

КИТ

www.uacm.kharkov.ua

КЛИНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА И ТЕЛЕМЕДИЦИНА

Официальный журнал Украинской Ассоциации «Компьютерная Медицина»



12/2015

Научно-методический журнал
Клин. информат. и Телемед.
2015, Т.11, Вып.12, сс.1–156

Цели и задачи

Междисциплинарный научно-методический журнал «Клиническая информатика и Телемедицина» публикует работы по всем разделам медицинской информатики, фармакоинформатики, биоинформатики, телемедицины. В журнале освещаются новейшие технологии в клинической информатике: госпитальные системы, компьютерные технологии в клинической нейрофизиологии и функциональной диагностике, анализ медицинских изображений и мн. др. Статьи рецензируются. Журнал зарегистрирован в ВАК Украины по четырем направлениям науки. Утверждено постановлениями президиума ВАК Украины от 10.02.10 № 1-05/1 (медицинские), 14.04.10 № 1-05/3 (фармацевтические), 26.05.10 № 1-05/4 (биологические, информатика и приборостроение). Журнал цитируется и индексируется в наукометрической базе данных *Index Copernicus*. Журнал — официальный партнер *The European Journal of Biomedical Informatics (EJBI)*, ISSN 1801-5603. Публикуются следующие типы материалов: (1) Оригинальные научные статьи; (2) Методические работы, содержащие описание новых методов и подходов; (3) Аналитические обзоры; (4) Технические замечания; (5) Письма редактору; (6) Сообщения о конгрессах и конференциях; (7) Рецензии на книги.

Редакторы

Главный редактор: О. Ю. Майоров (Харьков).
Заместители главного редактора: В. В. Кальниш (Киев), О. П. Минцер (Киев),
А. А. Морозов (Киев).

Редколлегия

Медицинские науки: М. Ю. Антамонов (Киев), А. Aubert (Belgium), Р. М. Баевский (Россия), В. М. Белов (Киев), Булах И. Е. (Киев), W. Wertelecki (USA), А. П. Волосовец (Киев), Ю. В. Вороненко (Киев), Л. С. Годлевский (Одесса), М. В. Голубчиков (Киев), А. И. Григорьев (Россия), Т. В. Зарубина (Россия), Ю. А. Зозуля (Киев), Г. Г. Иванов (Россия), Б. А. Кобринский (Россия), А. С. Коваленко (Киев), Ю. М. Колесник (Запорожье), Н. М. Коренев (Харьков), Г. В. Кнышов (Киев), В. Д. Максименко (Киев), I. Malmros (Sweden), I. Masic (Sarajevo), Б. В. Михайлов (Харьков), О. И. Орлов (Россия), О. А. Панченко (Донецк), Е. Г. Педаченко (Киев), А. В. Пиддаев (Киев), Н. Е. Полищук (Киев), Н. Г. Проданчук (Киев), Gianfranco Raimondi (Italy), А. М. Сердюк (Киев), Г. О. Слабкий (Киев), В. Н. Соколов (Одесса), U. Tan (Turkey), А. В. Фролов (Республика Беларусь), А. Н. Хвисьок (Харьков), В. И. Целуйко (Харьков), А. П. Чуприков (Киев), М. Б. Штарк (Россия), Е. А. Юматов (Россия), Н. И. Яблчанский (Харьков), В. П. Яценко (Киев).

Биологические науки: А. И. Божков (Харьков), Д. А. Василенко (Киев), В. В. Гнездицкий (Россия), М. Л. Кочина (Харьков), О. А. Кришталь (Киев), В. А. Лищук (Россия), Ю. Е. Лях (Донецк), М. Ю. Макачук (Киев), Е. А. Настенко (Киев).

Фармацевтические науки: Т. А. Бухтиарова (Киев), Ю. И. Губский (Киев), В. И. Кабачный (Харьков), В. Н. Ковалев (Харьков), Б. Л. Парновский (Львов), Н. С. Пономаренко (Киев), А. А. Рыжов (Запорожье), А. И. Тихонов (Харьков), В. М. Толочко (Харьков), В. П. Черных (Харьков).

Информатика и приборостроение (технические науки): М. J. Ball (USA), А. И. Бых (Харьков), А. П. Герасимов (Киев), В. Т. Гринченко (Киев), J. Gutknecht (Switzerland), P. Degoulet (France), G. Dietzel (Germany), R. Engelbrecht (Germany), J. Zvarova (Czech Republic), А. А. Зеленский (Харьков), В. Г. Книгавко (Харьков), J. Mantas (Greece), В. П. Марценюк (Тернополь), G. I. Mihalas (Romania), S. Olsson (Sweden), Ю. М. Пенкин (Харьков), И. Г. Прокопенко (Киев), Ю. А. Прокопчук (Днепропетровск), Л. Г. Раскин (Харьков), В. Richards (Great Britain), А. П. Столбов (Россия), Takashi Takahashi (Japan), Л. С. Файнзильберг (Киев), А. Hasman (Netherlands), С. К. Шукурян (Армения).

Редакция

Выпускающий редактор: Т. К. Винник (Харьков)
Технический редактор и реклама: Е. В. Егорова (Харьков)
Адрес редакции: УАКМ, а/я 7313, Харьков, 61002, Украина
тел. +38 (057) 700 68 81, эл.почта: kit-journal@ukr.net

Заказ журнала

Осуществляется в режиме «Книга — почтой»
Анкеты-заявки для Украины и стран СНГ направлять по адресу: kit-journal@ukr.net

Авторские
права

Все содержание защищено авторским правом издателей — УАКМ и Института МИТ.
Перевод и копирование работ разрешается при условии, что это делается не в коммерческих целях или для некоммерческого образования.
Однако, в любом случае, необходимо делать ссылку на журнал «Клиническая информатика и Телемедицина».

