например, субсферы «боль и дискомфорт», «энергия и усталость», «сон и отдых»).

Психологическая сфера (например, «положительные эмоции», «самооценка», «мышление, обучаемость, память и концентрация»).

Уровень независимости («мобильность», «способность выполнять повседневную работу», «зависимость от лекарств и лечения»).

Социальные отношения («личные отношения», «практическая социальная поддержка», «сексуальная активность»).

Окружающая среда («финансовые ресурсы», «свобода, физическая безопасность», «доступность и качество медицинской и социальной помощи»).

Духовная сфера («духовность, религия, личные убеждения»).

Помимо профилей по отдельным сферам и субсферам, методика позволяет вычислить общий показатель восприятия качества жизни и здоровья.

Русскоязычная версия ВОЗКЖ-100 создана в рамках стандартизированного протокола ВОЗ, исключая прямой перевод: формулировки вопросов разрабатывались и апробировались непосредственно в русскоязычной культурной среде при сохранении полного соответствия структуре и содержанию оригинального инструмента. Адаптация и валидизация проводились в отделении психопрофилактики и внебольничной психиатрии НИИ им. В. М. Бехтерева. Исследования, выполненные на российских выборках (включая клинические группы пациентов с психическими расстройствами и здоровых лиц), подтвердили удовлетворительные показатели внутренней согласованности, ретестовой надёжности, содержательной и конструктивной валидности опросника, а также его способность дифференцировать популяции с разным уровнем психосоциального функционирования

2.4.6. Опросник «Шкала удовлетворённости жизнью»

Для измерения когнитивно-оценочного компонента субъективного благополучия использовалась «Шкала удовлетворённости жизнью» (Satisfaction with Life Scale, SWLS), разработанная Э. Динером с коллегами (Diener et al., 1985). В основе методики лежит понимание удовлетворённости жизнью как глобальной сознательной оценки человеком собственной жизни в соответствии с субъективно значимыми критериями. Русскоязычная адаптация выполнена Е. Н. Осиным и Д. А. Леонтьевым (2020) в рамках масштабного сравнительного исследования

кратких шкал субъективного благополучия. Инструмент состоит из пяти утверждений (например, «В основном моя жизнь близка к идеалу»), каждое из которых респондент оценивает по 7-балльной шкале (от «абсолютно не согласен» до «абсолютно согласен»). Общий показатель удовлетворённости жизнью рассчитывается как сумма баллов по всем пунктам. Заполнение опросника занимает 1–2 минуты. Психометрическая проверка русскоязычной версии на репрезентативной российской выборке показала высокую внутреннюю согласованность (α Кронбаха $> 0,80$) и конфирматорный факторный анализ подтвердил однофакторную структуру шкалы. Методика демонстрирует ожидаемые связи с показателями эмоционального благополучия, осмысленности жизни и удовлетворённости отдельных потребностей, а также способна дифференцировать группы с разным уровнем психологического здоровья.

2.4.7. Опросник «Шкала самооценки»

Для диагностики общего уровня самоуважения (глобальной самооценки) применялась «Шкала самооценки» (Self-Esteem Scale) М. Розенберга в русскоязычной адаптации, опубликованной под редакцией А. А. Бодалева и В. В. Столина. Оригинальный инструмент (Rosenberg, 1965) исходит из представления о самооценке как обобщённой позитивной или негативной установке индивида по отношению к собственному «Я». Методика включает 10 утверждений, половина из которых сформулирована прямо, половина - обратно. Респондент выражает степень согласия с каждым утверждением по 4-балльной шкале (от «полностью согласен» до «полностью не согласен»). Итоговый показатель глобальной самооценки вычисляется как сумма баллов с учётом перекодировки обратных пунктов; высокий балл свидетельствует о выраженном самоуважении. Процедура не требует специального инструктажа и выполняется самостоятельно в течение 3–5 минут. Адаптация, представленная в фундаментальном руководстве «Общая психодиагностика» (Бодалев, Столин,

1987), обеспечивает надёжное измерение самооценки на русскоязычных выборках. В последующих исследованиях подтверждена высокая внутренняя согласованность (α Кронбаха около 0,80) и ретестовая надёжность шкалы. Инструмент продемонстрировал конвергентную валидность со шкалами самопринятия, нейротизма и депрессивных переживаний, что позволяет использовать его как лаконичный индикатор психологического благополучия в контексте отношения к себе.

2.4.8. Опросник «Шкала общей самоэффективности»

Для оценки генерализованной уверенности индивида в собственной способности эффективно действовать в трудных и непредвиденных обстоятельствах использовалась «Шкала общей самоэффективности» (General Self-Efficacy Scale, GSE) Р. Шварцера и М. Ерусалема. Конструкт общей самоэффективности, введённый в рамках социально-когнитивной теории А. Бандуры, понимается как стабильная личностная диспозиция, отражающая оптимистическое убеждение в возможности контролировать жизненные вызовы и успешно достигать целей. Русскоязычная версия подготовлена В. Г. Ромеком совместно с авторами оригинала (Ромек, Шварцер, Ерусалем, 1996). Шкала состоит из 10 утверждений, каждое из которых испытуемый оценивает по 4-балльной шкале (от «абсолютно неверно» до «абсолютно верно»). Все пункты прямые; суммарный балл отражает уровень общей самоэффективности. Психометрическая проверка русскоязычной версии продемонстрировала отличную внутреннюю согласованность (α Кронбаха 0,87–0,90) и ретестовую надёжность. Конфирматорный факторный анализ подтвердил однофакторную модель. Шкала валидизирована на российских выборках: показаны значимые корреляции с параметрами оптимизма, самоуважения, самоконтроля и удовлетворённости жизнью, а также отрицательные связи с тревожностью и депрессивными симптомами.

2.4.9. «Опросник агрессивности Басса-Перри»

Для оценки индивидуального уровня агрессивности и её основных компонентов в работе применялся «Опросник агрессивности Басса - Перри» (Buss - Perry Aggression Questionnaire, BPAQ). Оригинальная методика разработана А. Бассом и М. Перри (Buss, Perry, 1992) на основе более ранней шкалы враждебности Басса - Дарки. Теоретической основой опросника является представление об агрессии как многомерном личностном конструкте, объединяющем поведенческий, эмоциональный и когнитивный компоненты. Русскоязычная версия подготовлена С. Н. Ениколоповым и Н. П. Цибульским (2007). Опросник включает 24 утверждения, которые оцениваются испытуемым по 5-балльной шкале Ликерта (от 1 - «совершенно не согласен» до 5 - «совершенно согласен»). Пункты сгруппированы в четыре шкалы: «физическая агрессия», «гнев», «враждебность» и «вербальная агрессия». Показатель по каждой шкале вычисляется как суммарный балл, также может подсчитываться общий индекс агрессивности. Процедура представляет собой самостоятельное заполнение бланка, время не ограничено. Адаптация опросника на российской выборке подтвердила его четырёхфакторную структуру, идентичную оригиналу. Получены удовлетворительные показатели внутренней согласованности шкал (α Кронбаха от 0,70 до 0,80) и ретестовой надёжности. Методика валидизирована на клинических и нормативных выборках и широко используется в исследованиях агрессивного поведения.

2.5. Аппаратные методики

2.5.1. Телеметрическая регистрация электрокардиограммы

Для регистрации кардиограммы применялся кардиограф носимый Декорда-8М (Инкарт, Россия). На Рис. 8 приведена схема монтажа электродов (3х7; 3 отведения и 7 электродов). Такой монтаж позволяет проводить регистрацию в отведениях (V4M, III, V6M), которые заменяют стандартные 12 отведений для

более стабильной записи и удобства участника исследования. Применялись одноразовые Ag/AgCl электроды размера 50x48 мм на основе полиуретановой пены (производство Medico Electrodes, Индия).

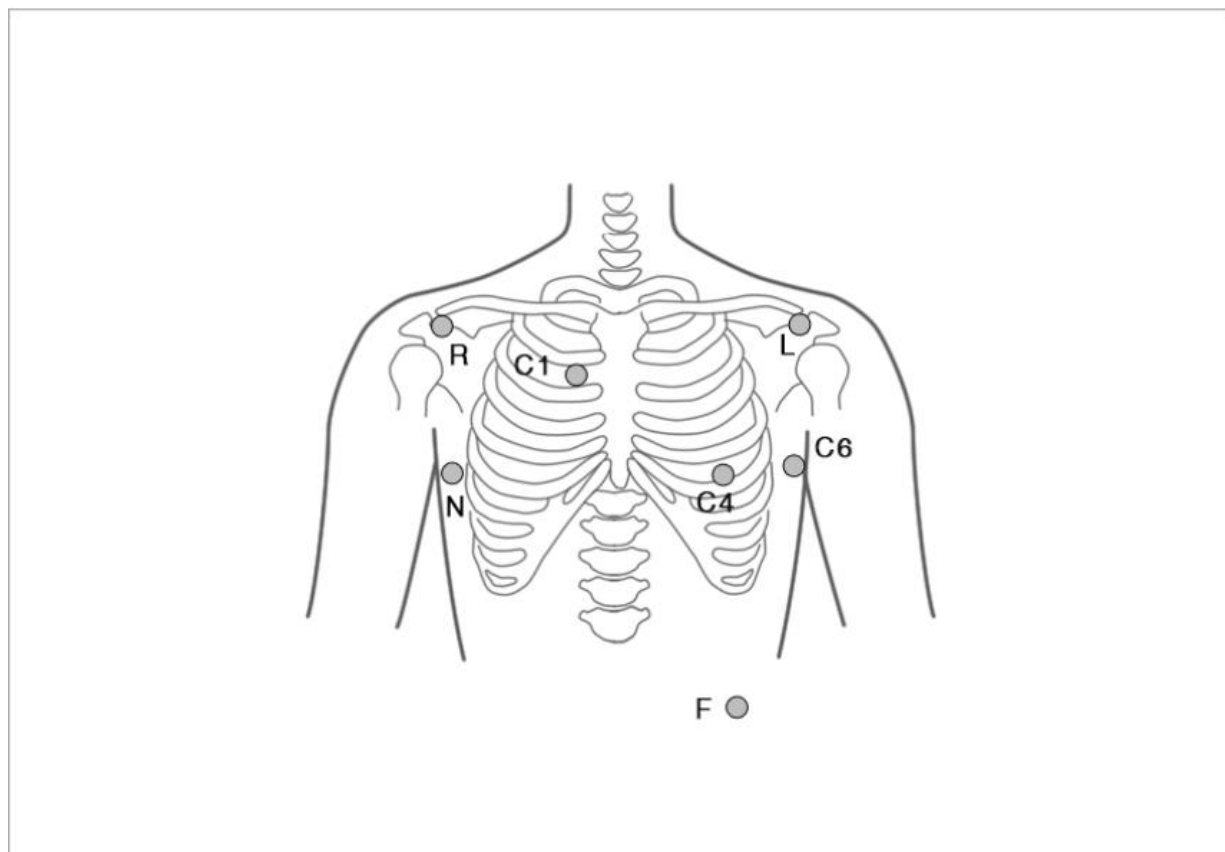


Рисунок 8. Схема монтажа электродов по модели 3x7

2.5.2. Анализ биоэлектрического импеданса

Была проведена отдельная серия для контроля значений, оцениваемых при помощи Росоос (см. ГЛАВА 3; п. 3.3.1). Применялась двух-энергетическая абсорбциометрия (DEXA) и анализатор биоэлектрического импеданса (МЕДАСС, Россия). Анализ измеренных величин (см. п. 3.3.1) проводился с включением различных вариантов сумм, составляющих жировой массы (для DEXA и BIA), что обосновывается заложенными моделями измерения (см. Рис. 9). Перед измерениями участники проходили процедуру измерения роста (ростомер медицинский РЭП ВМЭН 50/100-И-Д1-А) и обхватов запястья, талии, бедер (метр швейный). Перед установкой электродов конечности обрабатывались спиртовой

салфеткой. Перед процедурой участников просили снять все металлические предметы (в том числе детали одежды). Измерение проводилось в положении, участником исследования, лёжа на медицинской кушетке. Измерение проводилось после опорожнения мочевого пузыря и спустя 2 часа после еды.

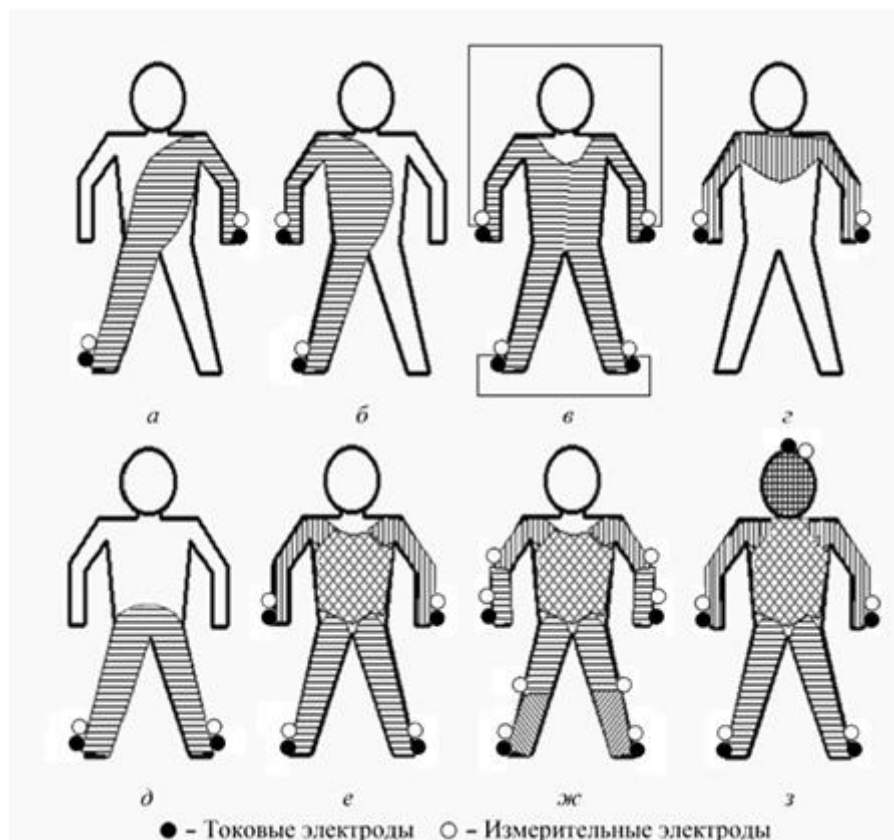


Рисунок 9. Варианты прохождения электрического тока в зависимости от монтажа электродов (см. Николаев и др., 2009)

2.6. Переменные

Из зарегистрированной кардиоритмограммы извлекались значения RR-интервалов, которые являются основными при анализе вариабельности сердечного ритма. Основой в анализе вариабельности сердечного ритма является выделение комплекса QRS волны электрокардиограммы, где R - точка, соответствующая пику этого комплекса, выступает как начало и конец RR-интервалов, динамика которых обладает свойствами нелинейности, фрактальности, нестационарности, что в свою

очередь позволяет вычислять значения энтропии сердечного ритма. Измерение длительности RR-интервалов проводилась программным образом, при помощи алгоритма Пана-Томпкинса, после чего формируется запись последовательности RR-интервалов. Эти интервалы имеют особую значимость в анализе, поскольку именно начало зубца R и является началом нового сердечного цикла, связанного с возбуждением синусового узла, что позволяет изучать вовлечение популяции клеток сердца в обеспечение целенаправленного поведения. Полученная последовательность из RR-интервалов дополнительно очищалась вручную на предмет невалидных для анализа интервалов, выходящих за пределы нормативного диапазона 550-1200 мс (Галстян, 2015). Далее составлялась матрица со следующими переменными «Номер участника», «Длительность интервала», «Номер задачи». Итоговая матрица составила более 400 тыс. строк. Подготовленная матрица загружалась в среду Python для расчёта основных значений variability сердечного ритма (SDNN, rMSDD, LF, HF, LF/HF), а также для расчёта значений выборочной энтропии (SampEn). Собранные показатели ЭКГ первично обработаны с оценкой характеристик сложности сердечного ритма (выборочная энтропия, SampEn). Установлены различия в сложности сердечного ритма для групп, различающихся по способам решения, что позволяет говорить о различиях в актуализируемом опыте участников.

Таблица 1. Характеристика основных показателей для анализа ВСР

Показатель	Описание
Mean-HR	Средняя частота сердечных сокращений
SDNN	Стандартное отклонение (среднеквадратичное) нормализованных RR-интервалов
rMSDD	Среднеквадратичное значение разности последовательных RR-интервалов
LF	Абсолютная мощность низкочастотного диапазона (0.04-0.15 Гц)
HF	Абсолютная мощность высокочастотного диапазона (0.15-0.4 Гц)

LF/HF	Отношение мощности низкочастотного диапазона к высокочастотному
SampEN	Выборочная энтропия, описывающая регулярность и сложность временного ряда

Таблица 2. Характеристика основных показателей для анализа биоэлектрического импеданса

Переменная	Описание
Рост	Измерение проводилось в м, с округлением до 0,01 м
Масса тела	Измерение проводилось в кг с округлением до 0,01 кг, без учёта предметов, находящихся на человеке, в одежде, но без обуви или аксессуаров, таких как мобильные телефоны, часы и т. д.
ИМТ	Величина, рассчитываемая как отношение массы тела к квадрату роста и позволяющая оценить степень их соответствия, тем самым <i>косвенно</i> оценить, является ли масса недостаточной, нормальной, избыточной
Жировая масса	Показатель, рассчитываемый через соотношение разностей сопротивлений жировой и мышечной тканей, где жировая ткань является тканью с <i>меньшим</i> сопротивлением
Мышечная масса	Показатель, рассчитываемый через соотношение разностей сопротивлений жировой и мышечной тканей, где мышечная ткань является тканью с <i>большим</i> сопротивлением
Костная масса	Показатель, оцениваемый по соотношению роста и плотности (через сопротивление) остальных тканей
Безжировая масса	Показатель, оцениваемый по общей массе тела за вычетом жировой массы (включая показатели висцерального жира)
Скелетные мышцы	Показатель мышечной массы, за вычетом гладкой мускулатуры и других мышечных тканей, оценивается на основе сопротивлений и показателей жировой и мышечной масс
Индекс висцерального жира	Показатель, который соответствует количеству жира, накопленного в области внутренних органов
Содержание воды в организме	Суммированная оценка составляющих: внутриклеточная жидкость (40–50% массы тела).

	Внеклеточная (20% массы тела) включающая два сектора: внутрисосудистая (около 5% массы тела) и интерстициальная (межклеточная) (15% массы). Оставшиеся 3% воды в организме находятся в просвете кишечника, спинномозговой жидкости и других отделах организма, они так же учитываются, так как оценка сформирована исключительно по сопротивлению тканей
СООВ	Показатель базального метаболизма, минимально допустимое количество энергии, которое необходимо получать организму, чтобы обеспечить все процессы взаимодействия со средой

2.7. Анализ данных

Поскольку весы Рісоос не предоставляют сырых значений импеданса, была разработана процедура восстановления активного и реактивного сопротивлений на основе выходных параметров весов (безжировая масса, мышечная масса, рост). Для этого по данным 18 парных измерений (Рісоос + ВІА) были построены линейные регрессионные модели для каждой из пяти частот (5, 20, 50, 200, 500 кГц).

Формула активного сопротивления:

$$R_f = a_f + b_f \times \frac{\text{Рост}^2}{\text{БЖМ}}$$

Формула реактивного сопротивления:

$$X_{cf} = c_f + d_f \times \text{Мышечная масса}$$

Коэффициенты (a_f , b_f , c_f , d_f) были определены методом наименьших квадратов. Полученные значения приведены в таблице 3.

Таблица 3. Регрессионные коэффициенты для восстановления импедансных характеристик

Частота, кГц	(Ом)	(Ом*кг/м ²)	Ом	Ом/кг
5	124,3	9420	48,2	−0,62
20	98,7	8870	65,4	−0,58

50	82,4	8310	79,6	–0,47
200	65,1	7390	81,2	–0,39
500	53,9	6720	77,5	–0,31

Фазовый угол на каждой частоте вычисляли по формуле:

$$\varphi_f = \arctg\left(\frac{X_{cf}}{R_f}\right) \times \frac{180}{\pi}$$

Для дальнейшего анализа использовали преимущественно частоту 50 кГц как наиболее стандартную в одночастотном ВИА. При кластерном анализе применяли также усреднение по всем пяти частотам для снижения частотных артефактов. Для оценки систематической ошибки восстановленных значений на референсной выборке сравнивали предсказанные значения (R_{50} , X_{c50} , ϕ_{50}) с непосредственно измеренными на профессиональном анализаторе. Средняя абсолютная ошибка составила: для R_{50} - 54,2 Ом (10,8%), для X_{c50} - 13,4 Ом (18,3%), для ϕ_{50} - 0,96° (13,8%). Эти величины приняты как параметры неопределённости при переносе моделей на другие выборки.

Модели восстановления импедансных характеристик естественно связать с физической картиной измерений. Активное сопротивление R определяется преимущественно геометрией проводящих тканей и потому описывается через отношение квадрата роста к безжировой массе ($H^2/\text{БЖМ}$); реактивное сопротивление X_c , отражающее ёмкостные свойства клеточных мембран, моделируется через мышечную массу. В таблицах 4 и 5 приведены коэффициенты моделей R и X_c для каждой из пяти частот. Сравнение коэффициентов показывает, что с ростом частоты вклад слагаемого, зависящего от БЖМ, в значение R ослабевает (bf снижается от 9420 до 6720), тогда как свободный член af проходит через максимум на 50 кГц; для реактивного сопротивления коэффициент при мышечной массе отрицателен, а его модуль убывает с ростом частоты, что согласуется с уменьшением вклада мембранной ёмкости.

Восстановленные параметры позволяют без дополнительных измерений рассчитывать производные показатели: активная клеточная масса определяется по формуле $AKM = 0,40 \cdot БЖМ + 1,2 \cdot \varphi_{50} + 1,5$ ($R^2 = 0,92$; $SEE = 1,9$ кг), то есть фазовый угол φ_{50} , восстановленный по модели, вносит статистически значимый вклад в оценку АКМ. Систематические смещения моделей относительно референсных значений были устранены аддитивными поправками: +13,3 Ом для X_{c50} и +0,89° для φ_{50} ; для жировой массы использован мультипликативный коэффициент 1,18.

Таблица 4. Коэффициенты регрессионных моделей для активного сопротивления (R)

Частота, кГц	af	bf
5	124,3	9420
20	98,7	8870
50	268,5	5979
200	65,1	7390
500	53,9	6720

Таблица 5. Коэффициенты регрессионных моделей для реактивного сопротивления (X_c)

Частота, кГц	cf	df
5	48,2	-0,62
20	65,4	-0,58
50	79,6	-0,47
200	81,2	-0,39
500	77,5	-0,31

Надёжность оценок коэффициентов и точность моделей дополнительно контролировались методами перекрёстной проверки: leave-one-out и бутстрепом (1000 реплик). При LOOCV-процедуре каждая пара измерений поочерёдно исключалась из обучающей выборки, и модель оценивалась на удерживаемом наблюдении, что исключает завышение точности за счёт переподгонки; бутстреп использовался для построения доверительных интервалов коэффициентов. Результаты обеих процедур согласовались между собой, что свидетельствует об устойчивости моделей к составу обучающей выборки.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Анализ импедансных характеристик тканей

3.1.1. Сравнение методик для оценки состава тела

В рамках отдельной серии, направленной на контроль значений, оцениваемых при помощи Picoos. Измеренные тремя методиками показатели попарно сравнивались между собой для оценки величины ошибки. В Табл. 6 приведены показатели массы тела и жировой массы, измеренные тремя методиками, для этих же величин построены диаграммы (см. Рис. 10).

Таблица 6. Показатели массы (измеренные двумя методиками) и показатели жировой массы (измеренные тремя методиками) для участников исследования из контрольной выборки

Участник	Масса (DEXA)	Масса (Picoos)	ЖМ (DEXA)	ЖМ (БИА)	ЖМ (Picoos)	Рост
1	59.364	60.7	20.895	18.885	14	173
2	55.436	55.9	17.043	14.892	14.5	163
3	66.464	66.9	27.324	21.322	19.8	164
4	51.968	53.1	18.520	14.780	7.9	161
5	76.216	79	32.194	33.940	28.7	171
6	78.391	80.3	31.105	30.352	25.2	167
7	63.762	66.5	12.407	9.811	9.5	186
8	81.041	82.8	35.956	34.469	34.7	178
9	64.900	66.8	15.871	12.089	9.4	171
10	56.027	57.3	15.472	11.455	11.2	171
11	63.821	65.3	13.725	9.671	7.7	175
12	50.464	52.1	16.009	11.418	12.2	154
13	63.261	64.7	23.200	18.294	16.3	161

14	72.334	74.7	17.639	11.776	10.2	179
15	53.878	56	14.344	5.422	2.8	168
16	64.790	66.7	28.170	25.224	10.5	158
17	71.691	73.7	32.195	30.786	28.9	157
18	74.848	77.2	30.610	20.037	14.8	186
19	64.976	66.5	19.496	22.509	15.5	179

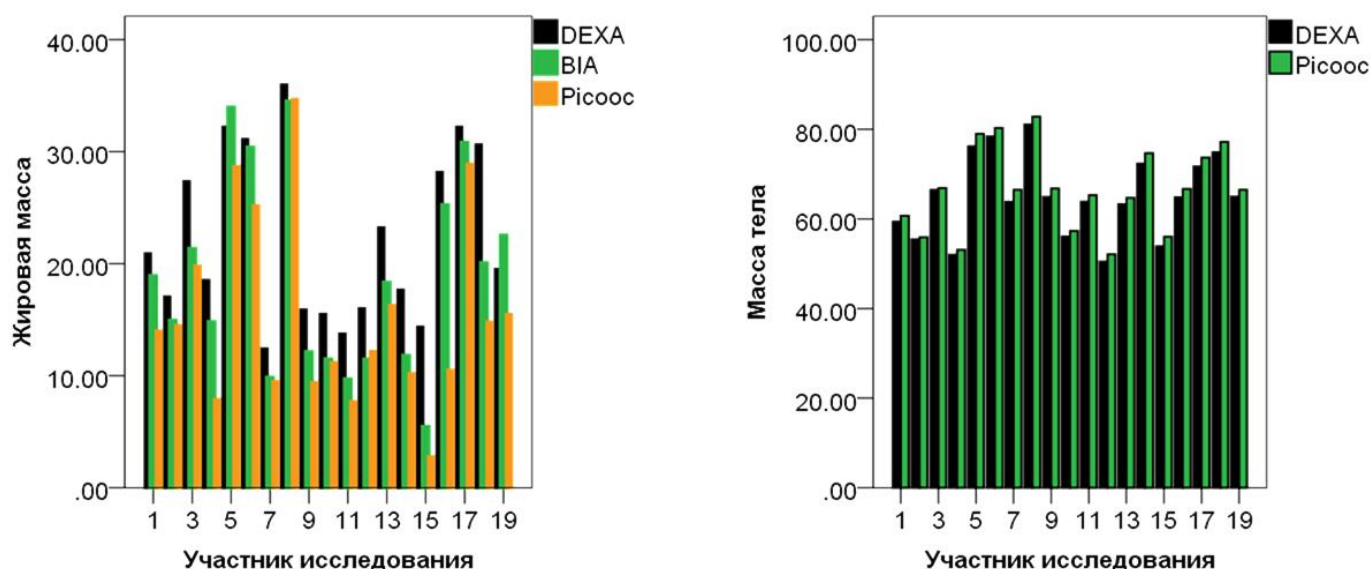


Рисунок 10. Столбчатые диаграммы, отображающие табличные значения жировой массы (слева) и массы тела (справа)

В первую очередь сопоставлялись величины измеренных показателей для DEXA и для Picooc. Поскольку итоговые значения, оцениваемые по DEXA, образуются суммированием сегментов тела (руки, ноги, туловище, голова), то в анализ для сравнения включали различные варианты сумм, составляющих жировой массы. Таким образом, для пары DEXA-Picooc было проведено пять сравнений, где для DEXA суммировались следующие сегменты: 1. ноги, бедра, таз; 2. ноги, бедра; 3. ноги, таз; 4. ноги, бедра, таз, висцеральный жир; 5. общая жировая масса.

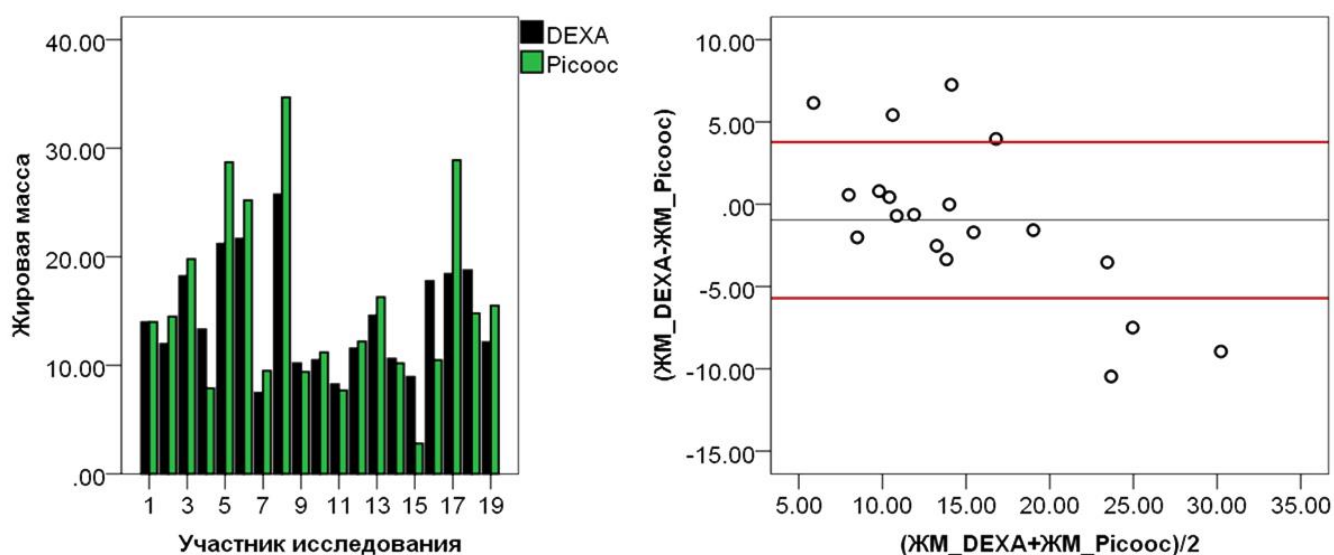


Рисунок 11. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ, вычисленного как сумма сегментов (ноги, бедра, таз) по двум методикам (Сравнения-1)

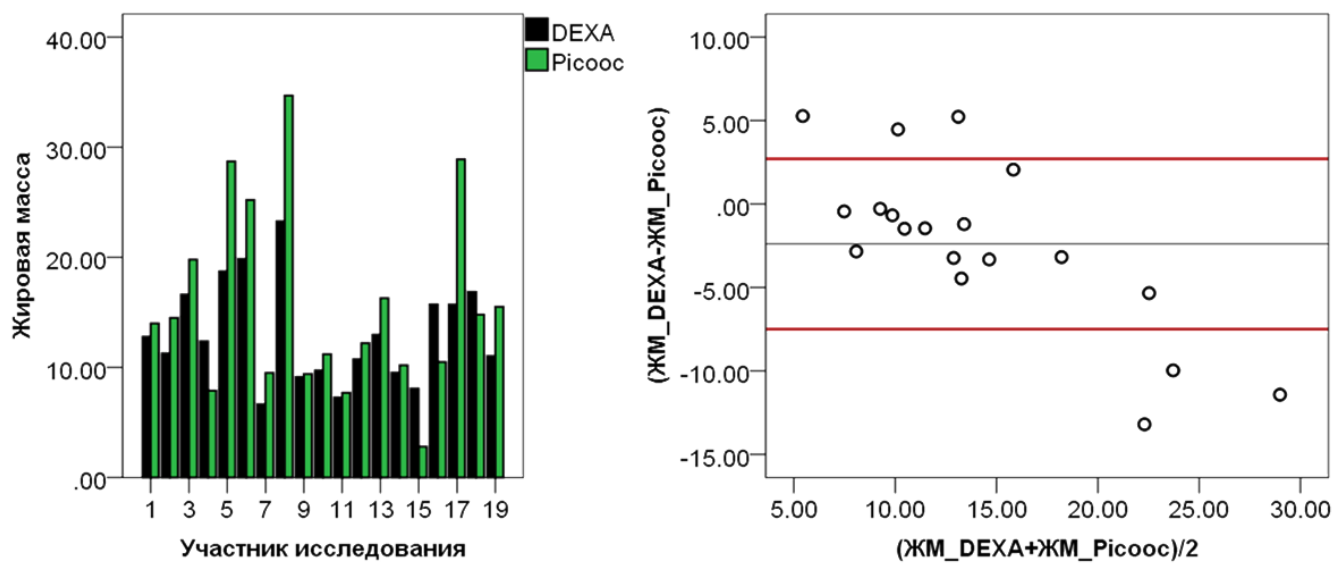


Рисунок 12. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ, вычисленного как сумма сегментов (ноги, бедра) по двум методикам (Сравнения-2)

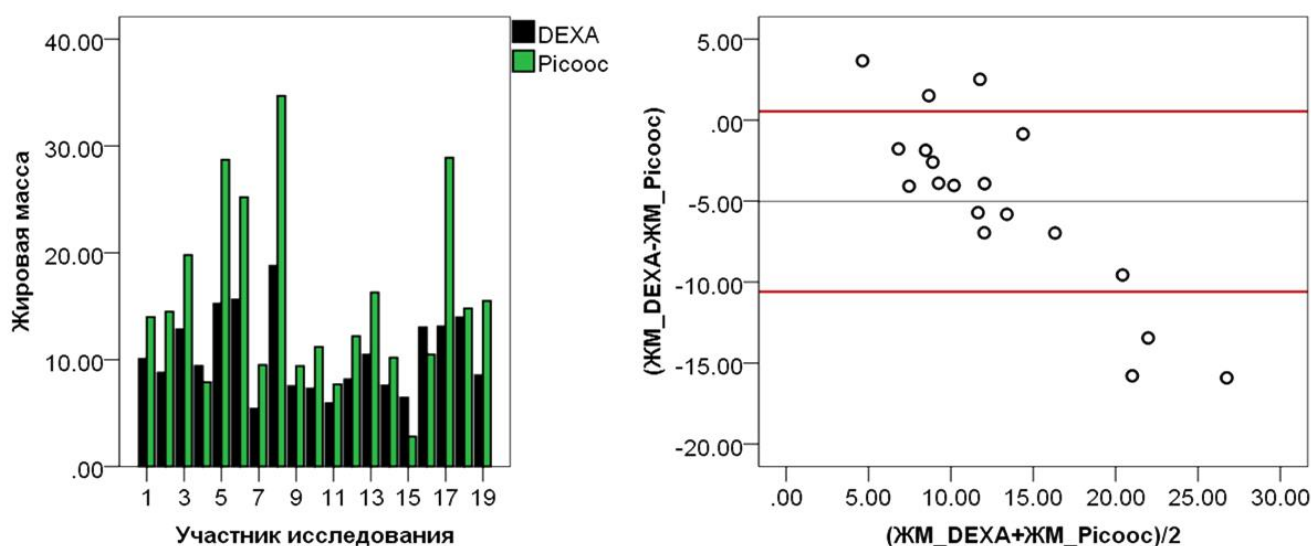


Рисунок 13. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ, вычисленного как сумма сегментов (ноги, таз) по двум методикам (Сравнения-3)

