

Влияние сложных постуральных нагрузок на сердечный ритм человека

Т. В. Сергеев, Н. Б. Суворов, П. И. Толкачёв, А. В. Белов

ФГБУ «Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины»
Северо-Западного отделения РАМН, Санкт-Петербург

Резюме

Введение. Анализ литературных источников, посвящённых физиологическим эффектам постуральных воздействий (ПВ), показал, что результаты известных исследований имеют неоднозначный, а иногда и противоречивый характер, а физиологические основы этих процессов до конца не изучены, особенно при использовании сложных траекторий перемещения тела в пространстве.

Цель работы. Изучить вопросы влияния динамически изменяющегося положения тела на варибельность ритма сердца (ВСП).

Методы. В исследованиях использована компьютеризированная система для управления динамическими ПВ и оценки состояния испытуемого на основе регистрации и анализа ВСП.

Результаты. Полученные реакции свидетельствуют о закономерном изменении показателей ритма сердца во время и после проведения процедур динамических ПВ, управляемых компьютерной программой, и с учётом траектории перемещения тела в пространстве по трём координатам. С помощью динамических ПВ могут быть достигнуты определённые положительные гемодинамические реакции.

Ключевые слова: динамические постуральные воздействия; сердечный ритм.

Клин. информат. и Телемед. 2015. Т.11. Вып.12. с.50–56

Введение

Известно, что изменения положения тела человека под действием силы тяжести Земли вызывают гравитационное перераспределение внутренних жидких, мягких и твёрдых структур, оказывающее выраженное действие на весь организм. Интенсивность и продолжительность эффектов от таких нагрузок зависит как от характеристик самого воздействия, так и от состояния организма. Постуральные воздействия прямо или опосредованно через сердечно-сосудистую и нервную системы оказывают сложное влияние практически на все органы человека.

Особенность реакций организма на постуральные воздействия (ПВ) в отличие от реакций на физические упражнения связана с рядом свойств пассивной динамической ориентации.

1. Многие положения в пространстве, в которых оказывается пациент при постуральных воздействиях, не могут быть достигнуты самостоятельно.

2. Длительность нахождения в этих положениях и их сменяемость также самостоятельно не контролируются.

3. Время и интенсивность терапевтического постурального воздействия определяется состоянием пациента, а не его способностью к выполнению тех или иных физических упражнений. Постуральные воздействия могут применяться при отсутствии у пациента собственной двигательной активности и/или сознания.

С помощью постуральных нагрузок (воздействий), во многом благодаря указанным особенностям, на организм пациента может быть оказано уникальное влияние, недостижимое зачастую другими средствами [1, 4–6]. Это подтверждается и многолетним опытом в области реабилитации больных

с использованием специальных постуральных воздействий [6]. Соответствующие процедуры с одновременным мануальным воздействием показали свою эффективность для постуральной коррекции гемодинамики и, в частности, активации возвратного тока крови к сердцу при хронической венозной недостаточности нижних конечностей.

В то же время, результаты известных исследований имеют неоднозначный, а иногда и противоречивый характер. Такая противоречивость связана, в частности, с тем, что характер описываемых изменений зависит от многих факторов. Физиологические процессы в сосудистой системе в переходном периоде (в начале постуральных воздействий) изучены в значительно меньшей степени, чем при длительном однообразном постуральном воздействии, — в установившемся режиме. При этом в первые 20–30 секунд антиортостатической пробы всегда возникает вазодилатация (релаксация и растяжение гладкой мускулатуры в стенках артериальных сосудов на пульсовую волну), которая затем рефлекторно компенсируется вазоконстрикцией артерий. Поэтому первые минуты антиортостаза связаны с увеличением общего периферического сопротивления. Эти рефлекторные реакции сердечно-сосудистой системы (ССС) связаны со значительным перераспределением крови в организме и при этом во многом противоположны для ортостатических и антиортостатических постуральных воздействий. Смена положительных и отрицательных пассивных ортостатических нагрузок приводит к поочерёдному депонированию крови в сосудах нижней и верхней частей тела, сопровождающемуся вазоконстрикторными и вазодилаторными сосудистыми реакциями, — скорость перемещения крови по организму увеличивается. Благодаря этому при использовании динамических постуральных воздействий, то есть воздействий с поочерёдной сменой ортостатических и антиортостатических положений пациента, можно достигать

положительных гемодинамических реакций. Очевидно, что их выраженность определяется динамическими параметрами поструральных воздействий, применением дополнительного мануального воздействия, возрастом и состоянием пациента. Продолжительная серия подобных процедур может значительно способствовать восстановлению эффективного кровоснабжения органов, сниженной вследствие гиподинамии, вызванной различными причинами, в том числе травмами и возрастом.

