

УДК 615.849.19

И.А. Запорожко, В.И. Зубчук, канд. техн. наук

Оценка возрастных изменений параметров пульсограмм в системе экспресс-диагностики

Рассмотрены вопросы оценки функционального состояния человека по данным измерений физиологических параметров для разных возрастных и гендерных групп. Самые важные из множества объективных параметров являются показатели функционирования сердечно-сосудистой системы – 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.

Attention was given to a problem of establishing a human functional condition according to physiological parameters measurements for groups of people separated by age and gender. 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.

Ключевые слова: старение, артериальное давление, пульсоксиметрия, сердечно-сосудистая система, преобразование Фурье, пульсовая волна.

Введение

Совершенствование существующих методов диагностики остаётся актуальной проблемой и важным направлением развития современной медицины. Поэтому представляется целесообразной разработка неинвазивных методов экспресс-диагностики, которые бы обеспечивали информативный мониторинг функционального состояния всего организма. 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 связанных с ней органов. Поэтому создание компьютерной системы экспресс-диагностики по данным измерений параметров ССС является актуальной задачей.

Одним из интегральных показателей функционального состояния человека в норме и при патологических отклонениях является динамика транспорта крови в сосудах, отображаемая формой и параметрами пульсовых волн. Для выявления каких-либо отклонений необходимо, прежде всего, 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

1. Метод

Система экспресс-диагностики, разработанная на кафедре биомедицинской инженерии НТУУ «КПИ» [6-9], позволяет проводить анализ форм ПВ. Регистрируя с помощью оптического датчика пульсовые волны на пальцах обследуемого, мы получаем информацию о работе капилляров, эластичных сосудов и сердца. При этом регистрируется также частота пульса, насыщение крови кислородом, а так же систолическое и диастолическое артериальное давление. На начальном этапе накапливаются и статистически обрабатываются параметры людей без явных патологий и строятся модели возрастных норм. Используя эти данные и выявленные закономерности их изменений с возрастом, можно оценить биологический возраст человека.

Регистрация пульсовых волн осуществляется на сосудах указательных пальцев обеих рук при помощи пульсоксиметра UtasOxi 200 [5]. Пульсоксиметр позволяет регистрировать ПВ, которая представляет собой суммарное изменение кровотока в данной области с участием капилляров и более крупных сосудов.

Пульсовые волны после регистрации, усредняются по выбранному ансамблю к форме, нормированной по амплитуде и дли-

тельности, а амплитудно-временные параметры ПВ обследуемого сохраняются в данных АДС, АДД и ЧСС [6-11].

2. Исследование

Проведен анализ форм пульсовых кривых у пяти возрастных групп мужчин 16-20, 20-30, 30-50, 50-60, 60-70 лет и четырех возрастных групп женщин 16-20, 20-30, 30-50, 50-60 лет. Количество обследований в каждой группе различно, более многочисленны группы для женщин и для мужчин относятся к возрасту 16-20 лет. Так как эти волны усреднены по амплитуде и времени, по вертикальной и горизонтальной оси мы имеем значения, которые получаются после сведения ПВ в единый интервал времени и амплитуды. Если сопоставить полученные усредненные кривые, можно отметить отличие ПВ разных возрастных групп (рис.1, 2). Основной отличительной особенностью является форма дикротической волны, изменение которой с возрастом описывалось авторами ранее [3, 4]. На рис. 10 видно, что у мужчин 60-70 лет она уже практически отсутствует. Вследствие нормирования ПВ по времени области и амплитуде положение максимума ПВ и крутизна подъема нормированной кривой остаются практически одинаковыми у всех групп, особенно это отмечается у женщин (рис.11). 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. При сравнении волн мужчин и женщин во всех возрастных группах видны общие закономерности, но есть и небольшие отличия, которые требуют дальнейшего уточнения на большей выборке данных. На рис. 3-6 приведены ПВ, усредненные для групп мужчин и женщин соответствующих возрастов.