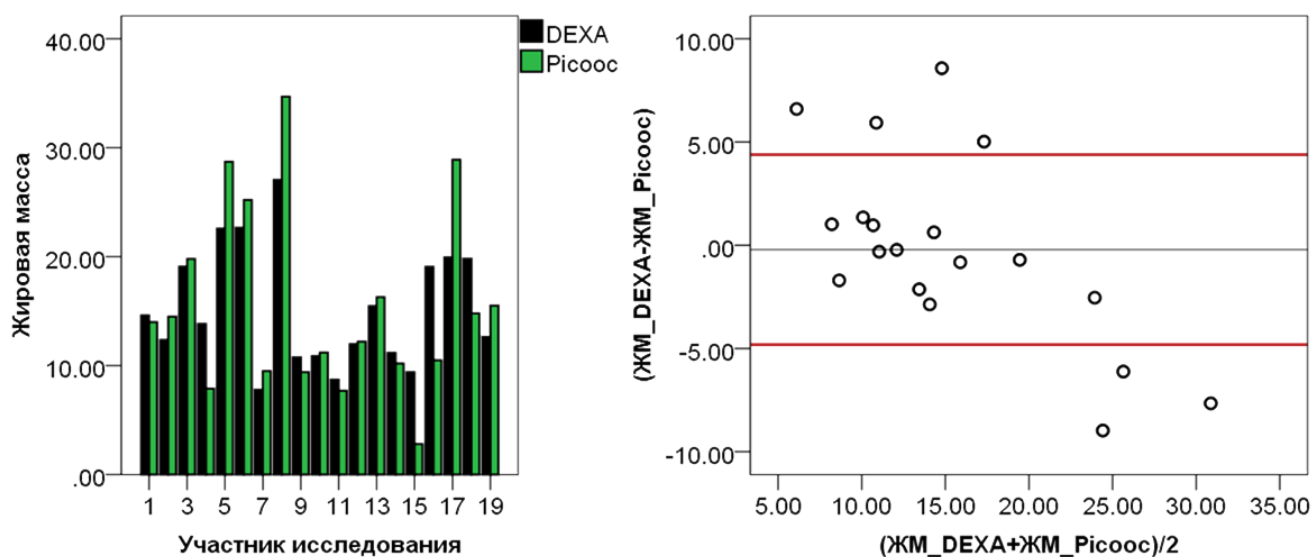


Рисунок 14. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ, вычисленного как сумма сегментов (ноги, бедра, таз, висцеральный жир) по двум методикам (Сравнения-4)

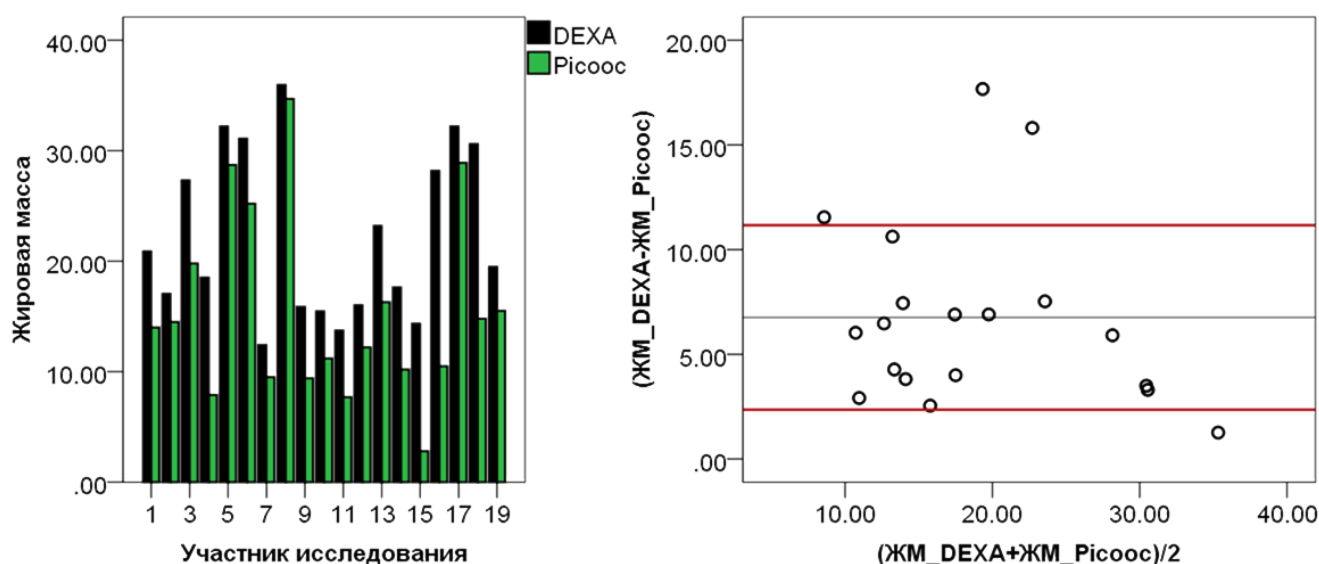


Рисунок 15. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам (Сравнения-5)

Обобщенная картина всех сравнений приводится в Табл. 7 и 8, в которых содержатся величины средней доли и среднего процента ошибки между значениями показателя жировой массы для методик DEXA и Picoos.

Таблица 7. Оценка величин ошибки для DEXA и Picoos

	Сравнение-1	Сравнение-2	Сравнение-3	Сравнение-4	Сравнение-5
Доля	0.01873	0.13181	0.41624	0.030995	0.334815
%	1.87314	13.1807	41.6239	3.099496	33.48152

Таблица 8. Результаты критерия знаков и Т-Вилкоксона для DEXA и Picoos

	Ранги			Средний ранг		Т	p-level
	Негатив	Позитив	Нейтрал	Н	П		
7	12	0	0	9.86	10.08	- 1.046	.295
4	15	0	0	12.25	9.40	- 1.851	.064
3	16	0	0	4.67	11	- 3.260	.001
8	11	0	0	10.63	9.55	- .402	.687
19	0	0	0	10	.00	- 3.823	.000132

Для пары ВИА-Picoos было проведено четыре сравнения, где для ВИА суммировались следующие сегменты: 1. ноги, бедра, таз; 2. ноги, бедра; 3. ноги, таз; 4. ноги, бедра, таз, висцеральный жир; 5. общая жировая масса.

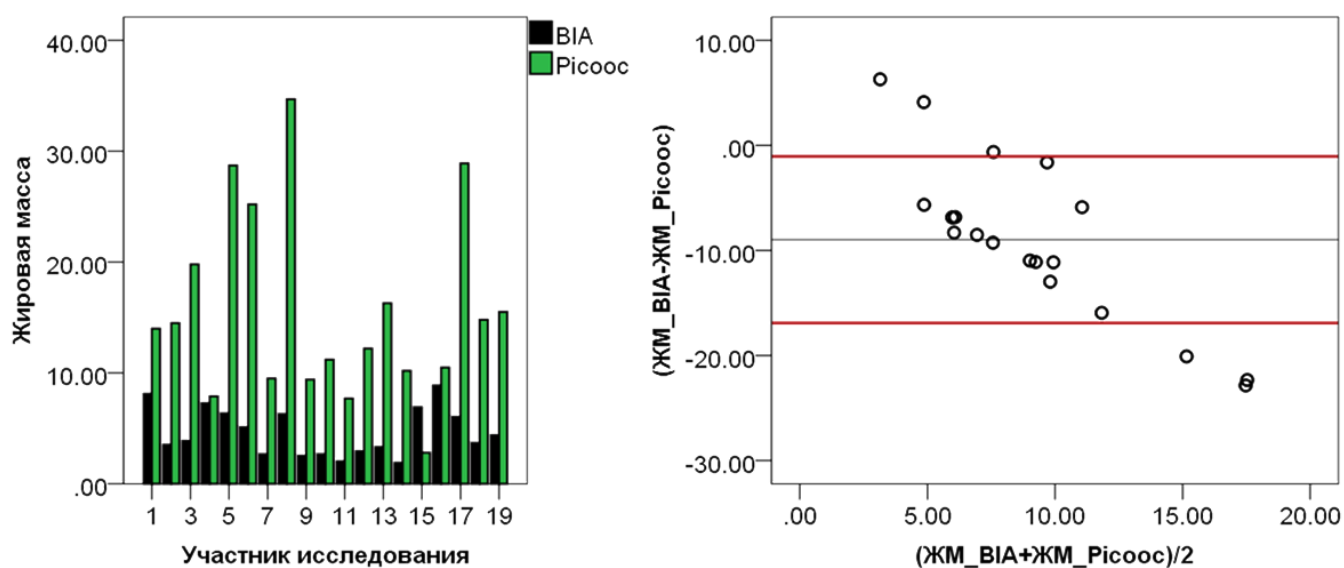


Рисунок 16. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

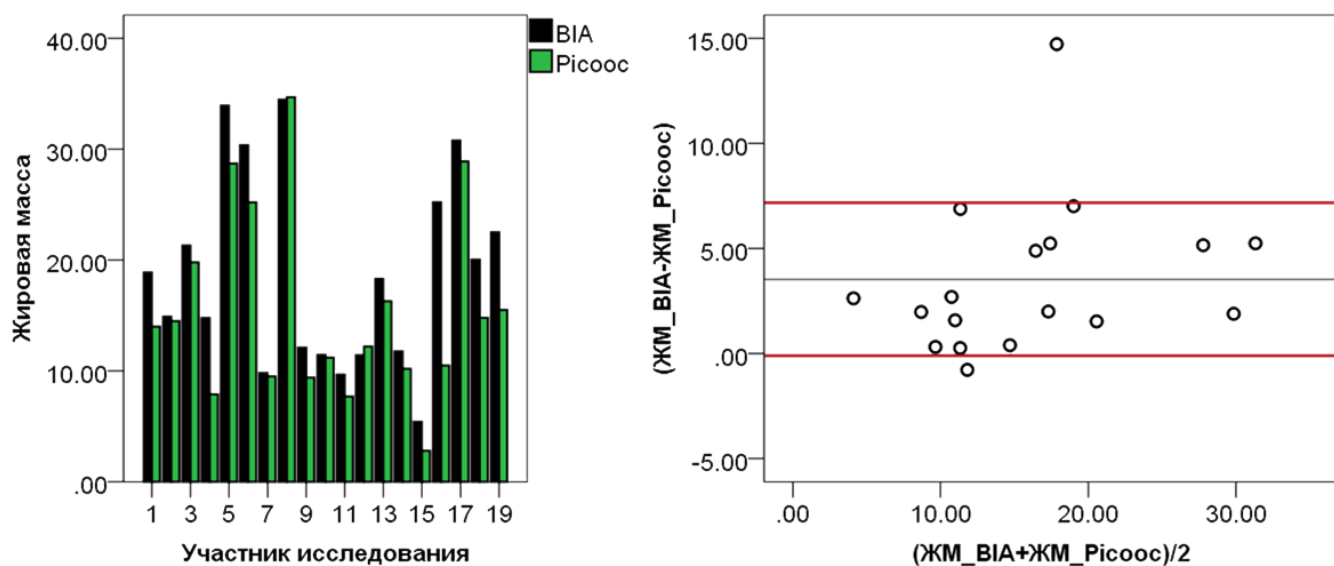


Рисунок 17. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

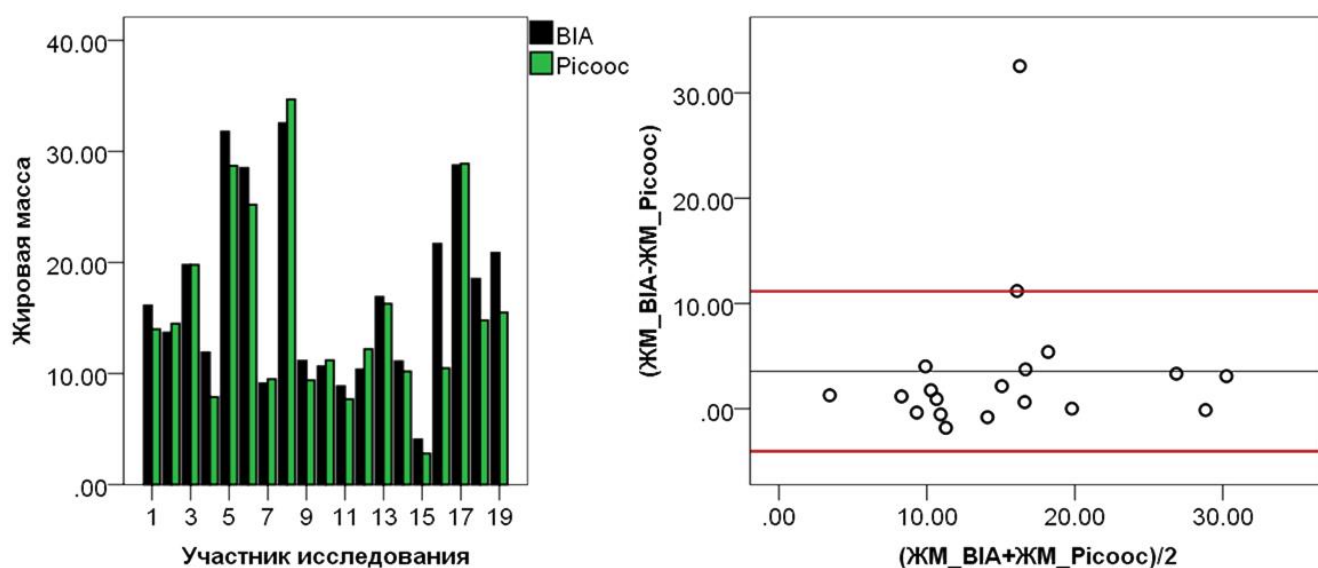


Рисунок 18. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

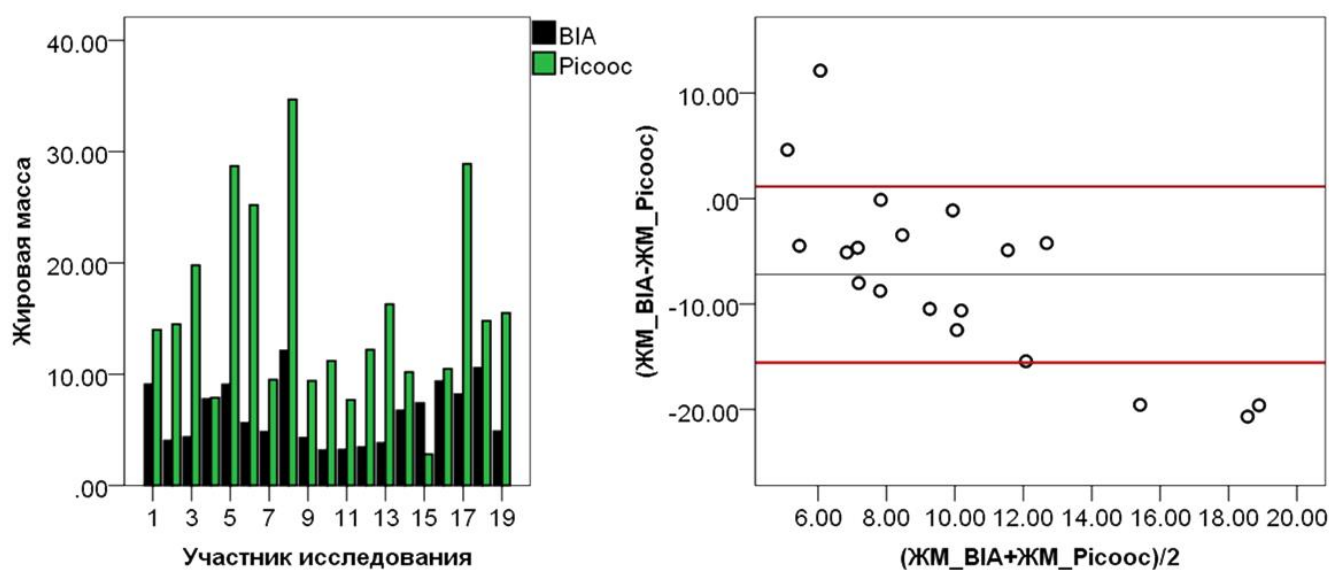


Рисунок 19. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

Таблица 9. Оценка величин ошибки для BIA и Picoos

	Сравнение-1	Сравнение-2	Сравнение-3	Сравнение-4
Доля	2.71737948	0.183984477	0.104141454	1.64337576
%	271.737948	18.39844769	10.41414541	164.337576

Таблица 10. Результаты критерия знаков и Т-Вилкоксона для BIA и Picoos

	Ранги	Средний ранг		
--	-------	--------------	--	--

	Негатив	Позитив	Нейтрал	Н	П	Т	p-level
	1	18	0	3	10.39	- 3.702	.000214
	17	2	0	10.82	3	- 3.582	.000342
	12	7	0	12.50	5.71	- 2.213	.027
	1	18	0	6	10.22	- 3.582	.000342

Для пары DEXA-BIA было проведено пять сравнений, где для DEXA суммировались следующие сегменты: 1. ноги, бедра, таз; 2. ноги, бедра; 3. ноги, таз; 4. ноги, бедра, таз, висцеральный жир; 5. общая жировая масса.

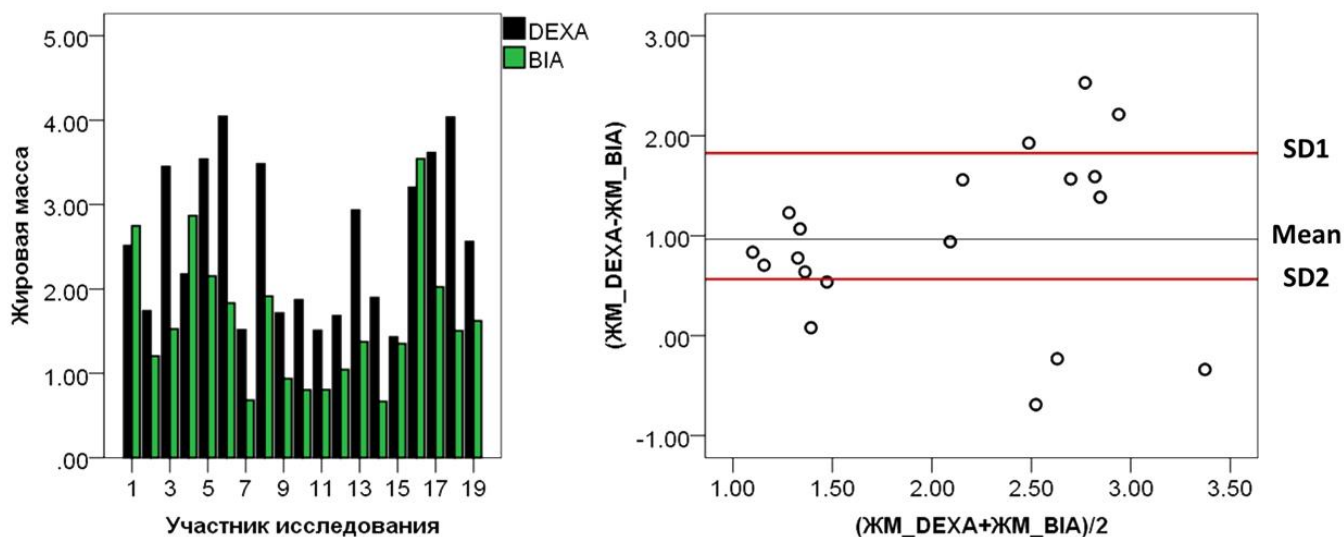


Рисунок 20. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

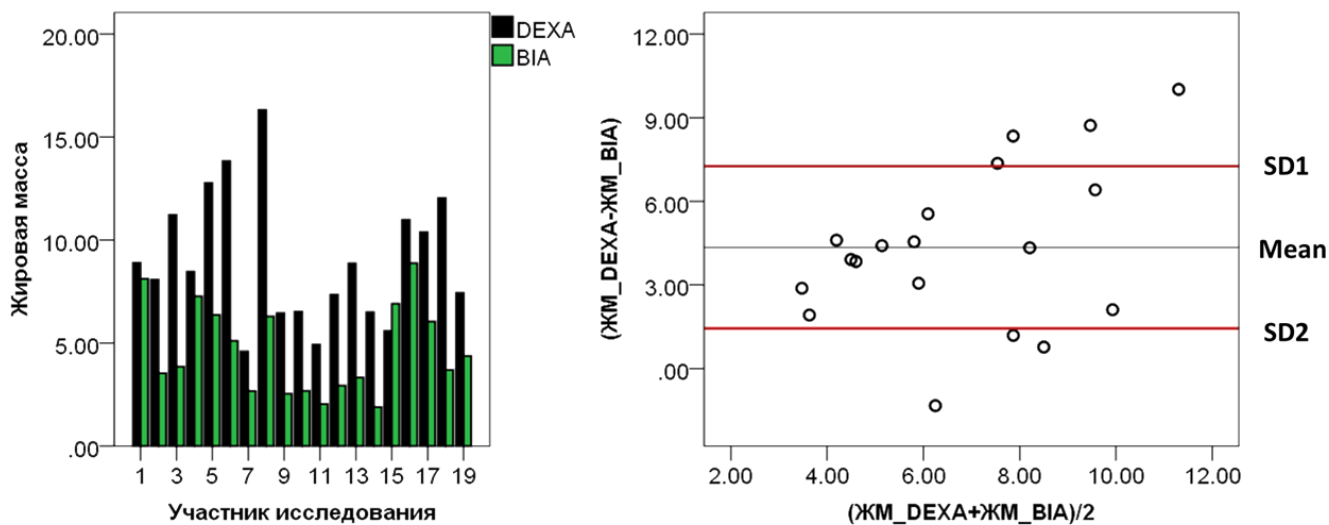


Рисунок 21. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

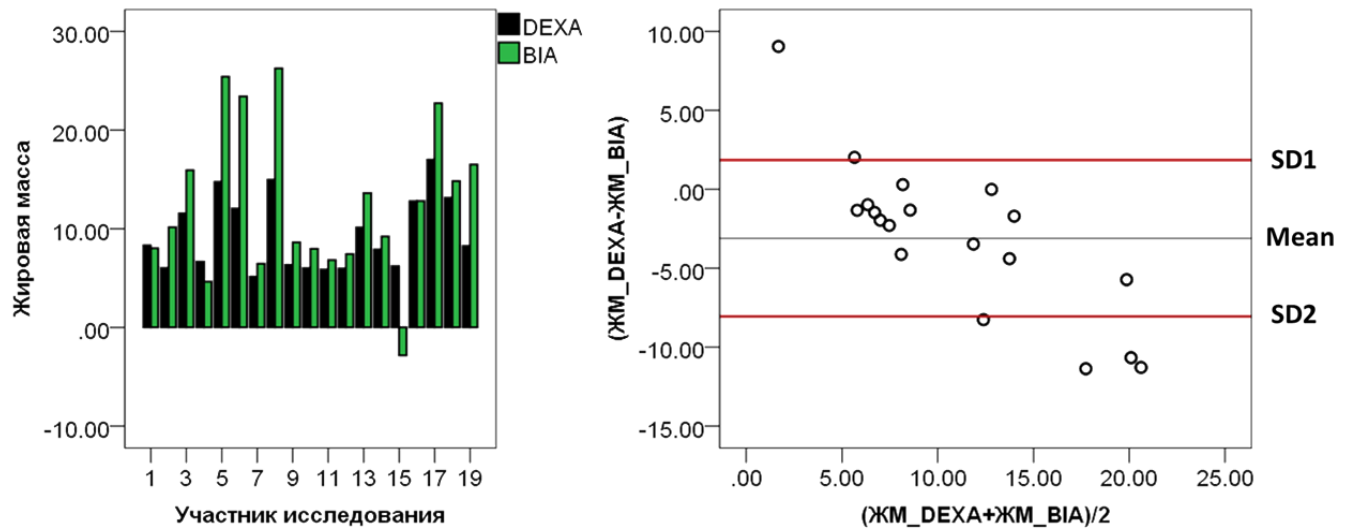


Рисунок 22. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

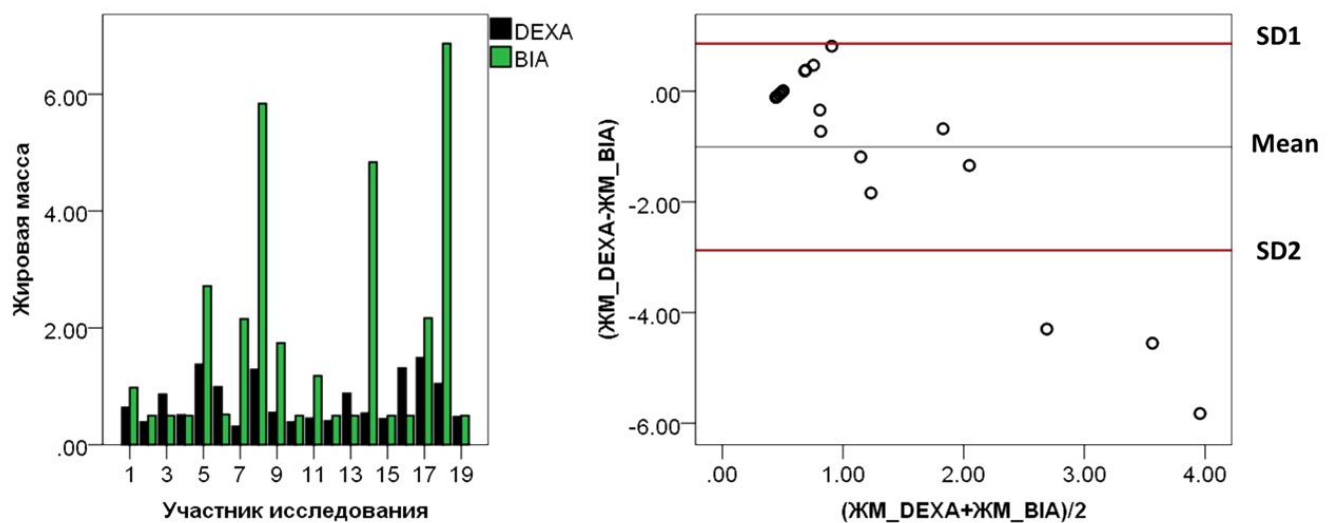


Рисунок 23. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

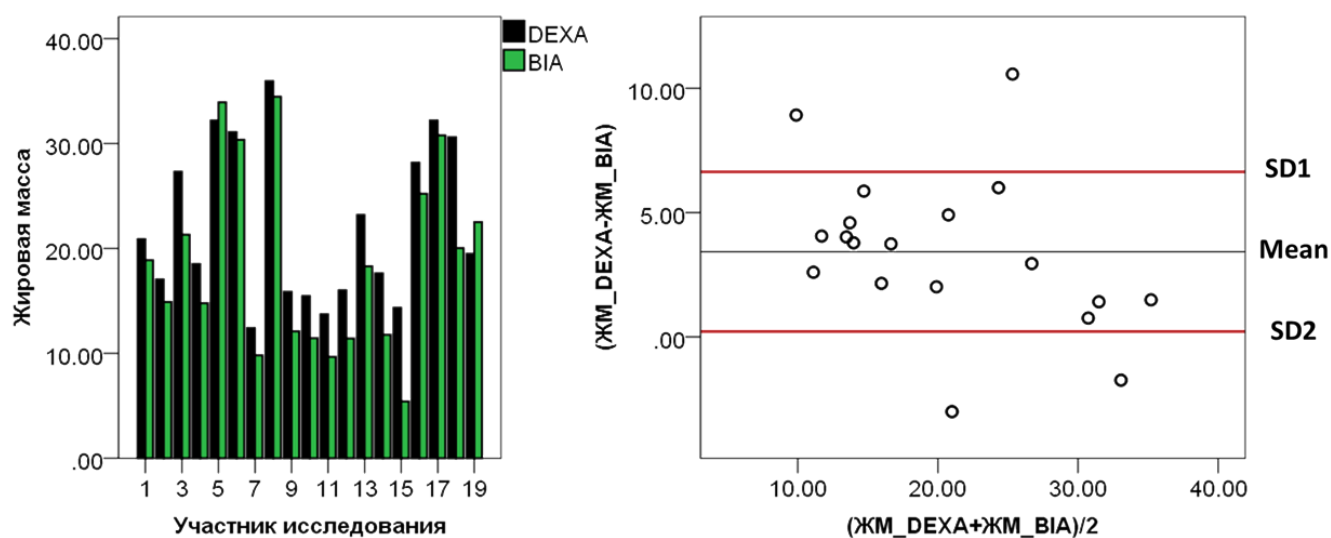


Рисунок 24. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам

Таблица 11. Оценка величин ошибки для DEXA и BIA

	Сравнение-1	Сравнение-2	Сравнение-3	Сравнение-4	Сравнение-5
Доля	0.359231	0.463462	0.26464851	1.45753623	0.181555719
%	35.92308	46.34615	26.464851	145.753623	18.15557193

Таблица 12. Результаты критерия знаков и Т-Вилкоксона для DEXA и BIA

	Ранги			Средний ранг		Т	p-level
	Негатив	Позитив	Нейтрал	Н	П		
	16	3	0	11.19	3.67	- 3.380	.001
	18	1	0	10.39	3	- 3.702	.000214
	3	16	0	9	10.19	- 2.736	.006
	5	14	0	8.2	10.64	- 2.173	.030
	17	2	0	10.41	6.50	- 3.300	.001

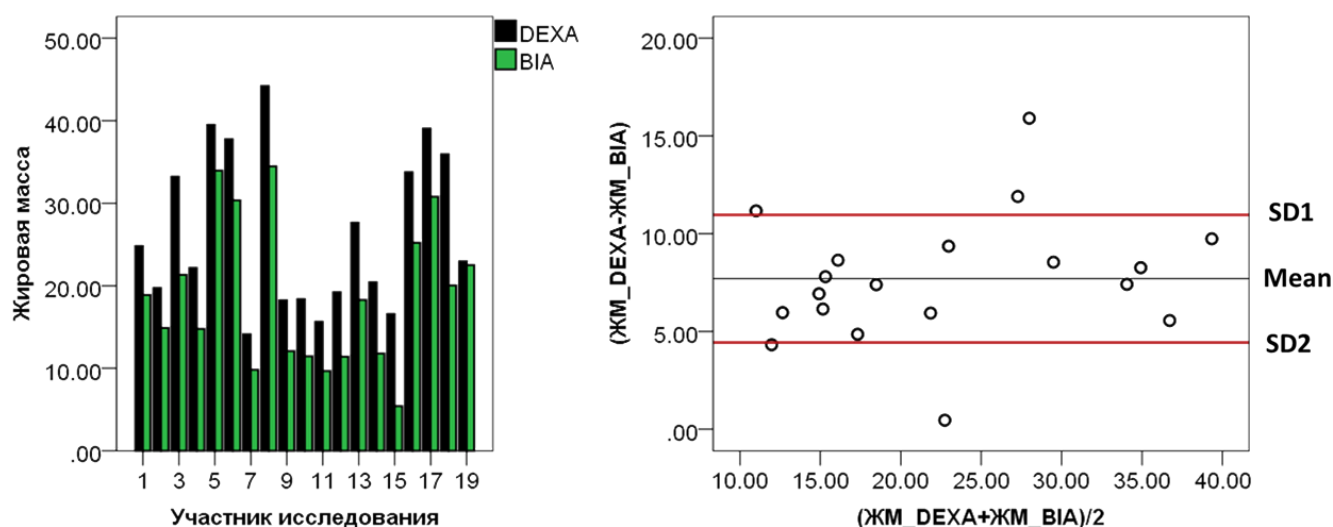


Рисунок 25. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам (ноги, руки, бедра, таз, туловище)

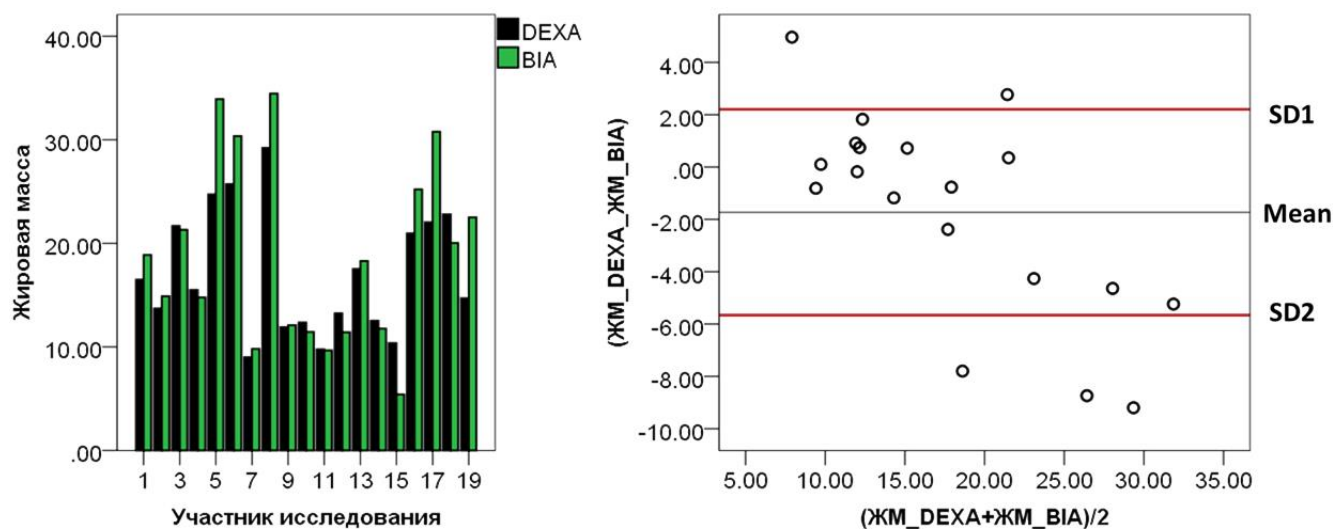


Рисунок 26. Столбчатая диаграмма и диаграмма Бланда-Альтмана, отображающие результаты сравнения показателя ЖМ-общая по двум методикам (ноги, руки, бедра, таз)

Таблица 13. Оценка величин ошибки для BIA и Picoos

	Сравнение-1	Сравнение-2	Сравнение-3
Доля	0.359231	0.310583	0.01511
%	35.92308	31.05833	1.51128

Таблица 14. Оценка величин ошибки для BIA и Picoos

	Ранги			Средний ранг			
	Негатив	Позитив	Нейтрал	Н	П	Т	p-level

	19	0	0	10	.00	- 3.823	.000004
	8	11	0	7.25	12	- 1.489	.136
	17	2	0	10.41	6.50	- 3.300	.001

Сопоставление результатов измерения жировой массы показало, что весы Рісоос дают систематически заниженные значения по сравнению с DEXA и BIA. При прямом сравнении общей жировой массы по Рісоос и DEXA средняя разность (DEXA - Рісоос) составила $-6,75$ кг, а средняя абсолютная ошибка (MAE) - $30,4\%$ от величины, измеренной DEXA, при корреляции парных значений $r = 0,853$. Диаграммы Бланда-Альтмана выявили наличие пропорциональной ошибки: с увеличением жировой массы расхождение между методами возрастает (коэффициент корреляции разности и среднего $r = 0,62$, $p < 0,01$).