Все данные говорят о необходимости изучения поструральных реакций, как в первые минуты пострурального воздействия (во время развития переходного процесса), так и при длительной (многосуточной) динамической ориентации организма. Физиологические основы явлений, происходящих при динамически изменяющемся положении тела (при различном по интенсивности, направленности, продолжительности и порядке действия сил на органы, системы и ткани организма), до конца не изучены, несмотря на многочисленные работы в этой области. Цель представляемых исследований — изучение взаимосвязи параметров пассивной динамической ориентации организма в гравитационном поле с параметрами variability сердечного ритма (ВСР).

Материалы и методы исследования

Анализ данных литературы даёт основания предполагать, что использование динамических поструральных воздействий с поочерёдной сменой ортостатических и антиортостатических положений испытуемого (пациента) позволит добиться определённых (желаемых) гемодинамических реакций его организма. Очевидно, что их выраженность определяется углами, длительностями, повторяемостью поструральных воздействий и состоянием пациента. Для изучения возможности применения пассивной динамической ориентации человека с целью оказания эффективной помощи и реабилитации боль-

ных с нарушениями кровообращения биотехническая система должна обеспечивать следующие возможности:

- динамическое изменение положения пациента под различными углами и с разной скоростью;
- управление положением ложа с возможностью применения специальной программы ориентирования в зависимости от вида и тяжести нарушений;
- безопасную фиксацию пациента относительно ложа;
- регистрацию и диагностический экспресс анализ показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека во взаимосвязи с положением пациента.

Эти требования реализованы в разработанной компьютеризованной системе для пассивно-динамической ориентации организма человека [9]. Система включает: патентованный [10] механический стол со специальными средствами дистальной фиксации верхних и нижних конечностей для обеспечения заданных режимов условной динамической ориентации человека с различной скоростью по трём ортогональным осям и аппаратно-программный комплекс для регистрации и отображения в режиме реального времени электрокардиограмм, кардиоритмограмм, положения ложа в пространстве и расчёта показателей вариаций сердечного ритма. Одним из главных преимуществ данной системы является возможность одновременной регистрации и обработки данных и о положении ложа в трёх координатах, а значит и пациента, и о биоэлектрической активности его сердца. Управляемый компьютером механический стол обеспечивает: движение по вертикальной оси вверх-вниз, движение качания относительно горизонтальной оси (рыскание краниального торца ложа), движение вращения ложа относительно собственной оси из нормального положения. При этом сочетанное изменение ориентации и скорости движения ложа задаётся комбинированным применением трёх указанных основных режимов в соответствии со специальной программой. На рис. 1 представлена копия экрана с кардиоритмограммой и вариантами поз испытуемого, на котором распложен датчик положения. Последовательность применения основных и сочетанных режимов движений ложа зависит от состояния испытуемого или пациента, от конкретной цели и переносимости процедуры.

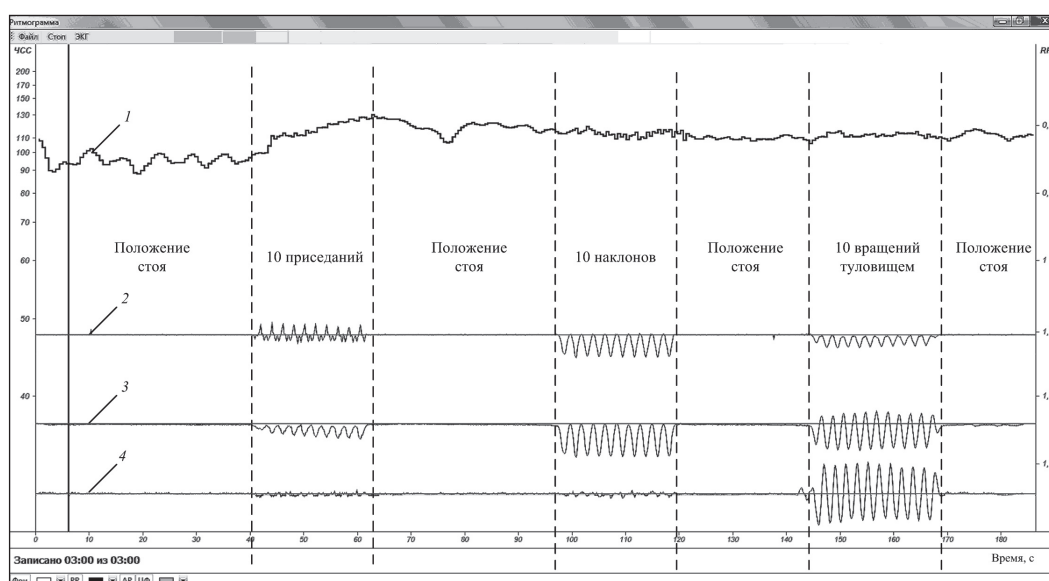


Рис. 1. Копия экрана (screenshot) — регистрация кардиоритмограммы (1) и траекторий датчика положения (механограмм) относительно трёх координатных осей: вертикальной — z (2), сагиттальной — x (3) и поперечной — y (4). По оси абсцисс — время (с), по оси ординат для кардиоритмограммы (1) — слева частота сердечных сокращений ЧСС (удар/мин), справа — длительность RR-интервалов (с), для механограмм — условные нормированные единицы.

