

УДК: 517.9: 615.82

Математичне моделювання впливу комплексу процедур масажу на пацієнта та масажиста

Д. В. Вакуленко

ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України»

Резюме

Мета. Побудувати математичну модель взаємодії комплексу процедур масажу на пацієнта та масажиста для кількісної оцінки впливу на учасників процедури масажу: пацієнта та масажиста.

Матеріали та методи. Комплекс процедур масажу спрямований на вплив на різні органи та тканини пацієнта та в результаті виконання процедур масажу відбувається зміна в органах і тканинах масажиста, які можуть кількісно бути оцінені. Для кількісної оцінки впливу процедури масажу на пацієнта, масажиста побудуємо систему звичайних диференціальних рівнянь.

Результати. В роботі розглянуто процедуру масажу, існуючі методики проведення масажу, показники що її характеризують. Узагальнено механізми впливу процедури масажу на різні системи, органи та тканини організмів пацієнта та масажиста. Було обрано репрезентативні показники досліджуваних компартментів та сформовано їх у матрицю-вектор стану пацієнта, масажиста та процедури масажу. Побудовано спрощену математичну модель процедури масажу, проведено числовий експеримент та порівняно розраховані показники з отриманими в експерименті. Має місце кореляція між однойменними розрахованими та експериментальними даними.

Обговорення. Слід відзначити, що для більш якісного відображення впливу процедури масажу на пацієнта та масажиста з врахування різних методик, тривалості та інтенсивності процедури масажу потрібно ускладнити математичну модель ввівши додаткові показники та інтегро-диференційні рівняння.

Ключові слова: процедура масажу; математична модель; матриця вектор стану пацієнта, масажиста, процедури масажу.

Клин. информат. и Телемед. 2015. Т.11. Вып.12. с.85–90

Масажні прийоми, як окремі тони музики, ніколи не звучать тривалий час поодиночі, а переходять один в один, зливаючись в акорд.
Dollinger, 1899

купність вхідних впливів $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, то для будь-яких чисел l та c_i справедливий вираз

$$A \left\{ \sum_{i=1}^n c_i \cdot x_i(t) \right\} \neq \sum_{i=1}^n c_i \cdot A \{ x_i(t) \}.$$

Введення

Сучасна біофізика розглядає біологічний об'єкт як складну саморегулюючу нелінійну систему з багаторівневою ієрархічною структурою керування [1]. Нормальне функціонування такої системи забезпечується завдяки обміну інформацією між різними рівнями управління. Біологічний об'єкт, сприймає цю інформацію, обробляє її і формує керуючі сигнали, необхідні для виконання життєво важливих функцій, від яких залежить його існування [2].

Реакції живих організмів на дії зовнішнього або зміни параметрів внутрішнього середовища відображаються у змінах динамічних параметрів різних ритмів. Таким чином, на різних рівнях управління в біологічній системі відбувається постійний обмін інформацією по горизонталі і вертикалі, який підтримує сталість всіх її параметрів в межах чітко визначеного діапазону.

У високоорганізованих біологічних об'єктах завжди підтримується динамічний гомеостаз, а самі об'єкти є гомеостатичні системи [3]. Такі системи відносяться до класу нелінійних динамічних систем, для котрих не виконується принцип суперпозиції. Це означає, що, якщо на вхід системи, подається су-

Тобто, реакція подібної системи на будь-яку лінійну комбінацію вхідних впливів не дорівнює такій же лінійній комбінації реакцій системи на кожне з впливів окремо.

Виявляється нелінійність в різних закономірностях модуляції біоелектричних сигналів, що характеризують процеси функціонування системи на різноманітних рівнях. Умовно причини не лінійності біологічної системи можна виразити через її керуючі параметри [2], тобто такі параметри, які можуть змінюватися під впливом зовнішнього і внутрішнього середовища і переходити в той чи інший нерівноважний стан у процесі функціонування системи [3].

Мета. Побудувати математичну модель взаємодії комплексу процедур масажу на пацієнта та масажиста для кількісної оцінки впливу на учасників процедури масажу: пацієнта та масажиста.

Матеріали та методи

Комплекс процедур масажу спрямований на оздоровлення, підвищення працездатності, лікування та профілактики захворювань. Для кількісної оцінки впливу процедури масажу на пацієнта, масажиста буде побудована система диференціальних рівнянь.

Результати досліджень

Побудова моделі процедури масажу. Будемо вважати, що основними групами показників характеристики стану пацієнта та масажиста будуть наступні параметри.

В основі механізму впливу масажу на організм лежить складний процес, зумовлений нервово-рефлекторним, гуморальним та механічним впливом. Всі вони між собою взаємообумовлені, так що відокремити практично один від одного неможливо.

