

Матвеева Наталья Николаевна, ассистент,
ФГБОУ ВО филиал «Уральский государственный
университет путей сообщения»

Степура Евгений Евгеньевич,
кандидат биологических наук, доцент кафедры
«Морфология, физиология сельскохозяйственных животных
и экология» имени профессора И.С. Решетникова,
факультета ветеринарной медицины
ФГБОУ ВО «Арктический государственный
агротехнологический университет»

ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа корреляционных взаимосвязей между показателями центральной и периферической гемодинамики у спортсменов трёх специализаций: алтимат-фрисби (n=10), волейбол (n=10) и смешанные единоборства (n=10). Выявлены специфические паттерны корреляционных плеяд, отражающие различия в механизмах регуляции сердечно-сосудистой системы, обусловленные характером двигательной активности. Установлено, что наиболее экономичный тип адаптации наблюдается у волейболистов, тогда как у представителей смешанных единоборств регистрируется наименее эффективный гемодинамический профиль. Полученные данные могут быть использованы для индивидуализации тренировочного процесса и ранней диагностики признаков дезадаптации.

Ключевые слова: Гемодинамика, корреляционный анализ, сердечно-сосудистая система, спортивная физиология, алтимат-фрисби, волейбол, смешанные единоборства.

Введение. Современная спортивная физиология сталкивается с необходимостью углублённого понимания адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы (ССС) к специфическим нагрузкам различных видов спорта. Традиционные методы оценки (ЭКГ, ЭхоКГ) предоставляют ценную морфофункциональную информацию, однако их чувствительности недостаточно для выявления ранних признаков перенапряжения и дезадаптации. В этой связи перспективным направлением является анализ корреляционной структуры гемодинамических показателей, позволяющий выявить скрытые механизмы регуляции и интегративные взаимосвязи между параметрами кровообращения.

Актуальность исследования обусловлена отсутствием систематизированных данных о корреляционных паттернах гемодинамики у спортсменов игровых видов спорта (алтимат-фрисби, волейбол) и смешанных единоборств, которые предъявляют принципиально различные требования к кардиоваскулярной системе. Цель настоящей работы – выявить специфические корреляционные взаимосвязи между показателями гемодинамики у спортсменов трёх специализаций и определить их физиологическую интерпретацию в контексте механизмов регуляции ССС.

Материалы и методы исследования. В исследовании приняли участие 30 спортсменов (по 10 человек в каждой группе) в возрасте 18–23 лет: группа 1 – игроки в алтимат-фрисби (чемпионы России 2023 г.), группа 2 – волейболисты (сборная МГПУ), группа 3 – бойцы смешанных единоборств (любители и чемпионы различных весовых категорий). Спортивный стаж варьировал от 5 до 8 лет в зависимости от специализации.



Измерения гемодинамических показателей проводились в состоянии покоя с использованием аппаратно-программного комплекса «Глобус» (метод объёмной компрессионной осциллометрии) и кардиовизора «КардиоВизор-06с». Оценивались следующие параметры: артериальное давление (систолическое, диастолическое, боковое, среднее, пульсовое, ударное), показатели сердечной деятельности (пульс, сердечный выброс, сердечный индекс, ударный объём, ударный индекс, объёмная скорость выброса, мощность сокращения левого желудочка, расход энергии на 1 л сердечного выброса), сосудистые показатели (скорость кровотока, скорость пульсовой волны, податливость сосудистой системы, общее и удельное периферическое сопротивление).

Статистическая обработка включала расчёт коэффициента корреляции Спирмена. Для интерпретации использовались значения $r > 0,7$ как свидетельство сильной статистической взаимосвязи.