Для всех режимов предусмотрена возможность регулирования скорости движения ложа. Уникальное оборудование изготовлено ОАО «ГОЗ Обуховский завод» (концерн ПВО АЛМАЗ АНТЕЙ) и имеет регистрационное удостоверение и сертификат соответствия [7, 8]. Аппаратно-программный комплекс, входящий в стенд, разработанный авторским коллективом в отделе экологической физиологии ФГБУ «НИИЭМ» СЗО РАМН, позволяет осуществлять непрерывный контроль положения и состояния сердечно-сосудистой системы пациента во время постуральных воздействий и анализировать вызванные ими переходные процессы в сердечном ритме [2].

Для участия в исследованиях все испытуемые (25 мужчин возраста 20–35 лет) дали информированное согласие (утверждено локальным этическим комитетом при ФГБУ «НИИЭМ» СЗО РАМН).

Результаты и обсуждение

Благодаря разработанной автоматической системе управления положением ложа механургического комплекса пациенту может быть задано динамическое постуральное воздействие практически любой сложности в трёх плоскостях. При этом сохраняется возможность проведения мануального воздействия, усиливающего лечебный эффект для пациента.

Биотехническая система в составе аппаратно-программного комплекса и механургического стола ориентирована на получение новых данных о функциональной взаимосвязи параметров сердечного ритма испытуемого и условиями его динамической ориентации в гравитационном поле, а также сведения об адаптационных способностях и восстановительных процессах кардиоваскулярной системы организма.

Нами проведены предварительные исследования с использованием указанной компьютеризированной системы. Они были посвящены изучению влияния реабилитационных процедур в гравитационном поле на функциональное состояние кардиоваскулярной системы. В частности, изучалось изменение основных показателей ВСР у практически здоровых испытуемых при строго заданных и одинаковых условиях

их пассивно-динамической ориентации в гравитационном поле. Для этого производилась регистрация электрокардио-сигнала до и после процедуры. Сама процедура проводилась по протоколу в заранее утверждённом режиме движения механургического ложа.

ЭКГ и КРГ регистрировались у 25 испытуемых до и после процедуры постуральных воздействий. Полученные данные свидетельствуют о закономерном положительном изменении показателей ВСР после проведения процедуры коррекции по сравнению с исходным состоянием (горизонтальное положение на ложе в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами). Сравнивались количественные изменения стандартных показателей ВСР. В табл. 1 представлены: частота сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение длительностей RR-интервалов (SDNN), квадратный корень среднего значения квадратов разностей длительностей соседних RR-интервалов (RMSSD), процент соседних пар RR-интервалов, отличающихся более чем на 50 мс ($pNN > 50$), индекс напряжения регуляторных систем (ИН), вегетативный показатель ритма (ВГР). Их качественная оценка и интерпретация изменений в соответствии с рекомендациями Р. М. Баевского [3] приведены в табл. 1.

Это открывает пути, во-первых, к разработке новых способов функциональной диагностики; во-вторых, к изучению приспособительных и адаптационных свойств организма в заданных условиях, в том числе при активном возврате венозной крови к сердцу; в-третьих, к изучению возможных нарушений вегетативной регуляции сердечно-сосудистой деятельности при артериальной гипертензии, варикозной болезни, облитерирующем эндартериите, ишемической болезни сердца, цереброваскулярной недостаточности, ишемии головного мозга; а также обнаружению начальных признаков респираторно-кардиоваскулярной недостаточности кровообращения у больных, не имеющих явных признаков поражения сердечно-сосудистой системы; в-четвёртых, — и это главное, к возможности научно-обоснованного использования условий динамической ориентации в гравитационном поле для системной коррекции и тренировке гомеостаза человека. Актуальность этой возможности также связана с успешным многолетним авторским опытом лечения и реабилитации

Табл. 1. Оценка показателей variability сердечного ритма.