Елементи матриці рядка стану пацієнта А

Параметри впливу масажу на шкіру. Реографічний індекс масажованої ділянки шкіри (сistolічний — РСІ і діастолічний — РДІ) — відношення систолічного (діастолічного) хвилі до стандартного каліброваного сигналу (0,1 Ом = 10 мм), виражається у відносних одиницях. Цей показник характеризує величину та швидкість притока (відтока) крові в досліджуваній зоні. Амплітуда кривої вимірюється від ізолінії до вищої точки хвилі.

Параметри впливу масажу на нервову систему. Впливаючи прийомами масажу на рефлексогенні зони, які сегментарно зв'язані з шкірою, можна досягнути рефлекторного терапевтичного впливу на патологічно змінену діяльність різних тканин та внутрішніх органів. Для моніторингу ефективності впливу масажу на нервову систему використовуються концентрації адреналіну та норадреналіну в сечі, які є продуктом діяльності симпатичної ланки вегетативної нервової системи $\left[\frac{M}{\text{гобу}}\right]$ [4].

Показники центральної регуляції та стану ендокринної системи. Механічний вплив на тканини сприяє утворенню у шкірі хімічно активних продуктів розпаду гістамін та гістаміноподібних речовин. Крім цього, гістамін сприяє підвищенню концентрації адреналіну в крові. Ацетилхолін під впливом масажу переходить в активний стан, збільшує швидкість передачі нервового збудження, поліпшує м'язову діяльність. Для оцінки показників центральної регуляції та стану ендокринної системи скористаємось методами нейродинамічного аналізу біологічних ритмів організму — показник золотого січення (0,15–0,6) [3].

Параметри впливу масажу на лімфатичну систему. При масажі дренуються лімфатичні судини. Під впливом масажу відбувається прискорення лімфотечії, кількість лімфи, яка витікає з ділянки масажу, збільшується у 6–8 разів. Для оцінки впливу масажу на лімфатичну систему використаємо результати вимірювання швидкості лімфотоків $\left[\frac{CM}{C}\right]$.

Вплив масажу на серцево-судинну систему. Вплив масажу на серцево-судинну систему здійснюється нервово-рефлекторним, гуморальним та механічним шляхами. Для оцінки впливу масажу на серцево-судинну систему скористаємось методами варіаційного аналізу ритмів серця, та знайдемо коефіцієнт золотого січення, та коефіцієнт варіабельності серцевого ритму. Показником для оцінки ССС оберемо $RMSSD$ (стандартне відхилення різниці R-R інтервалів від середньої арифметичної) — зростання досліджуваних показників свідчить про зміщення вегетативного балансу в бік переваги ПСЛ ВНС і є відображенням синусової аритмії, пов'язаної з диханням [3, 5, 6].

Вплив масажу на м'язи. Вплив масажу на м'язи полягає, в першу чергу, в нормалізації функціонального стану центральної нервової системи. Для спостереження за впливом масажу на м'язи користаємось можливостями міографії, двома її параметрами амплітудою $[mV]$ та частотою коливань $[Hz]$ зубців [3].

Вплив масажу на внутрішні органи. Масаж може здійснюватися завдяки безпосередньому масажу хворого органа (якщо доступний), масажу ділянки проекції хворого органа на поверхню тіла та впливом на рефлекторні зміни, що виникають в покривних тканинах, сегментарно зв'язаних з хворим органом. Оберемо **Реографічний індекс** (сistolічний — РСІ та діастолічний — РДІ) для дослідження відповідних органів — відношення систолічного (діастолічного) хвилі до стандартного каліброваного сигналу (0,1 Ом = 10 мм), виражається у відносних одиницях. Цей показник характеризує величину та швидкість притока (відтока) крові в досліджуваній зоні. Амплітуда кривої вимірюється від ізолінії до вищої точки хвилі.

Також можна обрати для моніторингу зміни функціонального стану внутрішніх органів під впливом процедури масажу динамічний показник функціонального стану організму та на основі методик картування біоритмів мозку, побудови сплайн-карти за результатами інтерполяції амплітудних значень основних ритмів мозку [3].

Вплив масажу на обмін речовин, газообмін, видільну функцію. Масаж має позитивний вплив на білковий, жировий, вуглеводний, мінеральний обмін речовин. Він сприяє виділенню з організму мінеральних солей, сечовини, сечової кислоти. Для моніторингу впливу масажу на обмін речовин, газообмін, видільну функцію будемо вимірювати наявність гістаміну в крові $\left[\frac{H\text{Моль}}{л}\right]$ [4].

Вплив масажу на зв'язково-суглобовий апарат. Масаж сприяє поліпшенню кровопостачання в ділянці суглобів за рахунок перерозподілу крові в організмі, місцевої та рефлекторної дії тепла, що при цьому утворюється. Про ефективність впливу масажу на зв'язково-суглобовий апарат ми можемо судити по зміні амплітуди рухів суглобів, наприклад у межах від 0 до 1.