Для уточнения природы этого расхождения были проанализированы региональные суммы жировой массы, доступные в DEXA. Наилучшее согласие с Рісоос достигалось при использовании суммы жира в ногах и туловище, покрывающей $82,4\%$ всех региональных значений DEXA: средняя разность составила $-3,64$ кг, а MAE - $21,4\%$ ($p = 0,0097$). Напротив, добавление к сумме жировой массы рук ($93,9\%$ сегментов) ухудшало согласие (MAE $28,7\%$; $p < 0,001$). Это указывает на то, что алгоритм Рісоос использует упрощённую модель тела, не учитывающую вклад некоторых регионов (прежде всего туловища и рук) в полной мере, что приводит к недооценке общей жировой массы, особенно у лиц с абдоминальным ожирением.

Сравнение Рісоос и BIA (интегральное значение) показало меньшую, но всё ещё существенную ошибку: средняя разность (BIA - Рісоос) составила $-3,4$ кг ($18,7\%$ от BIA) при корреляции $r = 0,912$. Региональное сопоставление DEXA и BIA показало, что расхождения сосредоточены в отдельных сегментах: для ног средняя разность составила $+4,61$ кг ($100,2\%$), для туловища $-3,80$ кг ($30,5\%$), тогда как суммарная по всем сегментам - $+3,34$ кг ($20,6\%$). Противоположная направленность смещений по сегментам при их частичной взаимной компенсации в суммарной

оценке подтверждает, что основная причина расхождений между методами лежит в различии моделей сегментации тела, а не в принципиальной неточности биоимпедансных измерений.

Статистическая оценка сдвига с использованием критерия Вилкоксона для связанных выборок показала, что для всех пар сравнений, за исключением комбинации DEXA (ноги, бедра, таз) vs Picoos, сдвиг был статистически значимым ($p < 0,05$). Наибольшая достоверность зафиксирована для сравнения общей жировой массы DEXA и Picoos ($p < 0,001$), что подтверждает систематический характер недооценки жира весами Picoos. В то же время, для региональных сумм с низкой ошибкой (ноги + гиноидный + андронидный) различия оказались незначимыми ($p = 0,295$), что говорит о возможности использования скорректированных региональных моделей для повышения точности.

Для восстановления активного (R) и реактивного (X_c) сопротивлений, а также фазового угла (ϕ) были построены линейные регрессионные модели на основе калибровочной выборки ($n = 18$). Модели для частоты 50 кГц показали следующие коэффициенты детерминации: для R_{50} - 0,96, для X_{c50} - 0,69, для ϕ_{50} - 0,71. При перекрёстной проверке на калибровочной выборке средняя абсолютная ошибка (MAE) составила: для R_{50} - 54,2 Ом (10,8% от измеренного значения), для X_{c50} - 13,4 Ом (18,3%), для ϕ_{50} - 0,96° (13,8%). Корреляция предсказанных и измеренных значений для всех трёх параметров была высокой ($r_s > 0,85$, $p < 0,001$), что указывает на сохранение индивидуальных различий, несмотря на систематическую ошибку.

Анализ остатков регрессионных моделей показал наличие систематического смещения: предсказанные значения X_{c50} оказались в среднем на 13,3 Ом ниже измеренных, а ϕ_{50} - на 0,89° ниже. Для R_{50} смещение было менее выраженным (-35,5 Ом) и зависело от величины безжировой массы: у лиц с высокой БЖМ наблюдалось завышение предсказанного R , у лиц с низкой БЖМ - занижение. Это позволяет предположить, что модели восстановления R достаточно надёжны для групповых

сравнений, но требуют индивидуальной калибровки при работе с крайними значениями состава тела.

Применение восстановленных моделей к основной выборке ($N = 143$) дало средние значения $R_{50} = 642,2 \pm 74,1$ Ом, $X_{c50} = 58,0 \pm 4,5$ Ом, $\varphi_{50} = 5,17 \pm 0,52^\circ$. Для сравнения, в калибровочной выборке эти величины составили $619,8 \pm 55,5$ Ом, $54,3 \pm 5,6$ Ом и $5,04 \pm 0,49^\circ$ соответственно. Различия между выборками были статистически значимы для X_{c50} ($p = 0,004$) и R_{50} ($p = 0,032$), но не для φ_{50} ($p = 0,21$). Это указывает на то, что основное различие между группами связано с реактивной составляющей импеданса, которая, вероятно, отражает различия в клеточной массе и гидратации тканей. При этом фазовый угол, как интегральный показатель, оказался более стабильным.

Для оценки влияния частоты измерения на точность восстановления были рассчитаны модели для всех пяти частот (5, 20, 50, 200, 500 кГц). Обнаружено, что относительная ошибка предсказания R с ростом частоты возрастает, тогда как ошибка для X_c , напротив, закономерно снижается (табл. 14). Такой характер зависимостей объясняется физикой измерений: на низких частотах активное сопротивление хорошо восстанавливается через безжировую массу, но реактивная составляющая, связанная с ёмкостными свойствами клеточных мембран, оценивается наименее точно; с ростом частоты вклад мембранной ёмкости ослабевает, что повышает точность восстановления X_c , однако одновременно усиливается зависимость R от геометрических факторов. Фазовый угол, вычисленный как арктангенс отношения X_c/R , на высоких частотах становится более чувствительным к ошибкам X_c . В связи с этим для дальнейшего анализа была выбрана частота 50 кГц как обеспечивающая оптимальный баланс между точностью восстановления R и X_c .

Для обобщения сопоставлений между методами ключевые показатели согласия сведены в таблицу 15. Обращает на себя внимание, что наилучшее согласие с P_{isoos} достигалось не для общей, а для региональной жировой массы

DEXA (ноги + туловище), тогда как ВІА давала существенно меньшую ошибку относительно Рісоос, чем DEXA. Разнонаправленность отдельных сегментных смещений DEXA–ВІА при их частичной компенсации в суммарной оценке объясняет, почему интегральные показатели согласия методов оказываются лучше сегментных.

Таблица 15. Согласие между методами оценки жировой массы

Сравнение	Смещение, кг	MAE, %	r / p
DEXA – Рісоос, общая жировая масса	–6,75	30,4	r = 0,853
DEXA – Рісоос, ноги + туловище (82,4%)	–3,64	21,4	p = 0,0097
DEXA – Рісоос, жир рук (93,9%)	—	28,7	p < 0,001
ВІА – Рісоос, общая жировая масса	–3,4	18,7	r = 0,912
DEXA – ВІА, суммарная жировая масса	+3,34	20,6	—

В таблице 16 приведены ошибки восстановления для каждой из пяти частот. Для активного сопротивления величина MAE монотонно возрастала с частотой - от 6,7% на 5 кГц до 14,8% на 500 кГц; для реактивного сопротивления наблюдалась обратная динамика - от 41,9% на 5 кГц до 8,2% на 200 кГц. Минимальная ошибка Хс достигалась на 200 кГц, однако на этой частоте ошибка R уже существенно выше. Компромиссной являлась частота 50 кГц, на которой ошибки R и Хс составляли 9,4% и 17,8% соответственно; именно она использовалась в дальнейшем как основная.

Таблица 16. Ошибки восстановления импедансных параметров в зависимости от частоты измерения

Частота, кГц	MAE R, %	MAE Хс, %
5	6,7	41,9
50	9,4	17,8
200	—	8,2
500	14,8	—

3.1.2. Оценка тест-ретестовой надежности весов Рісоос

Оценка воспроизводимости измерений на весах Рісоос проводилась на подвыборке из 20 участников с интервалом 7–10 дней. Для всех анализируемых параметров внутриклассовый коэффициент корреляции (ICC (2,1)) превышал 0,92, что свидетельствует об отличной надёжности. Наивысшие значения ICC зафиксированы для массы тела (0,998), безжировой и мышечной массы (0,993), несколько ниже - для жировой массы (0,977) и процента жира (0,925). Минимально обнаруживаемое изменение (MDC) при 95% доверительном уровне составило: для массы тела - 2,09 кг, для безжировой массы - 2,82 кг, для жировой массы - 3,00 кг, для процента жира - 5,12%, для мышечной массы - 2,67 кг; данные значения могут использоваться для интерпретации динамики показателей в продольных наблюдениях.

Анализ систематического сдвига между первым и вторым измерениями не выявил значимых различий ($p > 0,05$ для всех параметров по критерию Вилкоксона), что подтверждает отсутствие эффекта привыкания или тренировки. Диаграммы Бланда-Альтмана для тест-ретеста показали, что 95% разностей лежат в пределах $\pm 1,5\%$ для массы тела, $\pm 3,2\%$ для жировой массы и $\pm 2,8\%$ для мышечной массы, что говорит о высокой согласованности повторных измерений.

Восстановленные импедансные параметры на тест-ретестовой выборке также продемонстрировали хорошую воспроизводимость: ICC для R_{50} составил 0,987, для X_{c50} - 0,993, для φ_{50} - 0,992; минимально обнаруживаемое изменение (MDC) - 12,84 Ом, 1,26 Ом и $0,071^\circ$ соответственно (таблица 15). Средний сдвиг между первым и вторым измерением не превышал $+0,63$ Ом для R_{50} и $-0,01^\circ$ для φ_{50} , что свидетельствует об отсутствии систематического дрейфа. Это позволяет использовать восстановленные импедансные параметры для отслеживания динамики состояния организма, например, при оценке влияния тренировочных

программ или диетических интервенций, где изменения, превышающие MDC, можно считать достоверными.

Сводные показатели тест-ретестовой надёжности восстановленных импедансных параметров представлены в таблице 15. Высокие значения ICC и незначительный средний сдвиг свидетельствуют о том, что процедура восстановления вносит минимальную дополнительную вариацию, сопоставимую с собственным шумом прибора.

Таблица 17. Тест-ретестовая надёжность восстановленных импедансных параметров

Показатель	ICC(2,1)	MDC (95%)	Сдвиг (1-е – 2-е)
R ₅₀ , Ом	0,987	12,84	+0,63
X _{C50} , Ом	0,993	1,26	—
φ ₅₀ , °	0,992	0,071	–0,01

3.1.3. Разбиение выборки на кластеры, различающиеся по показателям состава тела

В основном исследовании показатели состава тела, измеренные при помощи Risoos, включались в процедуру кластеризации для выделения групп участников исследования, различающихся по соотношению этих показателей. Были отобраны наиболее вариативные и информативные переменные: «Телесный жир», «Мышцы», «Скелетные мышцы», «Вода в организме», «Жировая масса». Выборка из 138 участников первично разбита на три кластера, которые обозначены римскими цифрами I-III (см. Рис. 27-28). По результатам Н-критерия можно охарактеризовать эти кластеры следующим образом: I - участники с преобладанием мышечной ткани, II - участники с преобладанием жировой ткани, III - смешанная группа (см. Табл. 18).

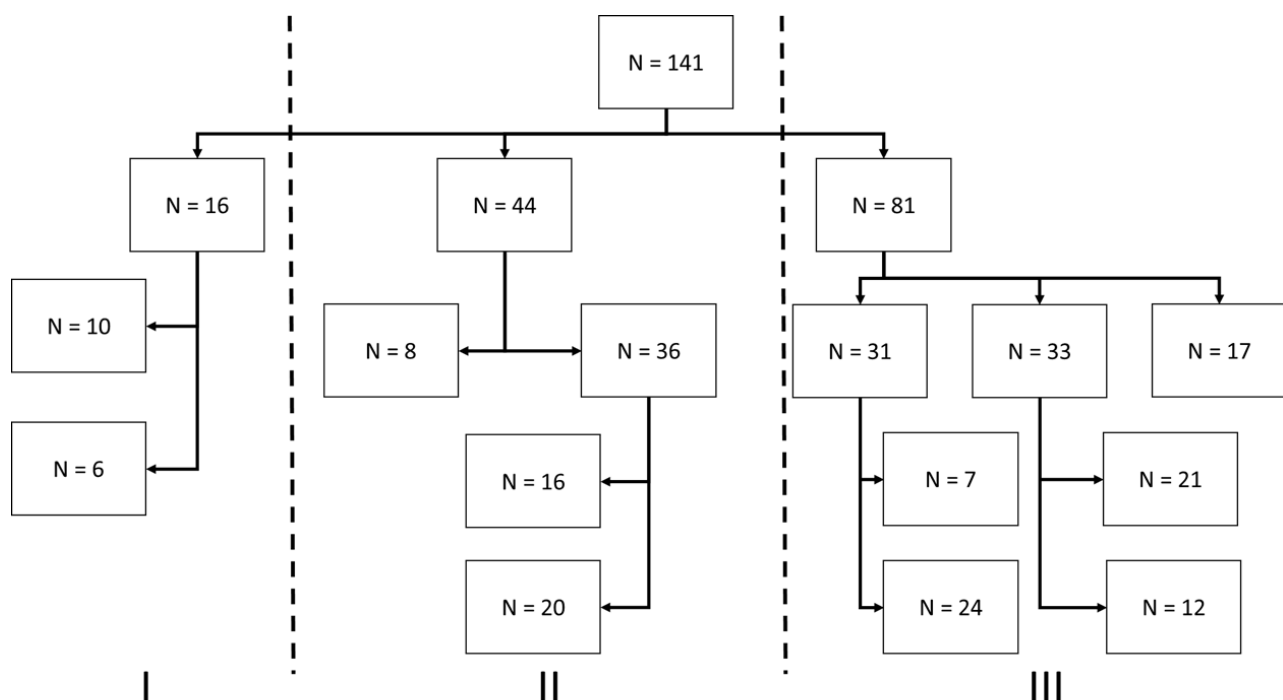


Рисунок 27. Схема разбиения выборки на группы участников исследования, различающихся по соотношению показателей состава тела

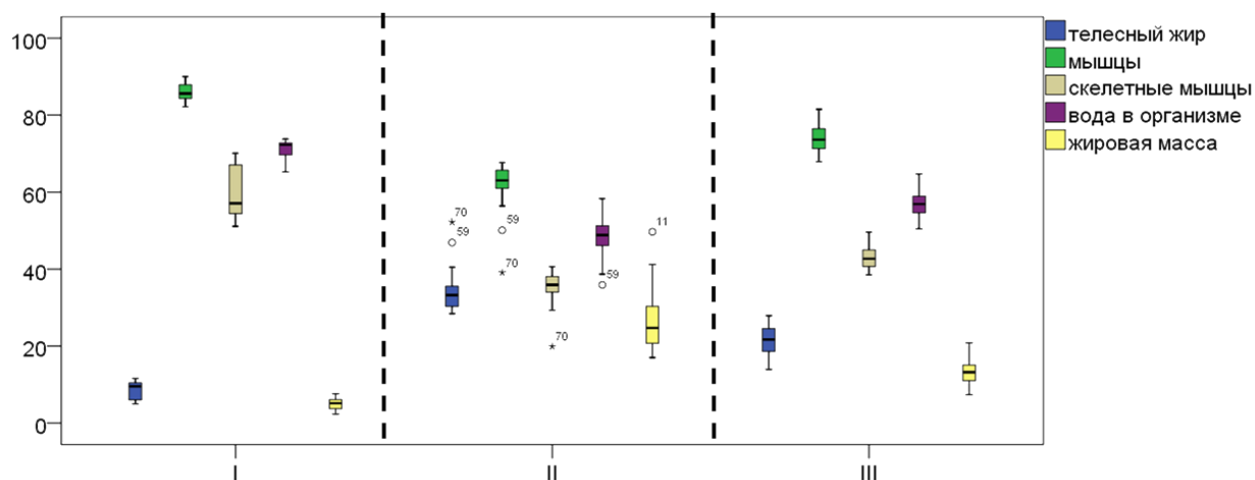


Рисунок 28. Распределение показателей состава тела в трёх первичных кластерах I-III

Таблица 18. Оценка распределения величин показателей состава тела в трех кластерах

	Кластеры			N	p-level
	I	II	III		

Телесный жир	8.5	119.5	57	109	< .001
Мышцы	133.5	22.5	85	109	< .001
Скелетные мышцы	133.5	24.35	83.99	103	< .001
Вода в организме	133.5	24.99	83.65	101	< .001
Жировая масса	8.59	118.77	57.38	106	< .001

Далее проводилась процедура ретроитеративной кластеризации - каждый предыдущий кластер разбивался на последующие кластеры.

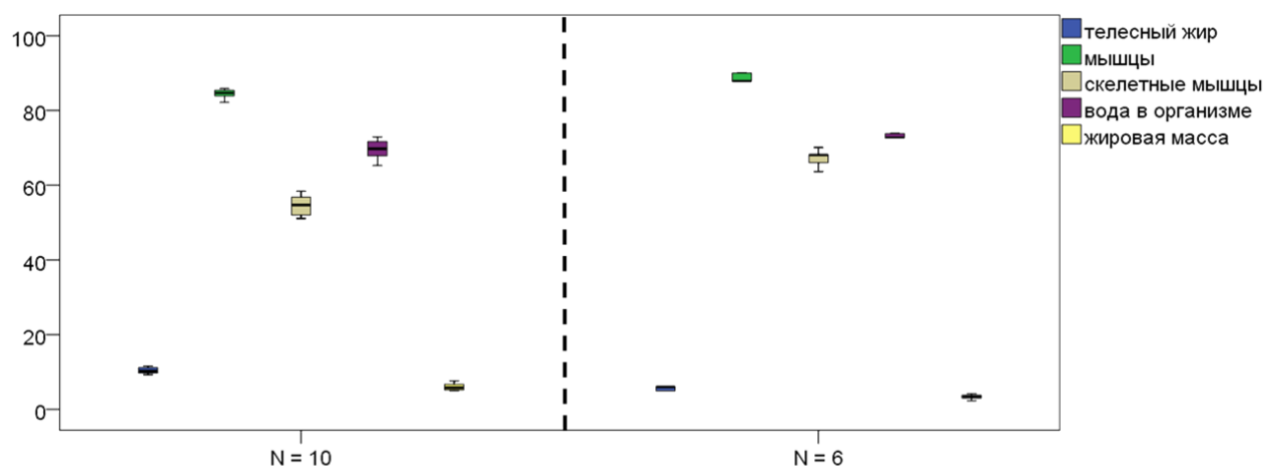


Рисунок 29. Распределение показателей состава тела в кластерах, выделенных на основе первичного кластера I

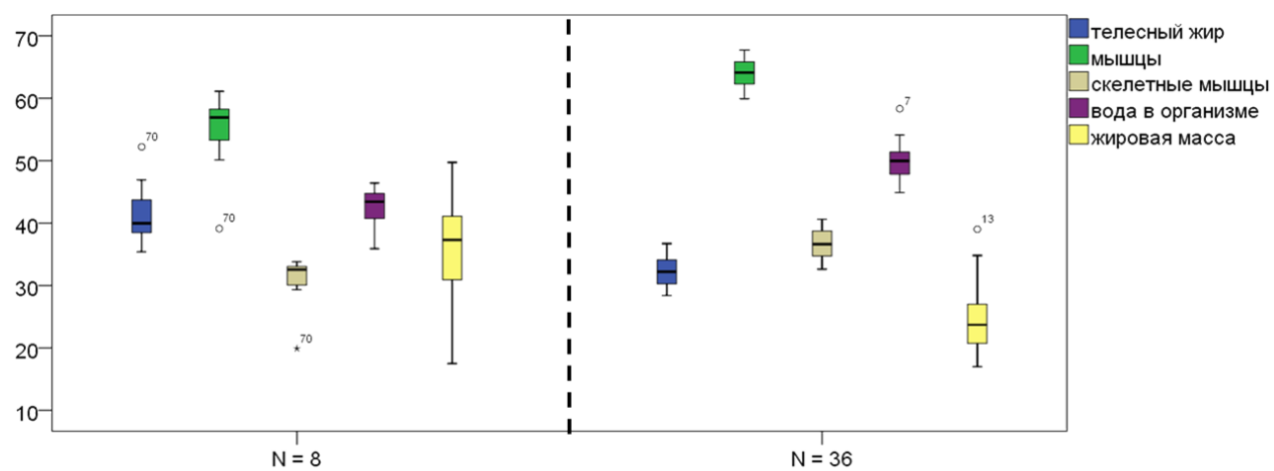


Рисунок 30. Распределение показателей состава тела в кластерах, выделенных на основе первичного кластера II

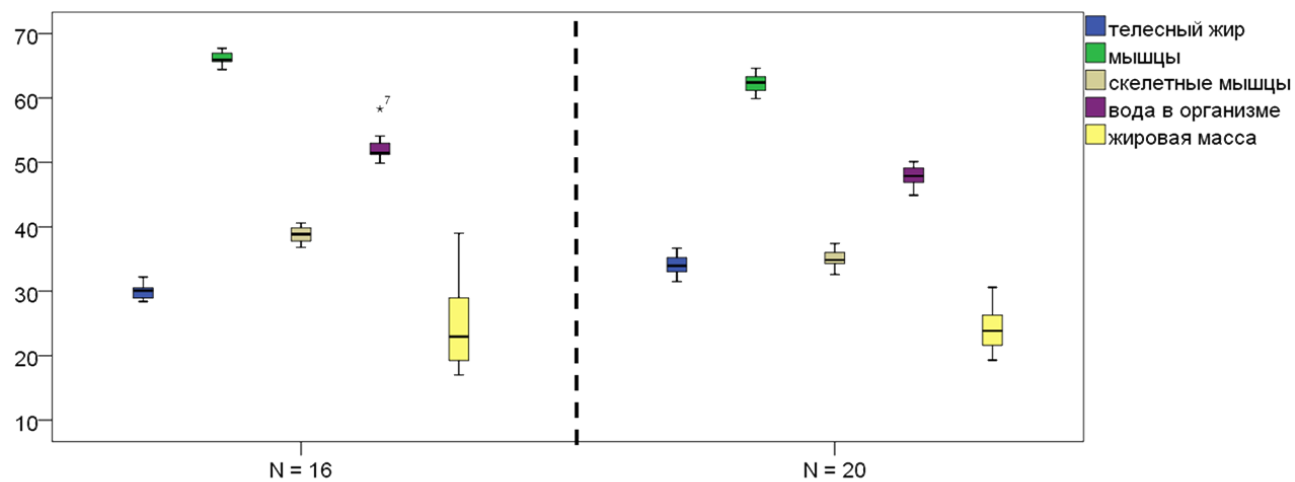


Рисунок 31. Распределение показателей состава тела в кластерах, выделенных на основе первичного кластера I

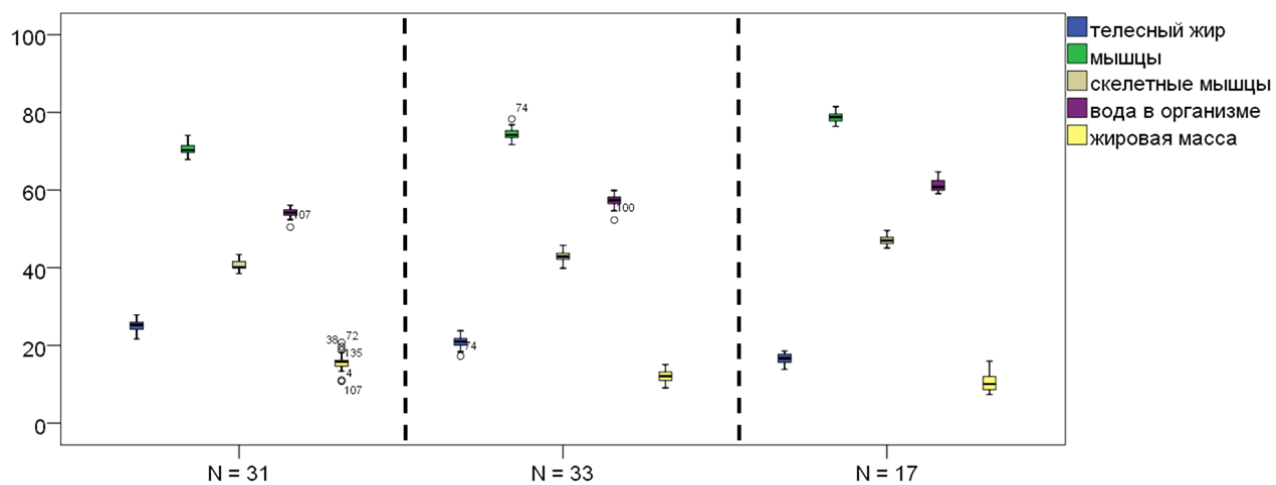


Рисунок 32. Распределение показателей состава тела в кластерах, выделенных на основе первичного кластера III

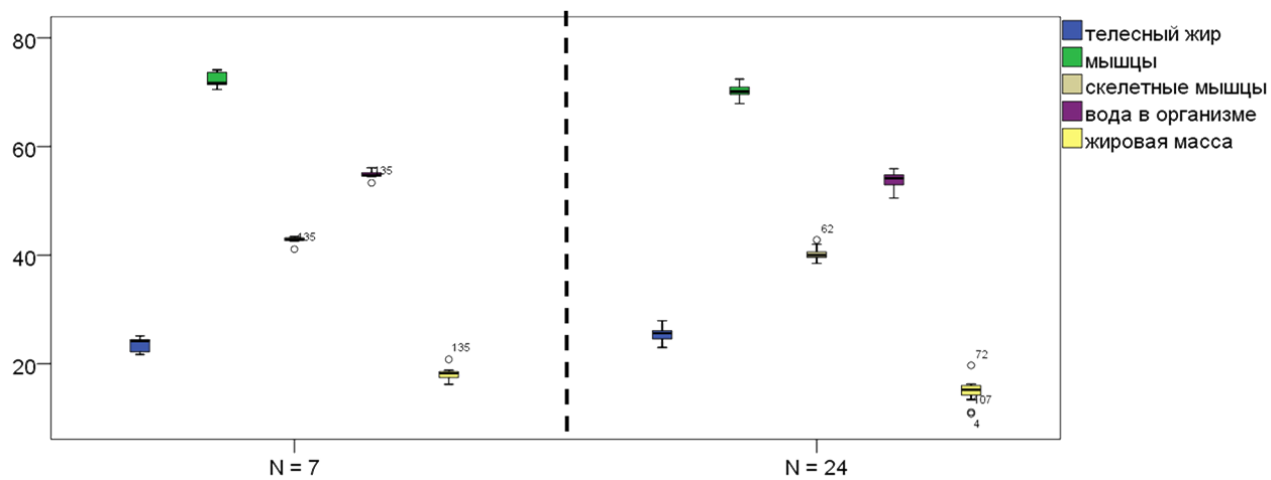


Рисунок 33. Распределение показателей состава тела в трёх первичных кластерах

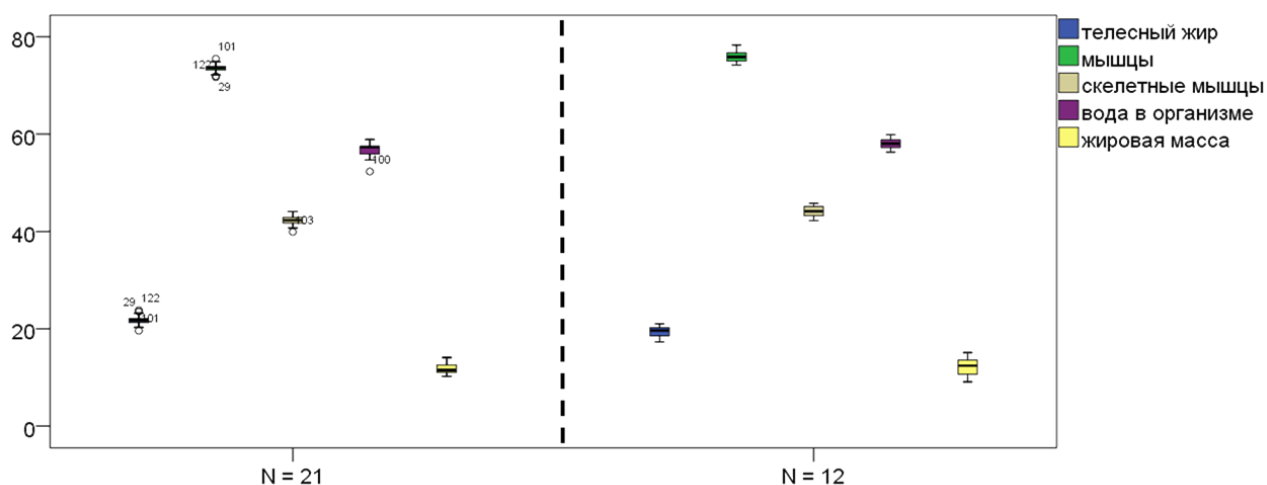


Рисунок 34. Распределение показателей состава тела в трёх первичных кластерах

Кластерный анализ по пяти показателям состава тела выделил три устойчивые группы (индекс соответствия Рэнда между повторными запусками $ARI = 1,000$). Профили кластеров приведены в таблице 19. Жировой кластер ($n = 44$) характеризовался максимальными значениями жировой массы (26,5 кг; 33,9%) при массе тела 78,1 кг; мышечный кластер ($n = 15$) - наибольшей массой мышц (85,8%), скелетных мышц (58,9%) и содержанием воды (70,7%); промежуточный кластер ($n = 79$) занимал сбалансированное положение.

Таблица 19. Характеристики кластеров, выделенных по показателям состава тела

Кластер	n	Характеристики
Жировой	44	Жировая масса 26,5 кг (33,9%); масса тела 78,1 кг
Промежуточный	79	Сбалансированные показатели состава тела
Мышечный	15	Мышцы 85,8%; скелетные мышцы 58,9%; вода 70,7%

Параллельно была выполнена кластеризация по 15 импедансным переменным (R , X_c и ϕ на пяти частотах). Оптимальным по силуэту (0,364) оказалось решение с тремя кластерами; их состав представлен в таблице 20. Кластеры значимо различались по медиане активного сопротивления на 50 кГц - от 656,9 Ом в наиболее многочисленном кластере до 558,9 Ом в кластере с минимальными значениями.

Таблица 20. Характеристики импедансных кластеров

Импедансный кластер	n	Медиана R ₅₀ , Ом
Имп-1	62	656,9
Имп-2	23	—
Имп-3	53	558,9

Сопряжённость между кластерами состава тела и импедансными кластерами оценивалась путём построения таблицы сопряжённости 3×3 (таблица 21). Индекс ARI (0,101) указывает на отсутствие устойчивого соответствия между двумя классификациями: участники одного кластера состава тела распределялись по импедансным группам практически равномерно. Это свидетельствует о том, что импедансная классификация несёт дополнительную информацию, не дублирующую антропометрические показатели.

Таблица 21. Сопряжённость кластеров состава тела и импедансных кластеров

Кластер состава тела	Имп-1	Имп-2	Имп-3
Жировой	11 (25%)	26 (59%)	7 (16%)
Смешанный	47 (59%)	20 (25%)	12 (15%)
Мышечный	4 (27%)	7 (47%)	4 (27%)

3.1.4. Распределение переменных психологических тестов в группах участников исследования, различающихся по показателям состава тела

Выделенные кластеры для удобства в дальнейшем анализе обозначены как СТ-1 (группа с большей выраженностью переменных, характеризующих жировую ткань), СТ-2 (группа с большей выраженностью переменных, характеризующих мышечную ткань) и СТ-3 (смешанная группа). Предварительно для этих кластеров была проведена оценка распределения переменных психологических тестов (см. Табл. 22). Можно отметить, что величины только двух переменных - «Нарциссизм конструктивный» и «Физическая боль» - достоверно различаются в этих кластерах.

Таблица 22. Результаты оценки распределения переменных психологических тестов в группах участников с различающимся составом тела

	Средний ранг			H	p-level
	СТ-1	СТ-2	СТ-3		

Внутреннее Я отграничение деструктивное	49.38	32.76	45.92	5.245	.073
Нарциссизм конструктивный	33.27	55.66	44.82	8.608	.014
Физическая боль	32.02	46.42	47.73	6.721	.035
Подвижность	33.73	45.08	47.36	5.060	.080
Транспорт	38.38	55.03	40.20	5.968	.051
Социальные взаимоотношения	40.02	33.47	49.01	5.704	.058

На следующем этапе эти кластеры использовались как предикторы в дискриминантном анализе для проверки разбиения выборки на 3 группы по переменным психологических тестов. Разбиение проводилось в двух версиях: а) переменные всех тестов включались в анализ сразу (СТ-ПСИ; см. Табл. 23); б) анализ проводился для каждого теста отдельно, после чего результаты сопоставлялись (СТ-ПСИ'; см. Табл. 24).