Оцениваемые показатели ВСР	Разность средних значений показателей до и после процедуры (25 случаев)	Качественная оценка изменений средних значений показателей	Интерпретация изменений показателей
ЧСС	$-5,5 \pm 1,3^*$	Снизилась	Тенденция к нормализации вегетативного баланса
SDNN	$11,9 \pm 4,1^{**}$	Выросло	Тенденция к нормализации вегетативного баланса
RMSSD	$17,1 \pm 5,2^{**}$	Вырос	Рост активности механизмов саморегуляции
$pNN > 50$	$13,4 \pm 4,8^*$	Вырос	Рост активности механизмов саморегуляции
Amo	$-5,7 \pm 1,2^*$	Снизилась	Снижение активности центрального контура управления
Индекс напряжения	$-43,8 \pm 11,2^{**}$	Снизился	Мобилизация функциональных резервов организма

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

больных с использованием механургического оборудования (Толкачев П. И.).

По итогам предварительного исследования можно сделать вывод, что положительные функциональные изменения в кардиоваскулярной системе человека могут быть сформированы специальными условиями его динамической ориентации и фиксации положения тела по трем координатам в гравитационном поле Земли. Это, в свою очередь, обосновывает практическое применение постуральной коррекции гемодинамики, в том числе, при острой и хронической недостаточности кровообращения.

В настоящее время продолжается изучение реакций сердечно-сосудистой системы на простые динамические постуральные воздействия с синхронной регистрацией кардиоритма и положения испытуемых в пространстве по трём координатам. Например, оценивались текущие изменения ВСП здоровых испытуемых при переводе из горизонтального положения (0°) в антиортостатическое (-80°) и обратно. Соответствующий индивидуальный пример (испытуемый Т.) приведён на рис. 2. Сглаживание кардиоритмограммы осуществлено фильтром нижних частот, с частотой среза 10 Гц, значение возникающей при этом групповой задержки учтено.

Нужно отметить явные изменения в кардиоритмограммах (б, в, г и д) — повышение ЧСС, связанные с положением ис-

пытуемого (а), при этом переходные процессы в ВСП имеют весьма сложный характер.

Ярким примером влияния сложных постуральных воздействий (нагрузок) на сердечный ритм здоровых испытуемых являются реакции ВСП на качания в сагиттальной (zx) плоскости. Здоровых испытуемых периодически переводят из ортостатического положения (18°) в антиортостатическое (-18°), длительность одного качания составляет 80 с, при этом движение в антиортостаз продолжается 65 с, затем осуществляется подъём в течение 5 с, пауза в ортостатическом положении длится 10 с (механограмма приведена на рис. 3, а).

Индивидуальный пример динамики изменений ВСП представлен на рис. 3 (испытуемый А). На кардиоритмограммах (б, в и г) присутствуют периодические повышения и снижения ЧСС, связанные с положением испытуемого (а), при этом переходные процессы в ВСП имеют квазипериодический затухающий характер.

Таким образом, умеренная постуральная нагрузка, — длительность перемещения из горизонтального состояния в положение антиортостаза составляла около 80 секунд (рис. 2, а), не приводила к отрицательным изменениям параметров сердечного ритма (табл. 1). При переводе из горизонтального положения в антиортостаз (рис. 2, б–д) кардиоритмограммы представляли собой типичные переходные процессы.

