

Vakulenko D V. Применение информационной технологии временного метода анализа артериальных осциллограмм для изучения адаптационных механизмов организма = The use of information technology time method analysis of artery oscillograms for the study of adaptive mechanisms of the organism. Journal of Education, Health and Sport. 2015;5(9):621-632. ISSN 2391-8306. DOI [10.5281/zenodo.31730](https://doi.org/10.5281/zenodo.31730)
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.31730>
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/2015%3B5%289%29%3A621-632>
<https://pbn.nauka.gov.pl/works/640916>
Formerly Journal of Health Sciences. ISSN 1429-9623 / 2300-665X. Archives 2011–2014
<http://journal.rsw.edu.pl/index.php/JHS/issue/archive>

Deklaracja.
Specyfika i zawartość merytoryczna czasopisma nie ulega zmianie.
Zgodnie z informacją MNiSW z dnia 2 czerwca 2014 r., że w roku 2014 nie będzie przeprowadzana ocena czasopism naukowych; czasopismo o zmienionym tytule otrzymuje tyle samo punktów co na wykazie czasopism naukowych z dnia 31 grudnia 2014 r.
The journal has had 5 points in Ministry of Science and Higher Education of Poland parametric evaluation. Part B item 1089. (31.12.2014).
© The Author (s) 2015.
This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland and Radom University in Radom, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 02.08.2015. Revised 05.09.2015. Accepted: 29.09.2015.

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВРЕМЕННОГО МЕТОДА
АНАЛИЗА АРТЕРИАЛЬНЫХ ОСЦИЛЛОГРАММ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
АДАПТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ ОРГАНИЗМА
THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY TIME METHOD ANALYSIS OF
ARTERY OSCILLOGRAMS FOR THE STUDY OF ADAPTIVE MECHANISMS OF THE
ORGANISM**

Д. В. Вакуленко

D V Vakulenko

**Тернопольский государственный медицинский университет
им. И.Я. Горбачевского**

“I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University”

Summary

The reaction vessel shoulder on the compression at rest and after exposure to varying factors makes it possible to assess the state of the neuro-endocrine regulation of the cardiovascular system by the level of functioning of the autonomic nervous system, the functional capacity of the heart, a reflex reaction of the cardiovascular system, the state channel peripheral vessels (tone, elasticity, permeability), the activity of emergency response mechanisms for compression (baroretseptorni, hemoretseptorni, reflex ischemia) and others. The results make it possible to improve information diagnostics of the cardiovascular system by analyzing arterial waveform, registered in the measurement of blood pressure using, time analysis in each patient.

Keywords: information technology, time analysis of arterial oscillogram.

Резюме

Реакция сосудов плеча на компрессию в состоянии покоя и после воздействия разнохарактерных факторов дает возможность оценить состояние нервно-эндокринной

регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы, уровень функционирования вегетативной нервной системы, функциональную способность сердца, рефлекторную реакцию сердечно-сосудистой системы, состояние русла периферических сосудов (тонус, эластичность, проходимость), активность механизмов срочной реакции на компрессию (барорецепторной, хеморецепторного, рефлекс на ишемию) и др. Полученные результаты дают возможность повысить информативность диагностики состояния сердечно-сосудистой системы путем анализа артериальной осциллограммы, зарегистрированной в процессе измерения артериального давления с применением, временного анализа у каждого пациента.

Ключевые слова: информационные технологии, временной анализ осциллограмм.

Резюме

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЧАСОВОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ АРТЕРІАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ АДАПТАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ОРГАНІЗМУ. Реакція судин плеча на компресію у стані спокою та після впливу різнохарактерних факторів дає можливість оцінити стан нервово-ендокринної регуляції діяльності серцево-судинної системи, рівень функціонування вегетативної нервової системи, функціональну здатність серця, рефлекторну реакцію серцево-судинної системи, стан русла периферійних судин (тонус, еластичність, прохідність), активність механізмів термінової реакції на компресію (барорецепторні, хеморецепторні, рефлекс на ішемію) тощо. Отримані результати дають можливість підвищити інформативність діагностики стану серцево-судинної системи шляхом аналізу артеріальної осцилограми, зареєстрованої у процесі вимірювання артеріального тиску із застосуванням, часового аналізу у кожного пацієнта.

Ключові слова : інформаційні технології, часовий аналіз осцилограм.