Результаты исследования и их обсуждение. Особенности корреляционной структуры у спортсменов алтимат-фрисби. У представителей алтимата выявлена высокоинтегрированная система взаимосвязей между артериальными и насосными параметрами. Наиболее сильная прямая корреляция зафиксирована между систолическим артериальным давлением (САД) и пульсовым артериальным давлением ($r=0,90$), что отражает тесную связь между силой сердечного выброса и амплитудой колебаний давления в артериальном русле. САД также сильно коррелирует с сердечным выбросом ($r=0,88$) и скоростью кровотока ($r=0,72$), что указывает на доминирование насосного компонента в формировании давления.

Характерной особенностью группы является сильная отрицательная корреляция между пульсовым давлением и общим периферическим сопротивлением (ОПС) ($r=-0,89$), а также между скоростью кровотока и ОПС ($r=-0,76$). Это свидетельствует о том, что у алтиматчиков регуляция гемодинамики осуществляется преимущественно через изменения сосудистого тонуса, а не за счёт хронотропных механизмов. Умеренная отрицательная связь пульса с ударным индексом ($r=-0,83$) и ударным объёмом ($r=-0,63$) указывает на то, что увеличение ЧСС происходит при снижении наполнения желудочков, что может быть связано с относительной гиповолемией либо с повышенным симпатическим тонусом.

Высокая корреляция между ударным объёмом и объёмной скоростью выброса ($r=0,98$), а также ударным индексом ($r=0,92$) подчёркивает согласованность между сократительной функцией миокарда и скоростными характеристиками кровотока. Это отражает хорошо скоординированную адаптацию к циклическим нагрузкам с частыми спринтерскими ускорениями и рывками, характерными для алтимата.

Корреляционный профиль волейболистов. У волейболистов выявлен наиболее экономичный и сбалансированный тип гемодинамической регуляции. Ключевой находкой является экстремально высокая положительная корреляция между средним артериальным давлением и расходом энергии на 1 л сердечного выброса ($r=0,99$), что свидетельствует о прямой зависимости энергозатрат от уровня перфузионного давления. Это может отражать высокую эффективность работы сердца при умеренных значениях АД, характерную для спортсменов, чьи нагрузки имеют интервальный характер.

САД сильно коррелирует с мощностью сокращения левого желудочка ($r=0,81$), что подтверждает тесную связь между давлением, создаваемым в систолу, и механической работой миокарда. В то же время, пульс демонстрирует выраженную обратную связь с ударным индексом ($r=-0,78$) и ударным объёмом ($r=-0,55$), что является классическим признаком тренированной брадикардии: при снижении ЧСС увеличивается диастолическое наполнение.

Особого внимания заслуживает сильная корреляция между САД и объёмной скоростью выброса ($r=0,65$), а также между сердечным выбросом и мощностью сокращений ($r=0,82$).



Указанные взаимосвязи указывают на оптимальное соотношение между насосной функцией и периферическим сопротивлением. Слабая отрицательная связь САД с ОПС ($r=-0,42$) и положительная – с удельным периферическим сопротивлением ($r=0,05$) свидетельствуют о том, что у волейболистов сосудистый компонент играет меньшую роль в регуляции АД по сравнению с алтиматчиками. Это подтверждает парасимпатическую доминанту в покое, что обеспечивает эффективное восстановление.

Корреляционная структура у бойцов смешанных единоборств. Наиболее напряжённый и конфликтный тип гемодинамического профиля выявлен у третьей группы. Ключевой особенностью является практически полная отрицательная корреляция пульсового давления с ОПС ($r=-0,98$), что указывает на критическую зависимость амплитуды пульсовой волны от периферического сопротивления. Данный факт отражает высокий тонус резистивных сосудов, характерный для спортсменов, чья подготовка включает изометрические и статические компоненты.

САД сильно коррелирует с сердечным выбросом ($r=0,88$), боковым давлением ($r=0,88$) и мощностью сокращений ($r=0,78$), что подтверждает важность насосной функции сердца для поддержания давления. Однако, в отличие от других групп, у бойцов выявлена отрицательная связь между САД и скоростью пульсовой волны ($r=-0,14$), что может свидетельствовать о снижении эластичности артериальной стенки.