Издатели



© Общественная организация Украинская Ассоциация «Компьютерная Медицина» (УАКМ)
© Институт Медицинской информатики и Телемедицины (Институт МИТ)
Журнал зарегистрирован в Госкомитете телевидения и радиовещания Украины
Свидетельство КВ №8134 от 14.11.2003 г.
тел. +38 (057) 700 68 81, эл.почта: institute-mit@ukr.net, Веб-портал: www.uacm.kharkov.ua

Печать

Номер рекомендован к печати решением Ученого Совета УАКМ (протокол №09 от 28.01.2015).
Подписано в печать 30.01.2015. Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Заказ № Тираж 700 экз.
Типография ИПП «Контраст». Свидетельство ДК №1778 от 05.05.04
тел. +38 (057) 719 4913

CONTENT IN ENGLISH

3

Оригинальные статьи

ИТ в управлении здоровоохранением <i>Учет и мониторинг инновационной деятельности</i> <i>Информационное обеспечение руководителя</i>	А. Є. Горбань Обґрунтування необхідності створення та концептуальних принципів розробки автоматизованої інформаційної системи обліку та моніторингу інноваційної діяльності в сфері охорони здоров'я України Г. О. Слабкий, М. А. Знаменська Використання інформаційних технологій в системі комунікацій в охороні здоров'я Є. М. Кривенко Інформаційна складова діяльності керівників охорони здоров'я різних рівнів	5 12 19
ИТ в молекулярной биологии <i>Полимеразно-цепная реакция, принцип максимума Понтрягина</i>	В. П. Марценюк, А. С. Сверстюк, О. М. Кучвара Задача оптимального керування стадією відпалу полімеразно-ланцюгової реакції	26
ИТ в экспериментальной нейрофизиологии <i>Факторная модель, эмоциональный стресс</i> <i>Модель Ходжкина–Хаксли, мультивариативный метод</i>	О. Ю. Майоров Количественная оценка состояния «нейроэндокринных осей» и иммунной системы в условиях экспериментального эмоционального стресса: факторная модель В. П. Марценюк, З. В. Майхрук Алгоритми якісного аналізу моделі Ходжкіна–Хакслі активності аксона	31 43
ИТ в кардиологии <i>Динамические постуральные воздействия Анализ ВСР</i> <i>Статистические методы классификации, прогнозирование эффективности лечения</i>	Т. В. Сергеев, Н. Б. Суворов, П. И. Толкачёв, А. В. Белов Влияние сложных постуральных нагрузок на сердечный ритм человека М. С. Абрамович, Е. С. Атрощенко О прогнозировании эффективности лечения больных хронической сердечной недостаточностью	50 57
ИТ для мониторинга физиологических функций <i>Длительный и непрерывный мониторинг артериального давления</i>	О. Антончик, А. Джадуэй В. Шульгин Алгоритм безманжетной оценки артериального давления на основе метода максимального правдоподобия	63
ИТ в хирургии <i>Мониторинг для диагностики в хирургии</i> <i>Медицинские информационные системы в хирургии</i>	Н. Н. Велигоцкий, Н. Н. Скалий, А. В. Горбулич С. Э. Арутюнов, С. А. Павличенко Использование системы мониторинга давления в желчевыводящих протоках для диагностики билиарной обструкции І. Д. Дужий, В. В. Горох, О. В. Трубілко, С. В. Харченко Програмне забезпечення медичної інформаційної системи для обліку та аналізу хворих на шлунково-кишкові кровотечі	69 73
ИТ для анализа изображений <i>Биологическая активность воды, Эффект Кирилян</i>	Л. А. Пісоцька, Н. В. Глухова Дослідження впливу зовнішніх факторів на біологічну активність води	80
ИТ в физиотерапии	Д. В. Вакуленко Математичне моделювання впливу комплексу процедур масажу на пацієнта та масажиста	85

ИТ в терапии	Т. В. Колесник Новітні інформаційні технології оперативного аналізу і моделювання як інструмент удосконалення діагностики хронобіологічних особливостей артеріальної гіпертензії	91
Дискуссионный клуб <i>Математические модели здоровья</i>	В. А. Лищук Индустрия и культура здоровья – от систем информатизации к интеллектуальным технологиям	98
<i>Трудный диагноз, клиническая информатика</i>	И. Чайковский Трудная диагностическая проблема с точки зрения клинической информатики	106
Юбилейные даты	<i>К 20-летию кафедры клинической информатики и ИТ в управлении здравоохранением Харьковской медицинской академии последипломного образования</i>	113
	<i>К 10-летию кафедры фармакоинформатики Национального фармацевтического университета</i>	115
	<i>До Ювілею Михайла Васильовича Голубчикова</i>	116
	<i>До Ювілею Володимира Івановича Кабачного</i>	117
	<i>К Юбілею Бориса Аркадьевича Кобринского</i>	119
	<i>До Ювілею Озара Петровича Мінцера</i>	121
Нормативно-правовая база	ЗАКОН УКРАЇНИ «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007–2015 роки» від 09.01.2007 № 537-V	123
	ЗАКОН УКРАЇНИ «Про захист персональних даних» від 01 червня 2010 року № 2297-VI (із змінами)	135
Научные общества мединформатики	Украинская Ассоциация «Компьютерная Медицина» (УАКМ)	146
	Международная Ассоциация Медицинской Информатики (IMIA)	150
	Европейская Федерация Медицинской Информатики (EFMI)	152
События	Medinfo 2015: Электронное здравоохранение – доступное здравоохранение 19–23 августа 2015, São Paulo – SP, Brazil	153
	II-й З'їзд з медичної та біологічної інформатики і кібернетики з міжнародною участю 24–26 червня 2015, Київ, Україна	154
Новые книги	<i>Новые книги по медицинской информатике, анализу медицинских изображений, компьютерным методам диагностики</i>	156

УДК 616.12 – 008.331.1,004.65,004.82

Новітні інформаційні технології оперативного аналізу і моделювання як інструмент удосконалення діагностики хронобіологічних особливостей артеріальної гіпертензії

Т. В. Колесник

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»

Резюме

Вступ. Діагностичний потенціал добового моніторингу артеріального тиску (ДМАТ) можна розширити за рахунок впровадження прогресивних інформаційних технологій спрямованих безпосередньо на систематизовану обробку даних моніторингу за допомогою сучасних математичних методів дослідження динамічних систем і виявлення нових більш інформативних показників.