Введение. Система кровообращения - индикатор адаптационных возможностей организма [13]. Сердечно-сосудистая патология регистрируется в 3/4 населения Украины, а в 62,5% случаев она является причиной смерти, что значительно выше, чем в развитых странах. (Лущик У.Б., 2003). Особое беспокойство вызывает не только рост частоты заболеваний сердечно-сосудистой системы, но и их "омоложение": у подростков за 5 лет она выросли на 28%, в то время, как у лиц среднего возраста - на 17% (Булич Е.Г., Муравов И.В.,

2004), что свидетельствует о проблемах в системе диагностики заболеваний. Повышенное артериальное давление - основной фактор риска развития сердечно-сосудистых катастроф. Больных артериальной гипертензией в Украине зарегистрировано более 5 млн человек, что составляет около 10% населения Украины) [3] Сегодня обществу не хватает эффективных технологий обнаружения и лечения сосудистой патологии [11].

Учитывая актуальность проблемы совершенствования методов диагностики и мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы, автором предложены методы, направленные на разработку и обоснование информационной технологии анализа артериальной осциллограмм.

Осциллограмма получена с помощью электронного измерителя артериального давления ВАТ41-2, способного регистрировать значения давления в манжете в период роста компрессии и экспортировать полученные значения для дальнейшего анализа. Предложены методы [14, 15, 16] морфологического, временного, спектрального фрактального, корреляционного, кластерного анализа осциллограмм, которые реализованы в "Информационная среда медицинской (физической) реабилитации», блок анализа биосигналов "[4].

В связи с отсутствием подобных исследований, для разработки критериев временного и спектрального анализа осциллограмм адаптировано информацию, используют при анализе электрокардиограмм и электроэнцефалограмм (Баевский Р.М., 1997, 2001; Яблчанский Н.И., Мартыненко А.В., 2010 и др.) [19], а для морфологического анализа - информацию, внедренную в плетизмографии и реографии (Яруллин Х.Х., 1965; Покровский А.В., 1979; Каро К., 1981; Педли Т., 1983; Чашин А.В., 2005; Лущик У.Б., Новицкий В.Б. 2005; Плотно И., 2008 и др.). При этом, использована терминология, которая применяется в выше отмеченных методах исследования.

Цель исследований: изучить адаптационные механизмы организма при помощи информационной технологии временного метода анализа артериальных осциллограмм под влиянием физических, механических и термических факторов.

Материалы и методы: для каждого из методов анализа предложено информативные критерии и обоснованно их применения, определены критерии нормы, дана характеристика и оценка осциллограмм, отклоняющихся от нормы, сформированные дополнительные весовые критерии анализа отдельных осциллограмм. Изучены корреляционные связи показателей временного и спектрального анализа осциллограмм и синхронно зарегистрированных электрокардиограмм. Анализ исследуемых параметров проведения в разных фазах компрессии сосудов плеча.

Указанные методы использованы для изучения адаптационной способности сердечно-сосудистой системы при применении разнохарактерных влияний .. Использованы

26 видов экспериментов. Среди них: физические (проба Руфье, процедура ЛФК, оздоровительная система Чжун Юань цигун, Рейки), механических (массаж сегментарно-рефлекторный, с помощью устройства фирмы Нуга Бест), термические (баня сухая и парная, "моржевание"), аудиовизуальные (в самых разнообразных сочетаниях) и другие факторы.

При временном анализе осциллограмм проведен анализ и оценку variability длительностей осцилляций по методам и показателям временного анализа и вариационной пульсометрии, принятыми для оценки электрокардиосигналов [8]. С этой целью использованы следующие показатели: SDD - стандартное отклонение разностей между соседними нормальными экстремумами (мс) NN50 - количество последовательных интервалов (отдельно максимумов и минимумов), разница между которыми превышает 50 мс; Mo (мода) - диапазон значений продолжительности осцилляций, которые встречаются чаще всего (с); AMo (амплитуда моды) - число интервалов, которые соответствуют значению моды (%); BP (вариационный размах) - разница максимальных и минимальных значений продолжительности интервалов между соседними осцилляциями (с) ИИР (индекс вегетативного равновесия), ИИР = AMo / BP (y.e.); ВПР (вегетативный показатель ритма), ВПР = 1 / Mo x BP (y.e.); ИН (индекс напряжения регуляторных систем), ИН = AMo / (2 * BP * Mo) (y.e.); HRV-индекс - Триангулярный индекс (y.e.); RMSSD - квадратный корень средних квадратов разницы между смежными экстремумами (мс) RR std - стандартное отклонение между экстремумами (мс). Изучена корреляционная ритмография или скаттерография - графическое представление распределения смежных осцилляций в двухмерной координатной плоскости осциллограммы (предыдущего и последующего) и хаосограма, которая предназначена для анализа нелинейных «хаотических» колебаний длительности осцилляций.

