

УДК 612.014

*Н.К. Саваневский, Г.Е. Хомич*

## **РЕАКЦИИ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В ПРОСТРАНСТВЕ**

Импедансометрическим методом установлено, что выраженность изменений тонуса мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей, а также артериального давления и частоты сердечных сокращений при выполнении многократной ортоклиностатической пробы существенно зависит от фонового диаметра периферических кровеносных сосудов.

Наиболее частым изменением положения тела в пространстве у человека является переход из горизонтального положения в вертикальное. Важным обстоятельством является то, что в некоторых видах спорта, особенно в гимнастике и акробатике, спортсмену часто приходится многократно подряд изменять положение тела из горизонтального в вертикальное и обратно. Вертикальное положение тела, в котором человек пребывает обычно две трети времени ежедневно, неизбежно ведет к изменению физических условий функционирования сердечно-сосудистой системы. В первую очередь это относится к гидростатическому компоненту давления крови, который при этом возрастает в сосудах нижней половины и уменьшается в сосудах верхней половины тела в связи с тем, что продольная ось тела человека параллельна вектору земной гравитации [1, 2, 3].

Ортоклиностатическая проба характеризует процессы регулирования соматической и вегетативных функций при перемене положения тела. Она отражает различные уровни функционирования системы кровообращения в положении лежа и стоя, а при переходном процессе – перестройку функционирования с одного уровня на другой. Наиболее точно ортостатическая устойчивость определяется на поворотном столе. Признаками ортостатической неустойчивости являются резкое падение артериального давления и очень большой прирост частоты сердечных сокращений.

В научной литературе имеется достаточно данных об изменениях частоты сердечных сокращений (ЧСС) и кровяного давления при ортостатической пробе и продолжительном нахождении человека в вертикальном положении [1; 3–6]. Однако мало уделено внимания учету фонового состояния тонуса, а соответственно и диаметра, кровеносных сосудов нижних конечностей. От этого состояния может, естественно, зависеть величина объема депонируемой крови в кровеносных сосудах ног, что будет отражаться на значениях ЧСС и артериального давления при ортостатической пробе.

Вполне вероятно, что эффективность компенсаторных антигравитационных судосуживающих реакций кровяного русла нижних конечностей обуславливается его исходной емкостью. При различном фоновом просвете кровеносных сосудов их роль в поддержании нормального кровообращения при ортостазе может быть неодинаковой. Выяснение этого вопроса и явилось целью данной работы.

Наши исследования проведены на 19–20-летних девушках-студентках, не имевших жалоб на состояние сердечно-сосудистой системы. По методике А.А. Астахова [7] на многофункциональном мониторе кровенаполнения и диагностики сердечно-сосудистой системы «Кентавр» с каждым ударом пульса обследуемой студентки одновременно регистрировались следующие показатели: 1) ЧСС; 2) систолическое артериальное давление (САД); 3) амплитуда реоволны пальца ноги (АРП); 4) амплитуда реоволны голени (АРГ).

Нагрузкой являлось десятикратное пассивное выполнение ортоклиноста-тической пробы с продолжительностью нахождения при каждом вертикальном и горизонтальном положении по 30 секунд. Перевод обследуемой студентки в необходимое положение осуществлялось с помощью поворотного стола.

В зависимости от исходного фонового состояния тонуса кровеносных сосудов все обследованные студентки были разделены на три группы: 1) с нормальным тонусом мелких и крупных кровеносных сосудов ног, о чем свидетельствовали, соответственно, значения АРП 80–150 мОм и АРГ – 80–130 мОм; 2) с пониженным тонусом этих сосудов (АРП равнялось 160–300 мОм, АРГ – 140–300 мОм); 3) с повышенным тонусом сосудов нижних конечностей (АРП и АРГ ниже 40 мОм).

Исследования показали, что в горизонтальном положении в состоянии покоя значения АРП и АРГ сильно отличались у девушек с разным исходным состоянием сосудов нижних конечностей (таблица). Пассивный перевод студенток с помощью поворотного стола в вертикальное положение и нахождение в нем в течение 30 с приводил к падению значений АРП и АРГ у всех обследуемых независимо от фонового диаметра кровеносных сосудов. Уменьшение АРП и АРГ свидетельствует о сосудосуживающей адаптационной реакции капилляров и магистральных сосудов нижних конечностей, препятствующей гравитационному оттоку крови от верхней половины тела при переходе из горизонтального в вертикальное положение.

Однако выраженность этой реакции оказалась неодинаковой у студенток с различным фоновым просветом кровеносных сосудов. Наиболее эффективной она была у девушек с исходным нормальным тонусом сосудов, у которых величина АРП уменьшилась в вертикальном положении по сравнению с горизонтальным в 3,96 раза, а АРГ – в 3,3 раза (таблица).