Мета. Оцінити варіабельність АТ за даними ДМАТ з урахуванням її динамічних властивостей і визначити тяжкість перебігу АГ за допомогою новітніх інформаційних технологій.

Матеріал і методи. Проведено ДМАТ 321 хворому на гіпертонічну хворобу (ГХ) II стадії з визначенням класичних показників добового профілю артеріального тиску. Результати ДМАТ оброблено за спеціально створеною інформаційною технологією, на основі спільного використання поліноміальних сплайнів, Марковських процесів і штучних нейронних мереж.

Результати дослідження. Запропонована інформаційна технологія дозволила за рахунок спільного використання поліноміальних сплайнів, Марковських процесів і штучних нейронних мереж принципово по-новому оцінювати варіабельність АТ з урахуванням її динамічних властивостей і визначити тяжкість перебігу АГ. Дана технологія оцінки результатів ДМАТ дає можливість на якісно новому рівні виявляти та аналізувати приховані закономірності хронобіологічних особливостей АТ, що значно розширює діагностичні можливості і дозволяє виділяти варіанти як щодо сприятливого, так і вкрай несприятливого перебігу захворювання.

Ключові слова: артеріальна гіпертензія; добове моніторування артеріального тиску; варіабельність артеріального тиску; Марковські процеси; штучні нейронні мережі.

Клин. информат. и Телемед. 2015. Т.11. Вып.12. с.91–97

Вступ

Варіабельність артеріального тиску (АТ) є одним з найважливіших хронобіологічних показників, що характеризують функціонування складної системи багаторівневої регуляції артеріального тиску. У формуванні варіабельності АТ приймають участь багато систем організму, однак провідна роль відводиться центральним нервовим механізмам – добовій періодичності збудження і гальмування в корі головного мозку і ретикулярної формації. На системному рівні у формуванні коливань АТ відіграє роль варіабельність загального периферичного судинного опору, серцевого викиду, частоти серцевих скорочень (ЧСС) і т. д., на регіонарному – зміна протягом доби потреби в кровопостачанні головного мозку та інших органів. На молекулярному рівні на варіабельність АТ впливає циркадна активність баро-і хеморецепторів, альфа-і бета-рецепторів серцево-судинної системи [1, 2].

Параметри варіабельності АТ і індекси навантаження згідно експертної оцінки Європейського товариства з вивчення гіпертонії за визначенням практичної цінності різних показників добового моніторингу артеріального тиску (ДМАТ) віднесені до високого класу значущості. Рівень короткострокових коливань АТ є одним з найважливіших хронобіологічних показників тяжкості перебігу АГ. Середні величини, хоча і дають надзвичайно важливу інформацію про виразність АГ у

конкретного хворого, не відображають всього різноманіття коливань АТ, оскільки відомо, що рівень АТ протягом доби може змінюватися під дією різних факторів більш ніж на 50 мм рт.ст. Існуючі методи аналізу варіабельності за даними ДМАТ дають уявлення лише про дискретні значення, а важлива інформація про фізіологічно безперервну зміну АТ, їх поведінку протягом доби з технічних причин втрачається.

Максимально повне розділення змін АТ, пов'язаних з добовим ритмом і варіабельністю тиску, надзвичайно важливо, оскільки поєднання високої короткочасної варіабельності і низької амплітуди добового ритму АТ вважається потенційно неблагополучним для хворого. У зв'язку з цим постійно ведуться пошуки нових способів оцінки варіабельності артеріального тиску.

З позицій хронобіології найбільш важливим є вивчення динамічних властивостей варіабельності АТ та їх вплив на формування захворювання і характер перебігу АГ, на процеси ремоделювання серця і судин і розвиток ускладнень. Проте жоден з існуючих способів аналізу варіабельності не враховує кількість епізодів і рівень короткочасних перепадів тиску, їх тривалість, а отже позбавлений потенційної можливості оцінки дійсної динаміки процесу зміни АТ і проведення коректного аналізу цього процесу з встановленням закономірностей його трансформації. Розширити діагностичний потенціал ДМАТ можна за рахунок впровадження прогресивних інформаційних

технологій спрямованих безпосередньо на систематизовану обробку даних моніторингу за допомогою сучасних математичних методів дослідження динамічних систем і виявлення нових більш інформативних показників.

Мета: оцінити варіабельність АТ за даними ДМАТ з урахуванням її динамічних властивостей і визначити тяжкість перебігу АГ за допомогою новітніх інформаційних технологій.

Матеріал та методи дослідження

На клінічній базі кафедри внутрішньої медицини №3 ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» в Антигіпертензивному центрі кардіологічного відділення 11-ої міської клінічної лікарні м. Дніпропетровська був обстежений 321 хворий (188 чоловіків і 133 жінки) на гіпертонічну хворобу (ГХ) II стадії. Середній вік в групі склав $49,77 \pm 0,54$ років, стаж АГ — $7,91 \pm 0,38$ років, індекс маси тіла — $29,9 \pm 0,26$ кг/м². Верифікація стадії ГХ проводилася на підставі даних фізикального та клініко-інструментального обстеження відповідно до уніфікованого клінічного протоколу первинної, екстреної та вторинної (спеціалізованої) медичної допомоги «артеріальна гіпертензія» (2012 р.) [3].

Добове моніторування АТ здійснювали на апаратах типу АВРМ — 02 і 04 (фірма «Meditech», Угорщина). Виміри проводили кожні 15 хвилин вдень і кожні 30 хвилин вночі, тимчасові інтервали пильнування та сну виставляли індивідуально в залежності від режиму пацієнта відповідно до щоденника активності. У випадку прийому АГП первинне обстеження хворих проводили наприкінці 7–10 денного безмедикаментозного періоду. Аналізували рівень АТ, показники «навантаження тиском» та індекси часу і площі гіпотензії (за добу (дб), день (д), ніч (н) і ранкові години (р.г.)), варіабельність АТ (В АТ) вдень і вночі, ступінь нічного зниження (СНЗ) АТ і ЧСС, подвійний добуток, час та швидкість ранкового підйому АТ, індекс неблагополуччя в ранковий період (показник величини, швидкості підйому АТ й зростання ЧСС), чистий індекс варіабельності АТ. Характер циркадного ритму АТ оцінювали за ступенем нічного зниження (СНЗ) САТ і ДАТ с виділенням 4-х типів добових кривих (dipper, non-dipper, over-dipper, night-picker).