При изучении показателей временного анализа осциллограмм определены их средние показатели: SDD - $0,45 \pm 0,02$ мс, pNN50 - $10,6 \pm 0,02$, Mo - $0,87 \pm 0,02$ мс, AMo - $37,1 \pm 1$, IVR - $75,2 \pm 7,6$, IN - $32,3 \pm 2,9$, HVR-index - $29,2 \pm 0,12$. По уровню отклонения от средних значений временных показателей (-1 - 1) сгруппированы 10 категорий (от -5 до -1 и от 1 до 5).

Полученные данные совпадают с показателями гистограмм и скаттерограм, зарегистрированных при анализе электрокардиосигнала [5, 6], изображены на рисунке 1.

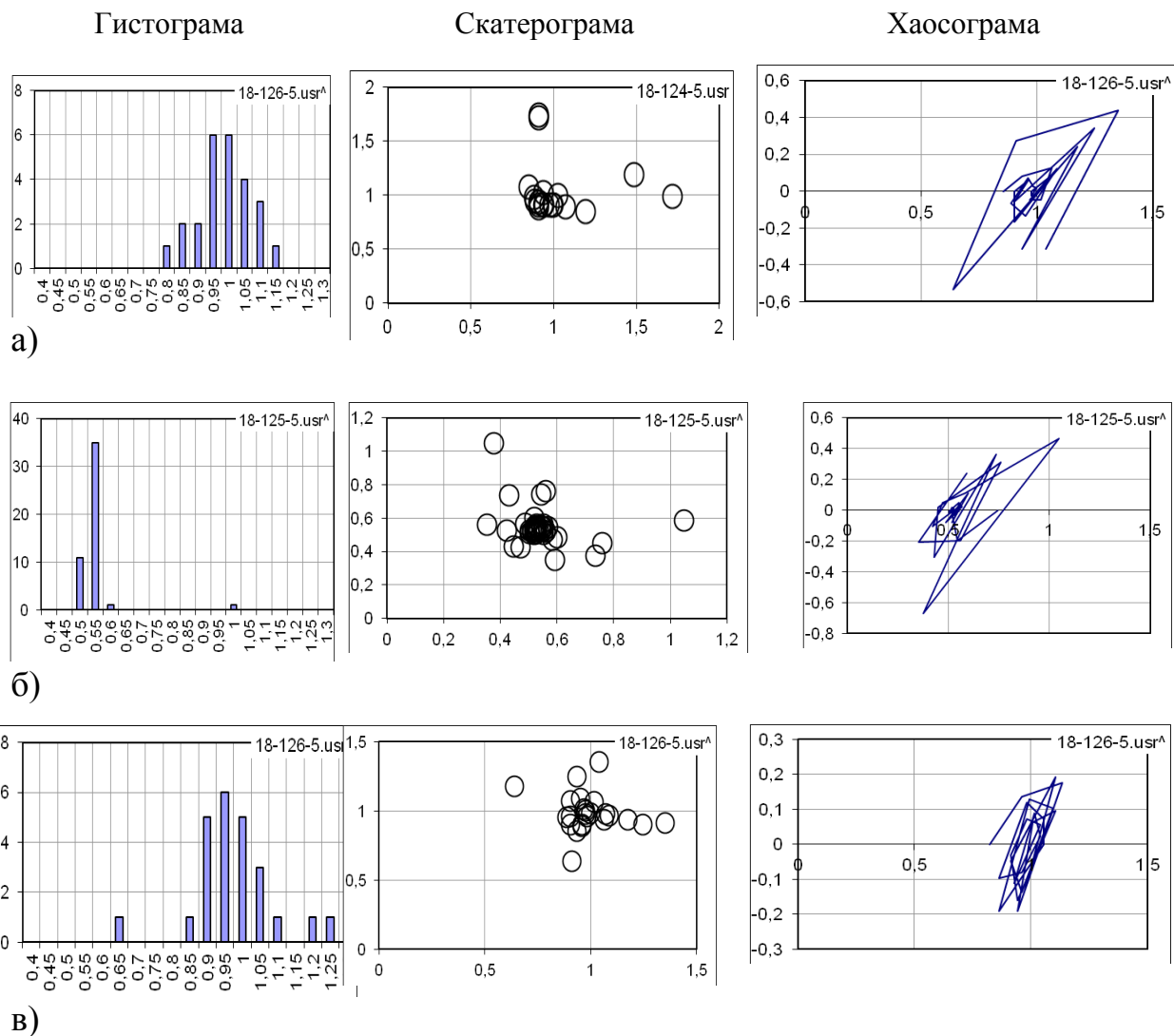


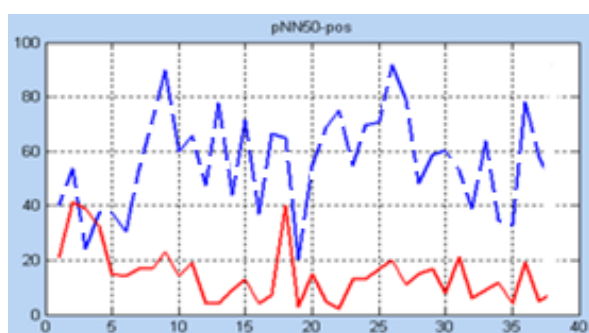
Рис. 1. Типы гистограмм (левый столбец), скатерограмм (средний столбец) и хаосограмм (правый столбец), созданных по анализу осциллограмм. а) 1-й тип - эйтония (обследован М, 18 лет, б) 2-й тип - симпатикотония (обследован К, 19 г..) в) 3-й тип - ваготония (обследован Б, 19 г.).

Как видно из рисунка 1, при эйтония основная тучка и хаосограмми размещена в пределах 1 мс, при ваготонии - смещена по диагонали вправо, при симпатикотонии - влево.

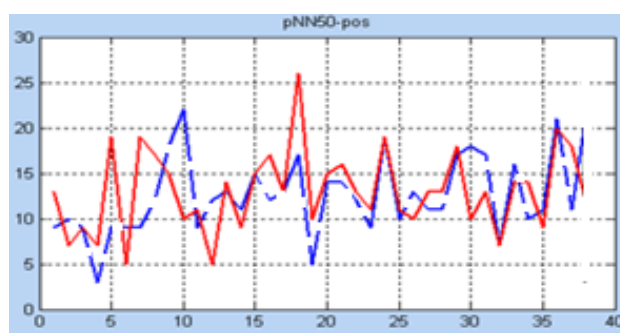