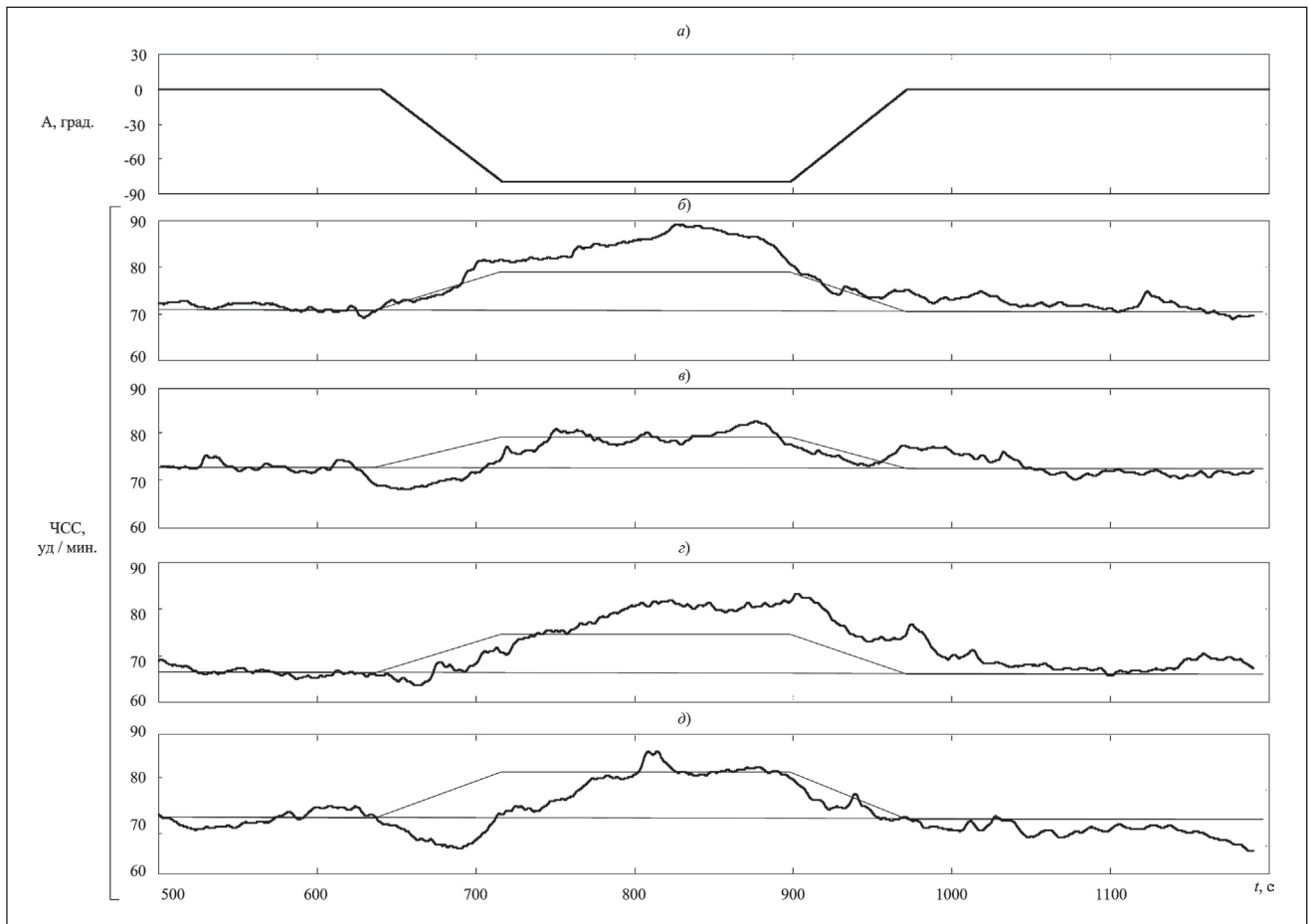


Рис. 2. Кардиоритмограммы испытуемого Т. (34 года) при перемещении вниз головой в сагиттальной плоскости (zx) в соответствии с механограммой (а), зарегистрированные в 10 часов утра каждая, между фрагментами б и в, в и г, г и д — неделя. Датчик расположен на правой стороне краниального торца ложа испытуемого. По оси абсцисс — время (с), по оси ординат для механограммы — амплитуда (градусы отклонения от «горизонта»), для кардиоритмограмм — ЧСС (удар/мин). Для наглядности на графиках б, в, г и д тонкой линией показана инвертированная кривая траектории перемещения.

Сходство между ними в том, что в положении вниз головой, т. е. инфракраниально (его длительность около 180 секунд) частота пульса продолжает расти, однако при повторных пробах с интервалом в одну неделю продолжительность роста меняется. Также различны переходные процессы при возврате кардиоритмограмм к исходному уровню. В пробах *в*, *г* и *д* наблюдается снижение ЧСС, связанное по времени с началом движения ложа.

Постуральные воздействия колебательного характера вызывали явные изменения ЧСС у здоровых испытуемых: начало подъёма (голова поднимается – супракраниальное положение – ноги опускаются) вызывало, как правило, повышение ЧСС, а завершение подъёма или начало опускания (ноги поднимаются, голова опускается – инфракраниальное положение) – понижение. При этом периодичность таких изменений однозначно связана с длительностью покачивания испытуемого. Также необходимо отметить постепенное снижение среднего ЧСС, происходящее в течение процедуры и видимое на графиках (рис. 3, *б* и *в*) примерно после шестого покачивания. Такая тенденция к брадикардии выразилась, по отзывам испытуемых, расслабленным состоянием и сонливостью, при этом они ни на что не жаловались, признаков переживания не зафиксировано.

В целом, сравнение информации о влиянии двух траекторий перемещения испытуемых, полученных с интервалом в одну неделю, позволяет предположить, что при строгой недельной периодичности «след» процедуры сохраняется и что имеет место адаптация к постуральной нагрузке.