Таблица 23. Результаты оценки распределения переменных психологических тестов в группах участников с различающимся составом тела (все тесты сразу)

	Средний ранг			Н	p-level
	СТ-ПСИ1	СТ-ПСИ2	СТ-ПСИ3		
Враждебность	49.27	43.52	62.36	6.658	.036
Агрессия конструктивная	43.30	69.61	53.64	11.270	.004
Агрессия дефицитарная	65.35	41.37	46.73	12.143	.002
Тревожность конструктивная	38.93	63.87	61.53	15.341	< .001
Внешнее Я отграничение конструктивное	40.57	70.87	55.78	15.655	< .001
Внутреннее Я отграничение деструктивное	60.75	37.09	54.01	9.340	.009
Нарциссизм конструктивный	36.12	75.17	57.98	26.632	< .001
Нарциссизм дефицитарный	63.63	44.59	46.68	8.818	.012
Физическая боль	34.32	63.91	66.34	26.666	< .001
Транспорт	46.64	74.12	47.19	15.145	.001
Духовность	55.83	33	61.53	13.778	.001
Креативность	61.18	43.33	49.98	5.786	.055
Широта видения	59.10	41.83	53.03	4.835	.089
Храбрость	61.06	44.46	49.45	5.340	.069
Настойчивость	56.10	36.70	59.13	8.710	.013
Лидерство	58.82	38.78	55.06	6.786	.034
Смирение	44.30	61.24	57.40	5.998	.050
Благодарность	59.27	41.98	52.75	4.846	.089
Духовность	58.74	37.46	55.91	7.891	.019

Таблица 24. Результаты оценки распределения переменных психологических тестов в группах участников с различающимся составом тела (все тесты по очереди)

	Средний ранг			Н	p-level
	СТ-ПСИГ 1	СТ-ПСИГ 2	СТ-ПСИГ 3		
Нарциссизм конструктивный	10.90	22.19	11.95	10.08	.006
Сексуальность дефицитарная	12.45	10.44	19.80	6.84	.033
Сексуальная активность	13.35	10.50	18.85	4.93	.085
Социальная помощь	10.10	19.69	14.75	6.09	.047
Социальный интеллект	18.30	8.63	15.40	6.44	.040
Благоразумие	10.45	13	19.75	6.89	.032

При включении в анализ показателей всех тестов сразу (86% совпадения, λ Уилкса = 0,043, $df = 6$) дальнейшая оценка распределения этих показателей указывает на выраженные различия по каждому тесту. При включении в анализ переменных каждого теста отдельно (тест Амона - 79% совпадения, λ Уилкса = 0,056, $df = 6$; опросник ВОЗ - 68%, λ Уилкса = 0,028, $df = 6$; опросник «24 сильные стороны личности» - 80%, λ Уилкса = 0,040, $df = 6$), дальнейшая оценка их распределения по рангу указывает на выраженные различия по каждому тесту.

3.2. Оценка показателей вариабельности сердечного ритма

3.2.1. Разбиение выборки на кластеры, различающиеся по показателям вариабельности сердечного ритма

Для кластеризации были отобраны переменные «Среднее количество сердечных сокращений» и «Стандартное отклонение нормализованных RR-интервалов» (далее в тексте будут использоваться обозначения Mean-HR и SDNN соответственно; пояснения в Табл. 25), поскольку они оказываются наиболее вариативными. По результатам двухступенчатой кластеризации выделено два кластера (Кластер 1 = 20 индивидов; Кластер 2 = 20 индивидов). Такое снижение количества участников исследования обусловлено тем, что только 40 участников решили все 30 задач. Участники из Кластера 1 характеризуется более высокими значениями Mean-HR и SDNN в отличие от участников из Кластера 2.

Участники исследования из каждого кластера характеризуются различающейся динамикой показателя SDNN от 1 к 30 задаче (см. Рис. 35А). Для участников из Кластера 1 не обнаружено достоверного сдвига ($\chi^2 = 23,653$; $p = .746$), тогда как для участников из Кластера 2 отмечается рост величины SDNN ($\chi^2 = 45,262$; $p = .028$). Участники исследования из каждого кластера характеризуются различающейся динамикой показателя выборочной энтропии (SampEn) от 1 к 30 задаче (см. Рис. 35Б). Для участников из Кластера 1 обнаружен достоверный сдвиг - энтропия возрастает ($\chi^2 = 43,793$; $p = .038$), тогда как для участников из Кластера 2 не отмечается достоверных изменений величины SampEn - энтропии ($\chi^2 = 37,725$; $p = .125$). Таким образом выделенные кластеры можно охарактеризовать так: участники из Кластера 1 обладают высокой вариабельностью сердечного ритма и его возрастающей сложностью, тогда как участники из Кластера 2 - низкой вариабельностью и его снижающейся сложностью.

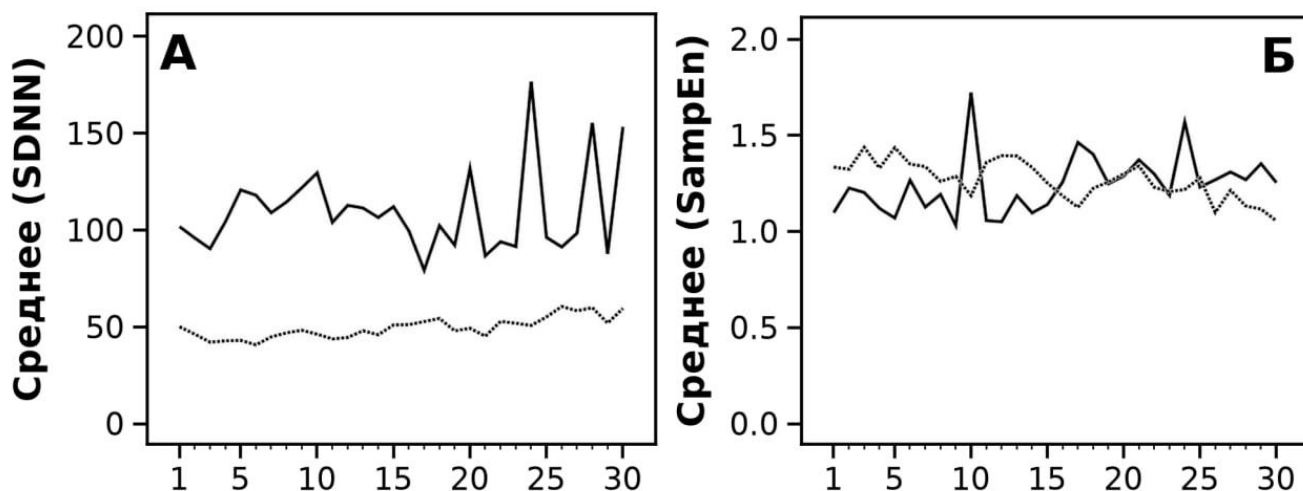


Рисунок 35. Динамика показателя (величины приводятся по ординате) SDNN (А) и SampEn (Б) в двух кластерах от 1 до 30 задачи (по абсциссам). Черным - Кластер 1, пунктиром - Кластер 2.

Была проведена дополнительная кластеризация с учётом 15 решенных задач для проверки разбиения на большей части выборки. Выделено 4 кластера участников исследования: Кластер 1 ($N = 26$), Кластер 2 ($N=7$), Кластер 3 ($N=27$) и Кластер 4 ($N=27$).

При оценке динамики показателей SDNN и SampEn, как это было при первой кластеризации, установлено, что у участников из Кластера 2 происходит достоверное снижение показателя SDNN (Рис. 36А; $\chi^2 = 73,758$; $p = .000015$) и достоверный рост показателя SampEn (Рис. 36Б; $\chi^2 = 52,609$; $p = .007$), у участников из Кластера 4 достоверный рост показателя SDNN (Рис. 36А; $\chi^2 = 86,665$; $p = 2.0845 \cdot 10^{-7}$).

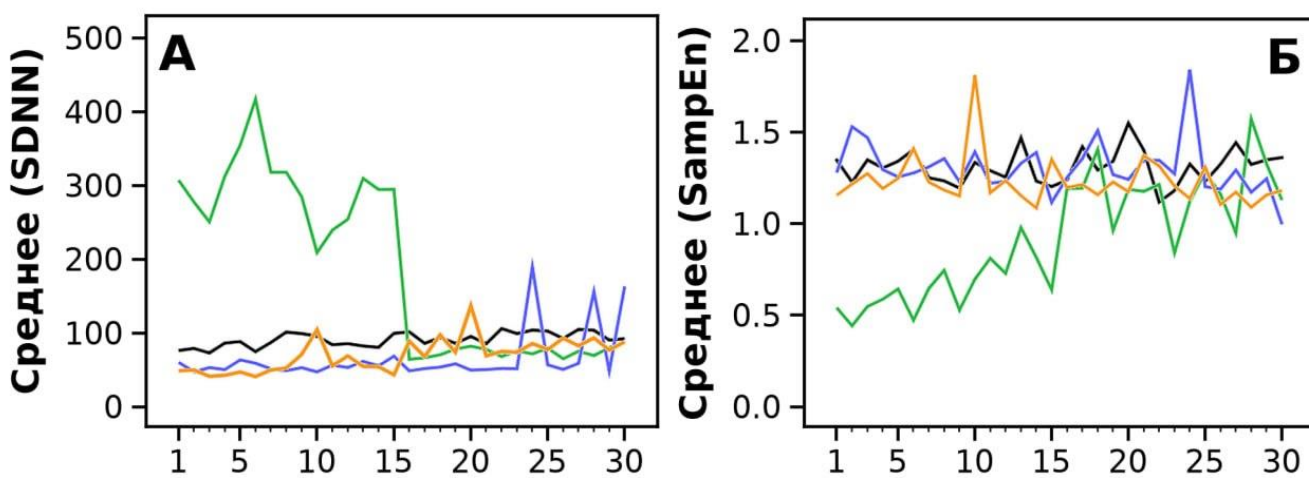


Рисунок 36. Динамика показателя (величины приводятся по ординате) SDNN (А) и SampEn (Б) в четырех кластерах от 1 до 30 задачи (по абсциссе). Зеленым - Кластер 1, черным - Кластер 2, синим - Кластер 3, оранжевым - Кластер 4.

3.2.2. Распределение переменных психологических тестов в группах участников исследования, различающихся по показателям вариабельности сердечного ритма

Для выделенных кластеров проводилась оценка распределения переменных тестовых методик (см. Табл. 25) и установлено, что промежуточным результатом, т.е. при увеличении объёма выборки итоговое разбиение будет представлено двумя кластерами, в связи с чем, учитывая динамический характер измеряемых величин и характер выполнявшихся заданий, следует рассматривать оба кластерных решения с результатами распределения переменных тестовых методик в выделенных кластерах.

Таблица 25. Результаты оценки распределения переменных психологических тестов в группах участников с различающейся вариабельностью сердечного ритма

Показатели психологических тестов	Средний ранг				Н	p-level
	BCP'-1	BCP'-2	BCP'-3	BCP'-4		
Я-структурный тест Амона						
Агрессия конструктивная	44,40	24,14	34,37	46,82	7,75	0,051
Тревога деструктивная	38,12	62,29	42,11	35,30	7,922	0,048
Внешнее отграничение конструктивное	44,80	20,93	43,72	38,72	6,616	0,085
Внешнее отграничение деструктивное	34,82	59,50	46,80	35,06	9,511	0,023
Внутреннее отграничение дефицитарное	42,06	62,79	39,61	33,52	8,964	0,030
Сексуальность деструктивная	33,30	33,57	40,80	49,36	6,812	0,078
Опросник качества жизни ВОЗ						
Сон и отдых	44,48	62,67	43,09	31,19	10,626	0,014
Образ тела	40,32	49,42	49,54	32,48	7,432	0,059
Возможности для покупок	49	46	45,43	28,70	11,535	0,009
Опросник «24 сильные стороны личности»						
Любопытство	43,91	53,79	37,7	29,58	8,738	0,033
Оптимизм	45	51,14	32,27	32,29	6,990	0,072
Самооценка	38,15	59,5	39,84	31,48	8,871	0,031
Самоеффективность	42,09	57,71	31,09	36,25	8,660	0,034
«Шкала аналитичность-холистичность»						
Каузальная атрибуция	43,07	51	29,61	38,63	6,818	0,078

3.3. Совместная оценка показателей вариабельности сердечного ритма и состава тела

Группы участников исследования (ВСП'1-4) использовались в двухшаговой кластеризации для разбиения выборки по показателям состава тела. Кластеризация проводилась отдельно для каждой группы, в связи с чем было выделено 11 групп, которые были объединены на основе их однородности по показателям состава тела и итоговое разбиение выборки представлено 4 группами участников исследования. В Табл. 26 порядок первых 11 групп приводится в соответствии с тем, как они были объединены в итоговые 4 группы.

Таблица 26. Средние значения для групп участников исследования по результатам двухшаговой кластеризации первичных кластеров ВСП'1-4

	Группы										
	1	6	2	4	11	3	5	8	10	7	9
Телесный жир	6.57		39.15	36.72	34.18	21.70	21.36	26.73	21.68	12.85	15.1
Мышцы	87.92		56.25	59.9	62.19	73.76	74.04	69.05	73.78	81.98	80
Скелетные мышцы	65.92		32.02	33.9	35.48	42.52	42.63	40.06	42.93	52.3	51.15
Вода в организме	73.07		47.3	46.4	47.68	56.48	56.4	53.54	57.08	66.91	64.76
Жировая масса	4.22		30.52	30	26.98	13.46	12.88	18.70	13.02	8.21	8.92
N	4	1	4	4	25	15	20	18	30	6	13
	Группы										
	1	2		3			4				
Телесный жир	6.26	35.09		22.70			14.38				
Мышцы	88.34	61.19		72.81			80.63				
Скелетные мышцы	65.94	34.87		42.16			51.51				
Вода в организме	73.22	47.48		56.04			65.44				
Жировая масса	3.84	27.77		14.3			8.7				
N	5	33		83			13				

В ходе оценки распределения переменных в этих группах установлено, что только 8 переменных по всем методикам характеризуются различиями, при этом только 3 из них достоверными (см. Табл. 27).

Таблица 27. Результаты оценки распределения переменных психологических тестов в группах участников, различающихся по составу тела

	Средний ранг	N	p-level
--	--------------	---	---------

	СТ'-1	СТ'-2	СТ'-3	СТ'-4		
Агрессия Деструктивная	59.75	62.45	52.65	44.64	7.64	.054
Нарциссизм Деструктивный	57.75	69.67	49.32	48.33	7.69	.053
Сексуальность Дефицитарная	70.88	60.88	54.55	37.36	7.74	.052
Физическая боль	68.25	34.29	57.40	56.24	10.53	.015
Любовь к учению	61.25	60.88	58.01	32.89	10.52	.015
Социальный интеллект	65	62.6	55.76	38.17	6.95	.074
Благодарность	88.50	58.81	56.18	35.86	11.78	.008
Духовность (VIA)	72.50	55.76	57.43	38.44	6.68	.083

Выделенные группы сопоставлялись с группами СТ1-3 для оценки степени совпадения двух разбиений, поскольку для дальнейшего анализа необходимо отобрать участников, характеризующихся сопряженными различиями показателей вариабельности сердечного ритма и состава тела ($\chi^2 = 69.59$, $p = 2.771E-14$; см. Табл. 28).

Таблица 28. Таблица сопряженности между первичными группами СТ1-3 и группами, составленными на основе групп ВСП'1-4 и переменных состава тела

	Первичные группы по составу тела			Участники (итого)
	СТ-1	СТ-2	СТ-3	
СТ'-2	17	0	0	17
СТ'-3	7	12	42	61
СТ'-4	1	9	4	14
Участники (итого)	22	21	46	92

Согласно Табл. 20 в дальнейший анализ вошли только те участники, которые относятся к группам (СТ'-2-СТ1; СТ'-3-СТ2; СТ'-3-СТ3) и были обозначены как ЭКГ_СТ1, ЭКГ_СТ2, ЭКГ_СТ3.

Таблица 29. Результаты оценки распределения переменных психологических тестов в группах участников, различающихся по составу тела и вариабельности сердечного ритма

	Средний ранг			Н	p-level
	ЭКГ_СТ1	ЭКГ_СТ2	ЭКГ_СТ3		
Враждебность	27.60	23.86	38.36	6.785	.034
Агрессия Дефицитарная	45.83	26.55	30.79	8.611	.013
Тревожность Конструктивная	23.87	39.82	35.38	5.484	.064

Тревожность Деструктивная	41.90	38.45	28.99	5.966	.051
Нарциссизм Конструктивный	21.83	38.82	36.41	7.502	.023
Физическая боль	20.80	38.82	36.05	8.381	.015
Транспорт	32.50	46.23	29.46	6.864	.032
Духовность	39.13	22.32	33.65	5.270	.072
Любопытство	36.87	48.73	29	9.401	.009

В Таблице 29 представлены итоговые различия по переменным психологических тестов в группах участников, которые характеризуются изоморфным соответствием двух разбиений - кластеры по составу тела и кластеры по вариабельности сердечного ритма.

3.4. Анализ динамики величины $rMSSD$

Проведенный специальный анализ динамики величины $rMSSD$ построен на основе вычисления методом скользящего окна (ширина 60 RR, шаг 1 RR) множества значений $rMSSD$ внутри каждой задачи. Первично установлено, что переходу от задачи к задаче соответствует нарастание разности между последовательными RR-интервалами (Рис. 37, А) с комплексом «замедление-ускорение-замедление» (см. экстремумы функции на графике, Рис. 37, Б).

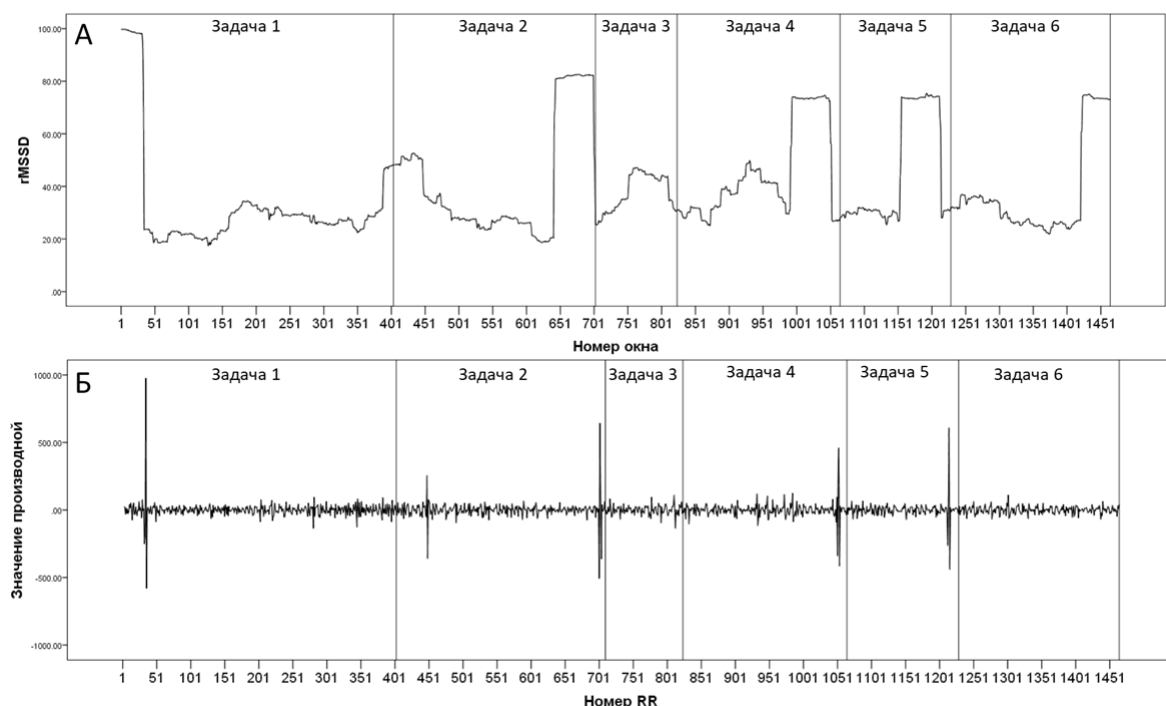


Рис. 37. Пример динамики величины rMSSD (А) и график функции второй производной (Б) для шести задач у участника HOLDI15

Был вычислен динамический порог значимости колебаний величины rMSSD для значений статистики t-критерия Стьюдента, который рассчитывали по каждому окну (см. Рис. 38). Верхняя граница критической области задана на уровне $\alpha=0.975$, нижняя - $\alpha=0.025$. Построенный критерий обладает умеренной чувствительностью, позволяя распознавать достоверные колебания величины rMSSD в 50% случаев, что, однако, не позволяет заключить о достоверности нарастания разности между последовательными RR-интервалами.

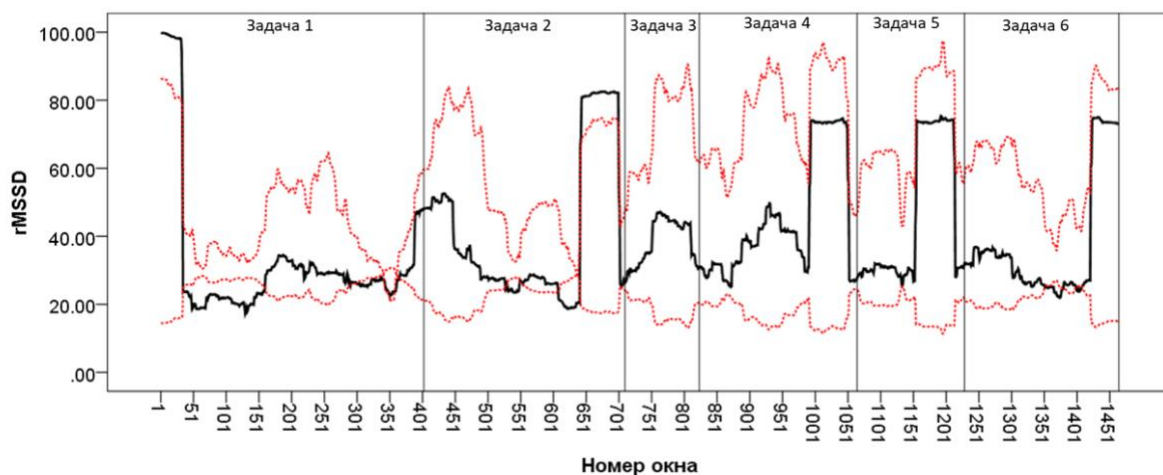


Рис. 38. Динамика величины rMSSD (черным) для шести задач у участника HOLDI15 с критическими областями (красный пунктир) $\alpha = 0.975$ и $\alpha = 0.025$ соответственно

Также отмечается согласованность в динамике величины $rMSSD$ у участников диады (см. Рис. 39, А), соответствующая синхронизованности сердечного ритма, на что указывает большая площадь перекрытия значений RR -интервалов (см. Рис. 39, Б) и скоррелированность временных рядов последовательных RR -интервалов (см. Рис. 39, В).

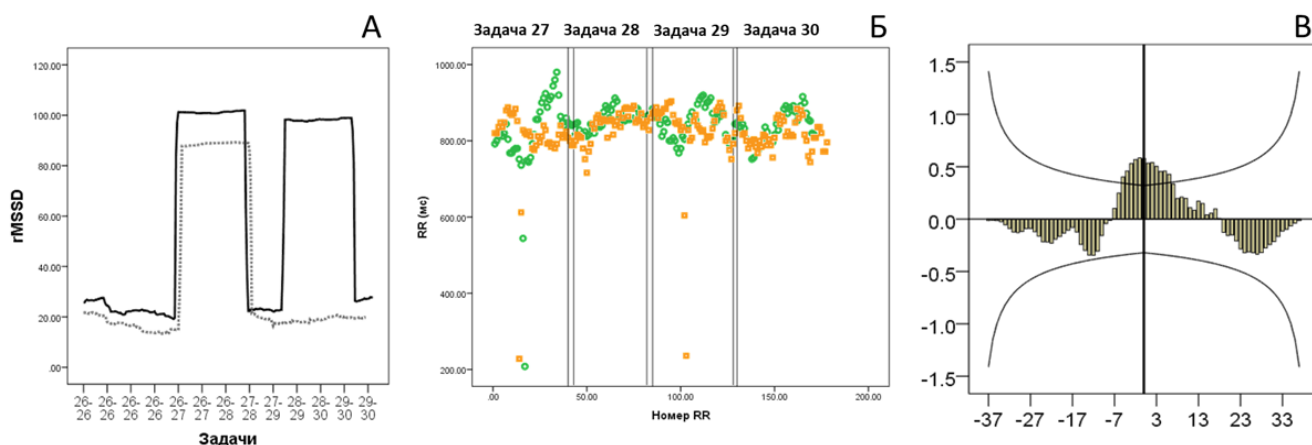


Рис. 39. Динамика величины $rMSSD$ (А), диаграмма рассеяния (Б) и кросскорреляционная функция (В) для диады HOLDI35-HOLDI36.

Для выборочной оценки динамики $rMSSD$ проводилось несколько этапов анализа. На первом этапе анализа была оценена общая динамика $rMSSD$ в момент смены задач. Для каждого участника вычислялась дельта $rMSSD$ как разность между средними значениями в 10 окнах до и после каждого перехода. В выборке из 41 участника средняя дельта составила 0.12 мс ($SD = 1.04$, $p = 0.8$ по одновыборочному t -критерию), что указывает на отсутствие статистически значимого общего эффекта переходов на величину $rMSSD$. Однако при визуальном анализе индивидуальных распределений дельт была обнаружена выраженная гетерогенность: у части участников наблюдалось устойчивое снижение $rMSSD$, тогда как у других - его повышение либо отсутствие выраженной динамики.

Для количественной оценки этой гетерогенности была проведена кластеризация методом k -средних ($k = 2$) на основе средних значений дельты $rMSSD$ для каждого участника. Было выделено два кластера, значимо различающиеся по направленности эффекта ($F = 58.4$, $p < 0.001$). Первый кластер (n

= 12) характеризовался отрицательной средней дельтой (-1.26 ± 0.83 мс) и был обозначен как группа «чувствительных» участников, демонстрирующих снижение величины rMSSD при переходе между задачами. Второй кластер ($n = 29$) показал положительную среднюю дельту (0.51 ± 0.55 мс) и был отнесён к группе «нечувствительных». Таким образом, нельзя судить об однородности эффекта, а скорее напротив, отмечается устойчивая индивидуальная вариабельность, требующая дальнейшего анализа.

На следующем этапе был проведён анализ локальных максимумов rMSSD - пиков. Для каждого участника пики определялись как локальные максимумы, превышающие 90-й перцентиль индивидуального распределения rMSSD, с минимальным расстоянием между пиками в 10 окон. Для каждого участника вычислялись три признака: общее количество пиков за сессию, средняя амплитуда пиков (превышение над порогом) и медианная позиция пика внутри задачи (нормализованная к длительности задачи).

Кластеризация пиковых признаков методом k-средних ($k = 4$) позволила выделить четыре устойчивых паттерна. Кластер 1 ($n = 4$) характеризуется пиками, смещёнными к концу задачи (медианная позиция 0.62), с высокой амплитудой (средняя 23.1). Кластер 2 ($n = 17$) - «типичный» паттерн с умеренной амплитудой (13.0), позицией 0.38 и наибольшим количеством пиков (37.7). Кластер 3 ($n = 5$) характеризуется экстремально высокой амплитудой (38.2) и центральной позицией пиков (0.48). Кластер 4 ($n = 15$) имеет низкую амплитуду (11.3), большой разброс позиций. Сопоставление пиковых и дельта-кластеров выявило частичное совпадение: 4 из 5 участников кластера 3 принадлежали к «чувствительной» группе, тогда как один участник, также «чувствительный», оказался в кластере 4.

Для проверки гипотезы о том, что пики rMSSD могут быть артефактами, связанными с изменением частоты сердечных сокращений или общей вариабельностью, были рассчитаны дополнительные HRV-параметры на основе сырых RR-интервалов. Для каждого окна (ширина 60 RR с шагом 1) вычислялись:

средний RR (mean_rr), стандартное отклонение RR-интервалов (SDNN), процент соседних интервалов с разницей >50 мс (pNN50) и Sample Entropy как мера сложности кардиосигнала. Анализ корреляционной структуры показал, что rMSSD тесно связан с SDNN ($r = 0.78$, $p < 0.001$) и в меньшей степени - с mean_rr ($r = -0.34$, $p = 0.03$), что в целом соответствует хорошо определенной взаимосвязи этих показателей, но не исключает их самостоятельной информативности (см. Рис. 40).

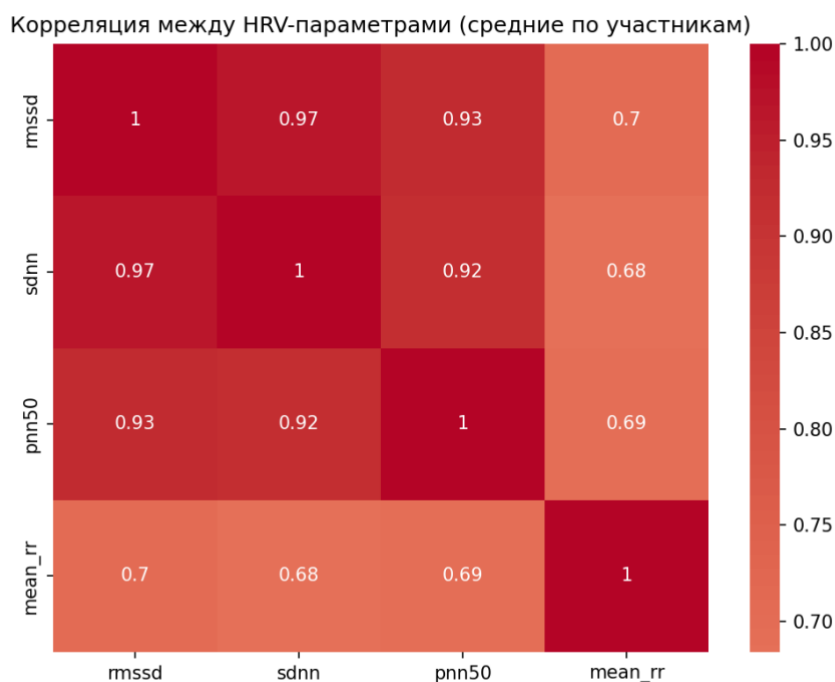


Рис.40. Матрица корреляций между показателями variability сердечного ритма

Регрессионные модели, построенные на агрегированных по участникам признаках (средние и стандартные отклонения всех показателей ВСР), продемонстрировали низкую предсказательную способность ($R^2 = -0.36$ по методу Lasso, $R^2 = 0.22$ по методу Random Forest). Единственным значимым предиктором дельты rMSSD оказалась дельта SDNN (коэффициент 0.50), что указывает на то, что изменения rMSSD при переходах в значительной степени отражают общие изменения variability сердечного ритма, а не изолированные эффекты.

Поскольку агрегированные показатели ВСР не позволяют надёжно предсказать изменение rMSSD в связи с переходами между задачами, был предпринят иной подход: кластеризация участников на основе их профилей variability, отражающих средние значения mean_rr и SDNN для каждой задачи. Для каждого участника и каждой задачи вычислялись средние mean_rr и SDNN, после чего вся совокупность «участник × задача» ($N = 2087$) была кластеризована методом k-средних с $k = 4$. Выделились четыре HRV-кластера, различающиеся по среднему RR и SDNN (см. также п. 3.2.2; см. Табл. 30 и Рис. 41)

Таблица 30. Содержательные характеристики HRV-кластеров

Кластер	Описание	Mean_HR	SDNN
Кластер 1	высокий RR, высокий SDNN	877.4 мс	85.5 мс
Кластер 2	низкий RR, низкий SDNN	634.2 мс	37.7 мс
Кластер 3	средний RR, средний SDNN	743.0 мс	53.6 мс.
Кластер 4	высокий RR, экстремально высокий SDNN	807.0 мс	154.7 мс

Для каждого участника был вычислен профиль - вектор долей его задач, принадлежащих каждому из четырёх кластеров по показателям ВСР. Доминирующий кластер по показателям ВСР определялся как кластер с максимальной долей. Распределение участников по доминирующим кластерам по показателям ВСР оказалось следующим: кластер 1 - 4 участника, кластер 2 - 17 участников, кластер 2 - 18 участников, кластер 4 - 2 участника. Таким образом, большинство участников (35 из 41) имели доминирующий кластер по показателям

BCP с низким или средним SDNN, тогда как кластеры с высоким SDNN были представлены малым числом участников.

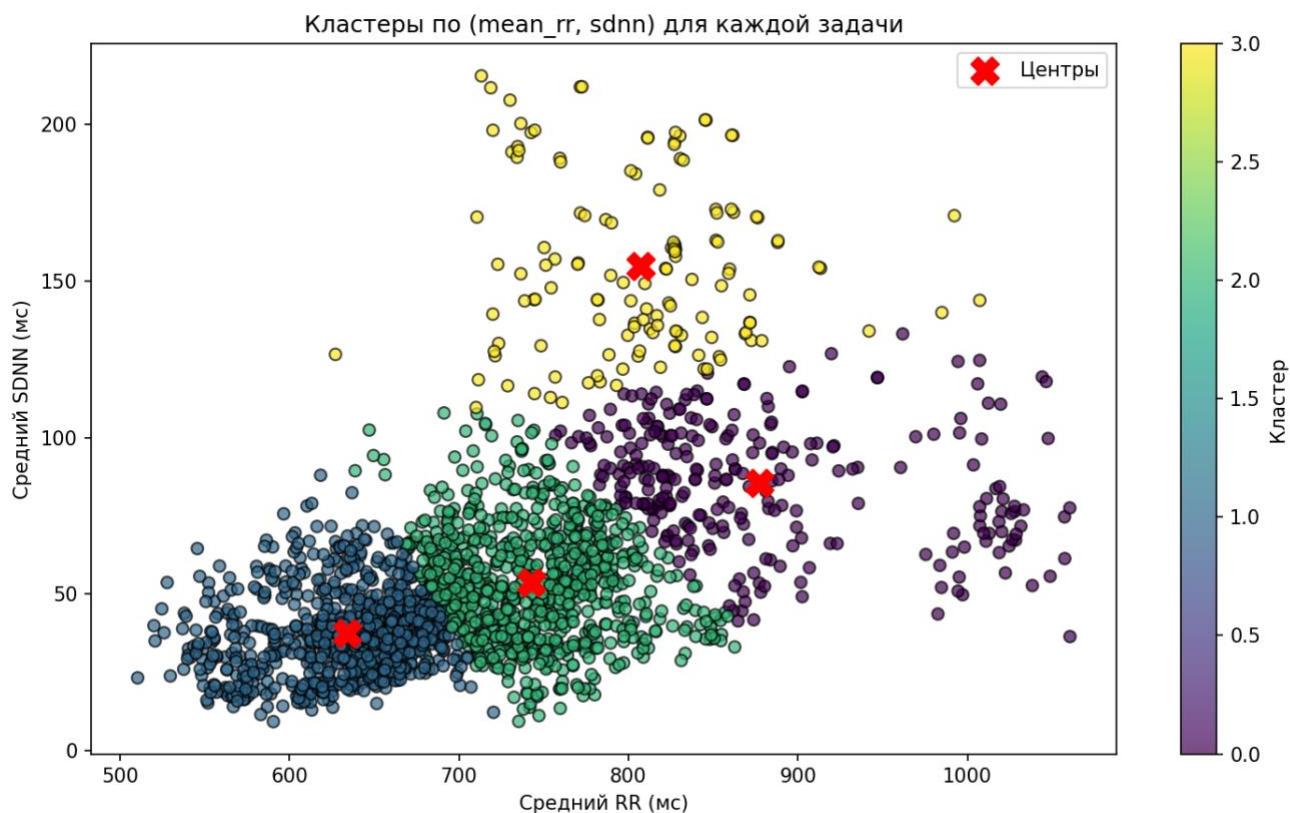


Рис.41. Кластеры по показателям BCP, выделенные методом К-средних

Для проверки роли профиля BCP в определение эффекта в периоды переходов, были построены таблицы сопряжённости между доминирующим кластером по показателям BCP, дельта-кластером и пиковым кластером (см. Рис. 42). Анализ показал, что чувствительность к переходам (отрицательная дельта) ассоциирована с высоким SDNN: в кластере 4 (экстремально высокий SDNN) оба участника были чувствительными (100%), в кластере 1 (высокий SDNN) - 50% чувствительных, тогда как в кластерах 2 и 3 доля чувствительных не превышала 28% и 18% соответственно ($\chi^2 = 8.94$, $p = 0.03$). Это позволяет утверждать, что высокая общая вариабельность сердечного ритма может рассматриваться как

фактор, определяющий снижение величины rMSSD при смене задач.