Вплив масажу на психоемоційний стан. Ступінь впливу масажу на психоемоційний стан пацієнту будемо оцінювати за рівнем психоемоційного стану від 0 до 50 [3].

Вплив масажу на ступінь гармонізації біоритмів різних органів. Фрактальний аналіз призначений для виділення і візуальної оцінки ступеня гармонізації біоритмів різних органів і систем організму, що мають фракталоподібну структуру з метою виявлення функціональних і патологічних змін, оцінки імунного статусу організму і прогнозу зміни стану здоров'я пацієнта напорівняно тривалий до 10 днів період. Для оцінки біоритмів організму використаємо методи фрактального аналізу біоритмів організму [3].

Опис матриці процедури масажу М

На сьогодні найбільш поширена техніка класичного масажу, яка описана Вербовим (1966). Масаж виконується спеціальними рухами рук, що називаються прийоми [4]. Використовувалися наступні прийоми: погладження, розтирання, розминання, вібрація.

За **кількісними характеристиками враховувались:** зусилля, швидкість, тривалість, амплітуда.

Кожен елемент матриці строки M буде описувати основні прийоми масажу та характеризуватися чотирма кількісними характеристиками. На основі вихідних даних визначається методика процедури масажу при допомозі вагових коефіцієнтів, які можуть змінюватись від 0 до 1 в залежності віку пацієнта та його вихідного стану [4].

Побудова рівнянь моделі. Рівняння описує зміну стану пацієнта в процесі процедури масажу. Матриця $A = [x_1, x_2, x_3, \dots, x_n]$ стану пацієнту включає вище описані фізіологічні параметри пацієнта в процесі проведення процедури масажу, а функція $P(t)$ описує їх зміну в часі. Матриця $A_0 = [a_1, a_2, a_3, \dots, a_n]$ вихідного стану пацієнту відображає фізіологічні параметри

пацієнта до проведення процедури масажу. В свою чергу $M = [m_1, m_2, m_3, \dots, m_n]$ відображає матрицю процедури масажу. Матриця $C = [c_1, c_2, c_3, \dots, c_n]$ відображає фізіологічні параметри масажиста, функція $C(t)$ описує їх зміну в часі під час процедури масажу. Коефіцієнт k визначає ступінь сприйняття процедури масажу пацієнтом, а коефіцієнт d відображає ступінь взаємодії масажиста з пацієнтом під час проведення процедури масажу. k, d змінюються в обсязі від 0 до 1.

$$\frac{dP(t)}{dt} = kM * P(t) * C(t) \quad (1)$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = dM * P(t) * C(t)$$

Для рівняння (1) задамо початкові умови:

$$P(t) = A_0, C(t) = C_0. \quad (2)$$

Рівняння (1) з початковими умовами (2) назвемо математичною моделлю процедури масажу.

Зауваження. У (1), (2) приймемо за початковий момент часу $t_0 = 0$ і надалі будемо припускати початкові умови додатніми, а всі параметри моделі сталими і додатними величинами.

Чисельний експеримент

Для перевірки нашої математичної моделі процедури масажу ми вибрали пацієнта С. Матриця його вихідних параметрів була наступна.

Вплив масажу на шкіру. Реографічний індекс масажованої ділянки шкіри: систолічний — РСІ $\alpha_1 = 2,1$ та діастолічний — РДІ $\alpha_2 = 1,2$.

Вплив масажу на нервову систему. Для моніторингу ефективності впливу масажу на нервову систему використовуються концентрації адреналін $\alpha_3 = 30 \left[\frac{\text{МКГ}}{\text{гобу}} \right]$ та норадреналін $\alpha_4 = 125 \left[\frac{\text{МКГ}}{\text{гобу}} \right]$ в сечі.

Також для спостереження за впливом масажу на нервову систему можна використовувати можливості варіаційний аналіз ритмів серця, а саме стан механізмів центральної регуляції С1 $\alpha_5 = 0,21$ рівень компенсації С2 $\alpha_6 = 0,34$ резерви компенсації [3].

Механізм гуморального впливу масажу на організм. Для оцінки показників центральної регуляції та стану ендокринної системи скористаємось методами нейродинамічного аналізу біологічних ритмів організму $\alpha_7 = 0,59$.

Вплив масажу на лімфатичну систему. Для оцінки впливу масажу на лімфатичну систему використаємо результати вимірювання швидкості лімфотоків $\alpha_8 = 0,1 \left[\frac{\text{СМ}}{\text{С}} \right]$.