Результаты и обсуждение: предложенные информационные технологии оценки функционального состояния периферических сосудов использовано для изучения способности сердечно-сосудистой системы адаптироваться к воздействию факторов внешней среды. Использовано 26 видов разнохарактерных экспериментов. Зарегистрировано 1 680 осциллограмм. Каждый из 446 участников принял участие в одном, двух и более экспериментах. Среди них: физические (проба Руфье, процедура ЛФК, оздоровительная система Чжун Юань цигун, Рейки), механические (массаж сегментарно-рефлекторный и с помощью устройства фирмы Нуга Бест), термические (баня сухая и парная, моржевание), аудиовизуальные (в самых сочетаниях) и др.

В исследовании влияния пробы Руфье на адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы в эксперименте приняли участие 68 человек без жалоб на состояние здоровья мужского и женского пола от 18 до 24 лет. Осциллограммы регистрировали к нагрузке, после него (30 приседаний за 45 сек - проб Руфье) и через 2 минуты отдыха.

После пробы Руфье отмечено снижение SDSD, pNN50, Mo и рост AMo, IVR, IN, HVR-index (рис. 2). Рис. 1. Типы гистограм (лівий стовпчик), скатерограм (середній стовпчик) та хаосограм (правий стовпчик), створених за аналізом осцилограм. а) 1-й тип – ейтонія (обстежений М, 18 років, б) 2-й тип – симпатикотонія (обстежений К, 19 р.) в) 3-й тип – ваготонія (обстежений Б, 19 р.).