Вперше для удосконалення існуючої методології діагностики АГ за даними ДМАТ, виявлення й аналізу особливостей хронобіологічної структури АТ була створена інформаційна технологія обробки даних ДМАТ «NeuroModelDBPM», яка дозволяє за рахунок спільного використання Марковських процесів і штучних нейронних мереж принципово по-новому оцінювати варіабельність АТ з урахуванням її динамічних властивостей і визначити тяжкість перебігу АГ (патент № 26761 від 10.10.2007) [4].

Результати і обговорення

Основною метою будь-якого моніторингу є спостереження за динамічними системами. Перша проблема, яка випливає безпосередньо з техніко-біологічних обмежень самого процесу моніторингу АТ пов'язана з тим, що неінвазивні пристрої для моніторингу кров'яного тиску здатні проводити лише дискретні виміри АТ і ЧСС, тобто, фізіологічно безперервні показники ДМАТ перетворюються в дискретні, за рахунок чого губиться важлива інформація про їх поведінку протягом доби.

Оскільки в ряді робіт [5–7] були продемонстровані переваги використання поліноміальних сплайнів для вирішення завдань медико-біологічного та екологічного моделювання,

для підвищення точності представлення добового профілю показників АТ і ЧСС до даних ДМАТ були застосовані поліноміальні сплайни [7]. Це дозволило дискретні виміри призвести до безперервного подання показників САТ, ДАТ і ЧСС. З іншого боку, оскільки АТ та ЧСС не є стаціонарними характеристиками роботи серцево-судинної системи і постійно змінюються в залежності від потреб організму, можливість безперервного подання показників ДМАТ диктує необхідність розробки нових способів аналізу поведінки АТ і ЧСС. З цієї метою за результатами ДМАТ пацієнта були сформовані масиви даних (окремо по САТ і ДАТ), де кожне вимірювання артеріального тиску відповідає певному номеру стану (табл. 1).

Табл. 1. Розподіл рівня систолічного і діастолічного артеріального тиску по станах.

№ стану	Характеристика рівня АТ	САТ, мм рт.ст.	ДАТ, мм рт.ст.
0	Знижений	до 109	до 69
1	Оптимальний	110–119	70–79
2	Нормальний	120–129	80–84
3	Високий нормальний	130–139	85–89
4	АГ 1 ступінь	140–159	90–99
5	АГ 2 ступінь	160–179	100–109
6	АГ 3 ступінь	180 і вище	110 і вище

Прогнозування змін стану АТ було проведено за ймовірної моделі на основі безперервного в часі і дискретного в просторі станів однорідного Марківського ланцюга, оскільки раніше було показано [9–13], що використання моделей безперервних Марковських процесів у порівнянні з дискретними моделями дозволяє значно точніше описати поведінку досліджуваної системи і надає можливість не тільки знайти ймовірності перебування системи в певному стані, але і відстежувати динаміку зміни ймовірностей з плином часу.

Для кардіолога моделювання процесу безперервної зміни АТ на основі ланцюгів Маркова та визначення оцінок функцій інтенсивності зміни рівня АТ дає можливість оцінювати якісні і кількісні властивості варіабельності АТ, динаміку змін АТ у часі — швидкість зміни рівня артеріального тиску і час його перебування в певному стані, кількість випадків і рівень перепадів тиску, їх тривалість.

У відповідності з градацією рівнів АТ номери стану для первинних показників ДМАТ формуються в графі процесу зміни САТ або ДАТ (рис. 1).

Визначальними характеристиками процесу варіабельності АТ є функції інтенсивності $\lambda_{k,i}(t)$ переходу зі стану в стан, а також $P_k(t)$ — ймовірність перебування процесу в певному стані.

Таким чином, процес варіабельності артеріального тиску можна класифікувати як одновимірний Марковський ланцюг з безперервним часом і певною кількістю станів, які аналізуються на вибраному часовому інтервалі.

Для визначення оцінок функцій інтенсивності формуються масиви, що характеризують відповідно проміжки часу, протягом яких процес перебував у одному стані, і після закінчення яких переходив в інший стан. В результаті моделювання

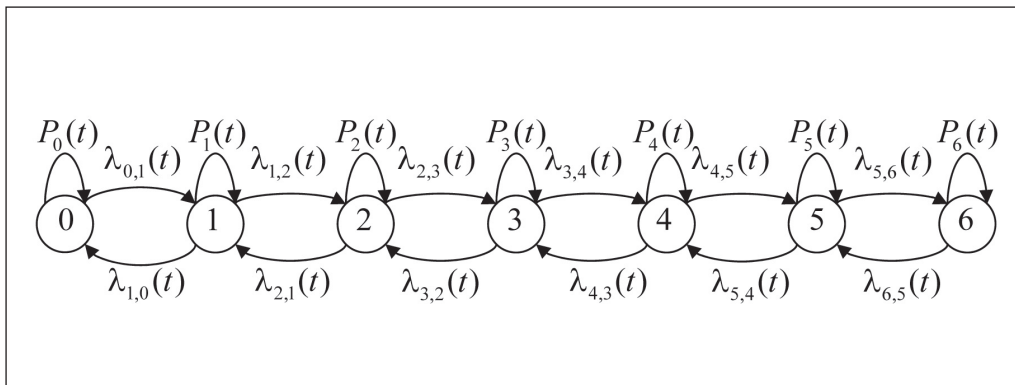


Рис. 1. Процес зміни систолічного артеріального тиску у часі.