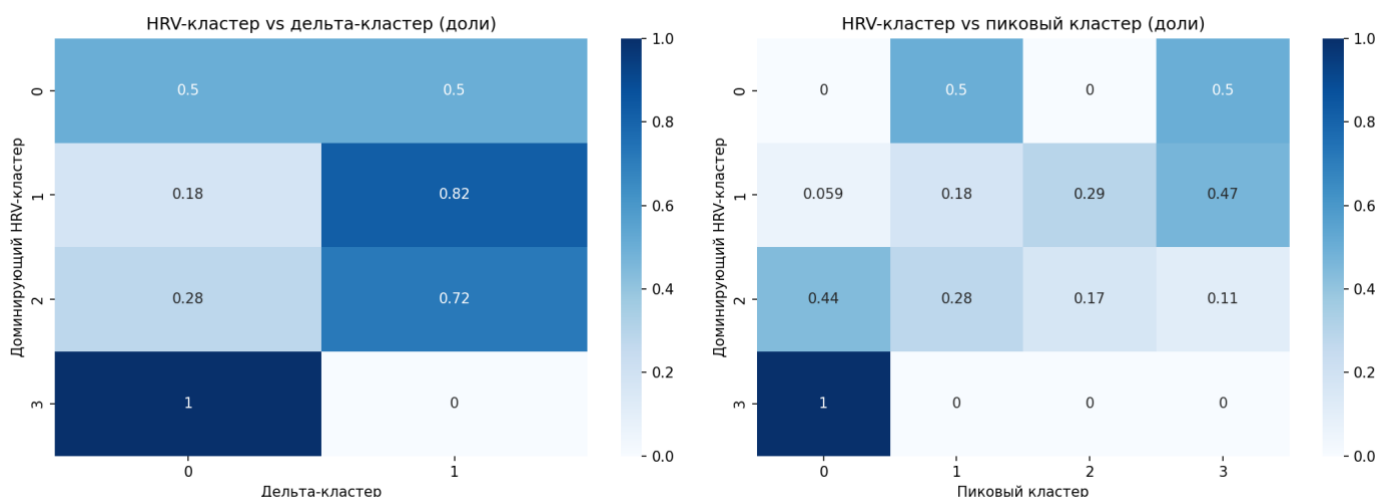


Рис.42. Таблицы сопряженности для сравнения кластеров по показателям BCP, дельта-кластеров и пиковых кластеров

Связь кластеров по показателям BCP с пиковыми паттернами также оказалась значимой. Участники кластера 3 демонстрируют исключительно пиковый кластер 0 (поздние пики с высокой амплитудой), тогда как кластер 1 (низкий SDNN) был ассоциирован преимущественно с пиковым кластером 3 (много мелких пиков). Многомерное шкалирование на основе профилей кластеров по показателям BCP указывает на чёткое разделение участников на четыре группы, причём координаты для многомерного шкалирования практически полностью определялись доминирующим кластером по показателям BCP, что свидетельствует о высокой дискриминативной способности этих профилей (см. Рис 43).

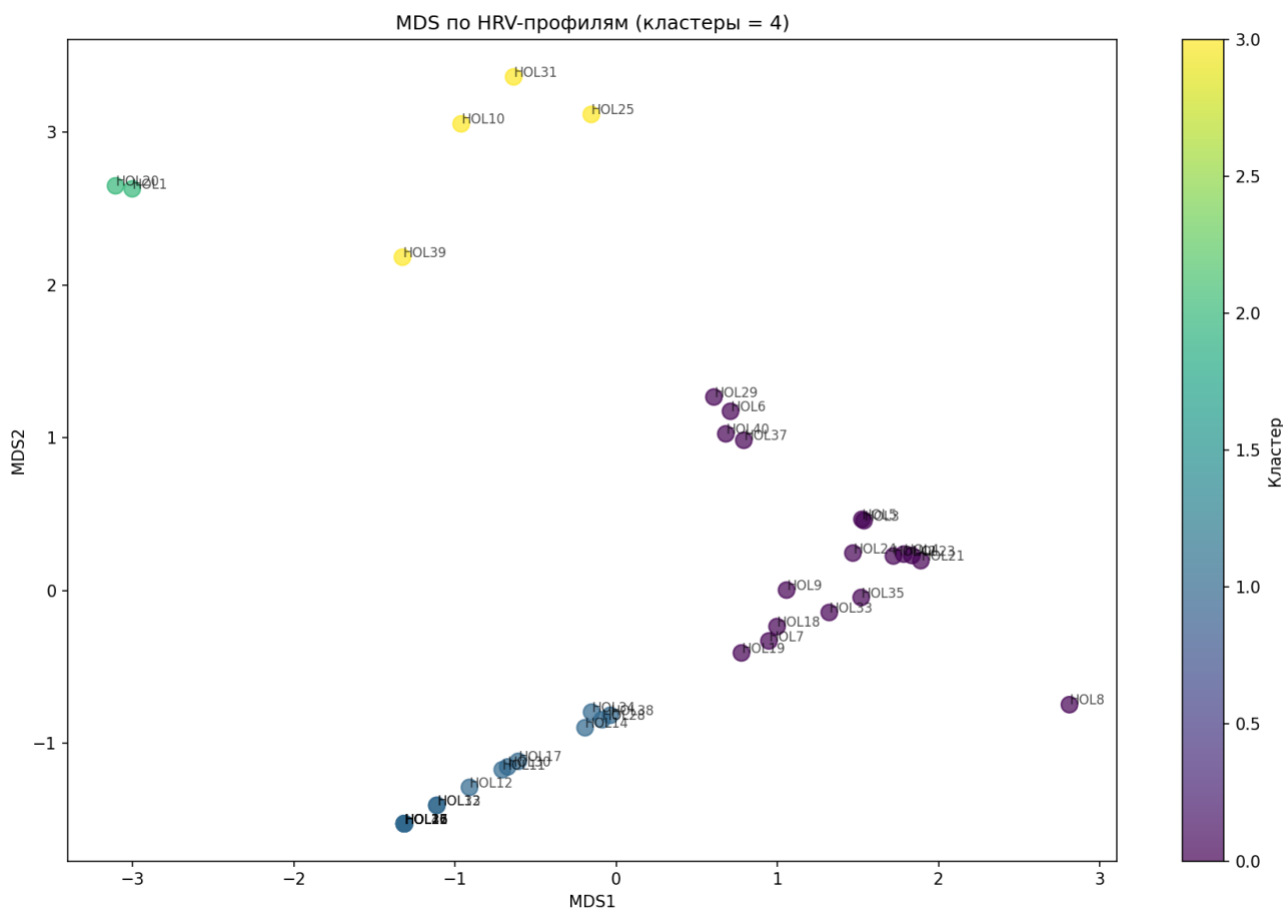


Рис.43. Расположение профилей кластеров по показателям BCP в многомерном пространстве

Для количественной оценки различий между кластерами по показателям BCP был проведён однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим попарным сравнением (Tukey HSD). Значимые различия были обнаружены для следующих показателей:

Дельта rMSSD ($F = 7.73$, $p = 0.0004$): кластер 3 значительно отличался от всех остальных кластеров ($p < 0.05$ для всех попарных сравнений), демонстрируя наиболее отрицательную среднюю дельту (-2.71 мс). Кластеры 0, 1 и 2 между собой не различались.

Медианная позиция пиков ($F = 3.39$, $p = 0.028$): кластер 3 имел значимо более позднюю позицию пиков (0.88) по сравнению с кластером 1 (0.54, $p = 0.037$).

Количество пиков ($F = 2.82$, $p = 0.052$) и средняя амплитуда пиков ($F = 2.50$, $p = 0.074$) не достигли статистической значимости на уровне $\alpha = 0.05$, хотя

наблюдались выраженные тенденции: кластер 3 имел наибольшее количество пиков (49.0) и наибольшую амплитуду (29.8), тогда как кластер 1 - наименьшую амплитуду (14.5).

Таким образом, кластеры по показателям BCP различаются прежде всего по динамике rMSSD при переходах и по временной локализации пиков, тогда как количественные характеристики пиков демонстрируют лишь тенденции к различиям.

Для оценки прогностической ценности HRV-профилей была построена логистическая регрессионная модель, в которой в качестве предикторов выступали доли задач участника в каждом из четырёх HRV-кластеров, а целевой переменной - принадлежность к группе чувствительных (дельта-кластер 0). Модель была обучена с пятикратной стратифицированной кросс-валидацией. Средняя точность классификации составила 75.8% (SD = 6.7%), а площадь под ROC-кривой (AUC) - 0.587 (SD = 0.242). Коэффициенты регрессии показали, что наибольший вклад в предсказание чувствительности вносит доля задач в HRV-кластере 3 (коэффициент 0.66), тогда как доли в кластерах 1 и 2 имеют отрицательные коэффициенты (-0.18 и -0.13 соответственно). Это подтверждает, что принадлежность к кластеру с экстремально высоким SDNN является основным HRV-предиктором чувствительности, однако прогностическая способность модели остаётся умеренной, что указывает на необходимость учёта дополнительных факторов.

Для визуализации динамики rMSSD внутри задач были построены усреднённые траектории для каждого HRV-кластера. Каждая задача была нормализована по длительности до 100 временных точек, после чего траектории усреднялись внутри каждого HRV-кластера. Полученные кривые продемонстрировали отчётливые различия: участники HRV-кластера 4 показывали монотонное снижение rMSSD от начала к концу задачи с резким падением в последней трети, тогда как участники кластера 2 демонстрировали относительно стабильный уровень с небольшим ростом в середине задачи. Кластеры 1 и 3

занимали промежуточное положение. Эти результаты согласуются с данными о позиции пиков: у кластера 3 пики смещены к концу задачи, что соответствует нисходящему тренду, а у кластера 1 пики распределены равномерно, что соответствует стабильному уровню rMSSD (см. Рис. 44).

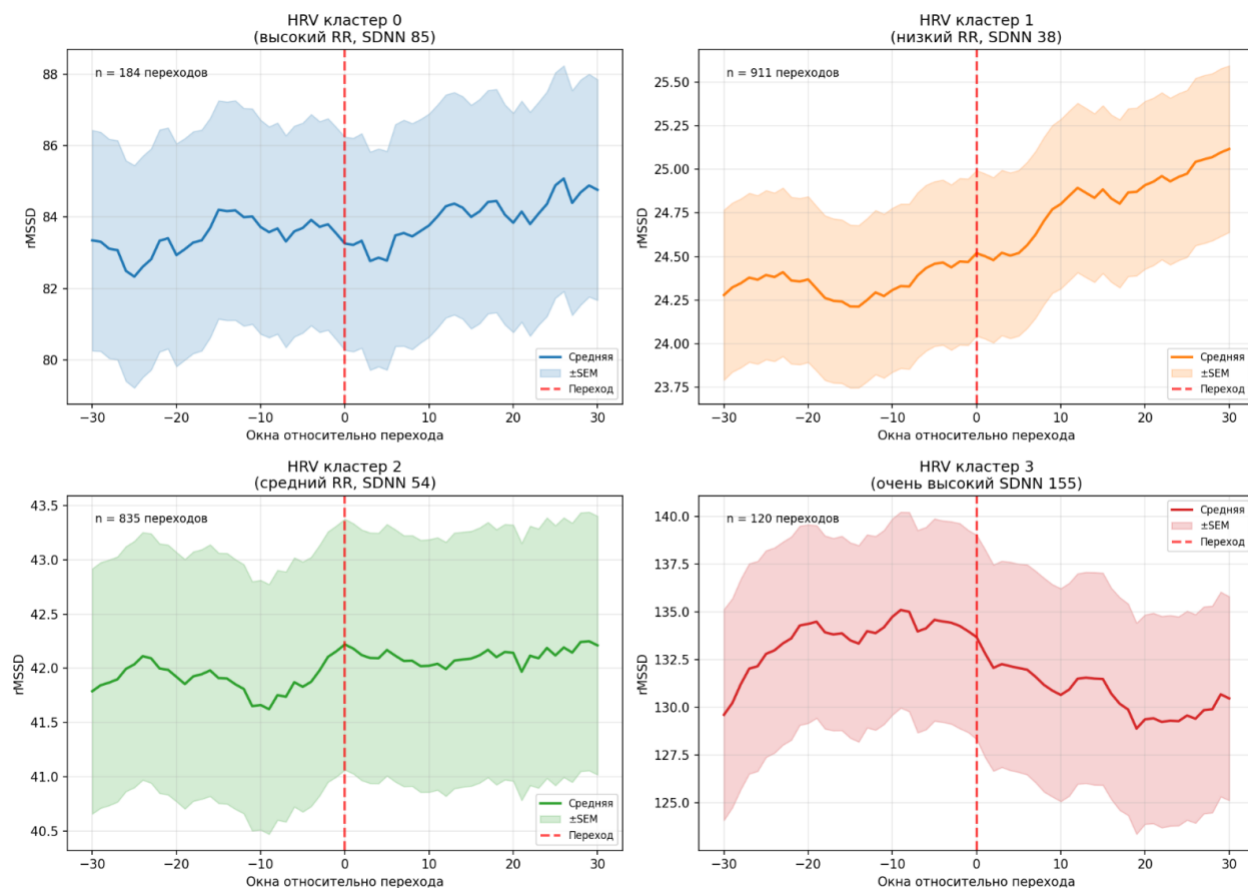


Рис.44. Усредненные траектории для кластеров по показателям BCP

Дополнительно был проведён анализ дельты rMSSD в зависимости от кластера по показателям BCP задачи, предшествующей переходу. Оказалось, что переходы из задач, принадлежащих кластеру 4, сопровождались наибольшим падением rMSSD (средняя дельта -2.71 мс, $SD = 26.97$), тогда как переходы из кластера 2 - напротив, ростом (0.19 мс, $SD = 5.90$). Кластеры 1 и 3 давали промежуточные значения (-0.37 и 0.16 мс соответственно). При этом количество переходов из кластера 4 было минимальным (120), тогда как из кластера 2 - максимальным (912). Это указывает на то, что задачи с экстремально высокой

вариабельностью встречаются реже, но переходы из них сопряжены с наиболее выраженным изменением величины rMSSD (см. Рис 45).

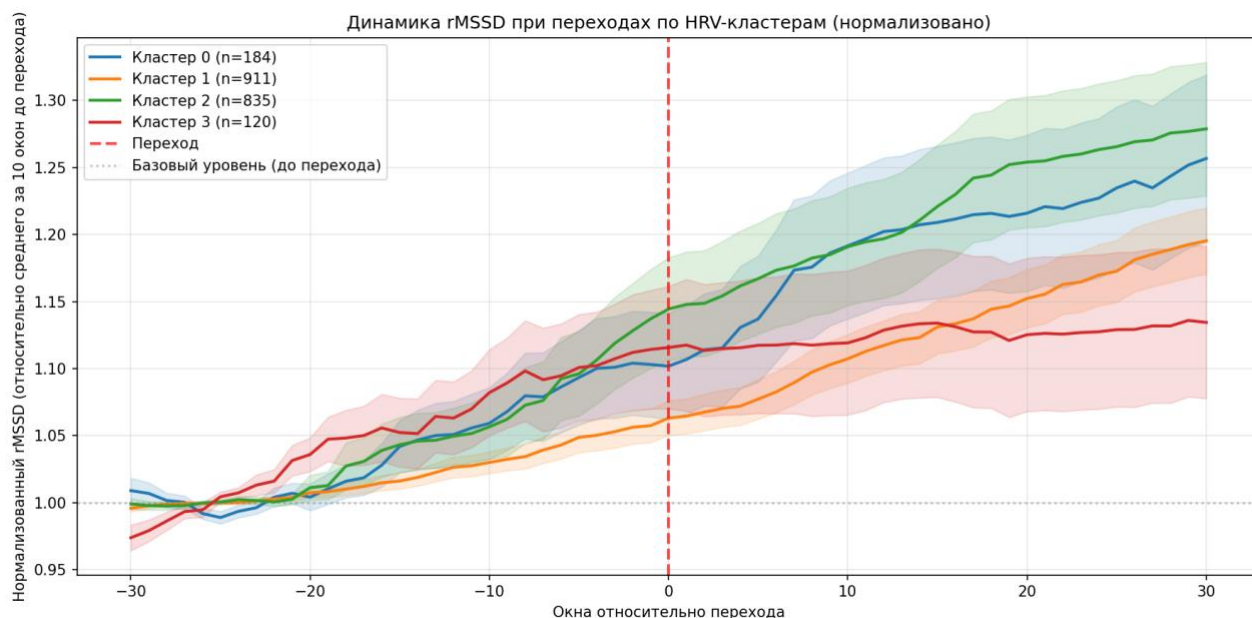


Рис.45. Изменение rMSSD до и после перехода к следующей задаче

Кросс-корреляция rMSSD. Средняя максимальная кросс-корреляция по диадам составила 0.18 (медиана около 0.10). В некоторых диадах наблюдались высокие значения, тогда как в других корреляция была близка к нулю или отрицательной. Это указывает на то, что синхронизация сердечного ритма не является универсальным свойством диад, а скорее зависит от индивидуальных особенностей партнёров или контекста взаимодействия. Лаги в основном находились в пределах $\pm 1-2$ окон, что говорит о синхронности без существенного временного сдвига.

Совпадение кластеров по дельте. В 46% диад наблюдалось совпадение дельта-кластеров. Учитывая, что для двух кластеров случайное совпадение составляет 50%, полученное значение близко к случайному. Это означает, что изменения величины rMSSD в связи с переходами от задачи к задаче не являются парно-специфичными - по выборке отмечается, что диады с одинаковым типом динамики rMSSD встречаются не чаще, чем с разными типами.

Наиболее существенный результат - значимая отрицательная корреляция средней дельты между партнёрами ($r = -0.60$, $p = 0.029$; см. Рис. 46). Чем выше дельта у одного участника, тем ниже у другого. Это может указывать на координацию физиологических характеристик внутри диады: если один партнёр демонстрирует снижение rMSSD, другой –повышение rMSSD, и наоборот. Остальные признаки (mean_rmssd, sd_rmssd, cv_rmssd) не показали значимых корреляций между партнёрами, что говорит о том, что тонические характеристики не являются парно-специфичными.

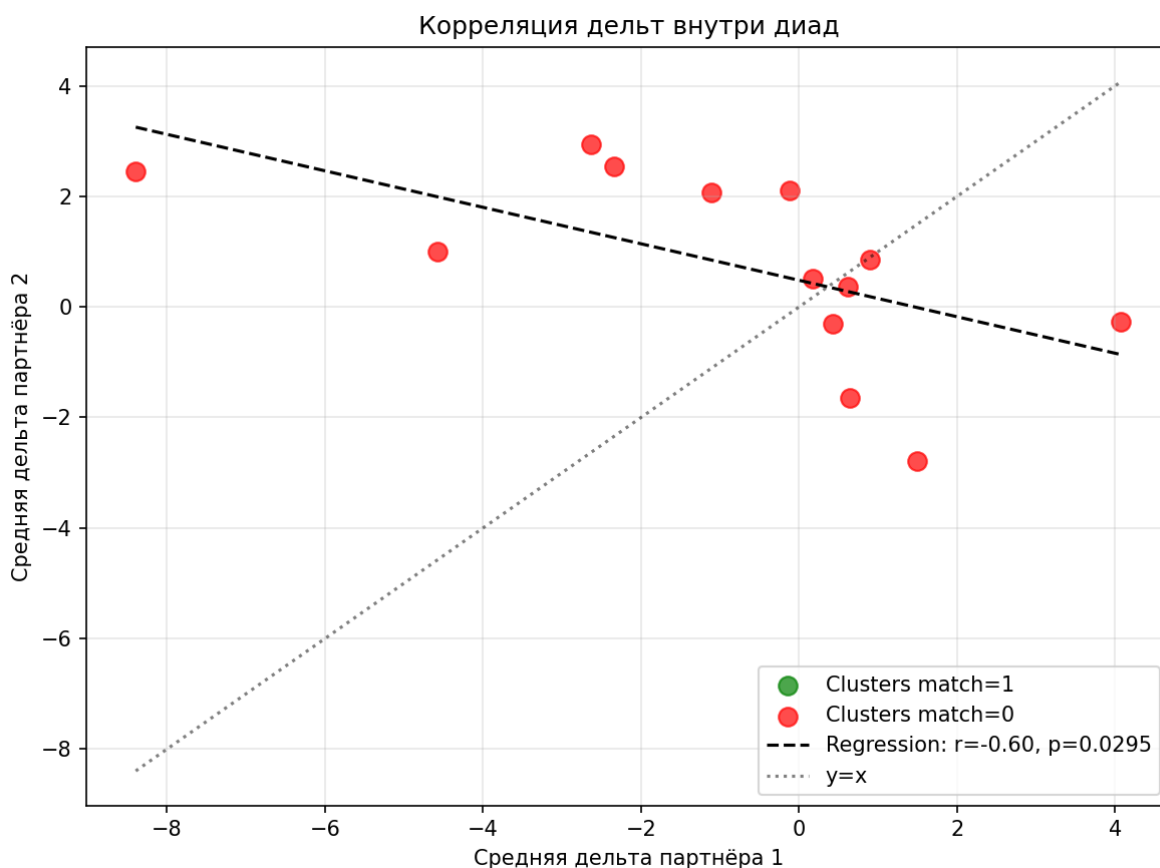


Рис.46. Корреляция дельт внутри диады, иллюстрация регрессионной зависимости между средними дельтами

Связь кросс-корреляции и сходства кластеров. U-тест не выявил различий в кросс-корреляции между диадами с совпадающими и несовпадающими кластерами по дельте ($p = 0.295$). Таким образом, синхронизация rMSSD не зависит от того, является ли динамика rMSSD при переходах от задачи к задаче у партнеров

сходной. Это означает, что синхронизованность сердечного ритма и динамика величины rMSSD характеризуют скорее различающиеся феномены, где первая в большей степени соотносима с вовлеченность в достижение коллективного результата, а вторая - индивидуально-специфичные процессы системогенеза.

Для каждой диады были построены графики (пример см. Рис. 47), которые иллюстрируют нормированные усреднённые профили обоих участников. В большинстве диад наблюдается сходная форма кривых (оба имеют спад или оба имеют подъём), но с разной амплитудой. Однако есть и диады с противоположной динамикой, что согласуется с отрицательной корреляцией дельт. Например, в диаде HOLDI5–HOLDI6 (см. Рис. 47) профили расходятся: у одного участника наблюдается падение rMSSD после центра перехода, у другого - рост.

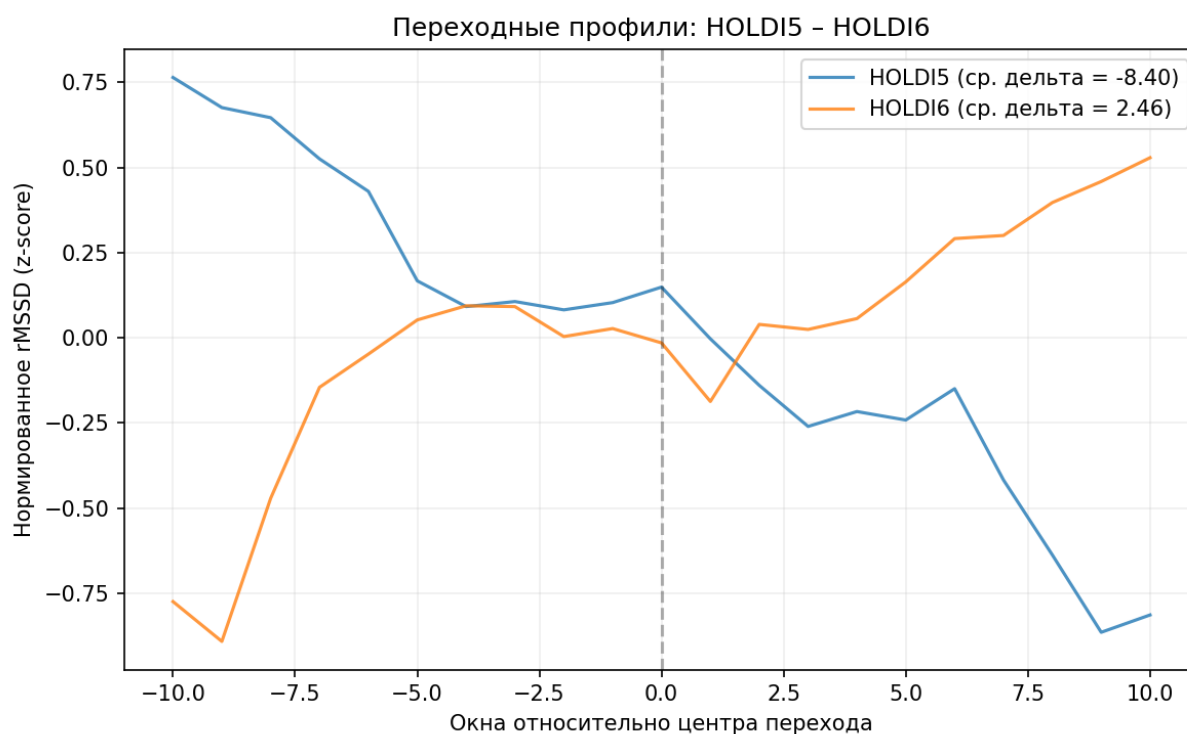


Рис.47. Индивидуальные профили дельт в диаде, усредненные по всем задачам

Такие случаи требуют дополнительного анализа, поскольку они, возможно, связаны с индивидуальными особенностями, но в настоящей работе такой анализ не проводился в виду ограниченного объема выборки и большего числа возможных

факторов, определяющих эту закономерность. Однако была проведена обобщенная выборочная оценка этих профилей (см. Рис. 48), которая позволяет отметить два контрастных исхода в ситуации перехода от одной задаче к другой.

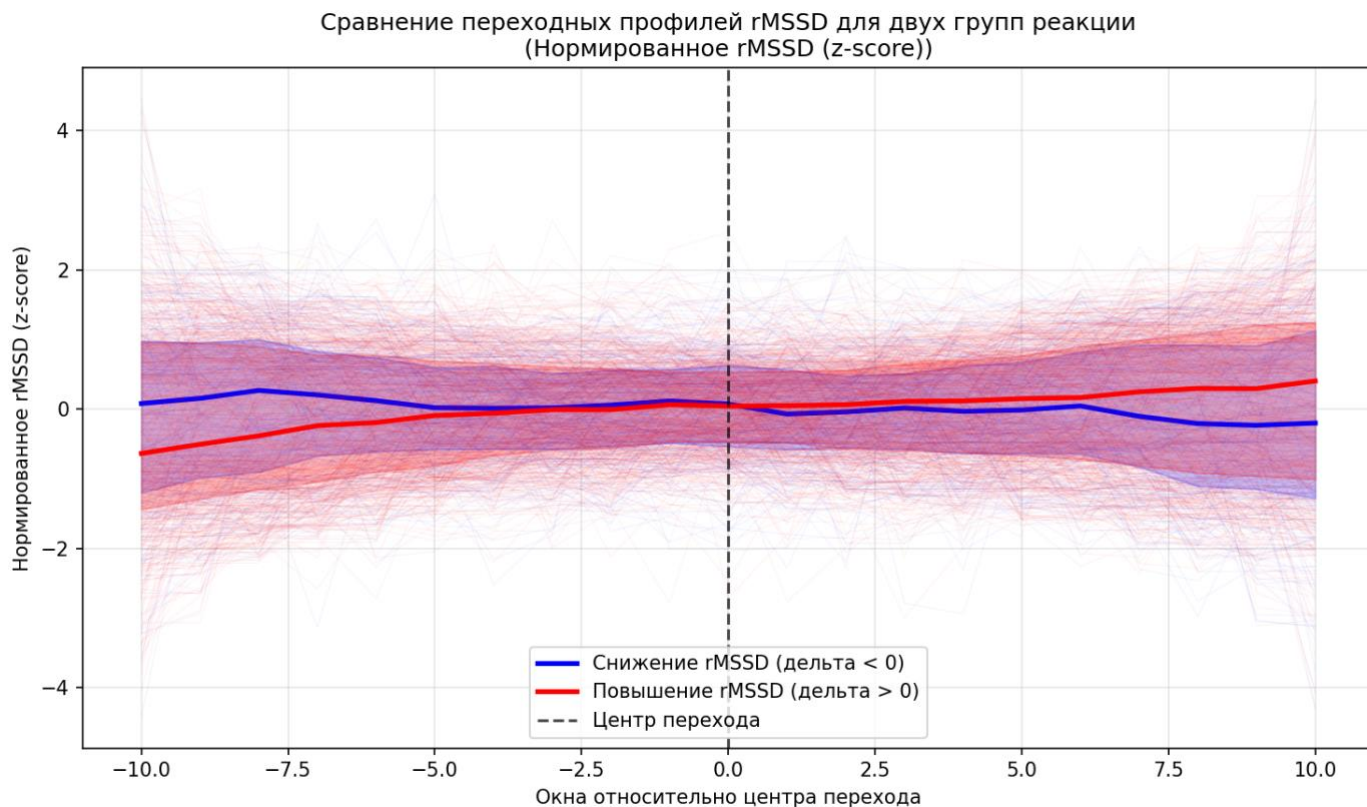


Рис.48. Профили дельт для всех диад, разделенных по критерию снижения и повышения rMSSD

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенного исследования позволяют утверждать, что имеется многомерная картина разбиения выборки, включающая характеристики решения задач, психологические характеристики, а также *сопряженные с ними* показатели динамики вариабельности сердечного ритма и различающееся соотношение тканей тела. Важно заметить, что было получено несколько вариантов разбиения выборки, которые обладают незначительными различиями. Это можно потенциально объяснить сравнительно небольшим объемом выборки для выбранной процедуры множественной кластеризации, а также (преимущественно) тем, что все включенные в анализ характеристики не обладают изоморфным соответствием. Результаты исследования указывают на множественную и неоднородную вариативность соотношений свойств индивидов по выборке. Таким образом, можно утверждать, что при включении в анализ характеристик телесной организации количество групп участников исследования возрастает и превышает ранее рассматриваемые четыре группы (СпР 1-4), которые выделены в исследовании (Тищенко и др., 2021). Однако, важно заметить, что в рассматриваемом случае речь идёт о соотношении относительно дискретных (базовых) свойств индивидов, измеряемых в исследовании один раз (состав тела), и динамических свойствах (ВСР), которые в исследовании сопряжены с реализуемым поведением, соответствующем актуализации составляющих структуры индивидуального опыта - способам решения. Такая вариативность разбиений может быть соотнесена с представлениями о том, что индивидуальные различия познавательной деятельности связаны с разной степенью зрелости и состоянием регуляторных систем мозга (Мачинская, Семенова, 2004).

В работе (Варфоломеева и др., 2023) приводятся результаты первичного анализа сопряженности показателей вариабельности сердечного ритма и показателей состава тела. Отмечается, что группировка участников исследования

позволяет соотносить способы решения, энтропию сердечного ритма и состав тела, что проявляется в согласованном различающемся соотношении этих показателей в каждой из групп участников исследования.

Дальнейшая работа и конкретизация результатов позволили в обобщенном виде построить перспективное разбиение выборки, которое оказалось представлено 11 группами участников исследования (Варфоломеева и др., 2024). Каждая из этих групп организована так, что базовым общетелесным процессам, результаты которых фиксируются в показателях состава тела (общая масса, костная, мышечная и жировая масса, индексы висцерального жира и массы тела), соответствуют различающиеся показатели времени и правильности решения, количества и типов аргументов (решение сложных когнитивных задач («Рыцари и лжецы», «Моральные дилеммы»), а также внимательности, наблюдательности, сомнения («Шкала аналитичность-холистичность», тест «Стандартные прогрессивные матрицы Дж. Равена»). На основе этого результата утверждалось, что соотношение телесных характеристик с поведенческими и психологическими многовариантно и характеризует различные варианты правила организации общеорганизменных функциональных систем, в частности альтернативы создания, формирования и фиксации на субстрате групп специализированных нейронов моделей совершенных индивидом взаимодействий.

Полученные результаты позволяют утверждать, что на основе показателей ВСР возможно выделение кластеров, представляющих группы участников исследования с различающейся организацией сердечного ритма. Проведенная оценка показателей ВСР указывает на их однородный характер по выборке для всех задач, что с учетом специфики процедуры двухступенчатой кластеризации не позволяет выделять ярко выраженные кластеры. Такая картина была получена, например, для показателей LF, HF и LF/HF (которые обозначают мощность спектра низких и высоких частот, а также их отношение друг относительно друга). Поскольку эти показатели преимущественно применяются в оценке

эмоционального состояний при выполнении заданий (Зарипов, Баринаева, 2008), то можно судить об эмоциональной нейтральности задач, применявшихся в исследовании. Наиболее вариативными (внутри отдельных задач и с 1 по 30 задачу) оказываются показатели mean_HR (средняя частота сердечных сокращений) и SDNN (стандартное отклонение интервалов), что указывает на специфическую организацию процессов согласования активности клеток различной морфологии, а также её индивидуальную вариативность, что проявляется в динамике показателя энтропии BCP (Варфоломеева и др., 2025). Нарастание величины энтропии указывает на повышение неопределенности (непредсказуемости) значений в числовой последовательности или временном ряду, тогда как снижение - повышение определенности (предсказуемости). С позиций системно-эволюционного подхода это указывает на различия в степени вовлеченности систем опыта различной дифференцированности. Подобная внутрииндивидуальная изменчивость показателей BCP соответствует их закономерным сдвигам при изменении функционального состояния (Demareva, 2023).

Сильные стороны личности вносят существенный вклад в разбиение групп участников исследования, которые характеризуются разными показателями сердечной деятельности, которые указывают на разную структуру и/или динамику актуализации их опыта в процессе решения задач. Данные группы различаются показателями шкал «Критическое мышление», «Настойчивость», «Благодарность», «Оптимизм», «Духовность» и «Каузальная атрибуция», в первом кластере показатели этих шкал выше, чем во втором. При этом, такие качества личности как «Критическое мышление», «Настойчивость» и «Духовность» могут быть рассмотрены как способы преодоления неопределенности, формируя различные стратегии решений. Так, «Критическое мышление» рассматривается как способность и настроенность на многосторонний анализ, умение взвешивать аргументы и менять мнение на основе доказательств, принимая более эффективные решения. «Духовность» характеризуется как наличие структурированных

убеждений о высшей цели. «Настойчивость» определяется как способность добровольно продолжать активную деятельность, несмотря на возникающие препятствия и трудности (Peterson, Seligman, 2004; Реан и др., 2024).