а)

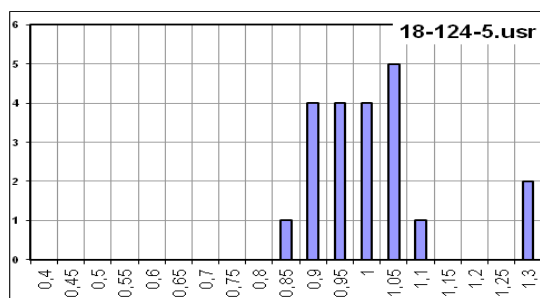


б)

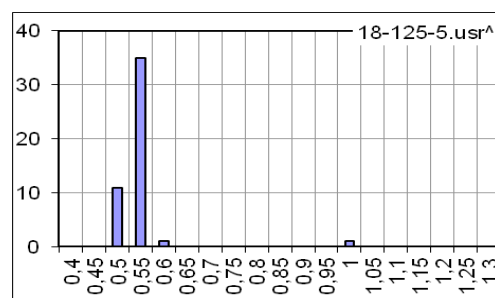
Рис. 2. Сравнительный анализ динамики показателей pNN50: а - до и после пробы Руфье; б - до пробы Руфье и через 2 минуты отдыха в 38 практически здоровых лиц.

Примечание: прерывистая линия - к нагрузке, сплошная линия - после него.

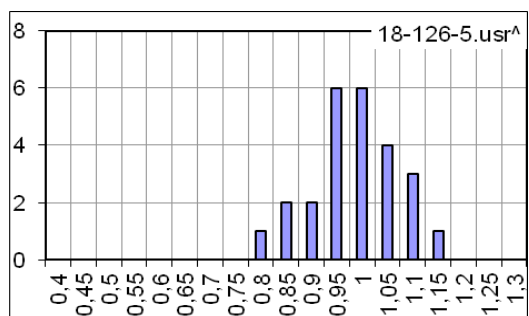
Показатели гистограммы, скатерограммы и хаосограммы после нагрузки смещались влево, после отдыха - возвращались к исходному уровню или приближались к нему (рис. 3).



а)



б)



в)

Рис. 3. Гистограмма, созданная по максимальным экстремумами осциллограмм, зарегистрированных: а - до пробы Руфье; б - сразу после нее, в - через 2 мин после нагрузки. (обследован Г., 18 лет).

Исследования, проведенные после нагрузки, свидетельствуют об увеличении симпатoadренальной возде́йствий и роста уровня централизации управления системой кровообращения (Р.М. Баевский, 1997, 2001). Возвращение к исходному уровню исследуемых показателей свидетельствует о высоком уровне адаптационной способности ССС. Полученные результаты соответствуют динамике определенных автором показателей индекса Кердо и дают возможность оценить уровень адаптационной способности сердечно-сосудистой системы. Физическая нагрузка, что сопровождалось повышением тону́са симпатического звена вегетативной нервной системы, способствовало увеличению процента анакротичной фазы в продолжительности всей осцилляции, что дает возможность засвидетельствовать повышение тонического напряжения сосудистой стенки (Каро К., 1981), которое продемонстрировало тенденцию возвращения к исходному уровню уже через 2 минуты после окончания теста.

Таким образом, предложенные для анализа осциллограмм показатели временного анализа SDSD, NN50, Mo, AMo, IVR, IN, HVR-index гистограммы, скатерограммы, хаосограммы дают возможность оценить функциональное состояние вегетативной нервной системы, уровень централизации управления системой кровообращения, тоническое напряжение сосудистой стенки и гомеостатические свойства организма. Применение адекватных показателей вегетативного гомеостаза - эффективный метод диагностики донозологичных и преморбидных состояний (Баевский РМ, 2001; Михайлов В.Н., 2002).

Влияние дифференцированного массажа на состояние периферических сосудов

Влияние процедуры дифференцированного сегментарно-рефлекторного массажа изучено у 40 человек разного возраста с клиническими признаками остеохондроза шейного отдела позвоночника. Артериальные осциллограммы регистрировали непосредственно до и после 3 или 4 процедуры массажа спины.

Часовой и спектральный анализ осциллограмм, зарегистрированных до и после процедуры массажа 40 человек, показал снижение средних показателей AMo, IVR, IN, HVR-index, VLF и рост SDSD, pNN50, Mo, HF. Растет также среднее квадратическое отклонение амплитуд (мощность амплитуды) и среднее квадратическое отклонение интервалов положительных экстремумов.