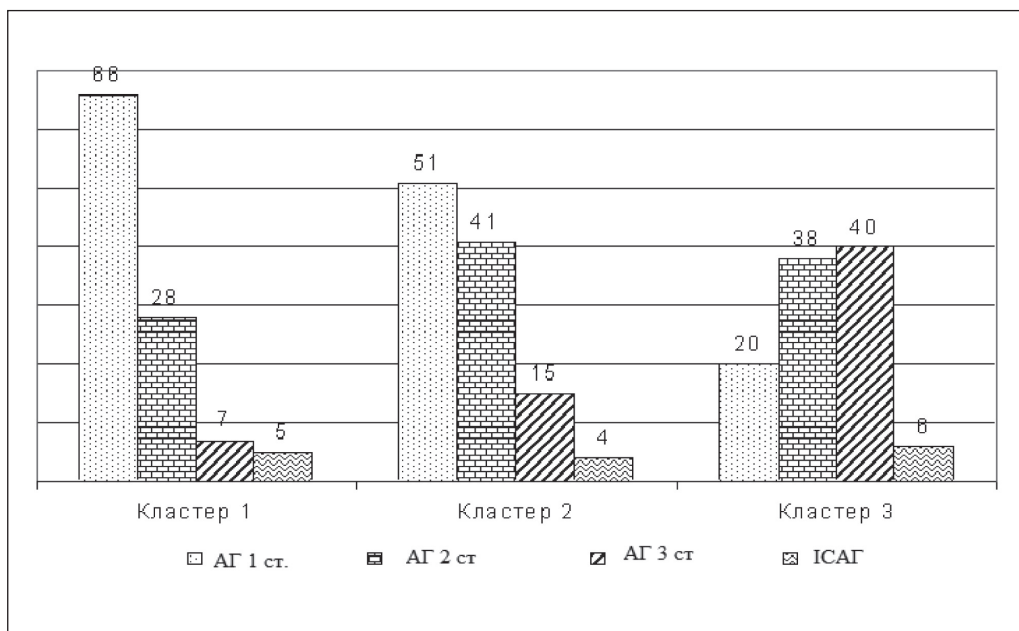


Рис. 2. Розподіл хворих ГБ II стадії за ступенем АГ з урахуванням кластеризації коливань систолічного АТ.

процесу ДМАТ для кожного з пацієнтів окремо був отриманий набір з 12 параметрів $\lambda_{0,1}(t)$, що містить для моделей показників (САТ і ДАТ) постійні оцінки функцій інтенсивності, які і складають набір нових показників ДМАТ. Моделювання процесу безперервної зміни АТ на основі ланцюгів Маркова та визначення оцінок функцій інтенсивності зміни рівня АТ дозволяє оцінювати якісні і кількісні властивості варіабельності АТ, динаміку змін АТ у часі, тобто швидкість зміни рівня артеріального тиску і час його перебування в певному стані, кількість випадків і рівень перепадів тиску, їх тривалість. Такий підхід безсумнівно, сприяє підвищенню об'єктивності та розширенню діагностичних можливостей ДМАТ.

Однак, для досягнення задовільного рівня точності й адекватності результатів автоматизованого аналізу, така кількість показників вимагає проведення попередньої обробки даних. Найбільший інтерес при цьому складають етапи відбору інформативних ознак і списку вихідного набору ознак шляхом формування меншого за кількістю набору компонент, що містять достатній відсоток інформації від вихідного набору ознак. Важливою складовою автоматизованої обробки медичних даних є дослідження невідомих, прихованих закономірностей

досліджуваного процесу. Одним із сучасних напрямів аналізу даних і вирішення завдань кластерного аналізу, стиснення і класифікації несистематизованої інформації, яка має велику розмірність, є використання технології штучних нейронних мереж. З цією метою нами була використана попередньо навчена нейронна мережа Кохонена [14]. Кількість нейронів мережі Кохонена визначає кількість класів, які потрібно виділити. Результати роботи нейронної мережі у вигляді номера кластера відповідно динамічним характеристикам короткострокових змін АТ надаються фахівцю для проведення порівняльного аналізу отриманих кластерів відповідно до стандартних показників ДМАТ та індексу варіабельності АТ з метою визначення тяжкості перебігу артеріальної гіпертензії.

Класифікація вихідних даних, у відповідності з індивідуальними динамічними характеристиками варіабельності АТ забезпечує точну ідентифікацію стандартних параметрів ($p > 0,98$), придатних для оцінки функціональних змін інтенсивності короточасних коливань АТ у різні періоди доби. Це свідчить про те, що закономірності, які визначають на основі результатів моделювання ДМАТ та подаються у вигляді номера кластера, відображають фізичну природу процесу змін артеріального

Табл. 2. Показники ДМАТ у хворих на ГХ II стадії згідно з результатами нейромережевої кластеризації.