Несколько слабее защитные антигравитационные сосудосуживающие реакции проявлялись у девушек с фоновым пониженным тонусом кровяного русла, т.е. с чрезмерно расширенным диаметром сосудов. Выполнение ими ортостатической пробы вызывало уменьшение величин АРП и АРГ в 2,8 раза. Судя по средним значениям АРП (56,4 мОм) и АРГ (46,4 мОм), просвет кровяного русла ног оставался еще достаточно большим, и в них при вертикальном положении тела депонировалось еще значительное количество крови. Поэтому у студенток из этой обследуемой группы при переводе из горизонтального в вертикальное положение иногда наблюдалось быстро проходящее потемнение перед глазами, по-видимому, из-за кратковременного ухудшения кровоснабжения головного мозга.

Менее всего оказались выраженными антигравитационные сосудосуживающие реакции мелких и крупных кровеносных сосудов ног у девушек, имевших фоновый повышенный тонус кровяного русла. У этих студенток перевод в вертикальное положение вызывал снижение средних значений АРП в 1,8 раза, а АРГ – в 1,7 раза, что значительно меньше, чем в остальных группах. Возможно, данное обстоятельство объясняется наличием малого исходного просвета сосудов нижних конечностей и небольшим депонированием в них крови.

На первых минутах после 10-кратного выполнения ортоклиноста-тической пробы происходило увеличение диаметра сосудов ног у студенток всех обследуемых групп, что проявлялось в достоверно более высоких значениях АРП и АРГ в горизонтальном положении, чем до выполнения пробы. Затем наблюдалось постепенное восстановление первоначального диаметра кровяного русла ног, о чем можно было судить по значениям АРП и АРГ. Однако этот процесс проходил с неодинаковой скоростью у студенток, различающихся по фоновому состоянию просвета сосудов. Так, у девушек с первоначальным нормальным диаметром кровяного русла ног на 4-й минуте восста-

новления средняя величина АРП была равна 110,2 мОм, а АРГ – 111,8 мОм (таблица), что все еще превышало фоновый уровень, соответственно на 9,8 % и 5,9 %.

У девушек с исходным пониженным тонусом сосудов нижних конечностей на 4-й минуте восстановления АРП равнялась 176,7 мОм, что было выше значений в состоянии покоя на 10,3 %. АРГ в этот момент была равна 138,7 мОм, что превышало фоновый уровень на 5,6 %.

Таблица – Изменения АРП, АРГ, ЧСС и САД при многократном выполнении ортоклино-статической пробы ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Исследуемые показатели	Группа обследуемых по фоновому состоянию сосудов ног		
	Нормальный тонус	Пониженный тонус	Повышенный тонус
АРП (мОм) до выполнения проб	101,3 ± 0,9	158,5 ± 1,3	26,2 ± 0,7
АРП (мОм) при 6–10-м выполнении пробы	25,6 ± 0,8 P<0,001	56,4 ± 1,0 P<0,001	14,3 ± 0,6 P<0,001
АРП (мОм) на 4-й минуте после 10-кратной ортоклино-статической пробы	110,2 ± 1,1 P<0,01	176,7 ± 1,4 P<0,001	68,6 ± 0,9 P<0,001
АРГ (мОм) до выполнения проб	105,6 ± 0,9	131,3 ± 1,4	37,3 ± 0,8
АРГ (мОм) при 6–10-м выполнении пробы	32,3 ± 1,1 P<0,001	46,4 ± 1,3 P<0,001	22,5 ± 0,9 P<0,001
АРГ (мОм) на 4-й минуте после 10-кратной ортоклино-статической пробы	111,8 ± 1,2 P<0,05	138,7 ± 1,5 P<0,01	68,5 ± 1,3 P<0,001
ЧСС (уд/мин) до выполнения проб	65,6 ± 0,9	73,5 ± 1,2	74,3 ± 1,0
ЧСС при 10-м выполнении пробы	77,1 ± 1,1 P<0,001	92,1 ± 1,3 P<0,001	86,5 ± 0,9 P<0,001
САД (мм рт.ст.) до выполнения проб	114,8 ± 1,3	102,7 ± 1,6	123,4 ± 1,3
САД при 10-м выполнении пробы	126,7 ± 2,4 P<0,01	133,9 ± 3,1 P<0,001	139,2 ± 2,8 P<0,001

Примечание: достоверность (P) определена по отношению к соответствующим показателям до начала выполнения 10-кратной ортоклино-статической пробы

Существенные отличия были обнаружены у студенток, имевших фоновый повышенный тонус кровеносных сосудов ног. У них на 4-й минуте восстановления средняя величина АРП была равна 68,6 мОм, а АРГ – 68,5 мОм, что превышало фоновый уровень соответственно в 2,6 и 1,8 раза. Важное значение имеет то, что к 20-й минуте восстановления показатели АРП у девушек с фоновым нормальным и пониженным тонусом сосудов достоверно не отличались от значений в состоянии покоя, т.е. до выполнения ортоклино-статической пробы. У студенток же с исходным повышенным тонусом кровяного русла и на 20-й минуте восстановления просвет микрососудов и магистральных сосудов ног оставался существенно больше, чем до 10-кратного выполнения пробы.