Такие качества личности как «Благодарность» и «Оптимизм» связаны с положительным восприятием действительности в первом случае текущего и прошлого, а во втором связаны с будущим. «Благодарность» как сильная сторона личности определяется как умение осознать и «быть благодарным за все хорошее», что происходит в жизни. «Оптимизм» - ожидание лучшего от будущего и готовность работать «для достижения высокой цели». Эти два качества личности часто и в отечественных, и в иностранных исследованиях показывают наибольшую связь с высокими показателями удовлетворенности жизнью, субъективной жизнестойкостью и другими показателями высокого психологического благополучия. Более того, в авторских эмпирических исследованиях «Благодарность» и «Оптимизм» входят в «квартет психологической жизнестойкости», наряду с «любопытностью» и «энергичностью» (Gander et al., 2020; Реан и др., 2022).

С позиций «теории нейро-висцеральной интеграции» (Thayer et al., 2009), которая является ведущей при изучении взаимосвязи ВСР и психологического благополучия, обосновывается, что ВСР выступает как «индекс силы саморегуляции» и является показателем интеграции центральной нервной и вегетативной нервной систем. При этом, «сила саморегуляции» определяется как «...способность осуществлять самоконтроль, отменять или изменять свои доминирующие тенденции реагирования...» (Baumeister, Heatherton, 1996), является основным условием для адаптивного поведения, такого как регулирование эмоций, упорство перед лицом неудачи или позитивное поведение в отношении здоровья (Schmeichel, Baumeister, 2004; Tangney et al., 2004). Подобные исследования реализуют логику сопоставляющей (традиционной или коррелятивной) психофизиологии (см. в Швырков, 1989) и напрямую соотносят

«физиологические» и «психологические» процессы, аргументируя, в терминах влияния, связь «нервных», «висцеральных» и «психологических» явлений, акцентируя внимание на роли автономной нервной системы и блуждающего нерва. Применение кластерного анализа к показателям ВСР позволяет оценивать совместную динамику этих показателей и на основе этой оценки проводить сравнение в выраженности психологических свойств индивидов. Такой подход к анализу данных разрешает отмечаемую неоднозначность в результатах исследований по изучению взаимосвязи ВСР и психологического благополучия (или качества жизни). Результаты настоящего исследования указывают на соотношение показателей ВСР в ходе решения задач, что в свою очередь позволяет предполагать различающуюся организацию актуализируемых систем опыта, проявляющуюся в ВСР у индивидов, реализующих различающиеся способы решения задач (Варфоломеева и др., 2023). Полученные данные согласуются с результатами (Демарева и др. 2016, 2017), которые указывают на то, что динамика вариабельности сердечного ритма при выполнении когнитивных задач взаимосвязанна не только с текущим функциональным состоянием участника исследования, но и с его индивидуальными особенностями регуляторных процессов. В этом контексте уместно опираться на данные о вкладе глубинных (лимбических) регуляторных структур в обеспечение познавательной деятельности: изменения их функционального состояния отражаются на регуляторных компонентах решения задач (Мачинская, Семенова, 2016). Это согласуется с возможностью детекции смены состояния по ВСР в рамках концепции критического замедления (Demareva et al., 2023).

В исследовании (Варфоломеева и др., 2025а, б) отмечается, что наиболее значимыми при разбиении выборки по переменным теста VIA-24 оказываются 9 переменных: мудрость, честность, энергичность, доброта, социальный интеллект, благоразумие, благодарность, оптимизм, юмор. Такое разбиение рассматривалось как паттерн 24 сильных сторон личности. Исходя из полученных данных, в 3-ех

выявленных группах, можно предположить: 1) что большая представленность переменных, характеризующих жировую ткань сопровождается выраженностью таких сильных сторон личности как мудрость, честность, социальный интеллект, благодарность, оптимизм, юмор; 2) что большая представленность переменных, характеризующих мышечную ткань сопровождается выраженностью сильных сторон личности: энергичность, доброта, благоразумие; 3) что смешанная группа по показателям состава тела связана с низкими показателями сильных сторон личности, что может быть интерпретировано как наличие более сложных индивидуальных паттернов характеристик у представителей данной группы, т.е. нельзя достоверно установить их паттерн развитых сильных сторон личности, но можно выявить их не актуализированные сильные стороны.

Статистический результат проведенного анализа указывает на соотношение характеристик состава тела, которые в анализе выступают как независимая переменная - фактор, потенциально объясняющий дисперсию зависимой переменной (психологические характеристики). Установленное соотношение имеет характер сопряженности, т.е. участники исследования, которые различаются по величинам переменных показателей состава тела, имеют определенную выраженность величин переменных показателей 24 сильных сторон личности: для смешанной группы, а также для групп с большей выраженностью жировой или мышечной ткани отмечается различный паттерн характеристик, описывающих социальное поведение.

Возможное объяснение результатов оценки динамики величины $rMSSD$ можно выразить в следующих суждениях: 1). Пиковые значения колебаний величины $rMSSD$, которым соответствует изменение в приращении длительности RR-интервалов, указывают на динамику реализации общеорганизменных функциональных систем; 2). Ширина этих пиковых значений, которой соответствует неизменность меж-интервальной разности, указывает на устойчивость реализации общеорганизменных функциональных систем на

коротких временных интервалах. Кроме того, важно отметить, что выделенные кластеры по показателям ВСР указывают на устойчивые индивидуальные особенности взаимосогласования смены и реализации общеорганизменных функциональных систем. Высокий SDNN, особенно в сочетании с высокими средними показателями RR интервалов, соответствует состоянию повышенной variability сердечного ритма, которое, согласно литературным данным, ассоциировано с более выраженной парасимпатической активностью и гибкостью вегетативной регуляции. Именно у таких участников (кластер 3) переход между задачами вызывает наиболее выраженное падение rMSSD, что может отражать либо временное истощение парасимпатического резерва, либо переключение на симпатическую регуляцию. Напротив, участники с низким SDNN (кластер 1) демонстрируют рост rMSSD при переходах, что может указывать на парадоксальную активацию парасимпатической системы в ответ на нагрузку - феномен, описанный в литературе как «реакция восстановления» при низком базальном тоне. Таким образом, направленность реакции rMSSD на переходы определяется не столько самой нагрузкой, сколько исходным состоянием вегетативной регуляции. Аналогичная зависимость направления вегетативных сдвигов от исходного состояния показана и при смене функциональных состояний (Demareva et al., 2024; Demareva, 2024). Подобная зависимость результата деятельности от исходного функционального состояния согласуется с данными о том, что состояние регуляторных систем мозга определяет эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля когнитивной деятельности (Семенова, Мачинская, Ломакин, 2015). Пиковые характеристики rMSSD дополняют эту картину: у участников с высокой variability пики возникают позже в ходе задачи и имеют большую амплитуду, что может отражать накопление парасимпатической активности по мере выполнения задачи. Участники с низкой variability, напротив, имеют множество мелких пиков,

распределённых по всей длительности задачи, что соответствует менее структурированной динамике.

Такой специфический конструкт, как «правило системной общеорганизменной организации» обосновывается как логикой теории функциональных систем П.К. Анохина, так и положениями системно-эволюционной парадигмы (см. напр. ГЛАВА 1, п. 1.4). Представляется, что введенная В.Б. Швырковым (Швырков, 1995) в рамках системно-эволюционного подхода (СЭП) схема «геном↔мозг↔тело↔среда» позволяет учитывать эту вариативность. В схеме зафиксировано правило, в соответствии с которым организация составляющих организма в функциональную систему для достижения приспособительного результата осуществляется через экспрессию генов, сопряженную с рассогласованием метаболических потребностей нейронов и обеспечивающую возможность их поведенческой специализации.

Хотя правило этой организации является общим, оно предполагает вариативность, ввиду представленности в популяциях разных генотипов и нейросубстратов, что обосновывается в системно-селекционной теории научения нелинейностью реализации генетической программы, предполагающей множественность сценариев взаимосогласования метаболических потребностей нейронов и, следовательно, множественность альтернатив выхода индивида из ситуации рассогласования, т.е. вариативность научения (Васильева, 2024; Соловьева и др., 2020; Egan et al., 2003; Vinkhuyzen et al., 2011; Blasi et al., 2009).

Необходимо специально подчеркнуть, что установленные соотношения не указывают на детерминированность психологических свойств характеристиками состава тела, а также вариабельностью сердечного ритма, равно как и наоборот. Эмпирически установленные соотношения в большой степени указывают на указывают на сопряжённость, но не на причинно-следственную связь, что подчёркивает пластичность и вариантность процессов системогенеза.

В исследованиях, посвященных разработке проблемы вариативности, приведены лишь обобщенные описания соматотипов (напр., Э. Кречмер и У. Шелдон) без обращения к процессам организации, взаимодействия и развития. Положения СЭП позволяют связывать особенности формирования опыта с их проявлениями в характеристиках как межиндивидуальных взаимодействий, так и общетелесных процессов, что открывает возможность формулировки более полного решения этой проблемы.

В исследовании (León-Ariza et al., 2017) установлена прямая связь мышечной массы с традиционными показателями, указывающими на активность парасимпатической нервной системы: RMSSD ($r=0.40$; $p<0.05$), SD1 ($r=0.40$; $p<0.05$), вагальный кардиальный индекс ($r=0.46$; $p<0.05$). Симпатический кардиальный индекс был обратно пропорционален мышечной массе ($r=-0.41$; $p<0.05$). У женщин мышечная масса была обратно связана с частотой сердечных сокращений ($r=-0.42$; $p<0.05$). Этот результат в том числе согласуется с общей картиной оценки общего тканевого метаболизма, согласно которой эмпирически установлена взаимосвязь между низкой вариабельностью сердечного ритма, ожирением, инсулинорезистентностью и хроническим воспалением (Pavlov, Tracey, 2012).

При оценке предыдущих результатов в более широком контексте, то есть при описании метаболической регуляции поведения, можно заключить, что выявленные паттерны не являются случайными. Согласно представлениям (Gulyaeva, 2026), двунаправленная связь между метаболизмом мозга и периферических тканей реализуется через сложные нейрогуморальные оси, включая гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему, причём ключевую роль играют глюкокортикоиды, модулирующие гиппокампальную пластичность (Sapolsky, 2000) и энергетический метаболизм нейронов, а также астроцит-нейрональный лактатный челнок, обеспечивающий локальную энергетическую поддержку активных синапсов (Pellerin, Magistretti, 1994; Magistretti, Allaman, 2015,

2018). Теория «эгоистичного мозга» (Peters, 2011; Peters et al., 2013, 2022) и концепция аллостатической нагрузки (McEwen, 2012) дополняют эту картину, подчёркивая, что мозг приоритизирует собственное энергообеспечение (Gulyaeva, 2026), перестраивая вегетативную регуляцию, что может проявляться в изменении показателей ВСР, особенно при различающихся соотношениях разных тканей, при оценке состава тела. Тогда, полученные нами данные о сопряжённости жировой и мышечной массы с паттернами ВСР и психологическими характеристиками согласуются с исследованиями, показывающими корреляции между мышечной массой и парасимпатической активностью (León-Ariza et al., 2017), а также с работами, связывающими ожирение и инсулинорезистентность со снижением вариабельности сердечного ритма (Pavlov, Tracey, 2012). А неизоморфность их соответствия свидетельствует в пользу многомерности и вариативности процессов системогенеза у участников исследования и различиях в достижениях полезных результатов поведения.

Следует, однако, учитывать ограничения настоящего исследования. Имеющийся объём выборки позволил получить статистически достоверные результаты, однако ее увеличение значимо повысит их репрезентативность. Специальная проверка показала, что используемые «умные весы» обеспечивают результаты, сопоставимые с другими методами оценки состава тела (см. разделы 3.1.3 - 3.1.4), однако использование дополнительной проверки на всей выборке могло бы увеличить точность измерений. К ограничениям так же можно отнести преобладание участников женского пола, и отсутствие прямого измерения основного обмена (RMR), хотя в литературе убедительно показана его связь с жировой и мышечной массой (Nielsen et al., 2000; Соловьева и др., 2012). Сравнивая полученные результаты с альтернативной моделью нейровисцеральной интеграции (Thayer et al., 2009), которая рассматривает ВСР как индекс «силы саморегуляции» в рамках статической корреляционной логики, системно-эволюционная парадигма позволяет сформулировать более полное объяснение, поскольку оценка ВСР

происходит не как фиксированная индивидуальная характеристика, а как динамическое изменяемое представление актуализации функциональных систем разной степени дифференцированности, что позволяет интерпретировать внутрииндивидуальную вариативность.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования комплекса вегетативных и соматометрических маркеров для персонализированной оценки адаптивных возможностей индивида и построения индивидуальных траекторий обучения и реабилитации, учитывающих как когнитивные, так и метаболические особенности.

Наиболее важный результат - анализ согласованности rMSSD у участников диад. В отличие от традиционных исследований, где синхронизация сердечного ритма рассматривается лишь как показатель эмпатии или «социальной связанности», в настоящем исследовании высказываются следующие содержательные суждения. Во-первых, обнаружена отрицательная корреляция средних дельт rMSSD между партнёрами ($r = -0.60$, $p = 0.029$). Это означает, что если у одного участника при переходе между задачами происходит снижение rMSSD (что можно рассматривать как вовлечение в новый системогенез), то у другого, наоборот, наблюдается рост rMSSD (что по всей видимости указывает на сохранение реализуемой функциональной системы длительный период). Это не является простой «синхронизацией» в классическом смысле - это комплементарная динамика, в которой проявляется распределение ролей в процессе совместного решения. С точки зрения системно-эволюционного подхода, участники диады взаимосогласуются, взаимо-со-действуют, а каждый участник вносит свой вклад, и их вегетативные процессы согласуются не путём прямого соответствия, а посредством взаимодополнения. Один участник может опережать другого по выраженности процессов системогенеза. Это согласуется с описанным выше понятием «взаимоСОдействия» (Анохин, 1973), из которого следует, что индивиды не просто воздействуют друг на друга, а комплементарны, достигая согласованные

результаты систем, которые составляют коллективный результат диады, активность компонентов системы (в данном случае - индивидов) не просто суммируются, а именно содействуют друг другу для достижения общего результата (Назаров и др., 2024).

Во-вторых, анализ пиковых паттернов rMSSD показал, что у участников с высоким SDNN пики смещены к концу задачи, имеют большую амплитуду, и именно эти участники чаще оказываются «чувствительными» к переходам (отрицательная дельта). Это означает, что они вовлекаются в системогенез более глубоко и с запозданием - возможно это - указание на требование больших временных затрат, чтобы «войти» в новую задачу, но эта перестройка более выражена. Участники с низким SDNN имеют множество мелких пиков, распределённых по всей задаче, что указывает на более поверхностную, менее ресурсоёмкую актуализацию систем. В диадах же отмечается, что высокая кросс-корреляция rMSSD (совпадение ритмов) не обязательно связана с совпадением дельта-кластеров - т.е. синхронизация и комплементарность эффекта изменения величины локальной вариабельности ритма - это разные феномены. Синхронизация может отражать текущую взаимную согласованность (общий контекст), тогда как комплементарность дельт - более глубинное структурное согласование системогенезов.

В-третьих, лёгкая асимметрия в кросс-корреляционных функциях (лаг в 1-2 окна) указывает на то, что взаимосогласование происходит с небольшой задержкой, что обоносывается спецификой взаимодействия -это динамический процесс, в котором системогенезы партнёров координируются друг к другу во времени, а не являются предзаданными.

Наконец, результат о том, что в 46% диад дельта-кластеры совпадают (что близко к случайному уровню), показывает, что гомогенность или гетерогенность по типу изменчивости в периоды перехода между задачами не является определяющим фактором для успешного взаимодействия. Важнее то, как именно

партнёры согласуют свои процессы перестройки - даже если они противоположны по знаку, это может быть эффективно. Таким образом, эмпирически установлено, что эволюционно допустимы множественные варианты взаимосогласования, и нет единственного универсального паттерна. Психофизиологические эффекты совместной деятельности (Nazarov et al., 2024) также указывают на взаимную согласованность процессов партнёров; при этом динамика ВСР как проявление параллельных системогенезов в таких работах не анализируется.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что участники исследования, характеризующиеся различающимся соотношением показателей состава тела, обладают различающимися паттернами свойств, измеряемых психологическими тестами. Этот результат позволяет полагать, что и нейрональные свойства и свойства тканей тела обеспечивают подготовку, на основе истории предыдущих взаимодействий, для достижения результатов, которые фиксируются в этих свойствах.
2. Установлено, что участники исследования, характеризующиеся различающимся соотношением показателей вариабельности сердечного ритма, обладают различающейся выраженностью свойств, измеряемых психологическими тестами. Этот результат позволяет утверждать, что проявляемая специфика актуализации общеорганизменных функциональных систем у индивидов при достижении индивидуального и коллективного результата согласована с субъективным содержанием актуализированного индивидуального опыта.
3. Определено, что разбиение выборки по трем критериям (способы решения, показатели состава тела и показатели вариабельности сердечного ритма) обладают устойчивостью и пересечением, однако это пересечение является неизоморфным – совместная кластеризация этих показателей позволяет выделить группы участников исследования, различающиеся соотношением более и менее динамических показателей. Этот результат позволяет утверждать, что достижение

индивидуальных и коллективных результатов в равной степени возможно для индивидов, характеризующихся различной спецификой организации и реализации опыта.

4. Установлено, что ряды величин длительностей последовательных RR-интервалов оказываются сопряженными с процессом решения задач, что проявляется в динамике показателя $rMSSD$, а в диадном решении указывает на взаимодополняющую координацию системогенезов, а не на синфазную синхронизацию. Этот процесс характеризуется динамичностью и вариативностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Ю.И. Закономерности формирования и реализации структуры индивидуального опыта / Ю. И. Александров, Т. Н. Греченко, В. В. Гаврилов, А. Г. Горкин, Д. Г. Шевченко, Ю. В. Гринченко, И. О. Александров, Н. Е. Максимова, Б. Н. Безднеженных, М. В. Бодунов // Журнал высшей нервной деятельности. – 1997. – Т. 47, вып. 2., с. 243-260
2. Александров Ю.И. Психофизиологическое значение активности центральных и периферических нейронов в поведении. М.: Наука, 1989., 208 с.
3. Александров Ю.И. Системогенез и смерть нейронов // Нейрохимия. – 2004. – Т. 21. – № 1. – С. 5–14.
4. Александров Ю.И. Научение и память. Традиционный и системный подходы // Журнал высшей нервной деятельности. – 2005. – Том 55. – №6. – С. 842–860.
5. Александров Ю.И. Активный нейрон // Нейрон. Обработка сигналов. Пластичность. Моделирование: фундаментальное руководство / под ред. Е. Н. Соколова, В. А. Филиппова, А. М. Черноризова; Российская Федерация, М-во образования и науки, Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО Тюмен. гос. ун-т, Центр трансляции и экспорта образовательных программ. – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2008.
6. Александров Ю.И. Системная организация и реорганизация поведения // XV сеченовские чтения. НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина РАМН. — М.: 2009. — С. 23-61.
7. Александров Ю.И. Дифференциация и развитие // Теория развития. Дифференционно-интеграционная парадигма: доклады участников Круглого стола, Москва, 12–13 февраля 2009 года / составитель: Н.И. Чуприкова. – Москва: Языки славянских культур, 2009. – С. 17-28.
8. Александров Ю.И. Швырков Вячеслав Борисович. Формирование новой парадигмы в психологии и смежных науках // Выдающиеся ученые Института

психологии РАН: биографические очерки / Под ред. А.Л. Журавлева. — М.: ИП РАН, 2020. С. 218–255.

9. 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.

10. Александров Ю.И. Системная комплементарность культуроспецифичных типов познания // Петербургский семинар по когнитивным исследованиям: Доклады и стенограммы, Санкт-Петербург, 01 января 2012 года – 31 декабря 2015 года. — Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2022. — С. 175-217.

11. Александров Ю.И. Процессы индивидуального и эволюционного развития: системная комплементарность и разнообразие // Десятая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. Пятигорск, 26–30 июня 2024 г. В двух частях. Часть I / Отв. ред. Киреев М.В. — Пятигорск: Изд-во «ФГБОУ Пятигорский государственный университет» 2024. — С.15-16.

12. Александров Ю.И. Александрова Н.Л. Субъективный опыт и культура. Структура и динамика // Психология. Журнал высшей школы экономики. — 2007. — Т.4. — №1. — С. 3-46.

13. Александров Ю.И., Александрова Н.Л. Субъективный опыт, культура и социальные представления. — Москва: Институт психологии РАН, 2009. — 320 с. — (Психология социальных явлений).

14. Александров Ю. И., Гринченко Ю. В. Иерархическая организация элементарного поведенческого акта // Системные аспекты нейрофизиологии поведения / под ред. К. В. Судакова. — М.: Наука, 1979. — С. 170–234.

15. Александров Ю. И., Гринченко Ю. В., Хвастунов Р. М. Иерархическая организация поведения // Успехи физиол. наук. — 1980. — Т. 11. — №. 4. — С. 115-144.

16. 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. — 191 с.
17. Александров Ю.И., Шевченко Д.Г., Горкин А.Г., Гринченко Ю.В. Динамика системной организации поведения в его последовательных реализациях // Психол. журн. — 1999. — Т. 20. — № 2. — С. 82–89.
18. Александров Ю.И., Шевченко Д.Г., Созинов А.А. Системная психофизиология в контексте междисциплинарных исследований // Психологические исследования. — 2025. — Т. 18, № 100. — DOI 10.54359/ps.v18i100.1949.
19. Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968.
20. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем. В кн.: Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973. С. 5–61.
21. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. — М. : Медицина, 1975.
22. Анохин П. К. Философские аспекты теории функциональных систем. — М. : Наука, 1978.
23. Анохин, П. К. Системный анализ интегративной деятельности нейрона / П. К. Анохин // Успехи физиологических наук. — 1974. — № 5. — С. 5–92.
24. Антонов В. Ф. Физика и биофизика : учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 472 с.
25. Апанович В. В., Знаков В.В., Александров Ю.И. Апробация шкалы аналитичности-холистичности на российской выборке // Психологический журнал. — 2017. — Т. 38, № 5. — С. 80–96.

26. Апанович В.В., Тищенко А.Г., Арутюнова К.Р., Александров Ю.И. Способы решения аналитических и холистических задач // Эксперимент. психол. – 2020. – Т. 13. – № 4. С. 52–71.
27. Баевский, Р. М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – № 1(1). – С. 54–64.
28. Баевский, Р. М., Иванов, Г. Г. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 108–127.
29. Бахчина, А. В. Динамика вегетативной регуляции кардиоритма при когнитивных, эмоциональных и физических нагрузках : дис. ... канд. психол. наук. – Нижний Новгород, 2014. – 139 с.
30. Бахчина, А. В., Парин, С. Б., Полевая, С. А. Динамика ритма сердца в стрессогенных информационных контекстах // Труды 3-й Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях – 2013». – Нижний Новгород : ИПФ РАН, 2013. – С. 9–12.
31. Бахчина, А. В., Парин, С. Б., Полевая, С. А. Нелинейные компоненты сердечного ритма наркозависимых // Сборник научных трудов 16-й Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика 2014». – М. : Изд-во «НИЯУ», 2014. – С. 66–76.
32. Бахчина А.В., Александров Ю.И. Сложность сердечного ритма при временной системной дедифференциации // Экспериментальная психология. – 2017. – Т. 10. – № 2. – С. 114–130.
33. Бунге, М. Философия физики / М. Бунге; пер. с англ. Ю. Б. Молчанова. – Москва : Прогресс, 1975. – 347 с.
34. 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.

35. 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.: Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 2023. — 197 с.

36. Варфоломеева А.В., Тищенко А.Г., Александров Ю.И. Индивидуальные вариации системной организации деятельности: электрокардиография и анализ биоэлектрического импеданса. Психологический журнал. 2025;46(1):58–65.

37. Васильев, И. А., Поплужный, В. А., Тихомиров, О. К. Эмоции и мышление. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980.

38. Васильева А.А. Полиморфизм локуса rs6295 гена серотонинового рецептора 1A ассоциирован с морфофункциональными особенностями. Вестник МГУ. Серия 23: Антропология. 2024;(3):158–65.

39. Галстян, А. Г. Применение метода анализа гистограмм для исследования вариабельности сердечного ритма студентов // Национальная ассоциация ученых. — 2015. — № 1–2 (6). — С. 51–55.

40. Голанов, Е. В., Парин, С. Б., Яснецов, В. В. Влияние налорфина и налоксона на течение электроболевого шока у кроликов // Бюлл. exper. биол. мед. — 1982. — Т. 93, № 6. — С. 60–62.

41. Демарева В.А., Созинова Е.А., Королева М.Е., Бахчина А.В., Полевая С.А. Влияние частотности слов на распределение фиксаций при чтении текстов на русском и английском языке у студентов с разным уровнем владения английским языком // Психологические исследования. — 2015. — Т. 8, № 43.

42. Демарева В.А., Полевая С.А. Динамика вариабельности сердечного ритма (ВСР) при регистрации движений взора: калибровка, лингвистические задачи //

Седьмая международная конференция по когнитивной науке: Тезисы докладов. – 2016. – С. 688–689.

43. Демарева В.А., Полевая С.А. Мониторинг variability ритма сердца для персонифицированной оценки влияния стрессовых нагрузок на успешность освоения английского языка школьниками младших классов // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуманитар.-педаг. ун-та, 2016. – С. 169–175.

44. Демарева В.А., Полевая С.А. Variability ритма сердца как физиологический критерий для оценки влияния стрессовых нагрузок на успешность освоения английского языка школьниками младших классов // Вестник психофизиологии. – 2017. – № 1. – С. 24–31.

45. Джеббраилова Т.Д., Сулейманова Р.Г., Иванова Л.И., Иванова Л.В. Индивидуальные особенности вегетативного обеспечения целенаправленной деятельности студентов при компьютерном тестировании // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 5. С. 58–66.

46. Джеббраилова Т.Д., Коробейникова И.И., Дудник Е.Н., Каратыгин Н.А. Вегетативные корреляты в преобразованном формате временных параметров и результативности интеллектуальной деятельности человека // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 1. С. 94–102.

47. Зарипов В.Н., Баринова И.В. Изменения показателей кардиоинтервалографии и variability ритма сердца у студентов с разным уровнем психоэмоционального напряжения и типом темперамента во время зачетной недели // Физиология человека. — 2008. — Т. 34, № 4. — С. 454–460.

48. Зарубин, Ф. Е. Variability сердечного ритма: стандарты измерения, показатели, особенности метода / Ф. Е. Зарубин // Вестник аритмологии. – 1998. – № 4 (ВА-N10 от 25.12.1998). – С. 25–30.

49. Захарова М.Н., Мачинская Р.И. Возрастные изменения управляющих функций у детей 6–7 лет // Психологические исследования. – 2022. – Т. 15, № 81. – С. 6. – DOI: 10.54359/ps.v15i81.1079
50. Каменецкая, Е. В., Ребеко, Т. А. Репрезентация телесного Я и защита Эго при нарушении пищевого поведения // Экспериментальная психология. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 118–128.
51. Клименко Т.И., Шинкевич А.И. Инновационное развитие сферы услуг: тенденции и перспективы // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. — 2019. — № 12.
52. Колбенева, М. Г. Психофизиологические закономерности инициируемой словами актуализации индивидуального опыта разной дифференцированности : дис. ... канд. психол. наук. – М., 2013. – 185 с.
53. Колбенева, М. Г., Александров, Ю. И. Органы чувств, эмоции и прилагательные русского языка: Лингво-психологический словарь. – М. : Языки славянских культур, 2010.
54. Кометиани З.П. О редокс-потенциале клеток. Биофизика. 1960;5(4):456–62.
55. Коштыянец, Х. С. Очерки по истории физиологии в России. — Москва ; Ленинград : Издательство Академии наук СССР, 1946. — 496 с.
56. Кречмер, Э. Строение тела и характер / Э. Кречмер; пер. с нем. Г. Я. Тартаковского; под ред. П. Б. Ганнушкина. – 2-е изд. – Москва–Петроград : Госиздат, 1924. – 283 с. – (Современные проблемы естествознания).
57. Кудря О. Н., Физиологические особенности вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов : автореф. дис.. на соискание учен. степ. д-ра биол. наук : 03.03.01 / Кудря Ольга Николаевна; [Сиб. гос. мед. ун-т МЗ РФ]. – Томск, 2012. – 47 с.
58. Лабори А. Метаболические и фармакологические основы нейрофизиологии. М.: Медицина, 1974. (перевод Laborit H. Métabolisme et pharmacologie du système nerveux central. Paris: Masson; 1974.)

59. Лишманов, Ю. Б., Маслов, Л. Н. Опиоидные нейропептиды, стресс и адаптационная защита сердца. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1994.
60. Максимова Н.Е., Александров И.О., Заварнова Ю.А., Свиридов В.С., Турубар Д.С. Свойства аутореплицирующихся структур и их операционализация // Психологический журнал. — 2019. — Т. 40, № 1. — С. 45–57.
61. Максимова Н.Е., Александров И.О., Заварнова Ю.А., Свиридов В.С., Турубар Д.С. Дифференциация и организация психологических структур при взаимодействии индивида с новыми предметными областями. Часть 2. Эмпирические доказательства существования аутореплицирующихся структур. Психологический журнал. 2019;40(2):47–65.
62. Мартыросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006.
63. Мачинская Р.И., Курганский А.В. Фронтальные билатерально-синхронные тета-волны и когерентность фоновой ЭЭГ у детей 7–8 и 9–10 лет с трудностями обучения // Физиология человека. – 2013. – Т. 39, № 5. – С. 25–35.
64. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга (аналитический обзор) // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2015. – Т. 65, № 1. – С. 33–60.
65. Мачинская Р.И., Семенова О.А. Особенности формирования высших психических функций у младших школьников с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 427–435.
66. Мачинская Р.И., Семенова О.А. Особенности регуляторных компонентов познавательной деятельности у детей 5–10 лет с изменениями электрической активности мозга лимбического происхождения // ЖВНД им. И.П. Павлова. – 2016. – Т. 66, № 4. – С. 458–469.

67. Машин, В. А. Трёхфакторная модель вариабельности сердечного ритма в психологических исследованиях функциональных систем человека-оператора : дис. ... канд. психол. наук. – М., 2010. – 128 с.
68. Машин В.А. Энергетический подход к оценке функциональных состояний организма // Физиология человека. — 2011. — Т. 37, № 3. — С. 44–52.
69. Меркулова М.А., Лапкин М.М. Физиологическая стоимость как фактор, определяющий результативность деятельности человека при воспроизведении зрительных образов // Вестник РУДН. Серия: Медицина. 2020. Т. 24. № 4. С. 372-379. DOI: 10.22363/2313-0245-2020-24-4-372-379.
70. Мурашко, В. В. Электрокардиография : учебное пособие для студентов медицинских институтов / В. В. Мурашко, А. В. Струтынский. – Москва : Медицина, 1987.
71. Мухордова О.Е., Шрейбер Т.В. Прогрессивные матрицы Равена. Методические рекомендации. — Ижевск: Удмуртский ун-т, 2011.
72. Назаров Н., Силантьева О., Бруева А., Заладина А., Демарева В. Pilot Psychophysiological Study of the Co-watcher Effect // Biologically Inspired Cognitive Architectures Meeting (BICA). – 2024. – P. 289–296.
73. Небылицын, В. Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий / В. Д. Небылицын. – Москва : Наука, 1976. – 336 с.
74. Небылицын, В. Д. Избранные психологические труды / В. Д. Небылицын. – Москва : Педагогика, 1990. – 408 с.
75. Некрасова, М. М., Федотова, И. В., Бобоха, М. А. и др. Профессиональный стресс у водителей // Медицинский альманах. – 2012. – № 3(22). – С. 189–193.
76. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009.
77. Николаев Д.В., Щелыкалина С.П. Лекции по биоимпедансному анализу состава тела человека. 2-е изд. М.: Луна Принт, 2022.

78. Общая психодиагностика : учеб. пособие / под ред. А. А. Бодалева, В. В. Столина. – Москва : Изд-во МГУ, 1987. – 303 с.
79. Огурцов А.П. От механицизма к органицизму: эволюция познавательных моделей в биологии // Вопросы философии. — 2011. — № 5. — С. 78–89.
80. Огороков П.Л. Сравнение точности оценки основного обмена при использовании биоимпедансных анализаторов состава тела и метода непрямой респираторной калориметрии у детей с конституционально-экзогенным ожирением. Ожирение и метаболизм. 2022;19(3):142–7.
81. Осин Е. Н., Леонтьев Д.А. Краткие шкалы субъективного благополучия: психометрические характеристики и опыт применения // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные переменные. — 2020. — № 1 (155). — С. 148–178.
82. Павлов, И. П. Полное собрание сочинений. Т. 3, кн. 2: Двадцатилетний опыт объективного изучения высшей нервной деятельности животных: главы XXXVI-LXIII (1923-1936 гг.) / под ред. Э. Ш. Айрапетянц. – 2-е изд., доп. – Москва-Ленинград : Изд-во АН СССР, 1951. – 439 с.
83. Парин, В. В., Меерсон, Ф. З. Очерки клинической физиологии кровообращения. – М. : Медицина, 1960.
84. Парин, С. Б. Люди и животные в экстремальных ситуациях: нейрохимические механизмы, эволюционный аспект // Вестник НГУ. – 2008. – Т. 2, вып. 2. – С. 118–135.
85. Полевая, С. А., Рунова, Е. В., Некрасова, М. М. и др. Телеметрические и информационные технологии в диагностике функционального состояния спортсменов // Современные технологии в медицине. – 2012. – № 4. – С. 94–98.
86. Пономарев Я.А. Психология творчества и педагогика. М.: Педагогика, 1983.
87. Пономарёв Я.А. Методологическое введение в психологию. — М. : Наука, 1983. — 205 с.

88. Пономарёв Я.А. О предмете системного подхода и степени его развития // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / под ред. Д.В. Ушакова. — М. : Институт психологии РАН, 2006. — С. 7–25.
89. Реан А.А., Ставцев А.А., Кузьмин Р.Г. Сильные стороны личности в модели VIA как медиатор психологического благополучия в профессиональной деятельности // Национальный психологический журнал. — 2022. — № 2 (46). — С. 25–34.
90. Реан А.А., Ставцев 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. — 2024. — Т. 28, № 1. — С. 44–58.
91. Ребеко, Т. А. Телесный опыт в структуре индивидуального знания : монография. — Москва : Институт психологии РАН, 2015. — 271 с.
92. Ребеко, Т. А. Структура телесной репрезентации и когнитивные стили // Психологический журнал. — 2016. — № 6. — С. 26-36.
93. Ребеко, Т. А. Переедание, отраженное Я и агрессия // Человек и современный мир. — 2017. — № 10 (11). — С. 25-40.
94. Ребеко, Т. А. Психосоматические заболевания как поиск собственного Я // Научно-педагогическое обозрение. — 2020. — № 1. — С. 174-181.
95. Ребеко, Т. А. Ментальная репрезентация воплощенного телесного опыта // Человек, субъект, личность: перспективы психологических исследований : Материалы Всероссийской научной конференции. — Москва, 2023. — С. 978-982.
96. Ребеко, Т. А. Телесное Я: соматические и психические границы // Психология личности: методология, теория, практика: Сборник статей. — Москва, 2024. — С. 376-380.
97. Ребеко, Т. А. Нарушенное воплощение телесного Я как триггер стресса // Учёные записки Института психологии РАН. — 2025. — Т. 5, № 3 (16). — С. 47–56.

98. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика : учебник для вузов. М.: Высш. шк., 1987.
99. Ромек, Э. И. Психологическая диагностика «Самооценка» / Э. И. Ромек, В. Шварцер, Б. И. Ерусалем // Вестник СПбГУ. – 1996. – Сер. 12. – Вып. 3.
100. Руководство по внутренним болезням: в 10 т. / под редакцией А. Л. Мясникова. — Москва : Медгиз, 1963. — Т. 4 : Болезни сердечно-сосудистой системы. — 603 с.
101. Рунова, Е. В., Григорьева, В. Н., Бахчина, А. В. и др. Вегетативные корреляты произвольных отображений эмоционального стресса // Современные технологии в медицине. – 2013. – Т. 5, № 4. – С. 69–77.
102. Русалов В.М. Биологические основы индивидуально-психологических различий / В. М. Русалов. – Москва : Наука, 1979. – 352 с.
103. Русалов В.М. Темперамент в структуре индивидуальности человека: дифференциально-психофизиологические и психологические исследования. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2012.
104. Самойлов, В. О. Иллюстрированный очерк истории физиологии. — Санкт-Петербург : Нестор-История, 2005. — 232 с.
105. Смаллиан Р. М. Как же называется эта книга? – Москва : Мир, 1981.
106. Соловьева А.В., Сысоева М.С., Лапкин М.М., Ракита Д.Р. Анализ состава тела и уровня основного обмена у лиц с различным индексом массы тела // Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова. — 2012. — № 7 (75). — С. 86–89.
107. Соловьева Н.А., Дьяконова А.Т., Павлова Н.И., Куртанов Х.А. Ассоциация полиморфизма дофаминтранспортного белка SLC6A3/DAT1 с риском низкого адаптационного потенциала в якутской популяции. Якутский медицинский журнал. 2020;(3):11–4.

108. Семёнова О.А., Мачинская Р.И. Возрастные преобразования познавательных функций у детей в возрасте от 5 до 7 лет: нейропсихологический анализ // Культурно-историческая психология. – 2012. – № 2. – С. 20–29.
109. Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ломакин Д.И. Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля когнитивной деятельности у детей. Сообщение I // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 4. – С. 5-17
110. Судаков К. В. Теория функциональных систем / К. В. Судаков. – Москва : МедиаСфера, 2006.
111. Теплов, Б. М. Избранные труды: в 2 т. / Б. М. Теплов; ред.-сост., авт. вступ. ст. и коммент. Н. С. Лейтес, И. В. Равич-Щербо. – Москва : Педагогика, 1985. – Т. 1. – 328 с.; Т. 2. – 335 с.
112. Тищенко А.Г. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. Психофизиологический анализ взаимосогласования индивидов при достижении коллективного результата — М. : Институт психологии РАН, 2025.
113. Тищенко А.Г., Апанович В.В., Александров Ю.И. Дескрипторы способов решения текстовых задач: соотношение с индивидуально-психологическими характеристиками // Вопросы психологии. — 2021. — № 2. — С. 112–124.
114. Тищенко А.Г., Варфоломеева А.В., Ткаченко Н.С., Александров Ю.И. Различия парадигмальных подходов к описанию межиндивидуального взаимодействия // Психологический журнал. — 2026. — Т. 47, № 1. — С. 34–47.
115. Тихомиров, О. К. Психология мышления. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984.
116. Ткаченко Н.С., Кузина Е.А. Формирование индивидуальных стратегий поведения при поэтапном обучении чередованию сложных многозвеньевых навыков у крыс // Ананьевские чтения — 2024. — СПб., 2024. — С. 234–236.

117. Хватов, И. А. Методические и теоретические проблемы исследования эволюции самосознания человека и животных. // Психология. Журнал высшей школы экономики. - 2020. - Т. 17 - № 3 - с. 428-443.
118. Хватов, И. А., Соколов, А. Ю., Харитонов, А. Н. Методика изучения схемы тела у змей // Экспериментальная психология. – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 85-93.
119. Хватов, И. А., Соколов, А. Ю., Харитонов, А. Н. Схема собственного тела у змей *Lampropeltis triangulum campbelli* // Экспериментальная психология. – 2015. – Т. 8, № 2. – С. 56-66.
120. Хватов, И. А. Учет границ своего тела детьми 18, 22 и 26 месяцев // Экспериментальная психология. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 157-166.
121. Хватов, И. А., Соколов, А. Ю., Харитонов, А. Н. Учет границ собственного тела хорьками *Mustela furo*. – 2023. - ООО "Буки Веди" // Московский институт психоанализа. - Конференция: седьмая конференция «когнитивная наука в Москве: новые исследования» Московский институт психоанализа.
122. Швырков, В. Б. Психофизиология / В. Б. Швырков // Тенденции развития психологической науки. – Москва : Наука, 1989. – С. 181-200.
123. Швырков В.Б. Нейрофизиологическое изучение системных механизмов поведения. М.: Наука, 1978.
124. Швырков В.Б. Системно-эволюционный подход к изучению мозга, психики и сознания // Психологический журнал. — 1988. — Т. 9, № 1. — С. 132–148.
125. Швырков В.Б. Введение в объективную психологию: нейрональные основы психики. — М. : Институт психологии РАН, 1995. — 164 с.
126. Шимкевич В. М., Догель А. С., Тарханов, Островский В. М.,. Сердце // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
127. Шлык Н. И. Анализ вариабельности сердечного ритма при ортостатической пробе у спортсменов с разными преобладающими типами вегетативной регуляции в тренировочном процессе / Н. И. Шлык // Вариабельность сердечного ритма:

- теоретические аспекты и практическое применение : материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием, Ижевск, 26–28 октября 2011 г. / отв. ред. Р. М. Баевский, Н. И. Шлык. – Ижевск : Удмуртский университет, 2011. – С. 348–369.
128. Шмальгаузен, И.И. Основы сравнительной анатомии позвоночных животных. / И.И.Шмальгаузен. - М.: 1947. 529 с.
129. Ярошевский, М. Г. История психологии от античности до середины XX века. — Москва : Академия, 1996. — 416 с.
130. Achamrah N, Colange G, Delay J, Rimbert A, Folope V, Petit A, et al. Comparison of body composition assessment by DXA and BIA according to the body mass index: A retrospective study on 3655 measures. PLoS ONE. 2018;13(7): e0200465. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200465>
131. Albuquerque EX, Pereira EF, Alkondon M, et al. Mammalian nicotinic acetylcholine receptors: from structure to function. *Physiol Rev.* 2009;89(1):73–120.
132. Alcántara JMA, González-Acedo A, Amaro-Gahete FJ, et al. Heart rate and its variability are associated with resting metabolic rate and substrate oxidation in young women but not in men. *Am J Hum Biol.* 2024;36(11):e24157.
133. Alexandrov Yu.I., Alexandrova N.L., Subjective experience and culture. Structure and dynamics // *Social sciences.* – 2007. – V. 38. – № 3. – P. 109.
134. Alexandrov Yu. I. On the way towards neuroculturology: From the neuronal specializations through the structure of subjective world to the structure of culture and back again // *Proc. Intern. Sympos. "Perils and prospects of the new brain sciences".* – Stockholm, 2001. – P. 36–38.
135. Alexandrov Yu.I. Personal communication. Tucson, 2002.
136. Alexandrov YI, Sozinov AA, Svarnik OE, et al. Neuronal bases of systemic organization of behavior. In: *Systems Neuroscience. Adv Neurobiol.* 2018;21:1–33.

137. Alexandrov Yu.I., Pletnikov M.V. Neuronal metabolism in learning and memory: The anticipatory activity perspective // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – 2022. – Vol. 137. – P. 104664. – DOI 10.1016/j.neubiorev.2022.104664.
138. Almeida A, Jimenez-Blasco D, Bolaños JP. Cross-talk between energy and redox metabolism in astrocyte-neuron functional cooperation. *Essays Biochem*. 2023;67(1):17–26.
139. Andersen JV, Schousboe A. Metabolic dynamics of glutamate and GABA mediated neurotransmission – the essential roles of astrocytes. *J Neurochem*. 2023;166(2):109–37.
140. Aoyama, K. Glutathione in the brain / K. Aoyama // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2021. – Vol. 22, № 9. – Art. 5010. – DOI 10.3390/ijms22095010.
141. Appelhans B. M., Luecken L. J. Heart rate variability as an index of regulated emotional responding // *Review of General Psychology*. – 2006. – Vol. 10. – P. 229–240.
142. Arutyunova K.R., Alexandrov Y.I., Znakov V.V., Hauser M.D. Moral judgments in Russian culture: Universality and cultural specificity // *Journal of Cognition and Culture*. – 2013. – Vol. 13. – No. 3–4. – P. 255–285.
143. Attwell D, Laughlin SB. An energy budget for signaling in the grey matter of the brain. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2001;21(10):1133–45.
144. Avshalumov MV, Chen BT, Koós T, et al. Endogenous hydrogen peroxide regulates the excitability of midbrain dopamine neurons via ATP-sensitive potassium channels. *J Neurosci*. 2005;25(17):4222–31.
145. Bak LK, Schousboe A, Waagepetersen HS. The glutamate/GABA-glutamine cycle: aspects of transport, neurotransmitter homeostasis and ammonia transfer. *J Neurochem*. 2006;98(3):641–53.
146. 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 behaviour // *Entropy*. – 2018. – Vol. 20, № 6. – Art. 449.

147. Barrea L., Muscogiuri G., Pugliese G., et al. Phase angle as an easy diagnostic tool of meta-inflammation for the nutritionist // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, № 5. – P. 1446. – DOI 10.3390/nu13051446.
148. Bates D.D.B., Pickhardt P.J. CT-derived body composition assessment as a prognostic tool in oncologic patients: from opportunistic research to artificial intelligence-based clinical implementation // *American Journal of Roentgenology*. – 2022. – Vol. 219, № 4. – P. 671–680. – DOI 10.2214/AJR.22.27749.
149. Battig W.F. Are the important “individual differences” between or within individuals? // *Journal of Research in Personality*. — 1979. — Vol. 13, No. 4. — P. 546–558.
150. Baumeister R.F., Heatherton T.F. Self-regulation failure: an overview // *Psychological Inquiry*. — 1996. — Vol. 7, No. 1. — P. 1–15.
151. Bayley R. H. On certain applications of modern electrocardiographic theory to the interpretation of electrocardiograms which show a directional change in the QRS complex // *American Heart Journal*. — 1943. — Vol. 26, no. 6. — P. 769–831.
152. Behnke A.R., Feen B.G., Welham W.C. The specific gravity of healthy men: body weight and volume as an index of obesity // *Journal of the American Medical Association*. – 1942. – Vol. 118, № 7. – P. 495–498.
153. Bélanger M, Allaman I, Magistretti PJ. Brain energy metabolism: focus on astrocyte-neuron metabolic cooperation. *Cell Metab*. 2011;14(6):724–38.
154. Bellido D., García-García C., Talluri A., Lukaski H.C., García-Almeida J.M. Future lines of research on phase angle: strengths and limitations // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. – 2023. – Vol. 24, № 3. – P. 563–583. – DOI 10.1007/s11154-023-09803-7.
155. Benarroch E. E. The central autonomic network // In P. A. Low (Ed.), *Clinical Autonomic Disorders*. 2nd ed. – Philadelphia : Lippincott-Raven, 1997. – P. 17–23.
156. Benito P. J. Comparison between different methods for measuring body fat after a weight loss program / P. J. Benito, C. Gómez-Candela, M. D. Cabañas, B. Szendrei, E. A.

Castro // Revista Brasileira de Medicina do Esporte. – 2019. – Vol. 25, № 6. – P. 474–479. – DOI: 10.1590/1517-869220192506149743

157. Bennett J.P., Liu Y.E., Quon B.K., et al. Assessment of clinical measures of total and regional body composition from a commercial 3-dimensional optical body scanner // Clinical Nutrition. – 2022. – Vol. 41, № 1. – P. 211–218. – DOI 10.1016/j.clnu.2021.11.031.

158. Benz E., Pinel A., Guillet C., et al. Sarcopenia and sarcopenic obesity and mortality among older people // JAMA Network Open. – 2024. – Vol. 7, № 3. – P. e243604. – DOI 10.1001/jamanetworkopen.2024.3604.

159. Berthoud H. R., Neuhuber W. L. Functional and chemical anatomy of the afferent vagal system // Auton Neurosci. 2000. Vol. 85, № 1-3. P. 1–17. DOI: 10.1016/S1566-0702(00)00215-0

160. Blakemore S.J., Frith C.D. Self-awareness and action // Current Opinion in Neurobiology. — 2003. — Vol. 13, No. 2. — P. 219–224.

161. Blasi G, et al. Functional variation of the dopamine D2 receptor gene is associated with emotional control as well as brain activity and connectivity during emotion processing in humans. J Neurosci. 2009;29(47):14812–9.

162. Blusztajn JK, Slack BE, Mellott TJ. Neuroprotective actions of dietary choline. Nutrients. 2017;9(8):815.

163. Bohn B, Müller MJ, Simic-Schleicher G, Kiess W, Siegfried W, Oelert M, Tuschy S, Berghem S, Holl RW. BMI or BIA: is body mass index or body fat mass a better predictor of cardiovascular risk in overweight or obese children and adolescents? A German/Austrian/Swiss Multicenter APV analysis of 3,327 children and adolescents. Obesity facts. 2015 Apr 15;8(2):156-65.

164. Borodinsky LN, Belgacem YH, Swapna I, et al. Dynamic regulation of neurotransmitter specification: relevance to nervous system homeostasis. Neuropharmacology. 2014;78:75–80.

165. Buss A. H., Perry M. The Aggression Questionnaire // *Journal of Personality and Social Psychology*. — 1992. — Vol. 63, no. 3. — P. 452–459.
166. Borovikova LV, Ivanova S, Zhang M, et al. Vagus nerve stimulation attenuates the systemic inflammatory response to endotoxin. *Nature*. 2000;405(6785):458–62.
167. Botvinick, M., Cohen, J. Rubber hands 'feel' touch that eyes see // *Nature*. — 1998. — Vol. 391, № 6669. — P. 756. — DOI: 10.1038/35784.
168. Bouché, N., Fait, A., Bouchez, D., Møller, S. G., Fromm, H. Mitochondrial succinic-semialdehyde dehydrogenase of the gamma-aminobutyrate shunt is required to restrict levels of reactive oxygen intermediates in plants. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003;100(12):6843–8.
169. Bouzier-Sore, A. K. Uncertainties in pentose-phosphate pathway flux assessment underestimate its contribution to neuronal glucose consumption: relevance for neurodegeneration and aging / A. K. Bouzier-Sore, J. P. Bolaños // *Frontiers in Aging Neuroscience*. – 2015. – Vol. 7. – Art. 89.
170. Brewer G.J., Blue M.N.M., Hirsch K.R., et al. Validation of InBody 770 bioelectrical impedance analysis compared to a four-compartment model criterion in young adults // *Clinical Physiology and Functional Imaging*. – 2021. – Vol. 41, № 4. – P. 317–325. – DOI 10.1111/cpf.12700.
171. Brožek J., Grande F., Anderson J.T., Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 1963. – Vol. 110, № 1. – P. 113–140.
172. Bruna MO, Brabete AC, Izquierdo JMA. Reliability Generalization as a Seal of Quality of Substantive Meta-Analyses: The Case of the VIA Inventory of Strengths (VIA-IS) and Their Relationships to Life Satisfaction. *Psychol Rep*. 2019 Jun;122(3):1167-1188. doi: 10.1177/0033294118779198.
173. Buckinx F., Landi F., Cesari M., et al. Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for a reference standard // *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. – 2018. – Vol. 9, № 2. – P. 269–278. – DOI 10.1002/jcsm.12268.

174. Butler E. A., Wilhelm F. H., Gross J. J. Respiratory sinus arrhythmia, emotion, and emotion regulation during social interaction // *Psychophysiology*. – 2006. – Vol. 43. – P. 612–622.
175. Campbell, S., Marriott, M., Nahmias, C. & MacQueen, G. M. Lower hippocampal volume in patients suffering from depression: A meta-analysis. *Am. J. Psychiatry* 161, 598–607 (2004).
176. Canello R., Brunani A., Brenna E., et al. Phase angle (PhA) in overweight and obesity: evidence of applicability from diagnosis to weight changes in obesity treatment // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. – 2023. – Vol. 24, № 3. – P. 451–464. – DOI 10.1007/s11154-022-09774-1.
177. Caulfield MP, Birdsall NJ. International Union of Pharmacology. XVII. Classification of muscarinic acetylcholine receptors. *Pharmacol Rev.* – 1998. – Vol. 50, № 2. – P. 279–90.
178. Cavalcanti-de-Albuquerque JP, de-Souza-Ferreira E, de Carvalho DP, et al. Coupling of GABA metabolism to mitochondrial glucose phosphorylation. *Neurochem Res.* 2022;47(2):470–80.
179. Cervone D. Thinking about Self-Efficacy / Behavior Modification. – 2000. – Vol. 24, No 1. – P. 30-56. – DOI: 10.1177/0145445500241002.
180. Chlabicz M, Dubatówka M, Jamiołkowski J, Sowa P, Łapińska M, Raczkowski A, Łaguna W, Moniuszko-Malinowska AM, Waszkiewicz N, Kowalska I, Kamiński KA. Subjective well-being in non-obese individuals depends strongly on body composition. *Scientific Reports*. 2021 Nov 8;11(1):21797.
181. Choi I., Koo M., Choi J. A. Individual differences in analytic versus holistic thinking: Development of a scale // *Personality and Social Psychology Bulletin*. — 2007. — Vol. 33, no. 5. — P. 691–705.
182. Ciorba MA, Heinemann SH, Weissbach H, et al. Modulation of potassium channel function by methionine oxidation and reduction. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1997;94(18):9932–7.

183. Conway EJ, Mullaney M. The anaerobic secretion of sodium ion from skeletal muscle. In: Membrane Transport and Metabolism. Academic Press; 1960. p. 117–30.
184. Cooper, S. J. From Bernard to Cannon: The epistemological evolution of the concept of homeostasis // European Journal of Pharmacology. — 2008. — Vol. 585, № 2–3. — P. 239–252. — DOI: 10.1016/j.ejphar.2008.01.059.
185. Cottin F., Médigue C., Papelier Y. Effect of heavy exercise on spectral baroreflex sensitivity, heart rate, and blood pressure variability in well-trained humans // American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology. – 2008. – Vol. 295. – P. H1150–H1155.
186. Critchley H. D., Mathias C. J., Josephs O., O’Doherty J., Zanini S., Dewar B. K., Dolan, R. J. Human cingulate cortex and autonomic control: converging neuroimaging and clinical evidence // Brain. – 2003. – Vol. 126. – P. 2139–2152.
187. Cronbach L. J. The two disciplines of scientific psychology // American Psychologist. — 1957. — Vol. 12, no. 11. — P. 671–684.
188. Cruz-Jentoft A.J., Bahat G., Bauer J., et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis // Age and Ageing. – 2019. – Vol. 48, № 1. – P. 16–31. – DOI 10.1093/ageing/afy169.
189. da Silva B.R., Orsso C.E., Gonzalez M.C., et al. Phase angle and cellular health: inflammation and oxidative damage // Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. – 2023. – Vol. 24, № 3. – P. 543–562. – DOI 10.1007/s11154-022-09775-0.
190. Danbolt NC. Glutamate uptake. Prog Neurobiol. – 2001. – Vol. 65, № 1. – P. 1–105.
191. Dani JA, Bertrand D. Nicotinic acetylcholine receptors and nicotinic cholinergic mechanisms of the central nervous system. Annu Rev Pharmacol Toxicol. 2007;47:699–729.
192. Dawson M. E., Schell, A. M., Filion, D. L. The electrodermal system // In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, G. G. Berntson (Eds.), Handbook of psychophysiology. 2nd ed. – Cambridge University Press, 2000.

193. de Jonge WJ, van der Zanden EP, The FO, et al. Stimulation of the vagus nerve attenuates macrophage activation by activating the Jak2-STAT3 signaling pathway. *Nat Immunol.* 2005;6(8):844–51.
194. Demareva V. A., Analysis of heart rate indices at different levels of sleepiness // *Genes & Cells.* – 2023. – T. 18, № 4. – C. 610–613.
195. Demareva V. A. The dynamics of heart rate asymmetry and situational sleepiness from evening to night: the role of daytime sleepiness // *Biology.* - 2024. - Vol. 13, № 10. - P. 794.
196. Demareva V., Viakhireva, V., Zayceva, I., Isakova, I., Zhukova, M., Demarev, A., Nazarov, N. Forecasting the transition to sleep through HRV analysis: insights from ARIMA analysis and the concept of critical slowing down // *Biological Rhythm Research.* - 2024. - Vol. 55, 2. - P. 159-169.
197. Demareva V., Zayceva I., Demarev A., Nazarov N. Critical Slowing Down in Heart Rate Variability for Human Condition Control: An Example of Sleep Onset Detection // *Biologically Inspired Cognitive Architectures Meeting (BICA).* - 2023. - P. 277-284.
198. DeFelipe J, López-Cruz PL, Benavides-Piccione R, et al. New insights into the classification and nomenclature of cortical GABAergic interneurons. *Nat Rev Neurosci.* 2013;14(3):202–16.
199. Denton RM Regulation of mitochondrial dehydrogenases by calcium ions. *Biochim Biophys Acta.* 2009;1787(11):1309-16.
200. Di Vincenzo O., Marra M., Di Gregorio A., Pasanisi F., Scalfi L. Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle in sarcopenia: a systematic review // *Clinical Nutrition.* – 2021. – Vol. 40, № 5. – P. 3052–3061. – DOI 10.1016/j.clnu.2020.10.048.
201. Díaz-García CM, Meyer DJ, Nathwani N, et al. The distinct roles of calcium in rapid control of neuronal glycolysis and the tricarboxylic acid cycle. *eLife.* 2021.
202. Dienel GA. Brain glucose metabolism: integration of energetics with function. *Physiol Rev.* 2019;99(1):949–1045.

203. Diener E., Emmons R. A., Larsen R. J., Griffin S. The satisfaction with life scale // *Journal of Personality Assessment*. – 1985. – Vol. 49, No. 1. – P. 71–75. – DOI 10.1207/s15327752jpa4901_13.
204. Domino EF, Minoshima S, Guthrie SK, et al. Effects of nicotine on regional cerebral glucose metabolism in awake resting tobacco smokers. *Neuroscience*. 2000;101(2):277–82.
205. Donini L.M., Busetto L., Bischoff S.C., et al. Definition and diagnostic criteria for sarcopenic obesity: ESPEN and EASO consensus statement // *Obesity Facts*. – 2022. – Vol. 15, № 3. – P. 321–335. – DOI 10.1159/000521241.
206. Dringen R, Hirrlinger J. Glutathione pathways in the brain // *Biol Chem*. – 2003. – Vol. 384, № 4. – P. 505–16.
207. Dringen R. Metabolism and functions of glutathione in brain // *Prog Neurobiol*. – 2000. – Vol. 62, № 6. – P. 649–71.
208. Egan M. F., Kojima M., Callicott J. H., Goldberg T. E., Kolachana B. S., Bertolino A., Zaitsev E., Gold B., Goldman D., Dean M., Lu B., Weinberger D. R. The BDNF val66met polymorphism affects activity-dependent secretion of BDNF and human memory and hippocampal function. *Cell*. 2003;112(2):257–69.
209. Ehrsson, H. H. The experimental induction of out-of-body experiences // *Science*. — 2007. — Vol. 317, № 5841. — P. 1048. — DOI: 10.1126/science.1142175.
210. Eiden LE, Weihe E. VMAT2: a dynamic regulator of neuronal monoamine storage. *J Neurochem*. 2011;117(1):1–11.
211. Einthoven W. The different forms of the human electrocardiogram and their signification / W. Einthoven // *The Lancet*. – 1912. – Vol. 179, No. 4622. – P. 853–861.
212. Falk S, Lund C, Clemmensen C. Muscarinic receptors in energy homeostasis: physiology and pharmacology. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*. – 2020. – Vol. 126, № Suppl 6. – P. 66–76.
213. Ferrell WR, Ramsay JE, Brooks N, et al. Elimination of electrically induced iontophoretic artefacts. *J Vasc Res*. 2002;39(2):130–6.

214. Ferrucci L., Fabbri E. Inflammageing: chronic inflammation in ageing, cardiovascular disease, and frailty // *Nature Reviews Cardiology*. – 2018. – Vol. 15, № 9. – P. 505–522. – DOI 10.1038/s41569-018-0064-2.
215. Fiske D. W., Rice L. Intra-individual response variability // *Psychological Bulletin*. – May 1955. – Vol. 52, No. 3. – P. 217–250. – DOI 10.1037/h0045276.
216. Fitzpatrick PF. Tetrahydropterin-dependent amino acid hydroxylases. *Annu Rev Biochem*. 1999;68:355-81.
217. Forman HJ, Zhang H, Rinna A. Glutathione: overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. *Mol Aspects Med*. 2009;30(1–2):1–12.
218. Freeborn T. J., Critcher S., Hooper G. Segmental tissue resistance in healthy young adults during four hours of 6° head-down tilt. *Sensors*. – 2023. – Vol. 23, № 5. – P. 2793.
219. Frige F, Laneri M, Veronelli A, Folli F, Paganelli M, Vedani P, Marchi M, Noe D, Ventura P, Opocher E, Pontiroli AE. Bariatric surgery in obesity: changes of glucose and lipid metabolism correlate with changes of fat mass. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2009 Mar 1;19(3):198-204.
220. Frija-Masson J, Mullaert J, Vidal-Petiot E, Pons-Kerjean N, Flamant M, d'Ortho MP. Accuracy of Smart Scales on Weight and Body Composition: Observational Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021 Apr 30;9(4):e22487. doi: 10.2196/22487.
221. Gander F., Hofmann J., Proyer R.T., Ruch W. Character strengths — Stability, change, and relationships with well-being changes. *Applied Research in Quality of Life*, 2020;15(2):349–367. doi: 10.1007/s11482-018-9690-4
222. Garlini LM, Alves FD, Ceretta LB, et al. Phase angle and mortality: a systematic review. *Eur J Clin Nutr*. 2019;73(4):495–508.
223. Gautam D, Gavrilova O, Jeon J, et al. Beneficial metabolic effects of M3 muscarinic acetylcholine receptor deficiency. *Cell Metab*. 2006b;4(5):363–75.
224. Gautam D, Han SJ, Hamdan FF, et al. A critical role for beta cell M3 muscarinic acetylcholine receptors in regulating insulin release and blood glucose homeostasis in vivo. *Cell Metab*. 2006a;3(6):449–61.

225. Gellhorn E. The emotions and the ergotropic and trophotropic systems. *Psychol Forsch.* – 1970. – Vol. 34, № 1. – P. 48–66.
226. Gillie B. L.; Thayer J. F. Individual differences in resting heart rate variability and cognitive control in posttraumatic stress disorder / *Frontiers in Psychology.* – 2014. – Vol. 5. – Art. 758. – DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00758.
227. Greengard, P. The Neurobiology of Dopamine Signaling // *Bioscience Reports.* — 2001. — Vol. 21, № 3. — P. 247–269. — DOI: 10.1023/A:1013205230142.
228. Guedes EP, Madeira E, Mafort TT, Madeira M, Moreira RO, Mendonça LM, Godoy-Matos AF, Lopes AJ, Farias ML. Body composition and depressive/anxiety symptoms in overweight and obese individuals with metabolic syndrome. *Diabetology & metabolic syndrome.* 2013 Dec;5:1-5.
229. Guemez-Gamboa A, Xu L, Meng D, et al. Non-cell-autonomous mechanism of activity-dependent neurotransmitter switching. *Neuron.* 2014;82(5):1004–16.
230. Gulyaeva N. V. Interplay between brain BDNF and glutamatergic systems: a brief state of the evidence and association with the pathogenesis of depression // *Biochemistry (Moscow).* – 2017. – T. 82. – №. 3. – C. 301-307.
231. Gulyaeva N. V. Glucocorticoids orchestrate adult hippocampal plasticity: growth points and translational aspects // *Biochemistry (Moscow).* – 2023. – T. 88. – №. 5. – C. 565-589.
232. Gulyaeva N. V. Metabolic Neurophilosophy: Linking Brain Function with Body Metabolism // *Biochemistry (Moscow).* – 2026. – T. 91. – №. 5. – C. 623-636.
233. Gulyaeva N. V. The neurochemistry of stress: the chemistry of the stress response and stress vulnerability // *Neurochemical Journal.* – 2018. – T. 12. – №. 2. – C. 117-120.
234. Guyton A. C., Hall J. E. *Textbook of Medical Physiology.* – 13th ed. – Philadelphia: Elsevier Saunders, 2015.
235. Hall C. N., Klein-Flügge M. C., Howarth C., Attwell D. Oxidative phosphorylation, not glycolysis, powers presynaptic and postsynaptic mechanisms underlying brain

- information processing // J. Neurosci. 2012. Vol. 32, № 26. P. 8940–8951. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0011-12.2012.
236. Hansen A. L., Johnsen B. H., Thayer J. F. Relationship between heart rate variability and cognitive function during threat of shock // Anxiety, Stress & Coping. — 2003. — Vol. 16. — P. 123–134.
237. Hassel B., Johannessen C. U., Sonnewald U. et al. Quantification of the GABA shunt and the importance of the GABA shunt versus the 2-oxoglutarate dehydrogenase pathway in GABAergic neurons // J. Neurochem. — 1998. — Vol. 71, № 4. — P. 1511–1518.
238. Herrero-Méndez A., Almeida A., Fernández E. et al. The bioenergetic and antioxidant status of neurons is controlled by continuous degradation of a key glycolytic enzyme by APC/C-Cdh1 // Nat. Cell Biol. — 2009. — Vol. 11, № 6. — P. 747–752.
239. Hess W. R. Das Zwischenhirn: Syndrome, Lokalisationen, Funktionen. Basel: Schwabe, 1949. 187 p.
240. Hjortskov N. The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work / N. Hjortskov, D. Rissén, A. K. Blangsted et al. // European Journal of Applied Physiology. — 2004. — Vol. 92, № 1–2. — P. 84–89. — DOI: 10.1007/s00421-004-1055-z
241. Hoffmann J. A new approach to quantify visceral fat via bioelectrical impedance analysis and ultrasound compared to MRI / J. Hoffmann, J. Thiele, S. Kwast et al. // International Journal of Obesity. — 2024. — Vol. 48, № 2. — P. 209–217. — DOI: 10.1038/s41366-023-01400-7
242. Hoyer, D., Hannon, J. P., Martin, G. R. Molecular, pharmacological and functional diversity of 5-HT receptors // Pharmacology Biochemistry and Behavior. — 2002. — Vol. 71, № 4. — P. 533–554. — DOI: 10.1016/S0091-3057(01)00746-8.
243. Hultsch, D. F., Strauss, E., Hunter, M. A., MacDonald, S. W. S. Intra-individual variability, cognition and aging // The Handbook of Aging and Cognition / ed. by F. I. M. Craik, T. A. Salthouse. — New York : Psychology Press, 2008. — P. 491–556.