Показник ДМАТ	Кластер 1 n = 106	Кластер 2 n = 111	Кластер 3 n = 103
САТ д	147,50 ± 0,92 a	152,57 ± 1,29 b	165,17 ± 1,76 c
САТ н	128,80 ± 1,29	131,81 ± 1,71 b	148,97 ± 1,22 c
ДАТ д	88,13 ± 0,86 a	92,69 ± 0,97 b	98,74 ± 1,22 c
ДАТ н	72,36 ± 0,88 a	76,32 ± 1,10 b	84,89 ± 1,17 c
АТ сер. д	107,90 ± 0,77 a	112,65 ± 0,99 b	120,88 ± 1,30 c
АТ сер. н	91,18 ± 0,92 a	94,82 ± 1,24 b	106,25 ± 1,37 c
ПАТ д	59,32 ± 0,92	59,88 ± 0,98 b	66,44 ± 1,20 c
ПАТ н	56,45 ± 1,00	55,48 ± 1,07 b	64,08 ± 1,34 c
ЧСС д	78,76 ± 0,86 a	76,46 ± 1,00	76,02 ± 1,14 c
ЧСС н	64,26 ± 0,75	62,74 ± 0,81	63,36 ± 0,90
ІЧ САТ д	62,89 ± 1,79 a	71,06 ± 2,07 b	86,13 ± 1,80 c
ІЧСАТ н	64,53 ± 2,62	66,35 ± 3,12 b	90,51 ± 1,95 c
ІЧ ДАТ д	43,42 ± 2,54 a	54,17 ± 2,65 b	68,35 ± 2,84 c
ІЧ ДАТ н	24,04 ± 2,66 a	36,41 ± 3,23 b	59,30 ± 3,28 c
ІП САТ д	269,50 ± 18,44 a	371,58 ± 26,33 b	630,59 ± 39,45 c
ІП САТ н	284,70 ± 25,81 a	363,86 ± 33,72 b	710,39 ± 46,23 c
ІП ДАТ д	114,60 ± 10,55 a	175,65 ± 15,91 b	278,32 ± 22,68 c
ІП ДАТ н	53,01 ± 8,38 a	104,80 ± 13,55 b	200,91 ± 20,95 c
ПД д	11622,00 ± 152,70	11678,2 ± 193,78 b	12587,27 ± 251,07 c
ПД н	8289,00 ± 135,90	8307,51 ± 175,9 b	9462,24 ± 198,52 c
СНЗ САТ	12,58 ± 0,75	13,73 ± 0,73 b	9,86 ± 0,67 c
СНЗ ДАТ	17,69 ± 0,81	17,67 ± 0,81 b	13,86 ± 0,72 c
ВСАТ д	15,88 ± 0,41	15,46 ± 0,39	14,91 ± 0,34 c
ВСАТ н	13,19 ± 0,39	13,03 ± 0,44	12,68 ± 0,39
ВДАТ д	11,42 ± 0,29	11,18 ± 0,26	10,95 ± 0,26
ВДАТ н	9,53 ± 0,28	9,75 ± 0,33	9,58 ± 0,32
ЧІВ САТ дб	19,21 ± 0,65 a	16,11 ± 0,32	15,68 ± 0,31 c
ЧІВ САТ д	17,57 ± 0,41 a	16,44 ± 0,33	16,03 ± 0,37 c
ЧІВ САТ н	16,78 ± 0,56	15,94 ± 0,58	15,99 ± 0,68
ЧІВ ДАТ дб	11,75 ± 0,28	11,40 ± 0,27	11,32 ± 0,25
ЧІВ ДАТ д	11,96 ± 0,31	11,65 ± 0,30	11,60 ± 0,29
ЧІВ ДАТ н	11,80 ± 0,46	11,30 ± 0,40	11,71 ± 0,51

Примітка: a – достовірність відмінностей між 1-м і 2-м кластером; b – достовірність відмінностей між 2-м і 3-м кластером; c – достовірність відмінностей між 1-м і 3-м кластером.

тиску. Використання результатів нейромереж та здійснення каскадної і гібридної діагностики при класифікації та кластеризації отриманих даних, дозволяє враховувати нерівномірну кількість пацієнтів в досліджуваних групах. Таким чином, інформаційна технологія «NeuroModelDBPM» кардинально відрізняється від відомих методик принципом обробки даних ДМАТ.

Вивчення варіабельності АТ та особливостей її динамічних властивостей, виявлення індивідуальних хронобіологічних характеристик захворювання з виділенням найбільш несприятливих ознак для оцінки тяжкості перебігу також проводилося у 321 хворого на ГХ ІІ стадії за оцінками функцій інтенсивності змін за добу САТ і ДАТ відповідно за розробленою інформаційною технологією.

Підсумком проведеного дослідження було розділення всіх пацієнтів згідно нейромережевої кластеризації на три кластера (групи), яке відображає вплив динамічних характеристик варіабельності САТ і ДАТ на характер перебігу АГ. Незалежно від динамічних особливостей короткострокових коливань АТ, кожен з кластерів містить у собі пацієнтів із різним ступенем АГ. Закономірності, які визначають за результатами моделювання ДМАТ і представляють у виді номеру кластера, відбивають фізичну природу процесу зміни АТ в часі.

Для встановлення особливостей коливань АТ, клінічної характеристики та перебігу захворювання серед пацієнтів, віднесених до різних кластерів, був проведений порівняльний аналіз значень стандартних показників ДМАТ попарно між кластерами.

Вплив динамічних особливостей короткочасних коливань систолічного артеріального тиску на характер перебігу АГ. За ступенем підвищення АТ (рис. 2) в 1-му кластері переважали хворі з 1-м ступенем АГ, в 2-му кластері домінували хворі з 1-м і 2-м ступенем, а в 3-му кластері переважали пацієнти з 3-м і 2-м ступенем підвищення АТ, а пацієнтів з 1-м ступенем АГ була найменша кількість серед кластерів.

Порівняння показників ДМАТ у хворих на ГХ ІІ стадії (табл. 2) свідчить про їх явні розходження в кластерах по тяжкості перебігу захворювання.

Так, 1-й кластер об'єднав пацієнтів з мінімальною кількістю різких і нетривалих перепадів ДМАТ великої амплітуди, що спостерігаються переважно в денний час. На тлі двофазного циркадного ритму АТ рівень САТ, ДАТ, ПАД, середнього АТ і показників «навантаження тиском» закономірно був вірогідно менше, ніж у 2-му і 3-м кластерах.

Варіабельність САТ вдень перевищувала граничний рівень, розрахована як STD і CVB САТ та була більше, особливо в порівнянні з 3-м кластером. Варіабельність ДАТ за всі аналізовані періоди доби не перевищувала норму. Таким чином, незважаючи на високий рівень підвищення варіабельності САТ вдень, враховуючи динамічні характеристики короткочасних коливань АТ, в 1-й кластер автоматично були відібрані пацієнти з «відносно» сприятливим перебігом АГ.

Пацієнти, які віднесені до 2-го кластеру, мали 2-й ступінь підвищення артеріального тиску, правильний циркадний ритм АТ у поєднанні з високим рівнем варіабельності САТ вдень і граничним рівнем підвищення вночі. Аналогічно 1-му кластеру, спостерігалася незначна кількість різких перепадів САТ з високою швидкістю, переважно вдень, але на відміну від 1-го кластеру, коливання САТ були меншої амплітуди, а середній рівень АТ — вище. Даний кластер займав проміжне положення за рівнем показників ДМАТ і свідчив про «відносно» несприятливому перебігу ГХ.

