УДК 612.15

ИНДЕКС АУГМЕНТАЦИИ У МОЛОДЫХ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИМИ ФЕНОТИПАМИ

С.Р. Бунас, М.А. Вергейчик, Е.М.О. Корниенко, Д.А. Александров
Белорусский государственный медицинский университет,
г. Минск, Республика Беларусь
Кафедра нормальной физиологии
Научный руководитель – к.м.н., доцент Д.А. Александров

Резюме. В статье приведены результаты исследования распределения гемодинамических фенотипов, определенных по методу КАСПАД, и их связь с величиной индекса аугментации Alp% у молодых (17-20 лет) профессиональных спортсменов игровых видов спорта. Установлено, что в 23,3% случаев у спортсменов исследуемой группы выявлялись дисфункциональные гемодинамические фенотипы по КАСПАД, ассоциированные с более высокими значениями Alp%, что указывает на повышение у них степени жесткости сосудистой стенки, вероятно, имеющее дезадаптационный характер.
Ключевые слова: индекс аугментации; молодые спортсмены; игровые виды спорта; гемодинамические фенотипы; КАСПАД.

AUGMENTATION INDEX IN YOUNG ATHLETES WITH DIFFERENT HEMODYNAMIC PHENOTYPES

S.R. Bunas, M.A. Viarcheichyk, E.M.O. Kornienko, D.A. Alexandrov
Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus
Department of Normal Physiology
Tutor: Ph.D., Assoc. Prof. D.A. Alexandrov

Abstract. This article presents the results of a study investigating the distribution of hemodynamic phenotypes, as determined by the LRBPP method, and their relationship with the augmentation index (Alp%), in young (17–20 years old) professional athletes participating in team sports. The study found that 23.3% of athletes had dysfunctional hemodynamic phenotypes according to LRBPP, which were associated with higher Alp% values. This may indicate a probable maladaptive increase in vascular wall rigidity.
Keywords: augmentation index; young athletes of complete sports hemodynamic phenotypes; LRBPP.

Введение. В последние годы в оценке функционального состояния сердечно-сосудистой и других систем организма наметилась выраженная тенденция на переход, по возможности, от сопоставления характеризующих их работу параметров со среднепопуляционной нормой к выявлению и анализу индивидуальных характеристик функционирования данных систем. Одним из таких подходов к индивидуальному прогнозированию динамики изменения величины артериального давления (АД) и оценки соотношения вклада работы сердца и периферического (сосудистого) компонента в продвижение крови является разработанный доцентом кафедры поликлинической терапии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» Р.В. Хурса и соавт. метод количественного анализа связей параметров артериального давления (КАСПАД), позволяющий установить принадлежность показателей гемодинамики обследуемого человека к определенному гемодинамическому фенотипу (ГФ).

Методика КАСПАД подразумевает построение прогностической модели, характеризующей показатели системной гемодинамики в некотором временном диапазоне, путем проведения линейного регрессионного анализа с использованием индивидуальных рядов величин систолического (САД), диастолического (ДАД) и пульсового (ПАД) АД обследуемого человека. При этом в целях определения гемодинамического фенотипа методом КАСПАД проводится линейная регрессия САД (формула 1) и ДАД (формула 2) по ПАД. Линейную регрессию параметров АД для КАСПАД в общем виде представляют уравнения I порядка:

$$САД=\boldsymbol{Q}+\boldsymbol{a}\times ПАД, \quad (1)$$

$$ДАД=\boldsymbol{Q}+(\boldsymbol{a}\text{-}\mathbf{1})\times ПАД, \quad (2)$$

где САД – систолическое артериальное давление, мм рт. ст.;
ДАД – диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.;
Q – показатель давления крови в области затухающей пульсовой волны;
a – угловой коэффициент регрессии САД по ПАД;
ПАД – пульсовое артериальное давление, мм рт. ст.