На основании полученных нами данных можно предположить, что многократное изменение положения тела из горизонтального в вертикальное и обратно приводит

к увеличению просвета суженных мелких и крупных кровеносных сосудов нижних конечностей. Многократное выполнение ортоклиностатической пробы может оказаться полезным для тренировки мышечной стенки крупных сосудов ног с целью профилактики их спазма и для улучшения кровоснабжения периферических тканей.

Известно, что в вертикальном положении тела немаловажное значение в поддержании кровообращения имеют мышечный насос сердца и изменения его сократительной способности. Закономерной реакцией на ортостатическую пробу является учащение пульса и изменение артериального давления. Представлялось целесообразным проанализировать, как изменяется ЧСС и САД при многократном выполнении ортоклиностатической пробы у девушек, имевших различный фоновый просвет кровеносных сосудов нижних конечностей.

Нами было установлено, что в горизонтальном положении до выполнения ортоклиностатической пробы средние значения ЧСС и САД отличались у студенток с разным фоновым тонусом кровеносных сосудов ног. Так, ЧСС была существенно ниже у студенток с нормальным тонусом сосудов и составляла 65,6 ударов в минуту. ЧСС у студенток с пониженным и повышенным тонусом сосудов была почти одинаковой, соответственно 73,5 и 74,3 удара в минуту (таблица). При каждом последующем выполнении 30-секундной ортостатической пробы ЧСС возрастала.

Во время 10-го выполнения подряд ортоклиностатической пробы средняя ЧСС у студенток с нормальным тонусом сосудов была равна в ортостазе 77,1 уд/мин. То есть увеличение по сравнению с уровнем покоя произошло на 17,5 %. У девушек с пониженным тонусом кровяного русла ЧСС увеличилась до 92,1 уд/мин, т.е. на 25,3 %. У студенток с повышенным тонусом сосудов ЧСС возрастала до 86,5 уд/мин, т.е. на 16,4 %.

Систолическое артериальное давление до выполнения функциональной пробы, в положении лежа было ниже всего у студенток с пониженным тонусом кровяного русла нижних конечностей (102,7 мм рт. ст.). Изменения САД во время выполнения ортоклиностатической пробы были следующими. У студенток с нормальным фоновым диаметром сосудов САД в покое было равно 114,8 мм рт. ст. С каждым переходом в вертикальное положение оно постепенно повышалось и на 10-м нахождении в ортостазе равнялось в среднем 126,7 мм рт. ст., т.е. увеличивалось на 10,4 %.

У девушек с пониженным тонусом кровеносных сосудов ног при первых переходах в вертикальное положение САД даже уменьшалось, а затем происходило быстрое увеличение давления. На 10-м нахождении в вертикальном положении САД у этих студенток возрастало до 133,9 мм рт.ст., т.е. на 30,4 %.

У студенток с повышенным тонусом сосудов фоновое значение САД было равно 123,4 мм рт.ст. При проведении 10-кратной ортоклиностатической пробы оно постепенно увеличивалось и достигало в конце пробы 139,2 мм рт.ст., что было на 12,8 % выше, чем в состоянии покоя.

Таким образом, на основании полученных нами результатов можно заключить, что степень изменения ЧСС и САД при выполнении ортоклиностатической пробы зависит от исходного тонуса кровяного русла нижних конечностей. У испытуемых с фоновым пониженным тонусом кровеносных сосудов ног при первых выполнениях многократной ортоклиностатической пробы, как правило, наблюдается уменьшение систолического артериального давления, что может приводить к кратковременному ухудшению кровоснабжения головного мозга и головокружению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осадчий, Л.И. Положение тела и регуляция кровообращения / Л.И. Осадчий. – Ленинград, 1982. – 144 с.

2. Осадчий, Л.И. Сосудистые факторы ортостатических реакций системной гемодинамики / Л.И. Осадчий, Т.В. Балужева, И.В. Сергеев // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2003. – Т. 89. – № 3. – С. 339–346.
3. Баевский, Р.М. Ритмы сердца у спортсменов / Р.М. Баевский, Р.Е. Мотылянская. – М., 1986. – 143 с.
4. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М., 1997. – 236 с.
5. Баевский, Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р.М. Баевский [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 63–77.
6. Карпман, В.Л. Динамика кровообращения у спортсменов / В.Л. Карпман, Б.Г. Любина. – М., 1982. – 217 с.
7. Астахов, А.А. Физиологические основы биоимпедансного мониторинга гемодинамики в анестезиологии (с помощью системы «Кентавр») / А.А. Астахов. – Челябинск, 1996. – Ч. 1,2. – 330 с.

***N.K. Savanevski, G.E. Khomich. Reactions of Circulatory System to Change of Human Body Position in Space***

By an impedansometrical method it is established that the intensity change of tone for small and large blood vessels of the lower extremities, as well as blood pressure and heart rate when performing multiple ortoklinostatic samples depends strongly on the background-diameter of peripheral blood vessels.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 12.09. 2011 г.