Заключение

Многофакторный характер влияния динамических постуральных воздействий на гемодинамику человека, возможность изменения интенсивности этого влияния за счёт варьирования углов, скорости, длительности, порядка воздействий определили целесообразность исследования и прак-

тического применения рассматриваемого метода в области реабилитации и, возможно, профилактической медицины. В дальнейшем это позволит рекомендовать его для использования в интересах коррекции функционального состояния человека в различных областях, а также для целей общего оздоровления, профессионального отбора и прогноза для лиц, находящихся в экстремальных условиях деятельности (космонавты, лётчики), или после изнурительных физических нагрузок, а также для спортсменов некоторых видов спорта (прыжки в воду, акробатика, гимнастика).

Выводы

1. Компьютеризированная система для пассивно-динамической ориентации организма человека позволяет проводить исследования влияния такой ориентации на его функциональное состояние и возможностей её применения для коррекции состояния, реабилитации, тренировки.
2. Некоторые режимы постуральных нагрузок для активации кровообращения путём пассивной динамической ориентации человека в гравитационном поле оказывают положительное влияние на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.
3. Требуются дальнейшие исследования влияния динамической ориентации человека в гравитационном поле на его функциональное состояние и возможностей применения его для разработки новых методов лечения, реабилитации и коррекции.

Исследования проводились с соблюдением национальных норм биоэтики и положений Хельсинкской декларации (в редакции 2013 г.) с письменного согласия обследуемых, после подробного информирования о целях, продолжительности и процедуре исследования. Авторы статьи – Т. В. Сергеев, Н. Б. Суворов, П. И. Толкачёв, А. В. Белов – подтверждают, что у них нет конфликта интересов.

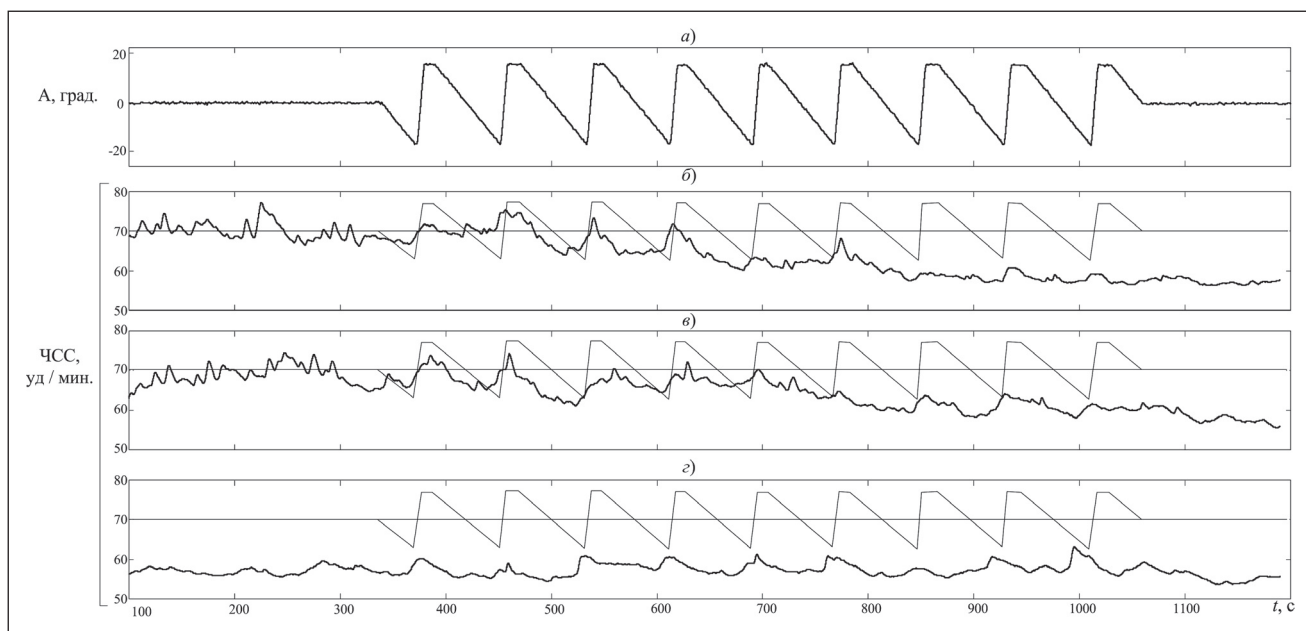


Рис. 3. Кардиоритмограммы испытуемого П. (21 год) при качании в сагиттальной (*zx*) плоскости в соответствии с механиограммой (*а*). Исследования проведены в 10 часов утра также с недельным перерывом. Обозначения те же, что и на рис. 2. На графиках *б*, *в* и *г* тонкой линией показана кривая траектории перемещения.