Коэффициенты регрессии a и Q выражаются индивидуальными числовыми значениями у каждого респондента при выполнении регрессионного анализа по рядам величин его АД и имеют следующий биофизический смысл. Свободный член Q отражает уровень АД в области прекращения пульсации, при ПАД = 0, и является отражением математического ожидания величины среднего гемодинамического давления крови (СрАД), определяющего характер гемодинамики на уровне сосудов микроциркуляторного русла. Угловой коэффициент a («прессорный») в (1) характеризует долю ПАД, возвышающуюся над величиной СрАД, т.е. вклад ПАД в формирование САД, и отражает, прежде всего, участие сердца в продвижении крови и комплаенс сосудистого русла. В свою очередь угловой коэффициент (a-1) в (2) характеризует долю ПАД, находящуюся ниже уровня СрАД, и является «депрессорным», отражая вклад в формирование показателей системной гемодинамики общего периферического сопротивления (зависящего, в первую очередь, от тонуса резистивных сосудов) и работы механизмов, влияющих на величину венозного возврата (скелетного мышечного насоса и др.) [1].
Значение углового коэффициента a определяет гемодинамический фенотип обследуемого. Считается, что гармонический фенотип (Г) формируется при нормальном соотношении вклада работы сердца и периферического (сосудистого) компонента в продвижении крови, отражая бóльшую работу левого желудочка в обеспечении циркуляции крови и меньший вклад сосудов («периферического сердца»), причем отрицательно направленный, т. к. (a-1)<0 [1].
Диастолический дисфункциональный фенотип (ДД) указывает на возрастание роли систолической составляющей в кровообращении и снижение роли его периферической составляющей, о чем свидетельствует значение коэффициента a>1. По мнению Р.В.Хурса и соавт., данный фенотип является результатом адаптации к неблагоприятным условиям существования организма: длительной низкой физической активности; повышенной жесткости сосудов, в т. ч. при атеросклерозе, при старении; психоэмоциональным перегрузкам; формированию вегетативного дисбаланса с преобладанием влияний симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) и повышению степени централизации управления сердечным ритмом; увеличению объема левого желудочка сердца или объема циркулирующей крови при некоторых заболеваниях (например, артериальная гипертензия (АГ), клапанные пороки сердца, хроническая болезнь почек и др.) [1, 2, 4].
Систолический дисфункциональный фенотип (СД) диаметрально противоположен фенотипу ДД. По мнению авторов метода, он характеризуется возрастанием роли сосудов при снижении вклада миокарда левого желудочка в обеспечение системного кровотока, на что указывают значения коэффициента a<0. Из-за низкой встречаемости в популяции (1–3 %), фенотип СД изучен недостаточно. Однако он более часто выявляется у лиц старшего возраста и при АГ. У практически здоровых молодых людей фенотип СД, по мнению авторов, отличается от фенотипа Г значительным снижением жесткости артерий, умеренно повышенным общим периферическим сопротивлением сосудов (ОПСС) [1, 2].
Прояснить вопрос взаимосвязи ГФ с функциональным состоянием сосудистой стенки могут некоторые прямые или расчетные показатели, характеризующие степень ее жесткости. Одним из таких расчетных показателей является индекс аугментации (Alp%), который характеризует соотношение амплитуд прямой и отраженной составляющих пульсовой волны. При этом нормальным считается отрицательное значение индекса, а его повышение (положительное или нулевое значение) свидетельствует о снижении эластичности крупных артерий. Данный показатель

выступает в качестве предиктора кардиоваскулярных событий, поскольку при снижении эластичности артериальной стенки амплитуда и скорость возвращения отраженной волны увеличиваются. При этом возрастает нагрузка на сердце, так как миокард левого желудочка, продолжая систолическое изгнание крови, вынужден преодолевать возросшую противодействующую силу [5].

Цель исследования. Охарактеризовать степень жесткости сосудистой стенки у молодых спортсменов игровых видов спорта по показателю индекса аугментации и оценить ее связь с гемодинамическими фенотипами по КАСПАД.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 30 юношей в возрасте от 17 до 20 лет, регулярно занимающихся игровыми видами спорта (футбол, хоккей) на профессиональном уровне на протяжении 8–15 лет, с интенсивными тренировками от 3 до 4 часов ежедневно 5–7 раз в неделю.

Измерение АД для определения ГФ методом КАСПАД и расчёт индекса аугментации проводились с помощью аппаратно-программного комплекса «БиПиЛаб» (Российская Федерация) с технологией анализа сосудистой жесткости «Vasotens Office»ГФ м п- р ости згжении