Кластер 3 відрізнявся від інших кластерів найвищим рівнем артеріального тиску, максимальними значеннями показників «навантаження тиском» у поєднанні з порушенням циркадного ритму САТ і вираженим переважанням підвищення САТ як вдень, так і вночі ($p < 0,05$). Кластер 3 поєднував у собі максимально високі значення показників ДМАТ з найменшим

рівнем підвищення варіабельності АТ серед всіх кластерів. На відміну від інших кластерів спостерігалися часті тривалі (монотонні) коливання САТ малої амплітуди протягом доби. Виявлені особливості свідчать про несприятливий перебіг захворювання у хворих, що увійшли в 3-й кластер.

Висновки

Таким чином, створена інформаційна технологія дозволяє за даними ДМАТ отримати нові хронобіологічні показники, що характеризують динамічні властивості варіабельності АТ, і провести їх оцінку. Запропонований спосіб дає можливість проводити аналіз варіабельності АТ за динамічними характеристиками змін АТ, незалежно від ступеня АГ, циркадного ритму АТ, що принципово відрізняє його від методик, які використовуються в даний час і свідчить про коректність інтерпретації отриманих результатів. Кластеризація результатів моделювання процесу ДМАТ, яка заснована на спільному використанні ланцюгів Маркова і нейромережевої технології дозволяє удосконалити процес діагностики і судити про важкість перебігу АГ з урахуванням істинних хронобіологічних особливостей АТ.

Запропонована інформаційна технологія аналізу результатів ДМАТ дає можливість на якісно новому рівні виявляти та аналізувати приховані закономірності хронобіологічних особливостей АТ, що значно розширює діагностичні можливості і дозволяє виділяти варіанти як щодо сприятливого, так і вкрай несприятливого перебігу захворювання.

Дослідження проводилися з дотриманням національних норм біоетики та положень Гельсінської декларації (у редакції 2013 р.) з письмової згоди обстежуваних, після докладного інформування про цілі, тривалості та процедуру дослідження. Автор статті Т. В. Колесник підтверджує, що у неї відсутній конфлікт інтересів.

Література

1. Байбуз О. Г., Приставка О. П. Слайни в надійності. *Д., Вид-во Дніпропетр. ун-ту*, 2003, 216 с.
2. Пнеденко Б. В., Коваленко І. Н. Введение в теорию массового обслуживания. *М., Наука*, 1987, 336 с.
3. Коваленко І. Н. Расчет вероятностных характеристик систем. *К., Техника*, 1982, 96 с.
4. Кокс Д., Льюис П. Статистический анализ последовательностей событий. *М., Мир*, 1969, 312 с.
5. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. *М., Финансы и статистика*, 2004, 344 с.
6. Приставка О. П., Хачапуридзе Т. М., Колесник Т. В. Спосіб оцінки варіабельності артеріального тиску та визначення тяжкості перебігу артеріальної гіпертензії. *Патент на корисну модель № 26761*. Бюл. № 16, Опубл. 10.10.2007.
7. Поляков Р. В., Старков В. Н., Тивончук В. И. Решение класса актуальных задач медико-биологического и экологического моделирования методами вычислительной физики с использованием сплайн-функций. *Вестн. нов. мед. технол.*, 1997, № 3, сс. 57–62.
8. Поляков Р. В., Старков В. Н., Тивончук В. И. Решение класса актуальных задач медико-биологического и экологического моделирования методами вычислительной физики с использованием сплайн-функций. *Вестн. нов. мед. технол.*, 1998, № 2, сс. 26–30.
9. Поляков Р. В., Старков В. Н., Тивончук В. И. Решение класса актуальных задач медико-биологического и экологического моделирования методами вычислительной физики с использованием сплайн-функций. *Вестн. нов. мед. технол.*, 1997, № 4, сс. 24–26.

10. Приставка А. Ф., Белобородько О. И. Приближение непрерывной функции интенсивности в среднем. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*. ДНУ, Дніпропетровськ, т. 4, 2001, сс. 77–86.
11. Приставка П. О. Поліноміальні сплайни при обробці даних. *Д. Вид-во Дніпропетр. ун-ту*, 2004, 236 с.
12. Уніфікований клінічний протокол первинної, екстреної та вторинної (спеціалізованої) медичної допомоги «Артеріальна гіпертензія». *МОЗ України, К.*, 2012, 107 с.
13. Duncan J. A., Scholey J. W., Miller J. A. Angiotensin II type 1 receptor gene polymorphisms in humans: physiology and pathophysiology of the genotypes. *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.* 2001, vol. 10, no. 1, pp. 111–116.
14. Mancia G., Ferrari A., Gregorini L., Parati G., Pomidossi G. et al. Blood pressure and heart rate variabilities in normotensive and hypertensive human beings. *Circulation Research*, 1983, vol. 53, no. 1, pp. 96–104.

Новейшие информационные технологии оперативного анализа и моделирования как инструмент совершенствования диагностики хронобиологических особенностей артериальной гипертензии

Т. В. Колесник

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»

Резюме

Введение. Диагностический потенциал суточного мониторирования артериального давления (СМАД) можно расширить за счет внедрения прогрессивных информационных технологий направленных непосредственно на систематизированную обработку данных мониторинга с помощью современных математических методов исследования динамических систем и выявления новых более информативных показателей.

Цель. Оценить вариабельность артериального давления по данным СМАД с учетом динамических свойств краткосрочных колебаний и определить тяжесть течения АГ с помощью новейших информационных технологий.

Материал и методы. Проведено СМАД 321 больному гипертонической болезнью (ГБ) II стадии с определением классических показателей суточного профиля АД. Результаты СМАД обработаны по специально созданной информационной технологии на основе совместного использования полиномиальных сплайнов, Марковских процессов и искусственных нейронных сетей.