Динамика указанных показателей, интерпретирована на такие же, полученные при анализе электрокардиосигнала [6], дает возможность прийти к следующим выводам. Влияние адекватно выполненного сегментарно-рефлекторного массажа области спины проявляется в повышении активности парасимпатической звена вегетативной системы, снижении уровня централизации управления деятельностью ССС, росте степени динамичности расширению стенки сосудов - скорости изменения силы давления сосуда на манжету во время систолы.

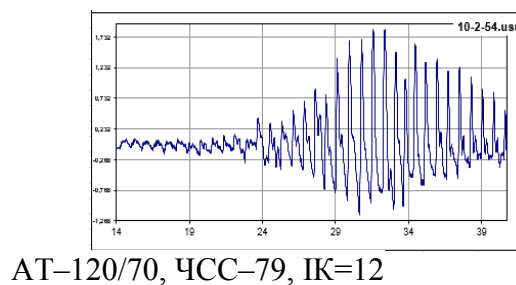
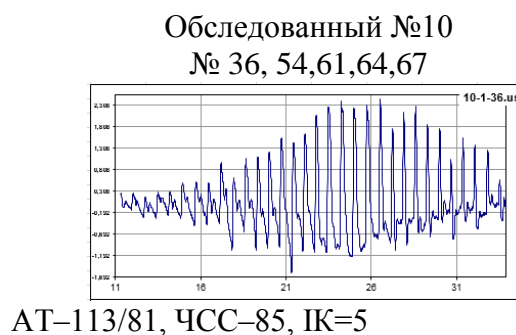
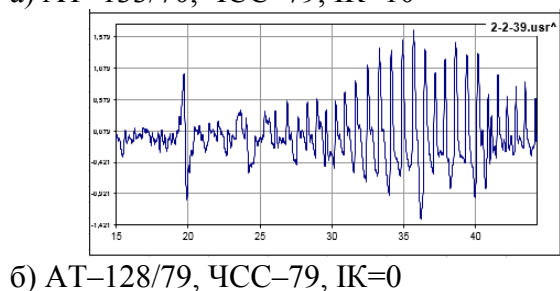
Математический анализ электрокардиосигналов [Вакуленко Д.В., Вакуленко Л.А. 2014], биохимический анализ крови и мочи [Вакуленко Д.В. 2012], проведенные у больных с неврологическими проявлениями ОШХВ до и после процедуры массажа, подтверждающих правомерность полученных результатов анализа АСГ.

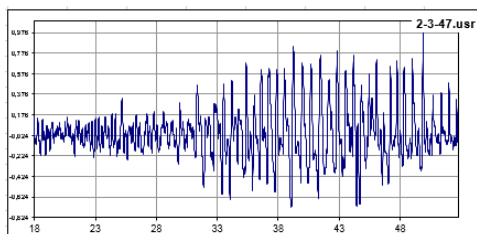
Возможности осциллографического метода в дальнейшем можно бесконечно углублять. Это даст возможность повысить эффективность применения массажа как безопасного метода превентивной реабилитации, в лечении острых, подострых, хронических патологических процессов. Объективизация исследований будет способствовать повышению уровня теоретической и практической подготовки специалистов по массажу.

Результаты изучения влияния массажа с помощью устройства фирмы Нуга Бест в 24 пожилых людей показали разнонаправленную реакцию всех показателей в разных обследованных, что свидетельствует о необходимости большей индивидуализации в дозировке массажных воздействий. Именно этому может способствовать применение предложенных методов анализа артериальных осциллограмм.

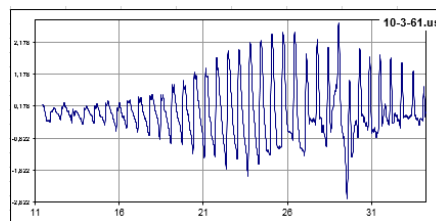
Влияние термических факторов на состояние периферических сосудов

При изучении влияния на периферическое кровообращение пребывания в бане записано 50 осциллограмм. 10 человек в возрасте 19-20 лет без жалоб на состояние здоровья приняли участие в 5 стандартных экспериментах: до и после пребывания в бане, после сухой, после влажной бани и погружения в бассейн. Выявлено разнонаправленную реакцию ССС в отдельных обследованных. Наиболее демонстративные из них представлены на рисунке 4.

