



12. Julien C., Chapius B., Cheng Yo., Barres Ch. Dynamic interactions between arterial pressure and sympathetic nerve activity: role of arterial baroreceptors // Am. J. Physiol. – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. – 2003. – V. 285, № 4. – P. R834-R841.
13. Malpas S. Neural influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls // Am. J. Physiol. – Heart and Circulatory Physiology, 2002. V. 282. № 1. P. H6-H20.
14. Сафонов В.А., Лебедева М.А. Автоматия или ритмообразование в дыхательном центре // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 1. – С. 140-153.

РЕЗЮМЕ

Проведен сравнительный анализ показателей психомоторной координации и функциональных показателей кардиореспираторной системы, а также их динамики, у детей (9-10 лет) и подростков (13-14 лет), занимающихся в танцевальных коллективах и по авторской методике психофизиологической адаптации к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам (ПФА), и школьников соответствующего возраста, занимающихся только спортом, только по методике ПФА, и из контрольной школы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что сочетание высокой физической нагрузки с занятиями по методике ПФА изменяет структуру психофизиологических качеств, когда высокая скорость движений сопровождается их высокой точностью. Особенностью детей и подростков, занимающихся в танцевальных коллективах и по Системе ПФА, являются возрастание дыхательного объема в спокойном состоянии и более высокая степень функционального напряжения сердечно-сосудистой системы, развивающаяся за время занятий, о чем свидетельствуют изменения основных показателей сердечно-сосудистой системы – возрастание частоты сердечных сокращений и уровня артериального давления.

Ключевые слова: психомоторная координация, дыхательная система, сердечно-сосудистая система, вариабельность сердечного ритма, вариабельность артериального давления, дети, подростки.

ABSTRACT

L.V.Semashko, N.B.Pankova, M.Yu.Karganov

Comparative analysis of psychomotor coordination parameters, cardiorespiratory system functional parameters and its dynamics was carried out in children (9-10 years old) and adolescents (13-14 years old) engaged with dancing groups accompanied with authorized "Method of psychophysiological adaptation to high psychoemotional and physical load" (PPF), and in schoolchildren of accordant age engaged with sport only, with Method PPF only, and from control school. Received data shown that high physical load combined with studies on Method PPF followed by alterations in psychophysiological qualities structure when the high movement speed accompanied with high movement accuracy. Particularities of children and adolescents engaged with dancing groups combined with studies on Method PPF are increase of breathe volume in quiet state and the higher degree of functional tense in cardiovascular system developed during studies, that confirmed by alterations of cardiovascular system main parameters – increase in heart rate and blood pressure.

Key words: psychomotor coordination, respiratory system, cardiovascular system, heart rate variability, blood pressure variability, children, adolescents

Контакты

Семашко Лилия Васильевна, к.п.н., педагог Центра физической реабилитации детей-инвалидов ВНИИФК. +7-903-121-12-57

Панкова Наталия Борисовна, д.б.н., вед.н.с. лаборатории полисистемных исследований НИИ ОПП РАМН. nbpankova@gmail.com

Карганов Михаил Юрьевич, д.б.н., заведующий лабораторией полисистемных исследований НИИ ОПП РАМН. labpolys@gmail.com

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОЗГОВОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПО ДАННЫМ РЭГ

УДК: 612.014.42/591.3

Водолажская М.Г., Шаханова Ф.М., Водолажский Г.И., Рослый И.М.

Ставропольский государственный университет

Водолажская М.Г., д.б.н., профессор, зав. лаб. биомедицины Ставропольского государственного университета, г.Ставрополь, Россия biomed@stavs.ru; Шаханова Ф.М., аспирант Ставропольского государственного университета, г.Ставрополь, Россия biomed@stavs.ru; Водолажский Г.И., к.б.н., доцент Ставропольского государственного университета, г.Ставрополь, Россия biomed@stavs.ru

Аннотация

В восходящем онтогенезе человека временные компоненты реоэнцефалограммы растут, а скоростные величины мозгового кровообращения, соответственно, уменьшаются. Диастолический индекс, отражающий эластичность вен и венул, изменяется в онтогенезе нелинейно: увеличивается от детского возраста к юношескому, а ко взрослому периоду жизни его величина падает. Выявляется онтогенетическая иерархия параметров РЭГ, позволяющая унифицировать систему оценки гемодинамических характеристик.

Ключевые слова: реоэнцефалограмма, онтогенез, возрастная гемодинамика.

Введение

Реоэнцефалографический мониторинг возрастных изменений церебральной гемодинамики, соответствующий современному уровню инновационных технологий, необходим для решения ряда диагностических задач [1,9]. Фактических сведений и научных интерпретаций онтогенетической динамики реоэнцефалограмм в литературе недостаточно. Хотя они могли бы, помимо достижения сугубо медицинских целей, приблизить к расшифровке фундаментальных биологических механизмов развития головного мозга человека, учитывая, что реоэнцефалограмма (РЭГ), как и ЭЭГ, представляет собой разновидность биоритма микродиапазона [2-6]. В связи с этим, проведено детальное изучение воз-

растных изменений РЭГ и отдельных ее компонентов с целью выяснения особенностей церебральной гемодинамики человека в онтогенетическом ряду.

Материалы и методы исследования

Обследовано 65 неврологически здоровых человек обоего пола в возрастном диапазоне от 3-х до 72 лет (онтогенетический вариационный ряд) на цифровом реоэнцефалографе «Рео-спектр» компании Нейрософт (г.Иваново). Регистрировали фоновую запись РЭГ в лобных и затылочных отведениях слева и справа. Кроме визуальной индивидуальной оценки 65-ти РЭГ, у каждого испытуемого измерялись следующие реоэнцефалографические показатели, рассчитанные по усредненной волне с фильтрацией и распрямлением [1]: время распространения пульсовой волны от сердца до мозга (Qx); время быстрого кровенаполнения крупных мозговых артерий (α_1); время медленного кровенаполнения мелких и средних мозговых артерий (α_2); время восходящей части волны (α); реографический индекс (РИ); коэффициент асимметрии РИ (КаРИ); максимальную скорость быстрого кровенаполнения ($V_{\max}$), среднюю скорость медленного кровенаполнения мелких и средних артерий ($V_{\text{ср}}$); дикротический индекс (ДИК); диастолический индекс (ДИА); отношение амплитуды венозной компоненты к амплитуде артериальной компоненты (А вен/А арт); показатель венозного оттока (ПВО). Помимо этого, реоэнцефалограф синхронно регистрировал частоту сердечных сокращений (ЧСС) и базовое сопротивление тела (Z баз).

Вначале с целью установления искомой общей онтогенетической закономерности проводился корреляционный анализ каждого из 14-ти регистрируемых показателей РЭГ с возрастом всех испытуемых без разбиения на группы по отдельным периодам онтогенеза. Для более подробной детализации онтогенетического ряда учитывался возраст не в годах, а в месяцах. Затем с целью установления специфических особенностей отдельных периодов онтогенеза (детство, $n=11$; юношеский период, $n=21$; половая зрелость, $n=29$) осуществлялось межгрупповое (возрастное) сопоставление этих корреляций, а также межгрупповое (возрастное) сравнение усредненных абсолютных величин РЭГ ($M \pm m$) методом t -критерия Стьюдента. Группа лиц пожилого возраста ($n=4$) отдельно не оценивалась из-за недостаточного числа испытуемых, но была включена в вариационный ряд для выяснения общей онтогенетической закономерности.

Результаты исследования

Корреляционный анализ 14-ти показателей РЭГ с возрастом всех 65-ти испытуемых в месяцах (без разбиения на группы по отдельным периодам онтогенеза) выявил, что связи ряда параметров мозговой гемодинамики с возрастом человека существуют. Степень связей - от слабых до весьма тесных. Общая онтогенетическая тенденция (табл.) была такова:

1) временные компоненты РЭГ по ходу онтогенеза (от 3-х до 72 лет) возрастали, судя по положительным корреляциям ($P < 0,05$) между возрастом всех испытуемых и величинами Qx, α_1 , α_2 , α ;

2) скоростные компоненты РЭГ по ходу онтогенеза (от 3-х до 72 лет) уменьшались, судя по отрицательным корреляциям ($P < 0,05$) между возрастом всех испытуемых и величинами $V_{\max}$, $V_{\text{ср}}$. Снижались также значения КаРИ, ПВО и, конечно, ЧСС;

Специфические особенности отдельных периодов онтогенеза были следующими:

1) У детей обнаруживались исключительно положительные (выраженные и тесные) корреляции между всеми исследуемыми параметрами, кроме ДИК.

2) У юношей, наоборот, регистрировались преимущественно отрицательные корреляционные связи (между показателем возраста в месяцах и РИ, $V_{\max}$, $V_{\text{ср}}$, ПВО, Z баз), степень которых была выше, чем у детей, и в большинстве своем соответствовала уровню «весьма тесные». Исключение составляла единственная положительная корреляция ($R = 0,74$; $P < 0,05$) величины α_1 с возрастным фактором.

3) У взрослых испытуемых какого-либо преобладания того или иного знака R установлено не было. Как прямые, так и обратные корреляции ($P < 0,05$) были слабее, чем в обоих предыдущих возрастах и квалифицировались лишь как «заметные». Временные компоненты РЭГ по ходу онтогенеза (внутри зрелой возрастной группы) возрастали, а скоростные, наоборот, уменьшались, воспроизводя таким образом общую онтогенетическую тенденцию.

Сопоставление усредненных абсолютных величин РЭГ между тремя возрастными группами с помощью t -критерия Стьюдента выявило: увеличение Qx у юношей по сравнению с детьми ($P < 0,05$); увеличение Qx у взрослых по сравнению с детьми ($P < 0,05$); увеличение Z баз., α_1 , α у взрослых по

сравнению с детьми ($P < 0,05$). И, наоборот, по ходу онтогенеза уменьшались: РИ, $V_{\max}$, $V_{\text{ср}}$ (у юношей и взрослых по сравнению с детьми) и КаРИ (у взрослых по сравнению с детьми). Особой динамикой отличался диастолический индекс – ДИА. Отмечен его достоверный рост от детского возраста к юношескому, а затем, во взрослом периоде, - статистически значимое падение величины ДИА по сравнению с юношеской стадией индивидуального развития. Подобный (нелинейный) паттерн в онтогенетической оценке отмечен исключительно по данному параметру РЭГ, чем и объясняется отсутствие его линейной корреляции, вычисляемой без разбиения на группы по отдельным периодам онтогенеза. Сколько-нибудь существенных межвозрастных изменений усредненных величин α_2 , Авен/Аарт, ДИК, ПВО выявлено не было. Среди всех исследуемых показателей церебральной гемодинамики самой высокой степенью вовлеченности в механизм индивидуального развития (рис.), вычисляемой по числу достоверных межвозрастных различий, обладало увеличивающееся в онтогенезе время распространения пульсовой волны от сердца до мозга - Qx. За ним в данной иерархии следовали: $V_{\text{ср}}$ и ДИА, затем РИ, КаРИ, $V_{\max}$, ЧСС, Z баз, α , α_1 , α_2 , ПВО и на последнем «нулевом» месте находились Авен/Аарт и ДИК. При сравнении чисел статистически значимых корреляций этих параметров с возрастом такая иерархия в принципе совпадала.

Таблица. Корреляция (R) между параметрами РЭГ и возрастом человека ($n = 65$)

отведения показатели РЭГ	Fms	Fmd	Oms	Omd
ЧСС, уд.мин.	-0,41*			
Zбазовое, Ом	0,08	0,10	-0,03	0,19
Q x, с	0,42*	0,44*	0,47*	0,49*
Альфа1, с	0,38*	0,34*	0,25*	0,20
Альфа2, с	0,37*	0,39*	0,39*	0,37*
Альфа, с	0,44*	0,44*	0,42*	0,40*
РИ, у.е.	-0,10	0,02	-0,20	-0,15
КаРИ, %	-0,26*	-0,26*	-0,14	-0,14
$V_{\max}$, Ом/с	-0,25*	-0,21	-0,25*	-0,33*
$V_{\text{ср}}$, Ом/с	-0,37*	-0,32*	-0,34*	-0,50*
ДИК, %	0,13	-0,04	0,12	0,03
ДИА, %	0,21	-0,05	0,18	0,11
Авен/Аарт, %	0,13	0,01	0,24	0,12
ПВО, %	-0,34*	-0,23	-0,06	-0,19

Примечание. ЧСС – частота сердечных сокращений; Zбазовое – базовое сопротивление тела; Q x – время распространения пульсовой волны от сердца до исследуемого участка; Альфа 1 – время быстрого кровенаполнения; Альфа 2 – время медленного кровенаполнения; Альфа – время восходящей части волны; РИ – реографический индекс; КаРИ – показывает асимметрию реографического индекса между правой и левой сторонами; $V_{\max}$ – максимальная скорость быстрого кровенаполнения крупных артерий; $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость медленного кровенаполнения средних и мелких артерий; ДИК – дикротический индекс; ДИА – диастолический индекс; Авен/Аарт – отношение амплитуды венозной компоненты к амплитуде артериальной компоненты; ПВО – показатель венозного оттока; Fms – левое лобное отведение; Fmd – правое лобное отведение; Oms – левое затылочное отведение; Omd – правое затылочное отведение; * – достоверность коэффициентов корреляции при $P < 0,05$.