Литература

1. Blanik N., Hulsbusch M., Herzog M., Blazek C. R. Assessment of Human Hemodynamics under Hyper- and Microgravity: Results of two Aachen University Parabolic Flight Experiments. *Acta Polytechnica*, 2007, vol. 47, no. 4–5, pp. 29–32.
2. Suvorov N. B., Tolkachev P. I., Sergeev T. V., Belov A. V., Anisimov A. A., Pulikov D. G. Hardware and software for transient studies in cardiovascular system during antiorthostatic tests. *In Proc. of 10th Russian-German conference on biomedical engineering*, 2014, pp. 196–198.
3. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика. *Клиническая информатика и телемедицина*, 2004, т. 1, вып. 1, сс. 54–63.
4. Минвалеев Р. С., Кузнецов А. А., Ноздрачев А. Д. Как влияет поза тела на кровоток в паренхиматозных органах? Сообщение I. Печень. *Физиология человека*, 1998, т. 24, № 4, сс. 101–107.
5. Мацнев Э. И., Степанова Г. П., Смирнов О. А., Воронков Ю. И., Филагова Л. М., Дегтеренкова Н. В., Доброквашина Е. И., Кузьмин М. П. Адаптация организма человека к моделированной невесомости: клинические исследования. *Физиология человека*, 2003, № 5, сс. 102–107.
6. Софронов Г. А., Суворов Н. Б., Толкачев П. И., Сергеев Т. В. Влияние постральной коррекции гемодинамики на параметры сердечного ритма. *Медицинский академический журнал*, 2014, №3, сс. 31–43.
7. Стол массажный с изменяемым положением ложа. *Регистрационное удостоверение федерального агентства по надзору в сфере здравоохранения и социального развития*, 2011, № ФСР 2011/12256.
8. Стол массажный с изменяемым положением ложа. *Сертификат соответствия ГОСТ Р федерального агентства по техническому регулированию и метрологии*, 2011, № РОСС RU.НМ35Н00067.
9. Толкачев П. И., Сергеев Т. В., Суворов Н. Б. Компьютеризированная система для пассивно-динамической ориентации организма человека. *Клиническая информатика и телемедицина*, 2014, т. 10, вып. 11, сс. 182–183.
10. Толкачев П. И., Пантелеев А. В., Подвызников М. Л. Механургический стол для массажа и мануальной терапии. Патент РФ № 2391084. *Бюл. «Изобретения. Полезные модели»*, 2010, № 16.

Вплив складних постральних навантажень на серцевий ритм людини

Т. В. Сергеев, М. Б. Суворов, П. І. Толкачев, О. В. Белов
ФДБЗ «Науково-дослідний інститут експериментальної медицини»
Північно-Західного відділення РАМН, Санкт-Петербург

Резюме

Введення. Аналіз літературних джерел, присвячених фізіологічним ефектам постральних впливів (ПВ), показав, що результати відомих досліджень мають неоднозначний, а іноді і суперечливий характер, а фізіологічні основи цих процесів до кінця не вивчені, особливо при використанні складних траєкторій переміщення тіла в просторі.

Мета роботи. Вивчити питання впливу положення тіла, що динамічно змінюється, на variability серцевого ритму (ВСР).

Методи. У дослідженнях використана комп'ютеризована система для керування динамічними ПВ та оцінки стану випробуваного на основі реєстрації та аналізу ВСР.

Результати. Отримані реакції свідчать про закономірну зміну показників ритму серця під час і після проведення процедур динамічних ПВ, керованих комп'ютерною програмою, і з урахуванням траєкторії переміщення тіла в просторі за трьома координатами. За допомогою динамічних ПВ можуть бути досягнуті певні позитивні гемодинамічні реакції.

Ключові слова: динамічні постральні впливи; серцевий ритм.

Influence of complex postural loadings on human heart rate

T. V. Sergeev, N. B. Suvorov, P. I. Tolkachov, A. V. Belov

Institute of Experimental Medicine of the North-West Branch of the Russian Academy of Medical Sciences, St. Petersburg

e-mail: nbsuvorov@yandex.ru

Abstract

Introduction. It is known from the literature that the physiological effects of postural loads (PL) are ambiguous and sometimes contradictory. Physiological base of such reactions are not fully known, especially in complex movements of a human body.

Objective. To study an influence of dynamically changing of a human body position in three-dimensional space on heart rate variability (HRV).

Methods. A computerized system was used to the control of dynamic PL. Evaluation of an examinee condition was carried out by the recording and analysis of HRV.

Results. The received data show a regular changes of cardiac rhythm indicators during and after of dynamic postural loads. All options of the procedures are controlled by a computer program. The program analyzed the heart rhythm taking into consideration the movements of the body in three-dimensional space. The certain positive hemodynamic reactions can be achieved due to the dynamic postural effects.