244. Hurben, A. K., Tretyakova, N. Y. Role of protein damage inflicted by dopamine metabolites in Parkinson's disease: evidence, tools, and outlook // *Chemical Research in Toxicology*. — 2022. — Vol. 35, № 10. — P. 1789–1804. — DOI: 10.1021/acs.chemrestox.2c00193.
245. Jones, D. P. Redefining oxidative stress // *Antioxidants & Redox Signaling*. — 2006. — Vol. 8, № 9–10. — P. 1865–1879. — DOI: 10.1089/ars.2006.8.1865.
246. Kalsbeek J. W. H., Sykes R. N. Objective measurement of mental load // *Acta Psychologica*. — 1967. — Vol. 27. — P. 253–261.
247. Kanen J. W., Robbins T. W., Trofimova I. Harnessing temperament to elucidate the complexities of serotonin function // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. — 2022. — Vol. 45. — Art. 101108.
248. Kemp A. H.; Quintana D. S. The relationship between mental and physical health: insights from the study of heart rate variability / *International Journal of Psychophysiology*. — 2013. — Vol. 89, No 3. — P. 288-296. — DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2013.06.018.
249. Kim S., Yi H.A., Won K.S., Lee J.S., Kim H.W. Association between visceral adipose tissue metabolism and Alzheimer's disease pathology // *Metabolites*. — 2022. — Vol. 12, № 3. — P. 258. — DOI 10.3390/metabo12030258.
250. Kolbeneva M.G., Aleksandrov Yu.I. Mental reactivation and pleasantness judgment of experience related to vision, hearing, skin sensations, taste and olfaction // *PLoS ONE*. — 2016. — Vol. 11, No. 7. — P. e0159036. — DOI 10.1371/journal.pone.0159036.
251. Kostka M. Muscle–brain crosstalk mediated by exercise-induced myokines – insights from experimental studies / M. Kostka, J. Morys, A. Małecki, M. Nowacka-Chmielewska // *Frontiers in Physiology*. — 2024. — Vol. 15. — Art. 1488375.
252. Krivoi, I. I., Drabkina, T. M., Kravtsova, V. V., Vasiliev, A. N., Eaton, M. J., Skatchkov, S. N., Mandel, F. On the functional interaction between nicotinic acetylcholine

- receptor and Na⁺,K⁺-ATPase // Pflügers Archiv : European Journal of Physiology. — 2006. — Vol. 452, № 6. — P. 756–765. — DOI: 10.1007/s00424-006-0081-6.
253. Krupa-Kotara K.; Markowski J.; Gdańska A.; Grajek M.; Działach E.; Szlachta, G.; Rozmiarek, M. Global Self-Esteem, Body Composition, and Physical Activity in Polish University Students. *Nutrients* 2023, 15, 3907. <https://doi.org/10.3390/nu15183907>
254. Kusari, N., Sukova-Stojmanovska, D., Elezi, A. Correlation of body composition with depression level // *Journal of Education, Health and Sport*. — 2020. — Vol. 10, № 11. — P. 104–113. — DOI: 10.12775/JEHS.2020.10.11.010.
255. Kyle U. G. Bioelectrical impedance analysis — Part I: Review of principles and methods / U. G. Kyle et al. // *Clinical Nutrition*. — 2004. — Vol. 23, № 5. — P. 1226–1243. — DOI: 10.1016/j.clnu.2004.06.004
256. Laborde, S., Mosley, E., Thayer, J. F. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting // *Frontiers in Psychology*. — 2017. — Vol. 8. — Art. 213. — DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00213.
257. Laborit, H., Leterrier, F., Brue, F. Biochemical mechanisms of the inhibitory action of certain substances on the central nervous system // *Agressologie*. — 1963. — Vol. 4. — P. 229–239.
258. Ledowski T., Bein B., Hanss R., Paris A., Fudickar W., Scholz J., Tonner P. H. Neuroendocrine stress response and heart rate variability: a comparison of total intravenous versus balanced anesthesia // *Anesthesia & Analgesia*. — 2005. — Vol. 101. — P. 1700–1705.
259. Lehrer, P. M., Gevirtz, R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? // *Frontiers in Psychology*. — 2014. — Vol. 5. — Art. 756. — DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00756.
260. Lehrer P. M., Vaschillo E., Vaschillo B., Lu S. E., Scardella A., Siddique M., Novozhilova O. Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak

- expiratory flow // Psychosomatic Medicine. — 2011. — Vol. 73, № 2. — P. 143–150. — DOI: 10.1097/PSY.0b013e31820ceee8.
261. Lenggenhager B., Tadi T., Metzinger T., Blanke O. Video ergo sum: manipulating bodily self-consciousness // Science. — 2007. — Vol. 317, № 5841. — P. 1096-1099.
262. León-Ariza H.H., Botero-Rosas D.A., Zea-Robles A.C. Heart rate variability and body composition as VO₂max determinants // Revista Brasileira de Medicina do Esporte. — 2017. — Vol. 23, No. 4. — P. 317–321. DOI 10.1590/1517-869220172304152157.
263. Levy MN, Martin PJ. Neural control of the heart. In: Handbook of Physiology: The Cardiovascular System. 1979;1:581-620.
264. Li B., Ming H., Qin S., Nice E. C., Dong J., Du Z., Huang, C. Redox regulation: mechanisms, biology and therapeutic targets in diseases. Signal Transduct Target Ther. — 2025. — Vol. 10. — P. 72.
265. Ling CH, de Craen AJ, Slagboom PE, Gunn DA, Stokkel MP, Westendorp RG, Maier AB. Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. Clin Nutr. 2011 Oct;30(5):610-5. doi: 10.1016/j.clnu.2011.04.001.
266. Liu Y., Bastý N., Whitcher B., et al. Genetic architecture of 11 organ traits derived from abdominal MRI using deep learning // eLife. — 2021. — Vol. 10. — P. e65554. — DOI 10.7554/eLife.65554.
267. Lohman T.G. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths // Exercise and Sport Sciences Reviews. — 1986. — Vol. 14. — P. 325-357.
268. Luft CDB, Takase E, Darby D. Heart rate variability and cognitive function: a systematic review. Front Neurosci. 2019;13:710.
269. Lukaski H.C., Garcia-Almeida J.M. Phase angle in applications of bioimpedance in health and disease // Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders. — 2023. — Vol. 24, № 3. — P. 367–370. — DOI 10.1007/s11154-023-09799-0.

270. Lv X, Cai J, Li X, Wang X, Ma H, Heianza Y, Qi L, Zhou T. Body composition, lifestyle, and depression: a prospective study in the UK biobank. *BMC public health*. 2024 Feb 6;24(1):393.
271. Maddux J. E. *Self-Efficacy // Interpersonal and Intrapersonal Expectancies* / ed. J. M. Sitzmann, A. T. Boyd. – 2nd ed. – New York: Routledge, 2016. – P. 41-46. – DOI: 10.4324/9781315652535-5.
272. Magistretti P.J., Allaman I. A cellular perspective on brain energy metabolism and functional imaging // *Neuron*. — 2015. — Vol. 86, No. 4. — P. 883–901.
273. Magistretti P.J., Allaman I. Lactate in the brain: from metabolic end-product to signalling molecule // *Nature Reviews Neuroscience*. — 2018. — Vol. 19, No. 4. — P. 235–249.
274. Malik M., Bigger J. T., Camm A. J., Kleiger R. E., Malliani A., Moss A. J., Schwartz, P. J. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // *European Heart Journal*. – 1996. – Vol. 17. – P. 354–381.
275. Marini E., Campa F., Buffa R., et al. Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes // *Clinical Nutrition*. – 2020. – Vol. 39, № 2. – P. 447–454. – DOI 10.1016/j.clnu.2019.02.016.
276. Markham A, Cameron I, Bains R, et al. BDNF increases the respiratory control index in synaptosomes via MEK-Bcl-2 pathway. *J Neurochem*. – 2013. – Vol. 126, № 4. – P. 456–67.
277. McCormack, J. G., Halestrap, A. P., Denton, R. M. Role of calcium ions in regulation of mammalian intramitochondrial metabolism // *Physiological Reviews*. — 1990. — Vol. 70, № 2. — P. 391–425. — DOI: 10.1152/physrev.1990.70.2.391.
278. McEwen B.S. Brain on stress: how the social environment gets under the skin // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2012. — Vol. 109, Suppl. 2. — P. 17180–17185.

279. Mezuk, B., Golden, S. H., Eaton, W. W., Lee, H. B. Depression and body composition among older adults // *Aging & Mental Health*. — 2012. — Vol. 16, № 2. — P. 167–172. — DOI: 10.1080/13607863.2011.615741.
280. Mikkelsen W., Nielsen A. H., Vuust P., Dohn A., Roepstorff A., Lund T. E. Amygdala and heart rate variability responses from listening to emotionally intense parts of a story // *NeuroImage*. — 2011. — Vol. 58. — P. 963–973.
281. Moncrieff J., Cooper R., Stockmann T. The serotonin theory of depression: a systematic umbrella review of the evidence / J. Moncrieff, R. Cooper, T. Stockmann // *Molecular Psychiatry*. — 2023. — Vol. 28, № 8. — P. 3243–3256. — DOI 10.1038/s41380-023-01664-1.
282. Moore F. D., Olesen K. H., McMurrey J. D., Parker H. V., Ball M. R., Boyden C. M. The body cell mass and its supporting environment: body composition in health and disease. — New York ; Philadelphia : W. B. Saunders, 1963. — 541 p.
283. Morava É, Kozicz T. Mitochondria and the economy of stress (mal)adaptation. *Neurosci Biobehav Rev*. 2013;37(4):668–80.
284. Morella IM, Brambilla R, Morè L. Emerging roles of brain metabolism in cognitive impairment and neuropsychiatric disorders. *Neurosci Biobehav Rev*. 2022;142:104892.
285. Morin A. Self-Awareness Part 1: Definition, Measures, Effects, Functions, and Antecedents / *Social and Personality Psychology Compass*. — 2011. — Vol. 5, No 10. — P. 807-823. — DOI: 10.1111/j.1751-9004.2011.00387.x.
286. Moscatelli F, Sessa F, Valenzano A, et al. The Influence of Physical Exercise, Stress and Body Composition on Autonomic Nervous System: A Narrative Review. *Sport Mont*. 2022;20(2):131-134.
287. Mosconi, L. FDG-PET changes in brain glucose metabolism from normal cognition to dementia // *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. — 2009. — Vol. 36, № Suppl. 1. — P. S29–S35. — DOI: 10.1007/s00259-008-0982-x.
288. Mulder G. Heart rate variability and mental load // *Acta Psychologica*. — 1972. — Vol. 36. — P. 239–251.

289. Mulder G., Mulder L. J. M., Meijman T. F., Veldman J. B. P., Van Roon A. M. A psychophysiological approach to working conditions // *Engineering Psychophysiology: Issues and Applications* / ed. by R. W. Backs, W. Boucsein. — Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 2000. — P. 139–159.
290. Nazarov N., Silantieva O., Brueva A., Zaladina, A., Demareva, V. Pilot Psychophysiological Study of the Co-watcher Effect // *Biologically Inspired Cognitive Architectures Meeting (BICA)*. - 2024. - P. 289-296.
291. Nebigil C. G., Jaffré F., Messaddeq N., Hickel P., Monassier L., Launay J. M., Maroteaux L. Overexpression of the serotonin 5-HT_{2B} receptor in heart leads to abnormal mitochondrial function and cardiac hypertrophy // *Circulation*. — 2003. — Vol. 107, № 25. — P. 3223–3229. — DOI: 10.1161/01.CIR.0000074224.57016.01.
292. Neeland I.J., Ross R., Després J.-P., et al. Visceral and ectopic fat, atherosclerosis, and cardiometabolic disease: a position statement // *The Lancet: Diabetes & Endocrinology*. – 2019. – Vol. 7, № 9. – P. 715–725.
293. Neves D., Goodfellow B. J., Vieira S. I., Silva R. M. BDNF-dependent neuronal differentiation requires QPRT-mediated NAD⁺ synthesis. *Mol Neurobiol*. – 2022. – Vol. 59, № 5. – P. 2890–905.
294. Nielsen S., Hensrud D.D., Romanski S., Levine J.A., Burguera B., Jensen M.D. Body composition and resting energy expenditure in humans: role of fat, fat-free mass and extracellular fluid // *International Journal of Obesity*. — 2000. — Vol. 24, No. 9. — P. 1153–1157.
295. Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., Schulz, C. J., Lochs, H., Putter, S., Werner, S. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis – clinical relevance and applicability of impedance parameters // *Clinical Nutrition*. — 2012. — Vol. 31, № 6. — P. 854–861. — DOI: 10.1016/j.clnu.2012.05.008.
296. Oliver C.J., Del Vecchio L., Minehan M., et al. The validity of bioelectrical impedance analysis compared to a four-compartment model in healthy adults: a systematic

- review // Journal of Functional Morphology and Kinesiology. – 2026. – Vol. 11, № 1. – P. 65. – DOI 10.3390/jfmk11010065.
297. Orth U., Robins R. W. The Development of Self-Esteem / U. Orth, R. W. Robins // Current Directions in Psychological Science. – 2014. – Vol. 23, № 5. – P. 381–387. – DOI: 10.1177/0963721414547414
298. Ortiz-Guzmán JE, Mollà-Casanova S, Arias-Mutis ÓJ, et al. Differences in long-term heart rate variability between subjects with and without metabolic syndrome. J Cardiovasc Dev Dis. 2023b;10(5):203.
299. Ortiz-Guzmán JE, Mollà-Casanova S, Serra-Añó P, et al. Short-term heart rate variability in metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. J Clin Med. 2023a;12(18):6051.
300. Oudbier S. J., Goh J., Looijaard S. M. L. M., Reijnierse E. M., Meskers C. G. M., Maier A. B. Pathophysiological mechanisms explaining the association between low skeletal muscle mass and cognitive function // The Journals of Gerontology: Series A. — 2022. — Vol. 77, № 10. — P. 1959–1968. — DOI: 10.1093/gerona/glac121.
301. Pace N., Rathbun E.N. Studies on body composition. III. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content // Journal of Biological Chemistry. – 1945. – Vol. 158. – P. 685–691.
302. Pala L., Torres-López M., Caldwell S. T., Hartley R. C., Murphy M. P., Prag H. A. Mitochondrial succinate transport is required for cardiac ischaemia/reperfusion injury // Cardiovascular Research. — 2026. — Vol. 122, № 6. — P. 734–747. — DOI: 10.1093/cvr/cvag031.
303. Pavlov V.A., Tracey K.J. The vagus nerve and the inflammatory reflex—linking immunity and metabolism // Nature Reviews Endocrinology. — 2012. — Vol. 8, No. 12. — P. 743–754.
304. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. Nat Rev Endocrinol. – 2012. – Vol. 8, № 8. – P. 457–65.

305. Pellerin L., Magistretti P.J. Glutamate uptake into astrocytes stimulates aerobic glycolysis: a mechanism coupling neuronal activity to glucose utilization // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 1994. — Vol. 91, No. 22. — P. 10625–10629.
306. Peters A. The selfish brain: competition for energy resources // *American Journal of Human Biology*. — 2011. — Vol. 23, No. 1. — P. 29–34.
307. Peters A., Kubera B., Hubold C., Langemann D. The corpulent phenotype – how the brain maximizes survival in stressful environments // *Frontiers in Neuroscience*. — 2013. — Vol. 7, Art. 47. — P. 1–11.
308. Peters A., Sprengell M., Kubera B. The principle of ‘brain energy on demand’ and its predictive power for stress, sleep, stroke, obesity and diabetes // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. — 2022. — Vol. 141, Art. 104847. — P. 1–17.
309. Peterson C., Seligman M. E. P. *Character Strengths and Virtues: A Handbook*. — Washington DC : American Psychological Association ; New York : Oxford University Press, 2004. — 800 p.
310. Picard M., McEwen B. S. Psychological stress and mitochondria: a conceptual framework. // *Psychosomatic Medicine*. — 2018. — Vol. 80, № 2. — P. 126–140. — DOI: 10.1097/PSY.0000000000000544.
311. Picciotto M. R., Higley M. J., Mineur Y. S. Acetylcholine as a neuromodulator: cholinergic signaling shapes nervous system function and behavior. // *Neuron*. — 2012. — Vol. 76, № 1. — P. 116–129. — DOI: 10.1016/j.neuron.2012.08.036.
312. Pichot V., Roche F., Gaspoz J. M., Enjolras F., Antoniadis A., Minini P., ... Barthelemy J. C. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. — 2000. — Vol. 32. — P. 1729–1736.
313. Porges SW Orienting in a defensive world: mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory. *Psychophysiology*. 1995;32(4):301-318.

314. Porges, S. W. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats / S. W. Porges // *Psychophysiology*. – 2007. – Vol. 44, No 1. – P. 1-14.
315. Prado C.M., Batsis J.A., Donini L.M., Gonzalez M.C., Siervo M. Sarcopenic obesity in older adults: a clinical overview // *Nature Reviews Endocrinology*. – 2024. – Vol. 20, № 5. – P. 261–277. – DOI 10.1038/s41574-023-00943-z.
316. Praget-Bracamontes S, González-Arellanes R, Aguilar-Salinas CA, et al. Phase angle as a potential screening tool in adults with metabolic diseases in clinical practice: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(2):1608.
317. Raimann J. G. Comparison of fluid volume estimates in chronic hemodialysis patients by bioimpedance, direct isotopic, and dilution methods / J. G. Raimann, F. Zhu, J. Wang et al. // *Kidney International*. – 2014. – Vol. 85, № 4. – P. 898–908. – DOI: 10.1038/ki.2013.358
318. Raustorp A, Mattsson E, Svensson K, Ståhle A. Physical activity, body composition and physical self-esteem: a 3-year follow-up study among adolescents in Sweden. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2006 Aug;16(4):258-66.
319. Roberts E, Frankel S. gamma-Aminobutyric acid in brain: its formation from glutamic acid. *J Biol Chem*. 1950;187(1):55–63.
320. Rosenberg M. (1965). *Society and the adolescent self-image*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
321. Rusalov V. M.; Trofimova I. N. *Structure of Temperament and Its Measurement*. – Toronto: Psychological Services Press, 2007.
322. Rusu L.; Piele, D.; Ilie, E.; Ionescu, G.; Marin, M.I.; Rusu, M.R.; Calina, M.L. The Relationship Between Body Composition, Physical Activity, Self-Esteem, and Body Image in Female and Male Adolescents. *Sports* 2025, 13, 11. <https://doi.org/10.3390/sports13010011>
323. Saad R.K., Ghezzawi M., Horanieh R., et al. Abdominal visceral adipose tissue and all-cause mortality: a systematic review // *Frontiers in Endocrinology*. – 2022. – Vol. 13. – P. 922931. – DOI 10.3389/fendo.2022.922931.

324. Sahoo N, Hoshi T, Heinemann SH. Oxidative modulation of voltage-gated potassium channels. *Antioxid Redox Signal*. 2014;21(6):933–52.
325. Salminen A, Jouhten P, Sarajärvi T, et al. Hypoxia and GABA shunt activation in the pathogenesis of Alzheimer's disease. *Neurochem Int*. 2016;92:13–24.
326. Sapolsky R.M. Glucocorticoids and hippocampal atrophy in neuropsychiatric disorders // *Archives of General Psychiatry*. — 2000. — Vol. 57, No. 10. — P. 925–935.
327. Saseedharan S, Bhalerao A, Badve K. A prospective comparative study to assess the accuracy of energy expenditures calculated by bioimpedance analysis and indirect calorimetry. *Cureus*. 2025;17(10):e95586.
328. Sayers B. McA. The analysis of cardiac interbeat interval sequences and the effect of mental work load // *Proceedings of the Royal Society for Medicine*. – 1971. – Vol. 64. – P. 707–710.
329. Schmeichel B. J.; Baumeister R. F. Self-regulatory strength // *Handbook of Self-Regulation* / ed. R. F. Baumeister, K. D. Vohs. – New York: Guilford Press, 2004. – P. 84–98.
330. Schousboe A, Waagepetersen HS. GABA: homeostatic and pharmacological aspects. *Prog Brain Res*. 2007;160:9–19.
331. Segerstrom M. E., Nes L. S. Heart rate variability: an index of psychological well-being? // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2007. – Vol. 1113. – P. 245–258.
332. Sgarro G.A.; Grilli, L.; Valenzano, A.A.; Moscatelli, F.; Monacis, D.; Toto, G.; De Maria, A.; Messina, G.; Polito, R. The Role of BIA Analysis in Osteoporosis Risk Development: Hierarchical Clustering Approach. *Diagnostics* 2023, 13, 2292. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13132292>
333. Sharma A, Brody AL In vivo brain imaging of human exposure to nicotine and tobacco. *Handb Exp Pharmacol*. 2009;(192):145-171.
334. Sheldon W. H., Stevens T. S. *The Varieties of Temperament* / W. H. Sheldon, T. S. Stevens. – New York : Macmillan, 1942.

335. Shin J, Vogelaar CF, Bittner S, et al. Immune-mediated excitotoxicity in brain disorders. *Nat Rev Immunol*. 2026. doi:10.1038/s41577-026-01348-5.
336. Showkat I., Khanday F.A., Beigh M.R. A review of bio-impedance devices. *Med Biol Eng Comput* 61, 927–950 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02763-1>
337. Sies H. Oxidative eustress and oxidative distress / H. Sies // *Free Radical Biology and Medicine*. – 2021. – Vol. 165. – P. 1.
338. Singh RK, Verma J, Mehan S, et al. GPCR-driven muscarinic M1 and histamine H1 receptor signaling converging on the PI3K/Akt/mTOR pathway: functional integration in neuroinflammation and myelin repair in multiple sclerosis. *Mol Neurobiol*. 2026;63(1):886.
339. Siri W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods // *Techniques for Measuring Body Composition*. – Washington, DC: National Academy of Sciences, 1961. – P. 223–244.
340. Siri W.E. The gross composition of the body // *Advances in Biological and Medical Physics*. – 1956. – Vol. 4. – P. 239–280.
341. Soghomonian J. J., Martin D. L. Two isoforms of glutamate decarboxylase: why? // *Trends in Pharmacological Sciences*. — 1998. — Vol. 19, № 12. — P. 500–505. — DOI: 10.1016/S0165-6147(98)01266-3.
342. Spina M. B., Cohen G. Dopamine turnover and glutathione oxidation: implications for Parkinson disease // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 1989. — Vol. 86, № 4. — P. 1398–1400. — DOI: 10.1073/pnas.86.4.1398.
343. Spitzer N. C. Activity-dependent neurotransmitter respecification // *Nature Reviews Neuroscience*. — 2012. — Vol. 13, № 2. — P. 94–106. — DOI: 10.1038/nrn3154.
344. Stapleton J. M., Gilson S. F., Wong D. F., Villemagne V. L., Dannals R. F., Grayson R. F., London E. D. Intravenous nicotine reduces cerebral glucose metabolism: a

- preliminary study // *Neuropsychopharmacology*. — 2003. — Vol. 28, № 4. — P. 765–772. — DOI: 10.1038/sj.npp.1300084.
345. Stefanaki C., Pervanidou P., Boschiero D., Chrousos G. P. Chronic stress and body composition disorders: implications for health and disease // *Hormones*. — 2018. — Vol. 17, № 1. — P. 33–43. — DOI: 10.1007/s42000-018-0023-7.
346. Stincone A., Prigione A., Cramer T., Wamelink M. M., Wetzel K., Weschke B., Erdem F. A., Keller M. A., Ralser M. The return of metabolism: biochemistry and physiology of the pentose phosphate pathway // *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. — 2015. — Vol. 90, № 3. — P. 927–963. — DOI: 10.1111/brv.12140.
347. Stykel M. G., Siripala S. V., Soubeyrand E., Coackley C. L., Silk M., Plance L., ... Ryan S. D. G6PD deficiency triggers dopamine loss and the initiation of Parkinson's disease pathogenesis // *Cell Reports*. — 2025. — Vol. 44, № 1. — Art. 115178. — DOI: 10.1016/j.celrep.2024.115178.
348. Stuckey M. I., Tulppo M. P., Kiviniemi A. M., Petrella R. J. Heart rate variability and the metabolic syndrome: a systematic review of the literature // *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. — 2014. — Vol. 30, № 8. — P. 784–793. — DOI: 10.1002/dmrr.2555.
349. Sweatt K., Garvey W.T., Martins C. Strengths and limitations of BMI in the diagnosis of obesity: what is the path forward? // *Current Obesity Reports*. — 2024. — Vol. 13, № 3. — P. 584–595. — DOI 10.1007/s13679-024-00580-1.
350. Tamashiro K. L. K., Nguyen M. M., Ostrander M. M., Gardner S. R., Ma L. Y., Woods S. C., Sakai R. R. Social stress and recovery: implications for body weight and body composition // *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. — 2007. — Vol. 293, № 5. — P. R1864–R1874. — DOI: 10.1152/ajpregu.00371.2007.
351. Tangney J. P., Baumeister R. F., Boone A. L. High self-control predicts good adjustment, less pathology, better grades, and interpersonal success // *Journal of*

- Personality. – 2004. – Vol. 72, No. 2. – P. 271–324. – DOI 10.1111/j.0022-3506.2004.00263.x.
352. Tarvainen M. P., Georgiadis S., Laitio T., Lipponen J. A., Karjalainen P. A., Kaskinoro K., Scheinin H. Heart rate variability dynamics during low-dose propofol and dexmedetomidine anesthesia // *Annals of Biomedical Engineering*. – 2012. – Vol. 40. – P. 1802–1813.
353. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. — 1996. — Vol. 93, № 5. — P. 1043–1065. — DOI: 10.1161/01.CIR.93.5.1043.
354. TeSlaa T. The pentose phosphate pathway in health and disease / T. TeSlaa, M. Ralser, J. Fan, J. D. Rabinowitz // *Nature Metabolism*. – 2023. – Vol. 5, № 8. – P. 1275–1289.
355. Thayer J. F., Sternberg E. M. Neural aspects of immunomodulation: focus on the vagus nerve // *Brain, Behavior, and Immunity*. — 2010. — Vol. 24, № 8. — P. 1223–1228. — DOI: 10.1016/j.bbi.2010.07.247.
356. Thayer J. F., Ahs F., Fredrikson M., Sollers J. J., Wager T. D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. — 2012. — Vol. 36, № 2. — P. 747–756. — DOI: 10.1016/j.neubiorev.2011.11.009.
357. Thayer J. F., Lane R. D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation // *Journal of Affective Disorders*. — 2000. — Vol. 61, № 3. — P. 201–216. — DOI: 10.1016/S0165-0327(00)00338-4.
358. Thayer, J. F., Lane, R. D. Claude Bernard and the heart–brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. – 2009. – Vol. 33. – P. 81–88.
359. Thayer J. F., Brosschot, J. F. Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain // *Psychoneuroendocrinology*. – 2005. – Vol. 30. – P. 1050–1058.

360. Thayer J.F., Hansen A.L., Saus-Rose E., Johnsen B.H. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health // *Annals of Behavioral Medicine*. — 2009. — Vol. 37, No. 2. — P. 141–153.
361. Tian Q., Greig E. E., Davatzikos C., Landman B. A., Resnick S. M., Ferrucci L. Higher skeletal muscle mitochondrial oxidative capacity is associated with preserved brain structure up to over a decade // *Nature Communications*. — 2024. — Vol. 15. — Art. 10786. — DOI: 10.1038/s41467-024-55112-2.
362. Tinsley G.M., Moore M.L., Benavides M.L., Dellinger J.R., Adamson B.T. 3-dimensional optical scanning for body composition assessment: a 4-component model comparison of four commercially available scanners // *Clinical Nutrition*. — 2020. — Vol. 39, № 10. — P. 3160–3167. — DOI 10.1016/j.clnu.2020.02.008.
363. Tracey K.J. Reflex control of immunity. *Nat Rev Immunol*. 2009;9(6):418–28.
364. Trofimova I. N. Sulis W. The lability of behavior as a marker of comorbid depression and anxiety / *Advances in Bioscience and Biotechnology*. — 2010. — Vol. 1, № 3. — P. 190–199. — DOI: 10.4236/abb.2010.13027.
365. Trofimova I., Sulis W. Is temperament activity-specific? Validation of the Structure of Temperament Questionnaire-Compact (STQ-77) // *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*. — 2011. — Vol. 11, № 3. — P. 389–400.
366. Trofimova I., Sulis W. A study of the coupling of FET temperament traits with major depression / I. Trofimova, W. Sulis // *Frontiers in Psychology*. — 2016. — Vol. 7. — Art. 1848.
367. Trofimova I., Robbins W. Temperament and Arousal Systems: A New Synthesis of Differential Psychology and Functional Neuroscience // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. — 2016. — Vol. 64. — P. 382–402. — DOI 10.1016/j.neubiorev.2016.03.008.
368. Trofimova I., Sulis W. There is more to mental illness than negative affect: comprehensive temperament profiles in depression and anxiety // *BMC Psychiatry*. — 2018. — Vol. 18, No 1. — Art. 410.

369. Trofimova, I. An investigation into differences between the structure of temperament and the structure of personality // *The American Journal of Psychology*. — 2010. — Vol. 123, № 4. — P. 467–480.
370. Trofimova I., Sulis W. A study of the coupling of FET temperament traits with major depression // *Frontiers in Psychology*. — 2016. — Vol. 7. — Art. 1848. — DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01848.
371. Tsakiris, M. My body in the brain: a neurocognitive model of body-ownership // *Neuropsychologia*. — 2010. — Vol. 48, № 3. — P. 703–712. — DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.09.034.
372. Tsakiris, M., Tajadura-Jiménez, A., Costantini, M. Just a heartbeat away from one's body: interoceptive sensitivity predicts malleability of body-ownership // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. — 2011. — Vol. 278, № 1717. — P. 2470–2476. — DOI: 10.1098/rspb.2010.2547.
373. Tsakiris M., The multisensory basis of the self: From body to identity to others // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. — 2017. — Vol. 70, № 4. — P. 597-609.
374. Tunc-Ozcan E. Neurotransmitter co-transmission: synaptic architectures, functional logic, and emerging tools. *Front Mol Neurosci*. — 2026. — Vol. 19. — P. 1862021.
375. Vaaga C. E., Borisovska M., Westbrook G. L. Dual-transmitter neurons: functional implications of co-release and co-transmission // *Current Opinion in Neurobiology*. — 2014. — Vol. 29. — P. 25–32. — DOI: 10.1016/j.conb.2014.04.010.
376. Vaughan A. C., Birney D. P. Within-individual variation in cognitive performance is not noise: why and how cognitive assessments should examine within-person performance // *Journal of Intelligence*. — 2023. — T. 11. — №. 6. — C. 110.
377. Vermeiren E., Ysebaert M., Van Hoorenbeeck K., Verrijken A., Van Gaal L., De Backer W., ... Jorens P. G. Comparison of bioimpedance spectroscopy and dual energy X-ray absorptiometry for assessing body composition changes in obese children during weight loss // *European Journal of Clinical Nutrition*. — 2021. — Vol. 75, № 1. — P. 73–84. — DOI: 10.1038/s41430-020-00738-9.

378. Vinkhuyzen A. A. E., Dumenil T., Ryan L., Gordon S. D., Henders A. K., Madden P. A. F., Heath A. C., Montgomery G. W., Martin N. G., Wray N. R. Identification of tag haplotypes for 5HTTLPR for different genome-wide SNP platforms // *Molecular Psychiatry*. — 2011. — Vol. 16, № 12. — P. 1191–1196. — DOI: 10.1038/mp.2011.13.
379. von Zimmermann C., Winkelmann M., Richter-Schmidinger T., Mühle C., Kornhuber J., Lenz B. Physical Activity and Body Composition Are Associated With Severity and Risk of Depression, and Serum Lipids // *Frontiers in Psychiatry*. — 2020. — Vol. 11. — Art. 494. — DOI: 10.3389/fpsyt.2020.00494.
380. Waagepetersen H. S., Sonnewald U., Schousboe A. The GABA paradox: multiple roles as metabolite, neurotransmitter, and neurodifferentiative agent // *Journal of Neurochemistry*. — 1999. — Vol. 73, № 4. — P. 1335–1342. — DOI: 10.1046/j.1471-4159.1999.0731335.x.
381. Wan B., LaNoue K. F., Cheung J. Y., Scaduto R. C. Regulation of citric acid cycle by calcium // *Journal of Biological Chemistry*. — 1989. — Vol. 264, № 23. — P. 13430–13439. — DOI: 10.1016/S0021-9258(18)80024-X.
382. Wang H., Yu M., Ochani M., Amella C. A., Tanovic M., Susarla S., ... Tracey K. J. Nicotinic acetylcholine receptor $\alpha 7$ subunit is an essential regulator of inflammation // *Nature*. — 2003. — Vol. 421, № 6921. — P. 384–388. — DOI: 10.1038/nature01339.
383. Wang Z.M., Pierson R.N., Heymsfield S.B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research // *The American Journal of Clinical Nutrition*. — 1992. — Vol. 56, № 1. — P. 19–28.
384. Ward L.C., Brantlov S. Bioimpedance basics and phase angle fundamentals // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. — 2023. — Vol. 24, № 3. — P. 381–391. — DOI 10.1007/s11154-022-09780-3.
385. Ward L. C. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation // *European Journal of Clinical Nutrition*. — 2019. — Vol. 73, No 2. — P. 194-199. — DOI: 10.1038/s41430-018-0335-3.

386. Wess J. Molecular biology of muscarinic acetylcholine receptors // Critical Reviews in Neurobiology. — 1996. — Vol. 10, № 1. — P. 69–99. — DOI: 10.1615/CritRevNeurobiol.v10.i1.40.
387. Williams D. P., Thayer J. F., Koenig J. Resting heart rate variability predicts self-reported difficulties in emotion regulation // Psychophysiology. — 2019. — Vol. 56, № 7. — Art. e13370. — DOI: 10.1111/psyp.13370.
388. Wilson F. N., Johnston F. D., Macleod A. G., Barker P. S. Electrocardiograms that represent the potential variations of a single electrode // American Heart Journal. — 1934. — Vol. 9, no. 4. — P. 447–458.
389. Winton W. M., Putnam L. E., Krauss R. M. Facial and autonomic manifestations of the dimensional structure of emotion // Journal of Experimental Social Psychology. — 1984. — Vol. 20. — P. 195–216.
390. Wrann C. D., White J. P., Salogiannnis J., Laznik-Bogoslavski D., Wu J., Ma D., Lin J. D., Greenberg M. E., Spiegelman B. M. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 α /FNDC5 pathway // Cell Metabolism. — 2013. — Vol. 18, № 5. — P. 649–659. — DOI: 10.1016/j.cmet.2013.10.002.
391. Yabut J. M., Crane J. D., Green A. E., Khan W. I., Steinberg G. R. Emerging roles for serotonin in regulating metabolism: new implications for an ancient molecule // Endocrine Reviews. — 2019. — Vol. 40, № 4. — P. 1092–1107. — DOI: 10.1210/er.2018-00283
392. Yadollahi A., Singh B., Bradley T. D. Investigating the Dynamics of Supine Fluid Redistribution Within Multiple Body Segments Using Bio-Impedance Analysis // Annals of Biomedical Engineering. — 2015. — Vol. 43, № 9. — P. 2131–2142. — DOI: 10.1007/s10439-015-1264-0.
393. Zeisel S. H., da Costa K. A. Choline: an essential nutrient for public health // Nutrition Reviews. — 2009. — Vol. 67, № 11. — P. 615–623. — DOI: 10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x.

394. Zeki Al Hazzouri A., Haan M. N., Deng Y., Carnethon M., Yaffe K. Reduced heart rate variability is associated with lower cognitive function in older adults // *Neuroepidemiology*. — 2014. — Vol. 42, № 4. — P. 229–236. — DOI: 10.1159/000362248.
395. Zimmermann R. Interactions between brain 18F-FDG PET metabolism and hemodynamic parameters in a cross-sectional study of neurodegenerative diseases / R. Zimmermann, J.-F. Joly, D. H. Schoepfer // *Frontiers in Aging Neuroscience*. – 2022. – Vol. 14. – Art. 893360. – DOI 10.3389/fnagi.2022.893360.
396. Zitka, O., Skalickova, S., Gumulec, J., Novotna, V., Horak, V., Sochor, J., ... Kizek, R. Redox status expressed as GSH:GSSG ratio as a marker for oxidative stress in paediatric tumour patients // *Oncology Letters*. — 2012. — Vol. 4, № 6. — P. 1247–1253. — DOI: 10.3892/ol.2012.930.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Пример задач «Рыцари и лжецы»

Табель о рангах. На одном острове, где живут рыцари, лжецы и нормальные люди, лжецы считаются особами низшего ранга, нормальные люди — особами среднего ранга и рыцари — особами высшего ранга. Двое людей А и В, о каждом из которых известно, что он либо лжец, либо нормальный человек, высказывают утверждения:

А: По рангу я ниже, чем В.

В: Не правда!

Можно ли определить ранг А или В? Можно ли установить, истинно или ложно каждое из этих двух утверждений?

Форма ответа

№ задачи	Ответ
Аргумент	

Приложение 2

Пример задач «моральные диллемы»

Стоя на пешеходном мосту над рельсами, Федя увидел, что пустой неуправляемый вагон вот-вот сойдет с рельсов и собьет пять человек. Нога Федей застряла в перилах, но рядом с Федей стоит еще один человек, которого можно толкнуть, чтобы он упал с моста на рельсы и попал под вагон. Из-за этого человека скорость вагона снизится, и он не собьет пять человек. Если Федя толкнет одного человека, тот упадет под вагон, который замедлит ход и пять человек выживут. Если Федя не толкнет этого человека, вагон продолжит движение и собьет пятерых, а один человек останется в живых, стоя на мосту над рельсами. Федя решает толкнуть человека.

Оцените допустимость совершаемых действий

Запрещено		Допустимо			Обязательно	
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Объяснение:
