

ВОЗРАСТНЫЕ НОРМЫ В ПУЛЬСОВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Запорожко И.А., Зубчук В.И., Настенко Е. А.

Национальный технический университет Украины «КПИ»

Рассматриваются вопросы оценки функционального состояния человека по данным измерений физиологических параметров для разных возрастных групп. Важнейшими из множества объективных параметров являются показатели функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) – артериальное давление (систолическое АДС и диастолическое АДД), частота сердечных сокращений (ЧСС), насыщение крови кислородом (SpO_2) и динамика распространения пульсовых волн (ПВ). Пульсовые волны, регистрируемые на мелких сосудах конечностей, несут интегральную информацию о состоянии ССС и других органов, связанных с ССС. Поэтому создание компьютерной системы экспресс-диагностики по данным измерений параметров ССС является актуальной задачей.

Ключевые слова: Старение, артериальное давление, пульсоксиметрия, сердечно сосудистая система, геронтология, преобразование Фурье, пульс.

Постановка задачи. Совершенствование существующих методов диагностики остаётся актуальной проблемой и логически обоснованной перспективой развития современной медицины. Поэтому важной задачей является разработка неинвазивных методов экспресс-диагностики, которые бы обеспечивали информативный мониторинг функционального состояния всего организма. Для ее решения необходимо построить модель ПВ здорового человека, выявить зависимость параметров нормальной ПВ от возраста и пола, обосновать выбор дополнительных параметров, которые наряду с пульсовой волной, должны использоваться при экспресс-диагностике.

Регуляция кровообращения происходит на всех уровнях ССС, начиная от

капилляров, заканчивая сердцем, которое своей работой может контролировать степень артериального давления. На приведенной на рис.1 схеме обобщается вышеизложенное, как элементы замкнутой системы регуляции.

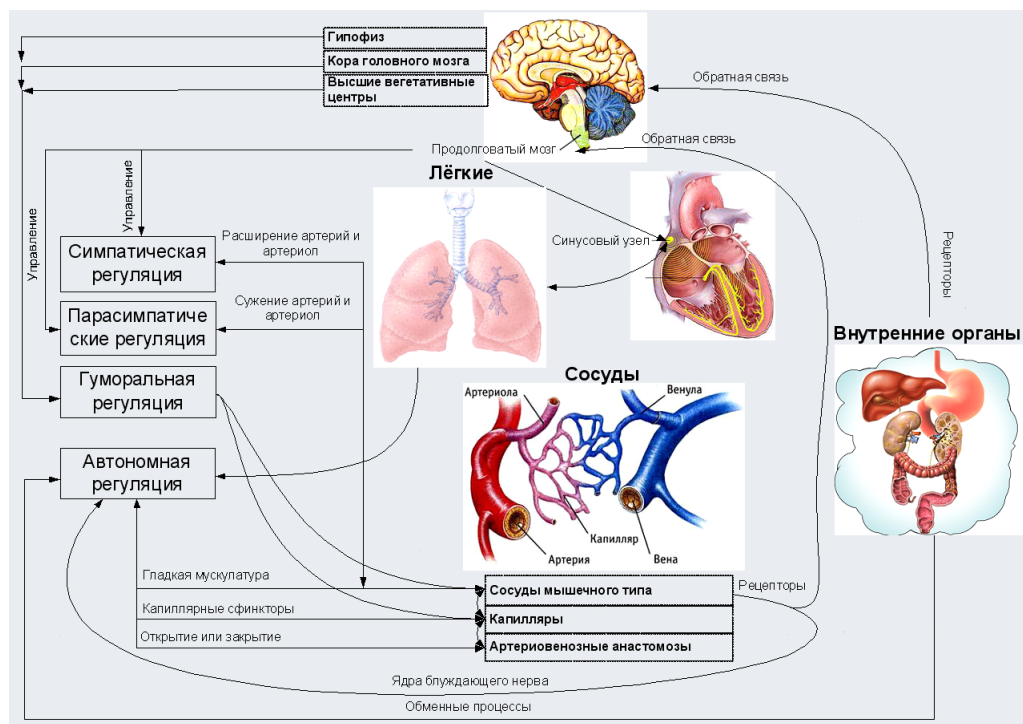


Рис. 1 Общая схема регуляции сердечно-сосудистой системы.

Так как все системы организма с возрастом претерпевают изменения, логично полагать, что для каждого возраста существуют свои нормы показателей, по которым можно количественно оценивать состояние здоровья человека.

Физиологические особенности старения ССС.

Постепенно атрофируется и уменьшается мышечный слой сосудов.

Значительно уменьшается количество действующих капилляров на единицу площади.

Сосуды все более и более "закупориваются" известковыми отложениями и

возрастает периферическое сосудистое сопротивление. Это ведет к некоторому повышению артериального давления.

Ослабляются условные и безусловные рефлексы регуляции кровообращения, тем самым изменяется способ поддержания артериального давления.

Замедляется частота сердечных сокращений вследствие замедления обменных процессов.

Что касается гендерных особенностей старения, то выделяют отличия в изменении уровня артериального давления с возрастом. У мужчин наблюдается повышение уровня АД, по сравнению с женщинами того же возраста [1]. Так же различия наблюдались и при измерении ЧСС. Биологический возраст мужчин и женщин, если опираться на ССС, должен оцениваться относительно отдельных гендерных норм, так как возрастные изменения могут проходить по разным принципам и в разные периоды.

Цель работы – исследовать информативность пульсовой волны артериального давления для оценки состояния системы кровообращения.

Информативность сфигмограммы.

В пульсовой кривой (сфигмограмме) аорты и крупных артерий различают две основные части – подъем и спад [2].

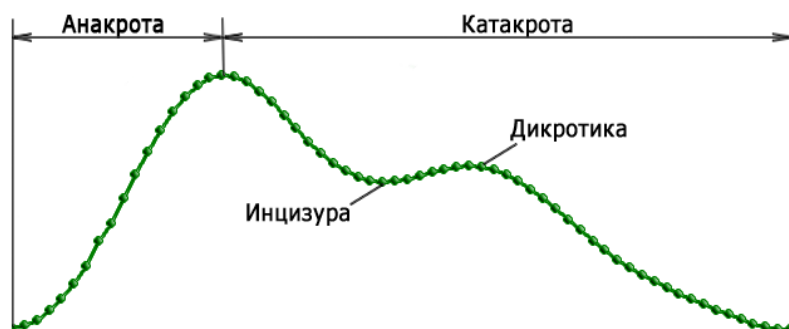


Рис. 2 Пример периода ПВ, снятой пульсоксиметром.

Подъем кривой – анакрота – возникает вследствие повышения АД и вызванного этим растяжения, которому подвергаются стенки артерий под влиянием крови, выброшенной из сердца в начале фазы изгнания. В конце систолы желудочка, когда давление в нем начинает падать, происходит спад пульсовой кривой – катакрота. В тот момент, когда желудочек начинает расслабляться и давление в его полости становится ниже, чем в аорте, кровь, выброшенная в артериальную систему, устремляется назад к желудочку; давление в артериях резко падает и на пульсовой кривой крупных артерий появляется глубокая выемка – инцизура. Движение крови обратно к сердцу встречает препятствие, так как полулунные клапаны под влиянием обратного тока крови закрываются и препятствуют поступлению ее в сердце. Волна крови отражается от клапанов и создает вторичную волну повышения давления, вызывающую вновь растяжение артериальных стенок. В результате на сфигмограмме появляется вторичный, или дикротический, подъем. Формы кривой пульса аорты и отходящих непосредственно от нее крупных сосудов, так называемого центрального пульса, и кривой пульса периферических артерий несколько отличаются.

Показатели старения при анализе сфигмограмм.

По свидетельствам многих авторов [3,9] пульсовая волна, регистрируемая на верхней конечности у молодых людей, характеризуется быстрым подъемом, довольно острой вершиной и наличием дополнительных волн на нисходящей части кривой. В старших возрастных группах такая картина наблюдается в единичных случаях. Кривая сфигмограммы у пожилых людей отличается медленным подъемом с закругленной вершиной, часто аркообразной формы. Наряду с этим наблюдается сглаженность или отсутствие дикротической волны на нисходящей части сфигмограммы. Расположение ее соответствует верхней или средней части кривой, тогда как у молодых людей – обычно нижней трети. Рассмотренные факторы являются предпосылкой использования сфигмограмм для определения

биологического возраста человека, а также распознавания патологий на основе анализа отличий сфигмограммы обследуемого от возрастной нормы.

Наши результаты.

Система экспресс-диагностики разрабатываемая нами, позволяет проводить анализ форм ПВ. Регистрируя пульс с помощью пульсоксиметра мы получаем волну, которая несет информацию о работе капилляров, эластичных сосудов и сердца. При этом анализируется также частота пульса, насыщение крови кислородом, а так же систолическое и диастолическое артериальное давление. На данном этапе собираются нормы здоровых людей и строятся модели возрастных норм. Используя эти данные можно оценить биологический возраст человека по этим показателям.

Регистрация пульсовых волн осуществляется на сосудах указательных пальцев обеих рук при помощи пульсоксиметра UtasOxi 200 [5]. Он позволяет регистрировать пульсовую волну, которая представляет собой суммарное изменение кровотока в данной области. Можно полагать, что датчик показывает совместную работу капилляров и более крупных сосудов.

Пульсовые волны после регистрации, усредняются по выбранному ансамблю к нормированной по амплитуде и длительности форме, как было описано ранее в предыдущих статьях [6-11].

На рис. 3, 4, 5 представлены измеренные и усреднённые ПВ нескольких возрастных групп. В первой группе 16-17 лет обследовано 11 представителей группы, в группе 50-60 лет обследовано 5 представителей, и в группе 61-70 обследовано 6 человек. Так как эти волны усреднены по амплитуде и времени, по осям А и Т мы видим значения, которые получаются после сведения волны в некий заранее предопределённый интервал времени и амплитуды. Координаты здесь не несут информации о реальном времени и амплитуде.

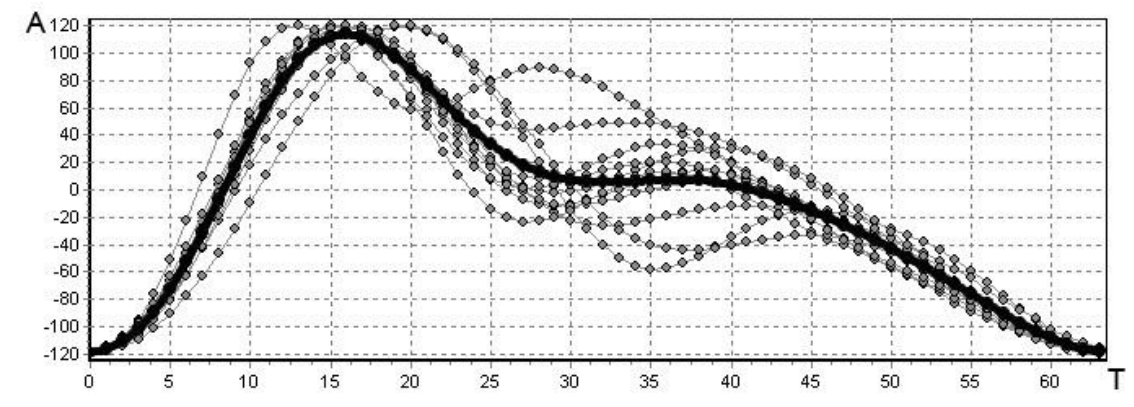


Рис. 3 Пульсовые волны мужчин 16-17 лет (жирной выделена усреднённая ПВ).

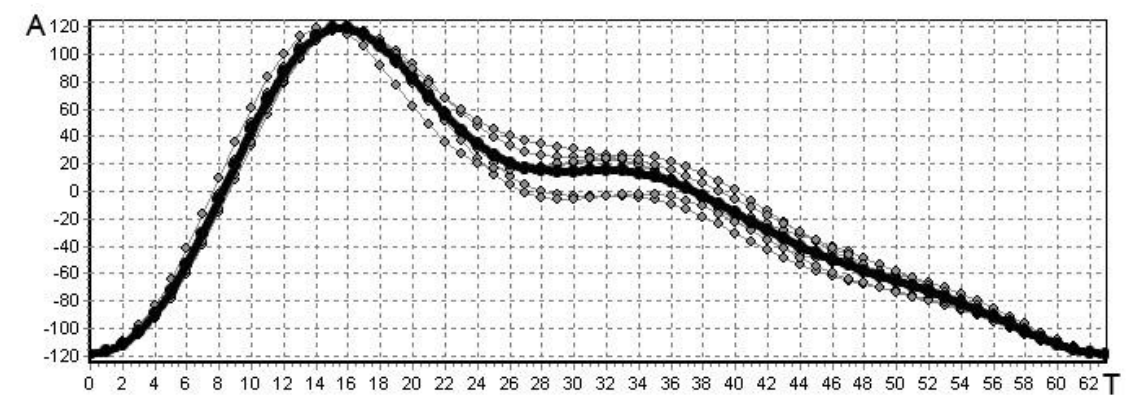


Рис. 4 Пульсовые волны мужчин 50-60 лет.

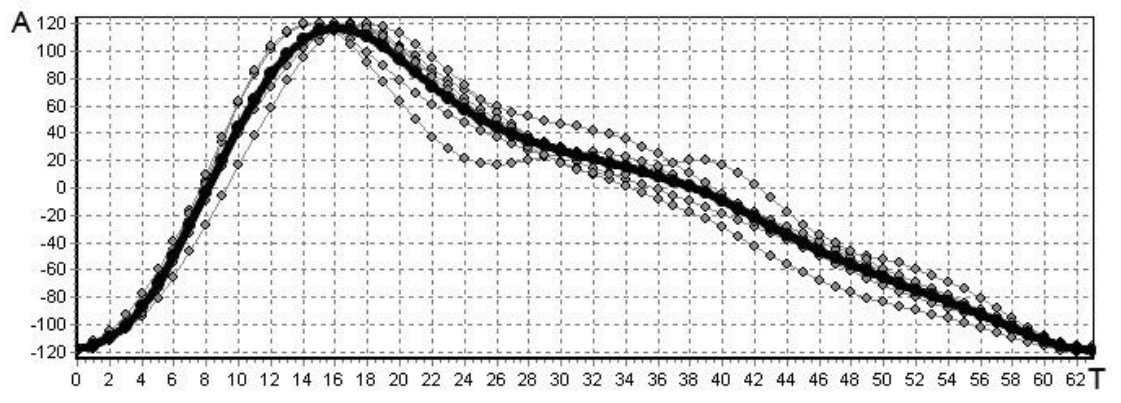


Рис. 5 Пульсовые волны мужчин 61-70 лет.

Если сопоставить полученные усредненные кривые, можно отметить отличие ПВ разных возрастных групп (рис.6). Основной отличительной особенностью является форма дикротической волны, исчезновение которой с возрастом описывалось другими учёными [3, 4]. На графике видно, что у людей 60-70 лет она уже практически отсутствует. Так как усреднением мы выровняли волны во временной области и по амплитуде то положение максимальной точки и крутизна подъема кривой остаются пропорционально одинаковыми у всех групп. То есть соотношение анакроты и катакроты практически не зависит от возраста и примерно равно 1:3, что в некотором роде является неожиданным результатом и требует теоретического объяснения.

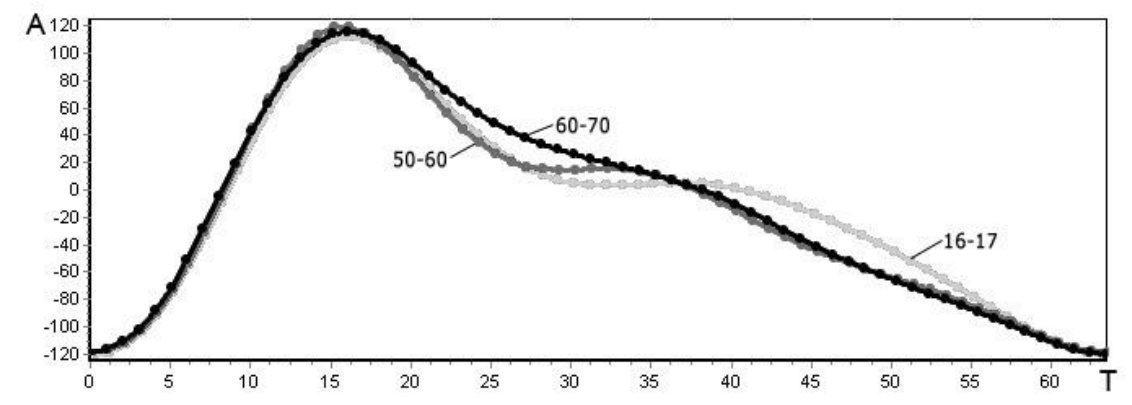


Рис. 6 Сопоставление средних волн для трёх возрастных групп.

Далее мы разложили полученные средние волны возрастных групп в ряд Фурье для оценки их гармонических составляющих. Для каждой кривой мы получим множество коэффициентов a_k , b_k ряда Фурье согласно формулам:

$$a_k = \frac{2}{T} \sum_{j=1}^N U_j \cos(k\omega_0 j\Delta t) = 2 \sum_{j=1}^N U_j \cos\left(\frac{k2\pi j}{N}\right),$$

$$b_k = \frac{2}{T} \sum_{j=1}^N U_j \sin(k\omega_0 j\Delta t) = 2 \sum_{j=1}^N U_j \sin\left(\frac{k2\pi j}{N}\right).$$

Для количественного сравнения степени различия пульсовых волн мы подсчитали коэффициенты формы:

$$F_a = \frac{a_1}{a_1 - \sum_{i=2}^N a_i}$$

$$F_b = \frac{b_1}{b_1 - \sum_{i=2}^N b_i}$$

F_a , F_b – характеризуют форму периодических кривых, т. е. их отличие от синусоиды. Данные коэффициенты представляют численную оценку того, насколько различны наши волны, и будет ли успешен процесс их распознавания.

Получив оценки для каждой возрастной группы и рассчитав средние показатели ЧСС, АДС, АДД мы получили такие данные (табл. 1, рис. 7):

Таблица 1

Средние показатели ЧСС, АДС, АДД

Возраст	АДС	АДД	ЧСС	Fa	Fb
16-17	129,73	73,73	72	-12,3	2,07
50-60	156,25	84	68,57	-7,56	1,96
61-70	134,5	73,5	69,5	11,85	1,54

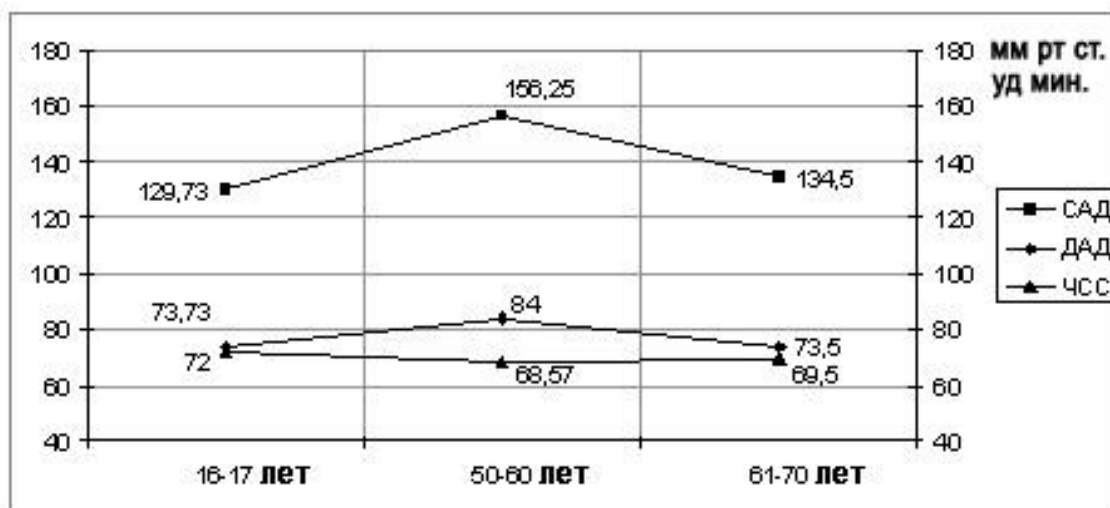


Рис. 7 График изменения показателей АДС, АДД, ЧСС в возрастных группах.

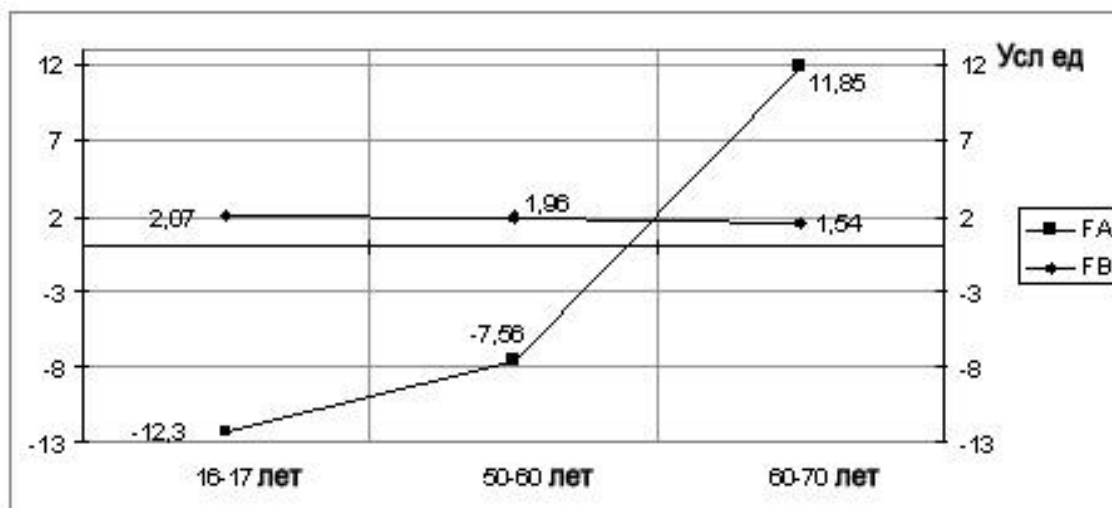


Рис. 8 График изменения коэффициентов формы FA, FB.

Выводы. Наши исследования показали некоторые закономерности изменения формы ПВ с возрастом. Можно утверждать, что наряду с классическими показателями, такими как ЧСС и АД, ПВ позволяет оценить функциональное состояние организма. При анализе формы пульсовой волны нами было обнаружено, что основные изменения, связанные со старением, видны в катакrotической фазе (после максимального пика). Коэффициенты формы FA, FB показывают, что больший разброс показателей для оценки нам дают коэффициенты a_k ряда Фурье; информативность коэффициентов b_k проявляется в меньшей степени. Вычисленные коэффициенты формы подтверждают значительные численные отличия форм пульсовых волн для приведенных возрастных групп, хотя сам характер зависимости возраста и формы пульсовой ещё требует уточнения на большей выборке.

Литература

1. Светлова Л. И. Омолаживающая гимнастика для сердца и сосудов. Изд. Питер. 2010 год, 176 стр.
2. Коротько Г.Ф., Покровской В.М., Физиология человека Том 1, Издательство «Медицина». 1997.
3. УДК 612.13—053.88/9:615.838 Бальнеотерапия и возраст/Ус А. Д.— Киев : Наук, думка, 1985.— 136 с.
4. Jane F. Reckelhoff, Gender Differences in the Regulation of Blood Pressure, Hypertension 2001;37;1199-1208
5. www.utasco.com
6. Зубчук В.И., Делавар К-М., Запорожко І.О., Скорик О. В., Ткаченко В.Л., Динамічна пульсова діагностика, «Електроніка і зв'язь». Тематический выпуск «Електроніка і нанотехнології», ч.2, 2009 – стр. 252-257.
7. Зубчук В.И., Яценко В.П., Делавар К-М, Скорик О. В., Запорожко І.А., Нейронные сети в системе пульсовой диагностики – Електроніка і зв'язь Тематический выпуск «Проблеми електроніки» ч.3, 2007 – с. 58-61.
8. Зубчук В.И., Яценко В.П., Делавар К-М, Скорик О. В., Запорожко І.А., Крещук В.А., Специализированная база данных системы пульсовой диагностики – Електроніка і зв'язь Тематический выпуск «Проблеми електроніки» ч.2, 2007 с. 108-111.
9. Зубчук В.И., Делавар К-М., Запорожко І.А. и ДР. Экспресс-диагностика по данным пульс-оксиметрии – Електроніка і зв'язь 2008 – с. 145-150.
10. Zaporozhko I.A., Scoric A.V., Zubchuk V.I. Recognition methods of polymetric human information research, Proceeding of 21 International CODATA conference “Scientific Information for Society – from Today to the Future”. Ukraine, Kyiv, 2008 – p. 332-337.
11. Зубчук В.И., Делавар К-М., Запорожко І.О. Скорик О.В., Проблемы экспресс-диагностики по данным пульсометрии, Збірник тез та доповідей XV Міжнародної конфер. “Інформотерапія: теоретичні аспекти та практичне

застосування”. Київ, 16-18.10.2009 – с. 28.

ВІКОВІ НОРМИ В ПУЛЬСОВІЙ ДІАГНОСТИЦІ

Запорожко І.А., Зубчук В.І., Настенко Є. А.

Розглядаються питання оцінки функціонального стану людини по даним вимірювання фізіологічних параметрів для різних вікових груп. Найважливішими з множини об’єктивних параметрів є показники функціонування серцево-судинної системи (ССС) – артеріальний тиск (систоличне і діастолічне), частота серцевих скорочень, насиченість крові киснем і динаміка розповсюдження пульсових хвиль. Пульсові хвилі, що реєструються на дрібних сосудах кінцівок, несуть інтегральну інформацію щодо стану ССС і інших органів, зв’язаних з ССС. Тому створення комп’ютерної системи експрес-діагностики по даним вимірювання параметрів ССС є актуальною задачею. Для виявлення патологічних відхилень параметрів ССС необхідно знати їх нормальні значення, які залежать від вікових і гендерних факторів. Розглянуті основні фактори і закономірності вікових змін параметрів ССС. Проведено аналіз даних на декількох вікових групах і описана методика реєстрації і обробки пульсових хвиль для їх класифікації і розпізнавання.

Ключові слова: Старіння, артеріальний тиск, пульсоксиметрія, серцево-судинна системо, геронтологія, перетворення Фур’є, пульс.

AGE NORMS IN PULSE DIAGNOSTIC

Zaporozhko I.A., Zubchuk V.I., Nastenko Ie.A.

Attention was given to a problem of establishing a human functional condition according to physiological parameters measurements of different age groups of people. The most informative parameters are cardiovascular system measurements such as: arterial pressure (systolic and diastolic), heart rate, blood oxygenation and circulation dynamics of pulse waves. Pulse waves, measured on upper extremities vessels, give integral information about cardiovascular system condition and condition of other related organs. Therefore the creation of express-diagnostic computer system based on analysis of

cardiovascular system parameters is an up to date task. Determination of the pathological deviations needs knowledge of the normal parameter values in the context of age and gender. The main factors and mechanisms of cardiovascular system aging and how they are reflected in measured parameters were examined. We made an analysis of several different age groups and described a pulse wave's registration and processing methods.

Key words: Aging, arterial pressure, pulsoximetry, cardiovascular system, gerontology, Fourier transform, pulse.