3. Результат

Количественная оценка форм ПВ основана на определении соотношения гармонических составляющих выше представленных усред-

нённых ПВ соответствующих возрастных групп. Разложив полученные средние ПВ возрастных групп в ряд Фурье, имеем для каждой кривой множество коэффициентов, a_k, b_k ряда Фурье согласно формулам:

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

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

Для количественного сравнения степени различия пульсовых волн рассчитываются индекс формы:

$$F_m = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} / \sqrt{\left(\sum_{i=2}^N a_i\right)^2 + \left(\sum_{i=2}^N b_i\right)^2} \quad (2)$$

F_m - характеризует форму периодических кривых, т. е. их отличие от синусоиды. Данный индекс позволяют произвести численную оценку того насколько различны наши волны, и будет ли успешен процесс их распознавания.

Таблица 1. Индекс формы возрастных групп мужчин

Возраст	Fm
10 - 20	1,498873
20 - 30	1,484218
30 - 50	1,611086
50 - 60	1,674303
60 - 70	1,873845

Таблица 2. Индекс формы F_m возрастных групп женщин

Возраст	Fm
10- 20	1,59352345
20 - 30	1,74317517
30 - 50	1,6777207
50 - 60	1,77559555

Графики, приведенные на рис.7, 8, показывают зависимость между формой пульсовой волны и возрастом. Для повышения статистической достоверности полученных зависимостей необходимо дальнейшее накопления данных по возрастным группам. Тем не менее, полученные зависимости дают возможность составить первоначальное представление о возрастных и гендерных отличиях пульсовых волн