Таким образом, в целом, сопоставление усредненных абсолютных величин РЭГ между тремя возрастными группами, подтвердило результаты предыдущего корреляционного анализа, а значит – общую онтогенетическую тенденцию о росте по мере взросления человека временных параметров РЭГ и, соответственно, уменьшении скоростных показателей мозговой гемодинамики.

Обсуждение

Наблюдаемые онтогенетические изменения мозговой гемодинамики по данным РЭГ вполне, на наш взгляд, объяснимы физиологически. Так, развивающееся церебральное кровообращение как один из основных потребителей обмена веществ (около 40%) должно иметь постоянно совершенствующиеся бесперебойные адаптивные механизмы регуляции местной гемодинамики. Это выражается в работе цело-

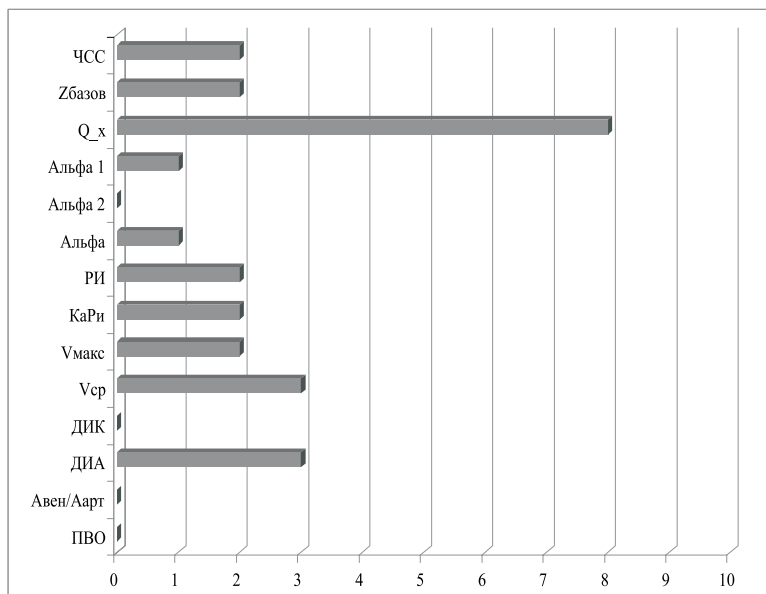


Рис. Условная степень вовлеченности показателей РЕГ в процесс индивидуального развития.

По вертикали – показатели РЕГ (как в табл. 1, примечание). По горизонтали – число статистически значимых ($P < 0,05$) межвозрастных различий ($M \pm m$).

ния гемодинамики ($\alpha 1$, $\alpha 2$, α , $V \max$, $V \text{ cp}$) изменялись соответственно основным показателям: временные компоненты РЕГ росли, а скоростные величины уменьшались. У отдельных же испытуемых те же самые промежуточные звенья (вторичные параметры) варьировали при стабильной сохранности нормальной величины Qx, что дополнительно подтверждало неврологическое благополучие людей, приглашенных в исследование. Одно из последних мест параметра $\alpha 2$ в иерархии реографических составляющих по сравнению с α и $\alpha 1$ (то есть сдвиг диссоциации $\alpha 1/\alpha 2$ ради поддержания оптимальной величины Qx) объясняется отсутствием чрезвычайно широкого капиллярного ложа в мозге. Здесь путь крови гораздо короче и оперативнее, чем в любом другом органе. Из-за пространственной ограниченности на единицу мозговой ткани приходится максимальная количественная интенсивность поступления кислорода и других субстратов и минимальная субстратная избирательность. Природа нелинейной возрастной динамики ДИА заключается у юношей в притормаживании метаболической интенсивности на уровне артериального притока и венозного оттока по сравнению с детьми (ДИК увеличивается). Повышение эластичности вен и венул при этом дает возможность продлить газообмен. Затем, ко взрослому периоду жизни, скорость обменных процессов позволяет облегчить венозный отток и показатель ДИК снова уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анзимиров В.Л., Соколовская И.Е., Гасанов Я.К. Методические основы реографии и применение реографических методов в клинике. - В кн. Нейрофизиологические исследования в клинике. - под ред. Г.А. Щекутева. - М.: «Антидор», 2001. - С.102-114.
2. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Водолажский Г.И. // Вестник восстановительной медицины. - 2006. - №3. - С.11 - 19.
3. Водолажская М.Г., Рослый И.М., Водолажский Г.И. // Вестник восстановительной медицины. - 2006. - №4. - С. 22 - 29.
4. Водолажская М.Г., Шаханова Ф.М., Водолажский Г.И. // Материалы XIV Международного симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации» 9-10 апреля 2009 г. М. - РУДН. - 2009. - С.132-134.
5. Водолажская М.Г., Шаханова Ф.М., Водолажский Г.И. // Мат.-лы межд. конф. «Физиология развития человека». - Москва, 22-24 июня 2009г. - М.: Вердана, 2009. - С.35-36.
6. Водолажский Г.И. // Вестник Московского государственного областного университета. - 2009. - № 4. - С. 84-91.
7. Животова В.А., Воронова Н.В., Менджерицкий А.М. // Материалы международной конференции «Физиология развития человека», секция 1,2. - М.: Вердана, 2009. - С.46-47.
8. Патент на изобретение №2339045 «Способ прогнозирования и оценки состояния здоровья организма человека». Авторы – Рослый И.М., Водолажская М.Г.
9. Ронкин М.А., Иванов Л.Б. Реография в клинической практике. М. - МБН, 1997. - 115 с.
10. Рослый И.М., Абрамов С.В., Водолажская М.Г. // Врач, 2006. - № 4. - С. 6 - 11.
11. Рослый И.М., Водолажская М.Г. Биохимия для врача. Курс лекций. - Ставрополь: Изд-во СГУ. - 2007. - 66 с.
12. Рослый И.М., Водолажская М.Г. Правила чтения биохимического анализа. Руководство для врачей. - М., изд. МИА. - 2010. - 111 с.