Наиболее неблагоприятной находкой является сильная отрицательная корреляция между сердечным выбросом и ОПС ($r=-0,86$) и сердечным индексом с удельным периферическим сопротивлением ($r=-0,87$). Это отражает ситуацию, при которой увеличение периферического сопротивления приводит к снижению эффективного кровотока, что потенциально увеличивает нагрузку на левый желудочек. Высокая корреляция между мощностью сокращений и расходом энергии ($r=0,71$) указывает на повышенные метаболические затраты миокарда, что в условиях высокого ОПС может способствовать развитию гипертрофии и снижению коронарного резерва.

Следует отметить, что у бойцов ММА пульс слабо коррелирует с большинством гемодинамических показателей, за исключением податливости сосудистой системы ($r=-0,73$) и скорости пульсовой волны ($r=-0,69$). Это указывает на диссоциацию между центральными и периферическими механизмами регуляции, что может рассматриваться как фактор риска дезадаптации при неадекватном планировании тренировочных нагрузок.

Сравнительный анализ и физиологическая интерпретация. Сопоставление корреляционных структур трёх групп позволяет выделить следующие закономерности. У спортсменов алтимат-фрисби и смешанных единоборств доминирует симпатический отдел вегетативной нервной системы, однако у бойцов это сопровождается чрезмерным повышением сосудистого тонуса и снижением податливости артерий, тогда как у алтиматчиков сохраняется эластичность сосудистой стенки за счёт высокой скорости пульсовой волны.

Волейболисты, напротив, демонстрируют сбалансированную регуляцию с преобладанием парасимпатических влияний в покое, что проявляется в низком пульсе, эффективном ударном объёме и минимальных энергозатратах на перекачку крови. Это является наиболее оптимальным с точки зрения долгосрочной адаптации и профилактики перетренированности.

Корреляционные плеяды различаются по степени интеграции: у волейболистов наблюдаются множественные сильные связи между параметрами, что свидетельствует о высокой согласованности системы; у бойцов – изолированные, но чрезвычайно сильные взаимосвязи (r близкие к $\pm 0,98$), что указывает на жёсткую обусловленность одних параметров другими и, как следствие, снижение variability регуляторных резервов.



Заключение. Проведённый корреляционный анализ позволил выявить специфические паттерны взаимосвязей гемодинамических показателей у спортсменов разных специализаций. Установлено, что:

1. Для спортсменов алтимат-фрисби характерна сильная интеграция между насосными и сосудистыми параметрами с доминированием симпатической регуляции, обеспечивающей быструю мобилизацию ресурсов при интенсивных циклических нагрузках.

2. Волейболисты демонстрируют наиболее экономичный тип гемодинамики с выраженной парасимпатической доминантой в покое, высокой эффективностью ударного объёма и минимальными энергозатратами на кровообращение.

3. У бойцов смешанных единоборств выявлен напряжённый гемодинамический профиль с высоким периферическим сопротивлением, сниженной податливостью сосудов и выраженной отрицательной корреляцией между пульсовым давлением и ОПС, что указывает на повышенный риск развития гипертонических реакций и требует особого внимания к восстановительным мероприятиям.

4. Полученные результаты могут быть использованы для дифференцированного подхода к планированию тренировочного процесса, а также для разработки критериев ранней диагностики функциональных нарушений ССС у спортсменов в зависимости от специфики их спортивной деятельности.

Список литературы:

1. Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. – СПб.: Гиппократ, 2015. – 448 с.
2. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2010. – 290 с.
3. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. – М.: Советский спорт, 2012. – 618 с.
4. Alm P., Yu J.-G. Physiological Characters in Mixed Martial Arts // American Journal of Sports Science. – 2013. – Vol. 1, № 2. – P. 15-25.
5. Гаврелюк С.В., Шейко В.И. Изменение гемодинамики и функции эндотелия в эксперименте с длительной симпатикотонией // Вестник проблем биологии и медицины. – 2016. – Т. 1, № 4 (133). – С. 384-390.