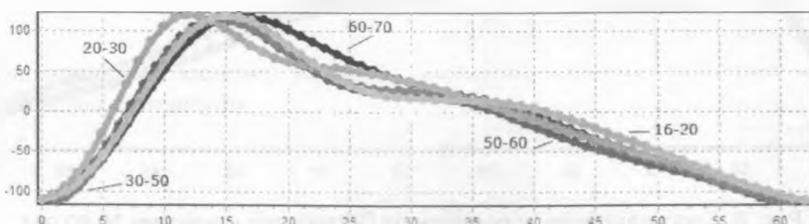


Рис. 1. Сопоставление типовых ПВ разных возрастных групп мужчин

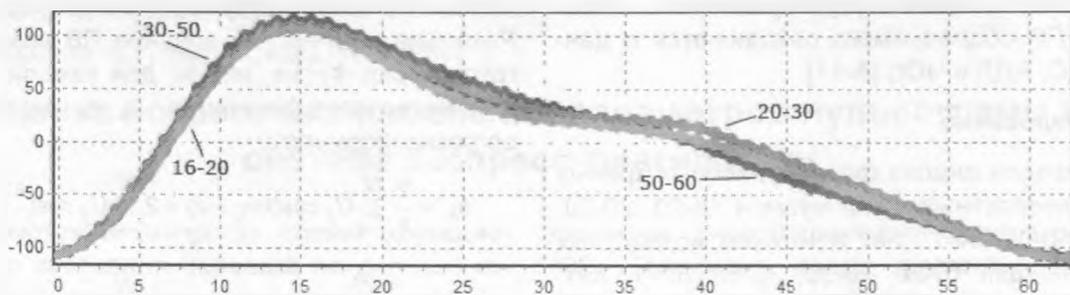


Рис. 2. Сопоставление типовых ПВ разных возрастных групп женщин

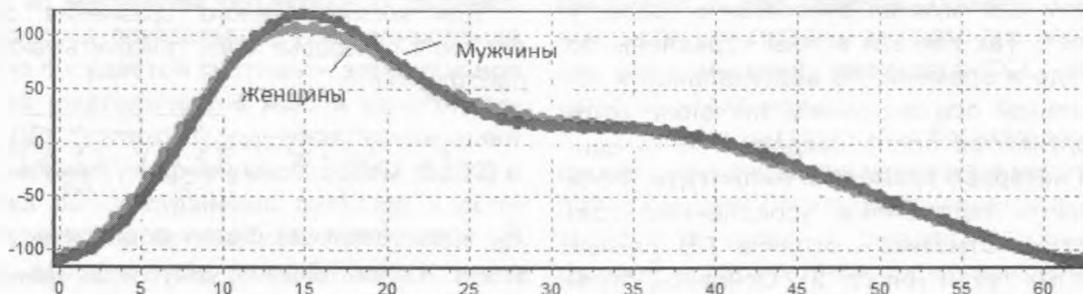


Рис. 3. Сопоставление усреднённых ПВ мужчин и женщин 16-20 лет

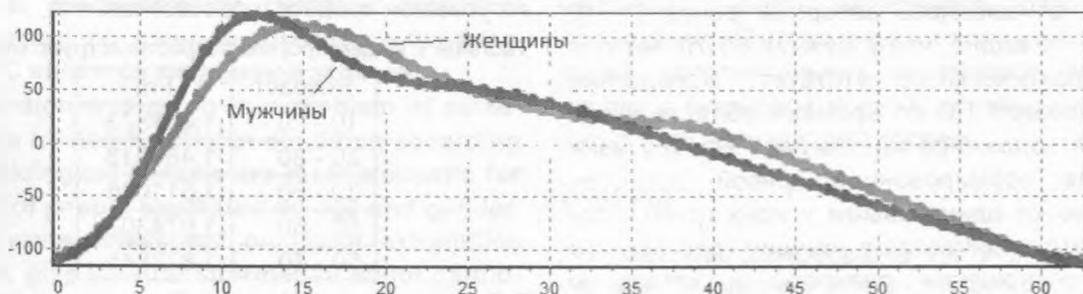


Рис. 4 Сопоставление усреднённых ПВ мужчин и женщин 20-30 лет

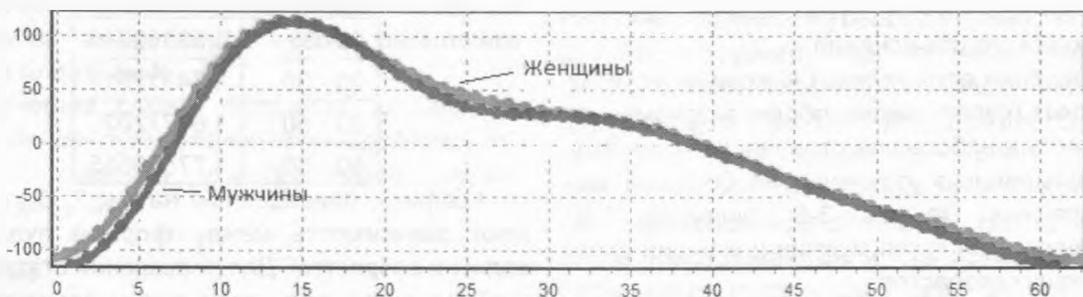


Рис. 5. Сопоставление усреднённых ПВ мужчин и женщин 30-50 лет

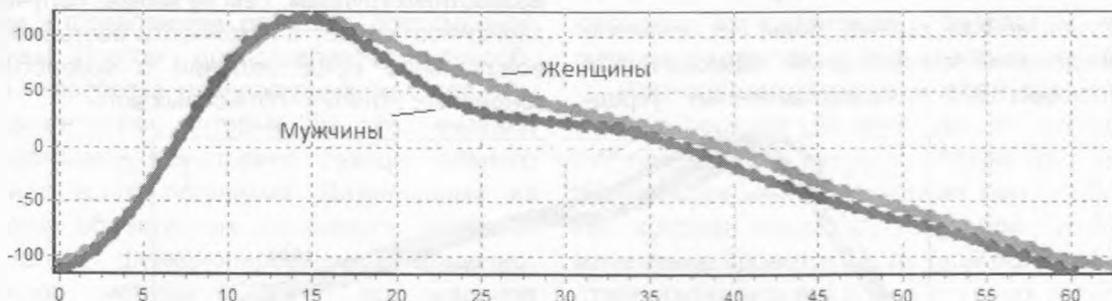


Рис. 6. Сопоставление усреднённых ПВ мужчин и женщин 50-60 лет

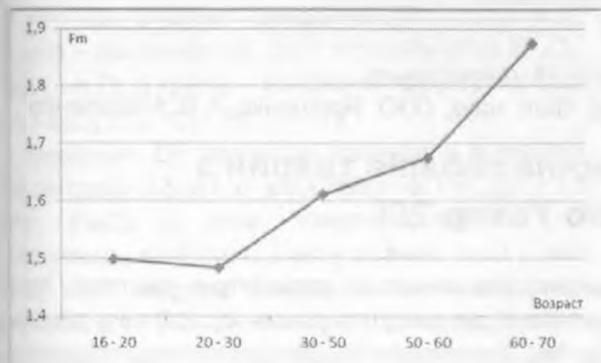


Рис. 7. Зависимость индекса Fm от возраста мужчин

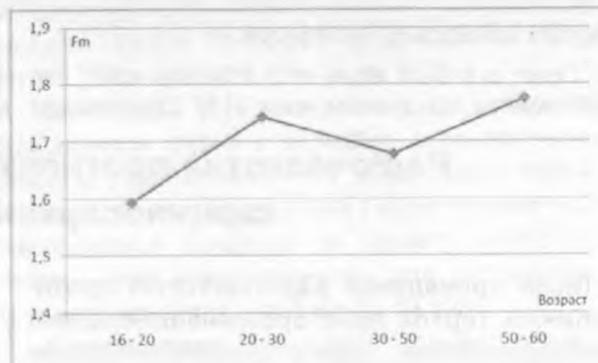


Рис. 8. Зависимость индекса Fm от возраста женщин

Выводы

Анализ зависимости индекса формы людей без патологий позволяет сделать выводы:

- Форма пульсовой волны, как у мужчин, так и у женщин закономерно изменяется с возрастом даже при отсутствии явных патологий.
- Пульсовые волны наряду с классическими показателями, такими как ЧСС и АД, позволяют оценивать функциональное состояние организма.
- Индекс формы Fm может служить одним из показателей биологического возраста человека
- Усредненные волны для возрастных групп ПВ могут быть использованы в качестве эталонов при решении задач дифференциальной диагностики по данным пульсометрии.

Литература

1. Светлова Л.И. Омолаживающая гимнастика для сердца и сосудов / Светлова Л. И. — К. : 2010. — 176 с. (Изд. Питер)
2. Коротько Г.Ф. Физиология человека Том 1 / Г. Ф. Коротько, В. М. Покровской, — К.: — 1997 — 448 с (Издательство «Медицина»)