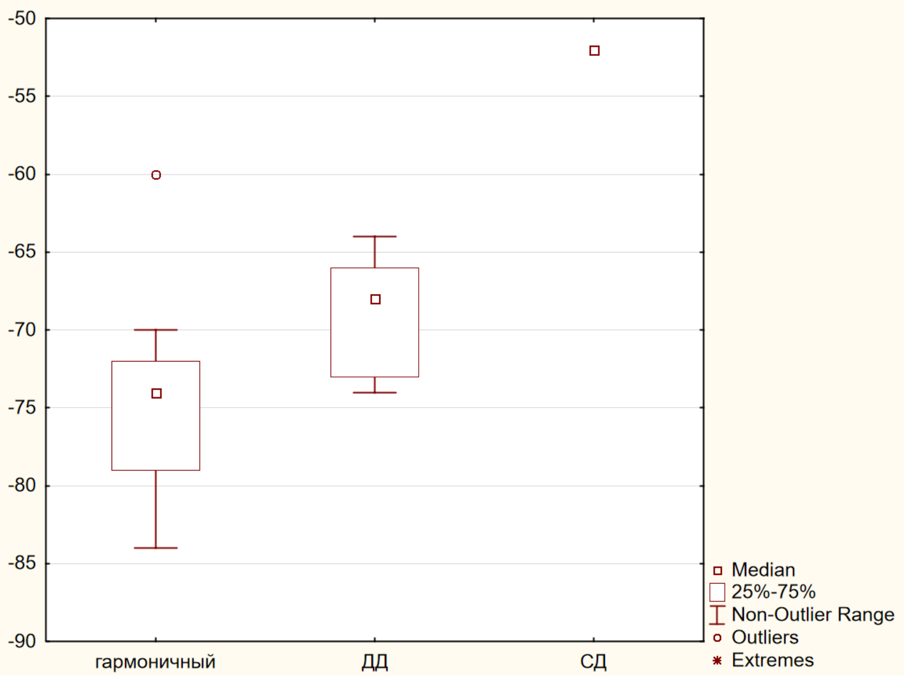

Рисунок 2 – Значения индекса аугментации (Alp%) у молодых спортсменов игровых видов спорта в зависимости от ГФ по КАСПАД

Значения Alp% у молодых спортсменов игровых видов спорта, имеющих дисфункциональные ГФ (ДД и СД) имели выраженную тенденцию к превышению аналогичных показателей у спортсменов из группы с гармоническим ГФ (U-критерий, p=0,081 и p=0,043, соответственно).

Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют, что у большинства молодых спортсменов игровых видов спорта преобладает гармонический ГФ, что указывает на нормальное соотношение вклада сердца и сосудов в продвижении крови в условиях регулярных физических нагрузок. На функционально нормальное состояние сосудистой стенки у молодых спортсменов этой группы указывают также и наименьшие значения индекса Alp% у них. В то же время, выявленные у части испытуемых диастолический и, особенно, систолический дисфункциональный фенотипы в нашем исследовании оказались ассоциированы с более высокими (более положительными) значениями индекса Alp%, что рассматривается как маркер повышения сосудистой жесткости, может служить признаком напряжённой адаптации к интенсивным тренировочным нагрузкам и вызывает особую обеспокоенность в отношении молодых профессиональных спортсменов.

Заключение

У молодых спортсменов игровых видов спорта в возрасте 17-20 лет гармонический ГФ встречается в 76,7%, СД ГФ — в 3,3% и ДД ГФ — в 20,0% случаев. У данных молодых спортсменов, имеющих СД и ДД ГФ, выявляется тенденция к повышению Alp%, что указывает на, вероятно, дезадаптивное увеличение степени жесткости сосудистой стенки у них.

Список литературы

1. Хурса, Р. В. Реографические показатели центральной гемодинамики и типы кровообращения по данным линейной регрессии параметров артериального давления / Р. В. Хурса // Медицинский журнал. – 2015. – № 2. – С. 96-104.
2. Метод определения гемодинамического фенотипа: инструкция по применению / Р. В. Хурса, И. Л. Месникова, Н. М. Еремина, М. В. Войтикова. – Минск : М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2018. – 15 с.
3. Voitikova, M. Classification of hemodynamics using ambulatory blood pressure data / M. Voitikova, R. Khursa. – Text : electronic // Selected Topics in Blood Pressure Physiology. – IntechOpen, 2025. – URL: https://www.intechopen.com/chapters/1207132 (date accessed: 25.10.2025).

4. Cierpka-Kmieć, K. Hemodynamic phenotypes in chronic kidney disease patients based on linear regression of blood pressure parameters / K. Cierpka-Kmieć, R. Khursa, D. Hering // Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.). – 2024. – Vol. 26. – № 12. – P. 1391-1401.
5. Патогенетическое значение индекса жесткости и индекса аугментации при артериальной гипертензии в развитии сердечно-сосудистой патологии и гериатрических синдромов у женщин пожилого и старческого возраста / С. Г. Горелик, Ю. Ф. Шевченко, Е. С. Малютина [и др.] // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. – 2021. – № 2. – С. 27-43.