Результаты исследования. Предложенная информационная технология позволяет за счет совместного использования полиномиальных сплайнов, Марковских процессов и искусственных нейронных сетей принципиально по-новому оценивать вариабельность АД с учетом ее динамических свойств и определять тяжесть течения ГБ. Данная технология оценки результатов СМАД дает возможность на качественно новом уровне выявлять и анализировать скрытые закономерности хронобиологических особенностей АД, что значительно расширяет диагностический потенциал и позволяет выделять варианты как относительно благоприятного, так и крайне неблагоприятного течения заболевания.

Ключевые слова: артериальная гипертензия; суточное мониторирование артериального давления; вариабельность артериального давления; Марковские процессы; искусственные нейронные сети.

Latest information technology operational analysis and modeling as a tool improve diagnosis of arterial hypertension chronobiological features

T. V. Kolesnik

SE «Dnipropetrovsk medical academy of the Ministry of Healthcare of Ukraine»

e-mail: tvkolesnik@mail.ru

Abstract

Introduction. The diagnostic potential of ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) can be expanded through the introduction of advanced information technologies aimed directly at the systematic processing of monitoring data using modern mathematical methods of investigation of dynamic systems and the identification of new, more informative indicators.

Objective. To evaluate the variability of blood pressure according to BPM with the dynamic properties of short-term fluctuations, and to determine the severity of the hypertension using the latest information technology.

Material and methods. A SMAD 321 patients with essential hypertension (EH) II stage of the definition of the classic indicators of circadian blood pressure profile. ABPM results processed by a specially created information technology, based on the sharing of polynomial splines, Markov processes, and artificial neural networks.

Results of the study. The suggested information technology allows by sharing polynomial splines, Markov processes, and artificial neural networks fundamentally new way to assess the variability in blood pressure because of its dynamic properties and to determine the severity of the GB. This technology evaluation of ABPM enables a whole new level to identify and analyze hidden patterns chronobiological features of AD, which significantly expands the diagnostic capabilities and allows you to select options as relatively favorable or extremely unfavorable course of the disease.

Key words: Hypertension; Ambulatory blood pressure monitoring; Blood pressure variability; Markov's processes; Artificial neural network.

©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 91–97

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

References (14)

References

- Baybuz O.G., Pristavka O.P. *Splayni v nadiynosti* [Splines in reliability]. D., Dniepropetrovsk Univ. Publ., 2003, 216 p. (In Ukr.).
- Gnedenko B. V., Kovalenko I. N. *Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya* [Introduction to the theory of mass Service]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 336 p. (In Russ.).
- Kovalenko I. N. *Raschet veroyatnostnykh harakteristik sistem* [The calculation of probability characteristics of systems]. Kiev, Tehnika Publ., 1982, 96 p. (In Russ.).
- Koks D., Lyuis P. *Statistichesky analiz posledovatelnostey so-bytiy* [Statistical analysis of the events sequences]. Moscow, Mir Publ., 1969, 312 p. (In Russ.).
- Osovskiy S. *Neyronnye seti dlya obrabotki informatsii* [Neural network for information processing]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2004, 344 p. (In Russ.).
- Pristavka O. P., Hachapurizde T. M., Kolesnik T. V. *Sposib otsinki variabelnosti arterialnogo tisku ta viznachennya tyazhkosti perebigu arterialnoyi gipertenziiyi* [The method of assessment of blood pressure variability and determine the severity of arterial hypertension]. Patent for utility model UKR no. 26761, Published 10.10.2007, Bulletin no. 16. (In Ukr.).
- Polyakov R. V., Starkov V. N., Tivonchuk V. I. Solution of Class actual problems of medical-biological and ecological modeling with methods of computational physics using spline functions. *Vestnik novykh meditsinskih tehnologiy* [Herald of new medical technologies], 1997, no. 3, pp. 57–62. (In Russ.).
- Polyakov R. V., Starkov V. N., Tivonchuk V. I. Solution of Class actual problems of medical-biological and ecological modeling with methods of computational physics using spline functions. *Vestnik novykh meditsinskih tehnologiy* [Herald of new medical technologies]. 1998, no. 2, pp. 26–30. (In Russ.).
- Polyakov R. V., Starkov V. N., Tivonchuk V. I. Solution of Class actual problems of medical-biological and ecological modeling with methods of computational physics using spline functions. *Vestnik novykh meditsinskih tehnologiy* [Herald of new medical technologies], 1997, no. 4, pp. 24–26. (In Russ.).
- Pristavka A. F., Beloborodko O. I. [Approximation of continuous functions of intensity in the average]. «Aktualni problemy avtomatyzatsiyi ta informatsinykh tehnologiy» [Actual problems of automation and information technology]. DNU Publ., Dnipropetrovsk, vol. 4, 2001, pp. 77–86. (In Russ.).
- Pristavka P. O. *Polynomialni splayni pri obrobtsti danih* [Polynomial splines in data processing]. Dnipropetrovsk, Dnipropetrovsk Univ. Publ., 2004, 236 p. (In Ukr.).
- Unifikovaniy klinichniy protokol pervinnoi, ekstrenoi ta vtorinnoi (spetsializovanoi) medichnoi dopomogi «arterial'na gipertenziya»* [Unified clinical protocols of primary, emergency and secondary (specialized) medical care «Hypertension»]. MOZ Ukraïni, Kiev, 2012, 107 p. (In Ukr.).
- Duncan J. A., Scholey J. W., Miller J. A. Angiotensin II type 1 receptor gene polymorphisms in humans: physiology and pathophysiology of the genotypes. *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.* 2001, vol. 10, no. 1, pp. 111–116.
- Mancia G., Ferrari A., Gregorini L., Parati G., Pomidossi G. et al. Blood pressure and heart rate variabilities in normotensive and hypertensive human beings. *Circulation Research*, 1983, vol. 53, no. 1, pp. 96–104.

Листування

д.мед.н., професор, **Т. В. Колесник**
 Дніпропетровська медична академія МОЗ України
 вул. Колонтай, 1, Дніпропетровськ, 49000, Україна
 тел.: 067 635 78 01
 ел. пошта: tvkolesnik@mail.ru