3. Ус А.Д. Бальнеотерапия и возраст / Ус А. Д. — Киев - К. : 1985 — 136 с. (Киев Наукова думка)
4. Jane F. Reckelhoff Gender Differences in the Regulation of Blood Pressure /4 Jane F Reckelhoff // Hypertension — 2001 № 37 — С. 1199-1208
5. Технические характеристики пульсоксиметра ЮТАСОКСИ-200: www.utasco.com

6. Динамічна пульсова діагностика / Делавар К-М., Запорожко І. О., Зубчук В. І., Скорик О. В., Ткаченко В. Л. // «Електроніка і зв'язь», Тематический выпуск «Електроніка і нанотехнології» — 2009. — ч.2. — С. 252—257.
7. Нейронні мережі в системі пульсової діагностики / Зубчук В. І., Яценко В. П., Делавар К-М, Скорик О. В., Запорожко І. А. // Електроніка і зв'язь Тематический выпуск «Проблеми електроніки» — 2007. — ч.3. — С. 58—61.
8. Специалізована база даних системи пульсової діагностики / Зубчук В. І., Яценко В. П., Делавар К-М, Скорик О. В., Запорожко І. А., Крещук В. А. // Електроніка і зв'язь Тематический выпуск «Проблеми електроніки» — 2007. —ч.2. — С. 108—111.
9. Експрес-діагностика по даним пульсоксиметрії / Делавар К-М, Запорожко І. А., Зубчук В. І. і др // Електроніка і зв'язь — 2008 — С. 145—150.
10. Recognition methods of polymetric human information research /Zaporozhko I.A., Zubchuk V.I., Scoric A. V. // Proceeding of 21 International CODATA conference "Scientific Information for Society – from Today to the Future" — Ukraine, Kyiv — 2008 — 332-337 p.
11. Проблеми експрес-діагностики по даним пульсометрії: Збірник тез та доповідей XV Міжнародної конфер "Інформотерапія: теоретичні аспекти та практичне застосування" / Делавар К-М., Запорожко І.О., Зубчук В. І., Скорик О. В — Київ —2009 — 28 с