Key words: Postural dynamic effects; Heart rate; HRV.

©2015 Institute Medical Informatics and Telemedicine Ltd, ©2015 Ukrainian Association of Computer Medicine. Published by Institute of Medical Informatics and Telemedicine Ltd. All rights reserved.

ISSN 1812-7231 *Klin.inform.telemed.* Volume 11, Issue 12, 2015, Pages 50–56

<http://uacm.kharkov.ua/eng/index.shtml?e-klininfo-ujournal.htm>

References (10)

Reference

1. Blanik N., Hulsbusch M., Herzog M., Blazek C. R. Assessment of Human Hemodynamics under Hyper- and Microgravity: Results of two Aachen University Parabolic Flight Experiments. *Acta Polytechnica*, 2007, no. 4–5, vol. 47, pp. 29–32.
2. Suvorov N. B., Tolkachev P. I., Sergeev T. V., Belov A. V., Anisimov A. A., Pulikov D. G. Hardware and software for transient studies in cardiovascular system during antiorthostatic tests. *In Proc. of 10th Russian-German conference on biomedical engineering*, 2014, pp. 196–198.
3. Baevsky R. M. *Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma: istorija i filosofija, teorija i praktika* [The analysis of heart rate variability: history and philosophy, theory and practice]. *Klinicheskaja informatika i telemedicina* [Clinical Informatics and Telemedicine], 2004, vol. 1, no. 1, pp. 54–63. (In Russ.).
4. Minvaleev R. S., Kuznetsov A. A., Nozdrachyov A. D. Kak vlijaet poza tela na krovotok v parenhimatoznych organah? Soobshhenie I. Pechen' [How does the body posture on blood flow in the parenchymal organs? Report I. Liver]. *Fiziologija cheloveka* [Human Physiology], 1998, vol. 24, no. 4, pp. 101–107. (In Russ.).
5. Matsnev E. I., Stepanov G. P., Smirnov O. A., Voronkov Y. I., Filatov L. M., Degterenkova N. V., Dobrokvashina E. I., Kuzmin M. P. *Adaptacija organizma cheloveka k modelirovannoj nevesomosti: klinicheskie issledovanija* [Adaptation of the human body to simulated weightlessness: clinical studies]. *Fiziologija cheloveka* [Human Physiology], 2003, no. 5, pp. 102–107. (In Russ.).
6. Sofronov G. A., Suvorov N. B., Tolkachov P. I., Sergeev T. V. *Vlijanie postural'noj korrekcii gemodinamiki na parametry serdechnogo ritma* [Influence of postural correction hemodynamic on heart rate parameters]. *Medicinskij akademicheskij zhurnal* [Medical academic journal], 2014, no. 3, pp. 31–43. (In Russ.).
7. *Stol massazhnyj s izmenjaemym polozheniem lozha* [Massage table to change the position of the bed]. *Registracionnoe udostoverenie federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zdravoohraneniya i social'nogo razvitiya* [Registration certificate of the Federal Service on Surveillance in Healthcare and Social Development (Russia)], 2011, no. FSR 2011/12256. (In Russ.).
8. *Stol massazhnyj s izmenjaemym polozheniem lozha* [Massage table to change the position of the bed]. *Sertifikat sootvetstvija GOST R federal'nogo agentstva po tehničeskomu regulirovaniju i metrologii* [Certificate of conformity GOST R Federal Agency for Technical Regulation and Metrology], 2011, no. ROSS RU.HM35H00067. (In Russ.).
9. Tolkachov P. I., Sergeev T. V., Suvorov N. B. *Komp'juterizirovannaja sistema dlja passivno-dinamicheskoj orientacii organizma cheloveka* [Computerized system for passive-dynamic orientation of the human body]. *Klinicheskaja informatika i telemedicina* [Clinical Informatics and Telemedicine], 2014, vol. 10, no. 11, pp. 182–183. (In Russ.).
10. Tolkachov P. I., Panteleev A. V., Podvyaznikov M. L. *Mehanurgicheskij stol dlja massazha i manual'noj terapii. Patent RF № 2391084* [Postural table for massage therapy. Patent RU № 2391084]. *Bjul. Izobretenija. Poleznye modeli* [Bull. Inventions. Utility Models], 2010, no. 16. (In Russ.).

Переписка

д.биол.н., профессор **Н. Б. Суворов**

ФГБУ «Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины» Северо-Западного отделения РАМН (ФГБУ «НИИЭМ» СЗО РАМН)

ул. Павлова, 12, Санкт-Петербург, 197376, Россия
тел.: (812) 234 09 25

эл. почта: nbsuvorov@yandex.ru