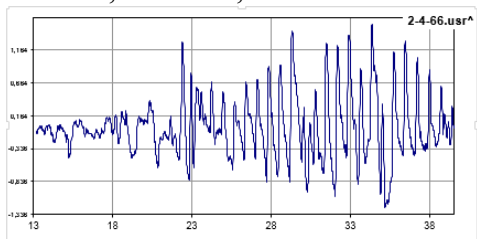




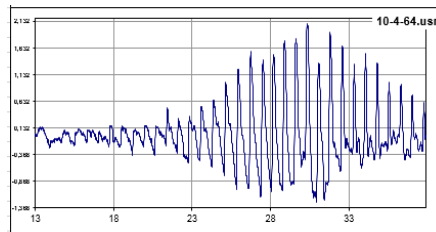
в) АТ-145/65, ЧСС-92, ИК=29



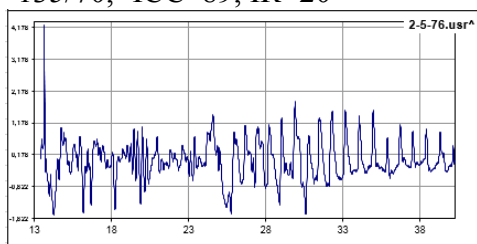
АТ-117/60, ЧСС-93, ИК=36



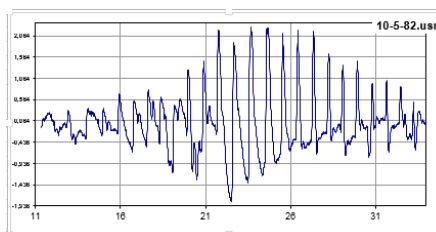
г) АТ-135/70, ЧСС-89, ИК=20



АТ-116/83, ЧСС-88, ИК=10



д) АТ-116/57, ЧСС-95, ИК=40



АТ-103/69, ЧСС-69, ИК=0

Рис. 4. Артериальные осциллограммы с показателями артериального давления (АД), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и индекса Кердо (ИК) обследованных № 2 и № 10 в процессе пребывания в бане.

Как видно из рисунка, к эксперименту в обоих обследованных морфологическое состояние осциллограмм отличался незначительно. Реакция периферических сосудов на пребывание в бане значительно отличалась как по гармоничностью осцилляций, так и за их амплитудой.

Временной и спектральный анализ осциллограмм показал наиболее выраженную реакцию симпатoadреналовой системы на влагу, меньше - на сухую баню. Благоприятное влияние регистрировали после пребывания в бассейне.

ВЫВОДЫ

Анализ литературных источников и собственных исследований подтвердил актуальность изучения состояния периферических сосудов. Реакция сосудов предплечья на компрессию в состоянии покоя и после воздействия разнохарактерных факторов дает возможность оценить состояние нервно-эндокринной регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы, уровень функционирования вегетативной нервной системы, функциональную способность сердца, рефлекторную реакцию сердечно-сосудистой системы, состояние русла периферических сосудов (тонус, эластичность, проходимость), активность механизмов срочной реакции на компрессию (барорецепторной,

хеморецепторного, рефлекс на ишемию) и др. Полученные результаты дают возможность повысить информативность диагностики состояния сердечно-сосудистой системы путем анализа артериальной осциллограммы, зарегистрированной в процессе измерения артериального давления с применением морфологического, временного, кластерного анализа у каждого пациента.

Обобщение результатов воздействия отмеченных да и всех использованных факторов позволили прийти к выводу, что реакция сердечно-сосудистой системы даже в случае относительно однотипного исходного состояния и влияния одинаковых факторов, не является однозначной, что объективно подтверждает необходимость индивидуального подхода к выбору факторов влияния.

Исследования показали, что степень и качество реакции сосудов на компрессию зависят от упруго-эластичных свойств сосудистой стенки, обусловленные особенностями ее структуры (индивидуальными, возрастными, патологическими), тоническим напряжением мышечного слоя сосудистой стенки, степенью пассивного напряжения сосудистой стенки и подлежат нервно рефлекторной воздействию. К последним относят циркуляторные реакции нервного происхождения - барорецепторной, хеморецепторного, рефлекс на ишемию ЦНС, которые контролируют различные параметры кровообращения и постоянно информируют центральную нервную систему об изменениях, возникающих (Куршаков Н. А., Прессман Л. П., 1954).