Исследование проведено в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (Проект П 1251 «Фундаментально-практические приемы оценки состояния и безопасности живых систем по семи биохимическим показателям»).

ABSTRACT

In ascending human ontogenesis temporal components reoentsefalogrammy grow, and speed values of cerebral circulation, respectively, decrease. Diastolic index, reflecting the elasticity of veins and venules, changes in the ontogeny nonlinearly: increases from childhood to youth, but to adulthood, its value decreases. Reveals the ontogenetic hierarchy parameters REG to give a uniform system for evaluating the hemodynamic characteristics.

го ряда диссоциаций РЕГ: лобно-затылочных, межполушарных и др., опирающихся, в конечном итоге, на биохимические диссоциации (белково-альбуминовую, трансаминазную, глюкозо-холестериновую) [8,10-12]. И те, и другие едины по своей метаболической сути и направлены на гармонизацию кровоснабжения развивающегося головного мозга. Из результатов работы видно, что в иерархии исследуемых параметров по РЕГ на первом месте стоит время распространения пульсовой волны от сердца до мозга (Qx). Биохимической базой служит содержание альбуминов в крови [8,10-12], обеспечивающие, как известно, онкотическое давление, реологические свойства, вязкость, густоту крови и т.д. Именно параметр Qx оказался в наибольшей степени вовлеченным в механизм индивидуального развития, именно он претерпевал наибольшие изменения в ходе онтогенеза, интенсивно увеличиваясь. Несомненно, укрупнение тела, протекающее, прежде всего, за счет белкового обмена, вызывало онтогенетический рост данного ключевого показателя. Ведь для нормального кровоснабжения важнее адекватность и результативность «на входе» и «на выходе», чем то, какой ценой это обеспечивается на промежуточных этапах. Тем не менее, в общей онтогенетической тенденции (у всех 65 испытуемых) и промежуточные звенья

Заключение

В восходящем онтогенезе человека временные компоненты РЕГ растут, а скоростные величины, соответственно, уменьшаются, что метаболически объяснимо. Выявляется физиологическая (а, следовательно, интерпретационная) иерархия параметров РЕГ: Qx, Vcp, ДИА, РИ, КаРИ, Vmax, ЧСС, Zбаз, α , $\alpha 1$, $\alpha 2$, ПВО, Авен/Аарт, ДИК, - позволяющая унифицировать систему оценки гемодинамических характеристик развивающегося организма и в перспективе внедрить их в практику здравоохранения.

Выводы

1. По данным РЕГ в ходе онтогенеза человека от 3-х до 72 лет происходит увеличение: времени распространения пульсовой волны от сердца до мозга; времени быстрого кровенаполнения крупных мозговых артерий; времени медленного кровенаполнения мелких и средних мозговых артерий; времени восходящей части реограммы. При этом соответственно уменьшаются: максимальная скорость быстрого кровенаполнения; средняя скорость медленного кровенаполнения мелких и средних артерий; коэффициент асимметрии реографического индекса и показатель венозного оттока.

2. Диастолический индекс изменяется в онтогенезе нелинейно: растет от детского возраста к юношескому, а затем, во взрослом периоде, его величина падает.