Результаты проведенных исследований могут быть использованы как методы ранней диагностики заболеваний [4], в клинической, экспериментальной, спортивной медицине, для выявления заболеваний сердечно-сосудистой системы и нарушения ее функциональной способности, оценки результатов лечения.

Перечень рекомендованной литературы

1. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043-1065.
2. Marzeniuk V. P. System analysis methods of medical and biological processes / V. P. Marzeniuk, A. G. Nakonechny. – Ternopil : Ukrmedknyha, 2003. – 241 p.
3. US Patent 7907996 B2. Система і метод для обробки та подання інформації аритмії при виявленні та лікуванні аритмії / Klaus Forstner заявник, Microlife Intellectual Property GmbH патентовласник USA – US 11/739,037; заявл. 23.04.2007 року; опубл. 15.03.2011 року.
4. А. с. № 59105 Україна. Комп'ютерна програма «Інформаційна система медичної (фізичної) реабілітації» / Вакуленко Д. В., Марценюк В. П. ; дата реєстрації 01.04.15.

5. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 106–127.
6. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 256 с.
7. База стандартів медичної допомоги в Україні / Офіційний сайт МОЗ України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua/ua/main/-docID=12144>.
8. Вакуленко Д. В. Інформативне значення окремих показників осцилограм судин верхньої кінцівки зареєстрованих в процесі вимірювання артеріального тиску. / Д. В. Вакуленко // Медична інформатика та інженерія. – 2013. – № 4. – С. 67–80.
9. Механика кровообращения ; пер. с англ. / К. Каро, Т. Педли, Р. Ротер, У. Сид. – М. : Мир, 1981. – 624 с.
10. Корнацький В. М. Проблеми здоров'я суспільства та продовження життя / В. М. Корнацький. – К. : Ін-т кардіології ім. М. Д. Стражеска, 2006. – 46 с.
11. Лущик У. Б. Обґрунтування потреби інноваційних медичних технологій у сучасних інформаційних програмних носіях на прикладі технологій діагностики та корекції серцево-судинної патології / У. Б. Лущик, В. В. Новіцький // Запорізький медичний журнал. – 2013. – № 1 (76). – С. 97–100.
12. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов – изд. 2-е, перераб. и доп. – Иваново : Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.: ил.
13. Обрезан А. Г. Теория «периферического сердца» профессора М. В. Яновского: классические и современные представления / А. Г. Обрезан, Т. Н. Шункевич // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Сер. 11. – 2008. – Вып. 3 – С. 14–22.
14. Пат. на корисну модель № 98210 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи з використанням методів спектрального аналізу осцилограми / Д. В. Вакуленко ; Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України». – u201410489; заявл. 27.09.2014; опубл. 27.04.2015, бюл. № 8.
15. Пат. на корисну модель № 99425 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи з використанням методів часового аналізу осцилограми / Д. В. Вакуленко; Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України». – u201410486; заявл. 25.09.2014; опубл. 10.06.2015, бюл. № 11.

16. Пат. на корисну модель № 99426 Україна, МПК А61В 5/02 (2006.01). Спосіб оцінки стану серцево-судинної системи з використанням методів морфологічного аналізу осцилограми / Д. В. Вакуленко ; Державний вищий навчальний заклад «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України». – u201410489; заявл. 25.09.2014; опубл. 10.06.2015, бюл. № 11.

17. Современные неинвазивные методы измерения артериального давления для диагностики артериальной гипертензии и оценки эффективности антигипертензивной терапии : пособие для врачей / А. Н. Рогоза, Е. В. Ощепкова, Е. В. Цагарейшвили, Ш. Б. Гориева. – М. : МЕДИКА, 2007. – 72 с.

18. Смирнов К. Ю. Разработка и исследование методов математического моделирования и анализа биоэлектрических сигналов / К. Ю. Смирнов, Ю. А. Смирнов. – СПб. : Научно-исследовательская лаборатория «ДИНАМИКА», 2001. – 60 с.

19. Яруллин Х. Х. Клиническая реоэнцефалография / Х. Х. Яруллин. – М. : Медицина, 1983. – 271 с.