Вплив масажу на серцево-судинну систему. Для оцінки впливу масажу на серцево-судинну систему скористаємось методами варіаційного аналізу ритмів серця, та знайдемо коефіцієнт золотого січення $\alpha_9 = 0,07$, та комплексна оцінка варіабельності серцевого ритму може здійснюватися за показником активності регуляторних систем (ПАРС) виражаються в балах від 1 до 10. $\alpha_{10} = 5$.

Вплив масажу на м'язи. Для спостереження за впливом масажу на м'язи скористаємось можливостями міографії, двома її параметрами амплітудою $\alpha_{11} = 25 \text{ [мкВ]}$.

Вплив масажу на внутрішні органи. Реографічний індекс печінки $\alpha_{12} = 0,4$.

Також можна обрати для моніторингу зміни функціонального стану внутрішніх органів пацієнту під впливом процедури масажу динамічний показник функціонального стану організму $\alpha_{13} = 0,3$.

Вплив масажу на обмін речовин, газообмін, видільну функцію. Для моніторингу впливу масажу на обмін речовин, газообмін, видільну функцію будемо вимірювати наявність гістаміну в цільній крові $\alpha_{14} = 214 \left[\frac{\text{НМОЛЬ}}{\text{Л}} \right]$.

Вплив масажу на зв'язково-суглобовий апарат. Про ефективність впливу масажу на зв'язково-суглобовий апарат ми можемо судити по зміні амплітуди рухів суглобів, наприклад у межах від 0 до 1. $\alpha_{15} = 0,7$.

Вплив масажу на психоемоційний стан. Ступінь впливу масажу на психоемоційний стан пацієнта будемо оцінювати за рівнем психоемоційного стану від 0 до 1. $\alpha_{16} = 0,1$.

Матриця вихідного стану пацієнта A_0 буде мати наступний вигляд:

$$A_0 = [2,1; 1,2; 30; 125; 0,21; 0,34; 0,59; 0,1; 0,07; 5; 25; 0,4; 0,3; 214; 0,7; 0,1]$$

$$\alpha_1 = 2,1 \quad \alpha_2 = 1,2 \quad \alpha_3 = 30 \left[\frac{\text{МКГ}}{\text{гобу}} \right] \quad \alpha_4 = 125 \left[\frac{\text{МКГ}}{\text{гобу}} \right] \quad \alpha_5 = 0,21$$

$$\alpha_6 = 0,34 \quad \alpha_7 = 0,59 \quad \alpha_8 = 0,1 \left[\frac{\text{СМ}}{\text{С}} \right] \quad \alpha_9 = 0,07 \quad \alpha_{10} = 5$$

$$\alpha_{11} = 25 \text{ [мкВ]} \quad \alpha_{12} = 0,4 \quad \alpha_{13} = 0,3 \quad \alpha_{14} = 214 \left[\frac{\text{НМОЛЬ}}{\text{Л}} \right] \quad \alpha_{15} = 0,7$$

$$\alpha_{16} = 0,1$$

Матриця процедури масажу для пацієнта С

Матриця вихідного стану пацієнта С. $A_0 = [a_1, a_2, a_3, \dots, a_n]$ свідчить про дещо занижені фізіологічні показники

$$A_0 = [2,1; 1,2; 30; 125; 0,21; 0,34; 0,59; 0,1; 0,07; 5; 25; 0,4; 0,3; 214; 0,7; 0,1].$$

Процедуру масажу треба провести за збуджуючою методикою, рухи повинні бути поверхневі, швидкі, короткотривалі, з не великою амплітудою.

$$M = [3; 7; 4; 3; 5; 6; 5; 5; 4; 6; 4; 3; 4; 4; 6; 3; 5]$$

Матриця стану масажиста $C_0 = [c_1, c_2, c_3, \dots, c_n]$ буде мати наступний вигляд:

$$C_0 = [3,1; 2,2; 43; 130; 0,21; 0,34; 0,61; 0,1; 0,07; 5; 29; 0,4; 0,7; 214; 0,7; 0,1].$$

Розроблену модель було досліджено в програмному середовищі Матлаб.

Проілюструємо розраховані нами показники, ті які також досліджувались в експерименті (рис. 1–3).

Порівнюючи отримані данні в результаті розв'язку запропонованої математичної моделі процедури масажу з отриманими показниками в результаті проведених експериментів [6] можна прийти до висновку, що в загалом має місце кореляція між розрахованими та отриманими даними в експерименті.

Висновки

В роботі розглянуто процедуру масажу, існуючі методики проведення масажу, показники що її характеризують. Узагальнено механізми впливу процедури масажу на різні системи, органи та тканини організмів пацієнта та масажиста. Було обрано репрезентативні показники досліджуваних компартментів та сформовано їх у матрицю-вектор стану пацієнта, масажиста та процедури масажу. Побудовано спрощену математичну модель процедури масажу, проведено числовий експеримент та

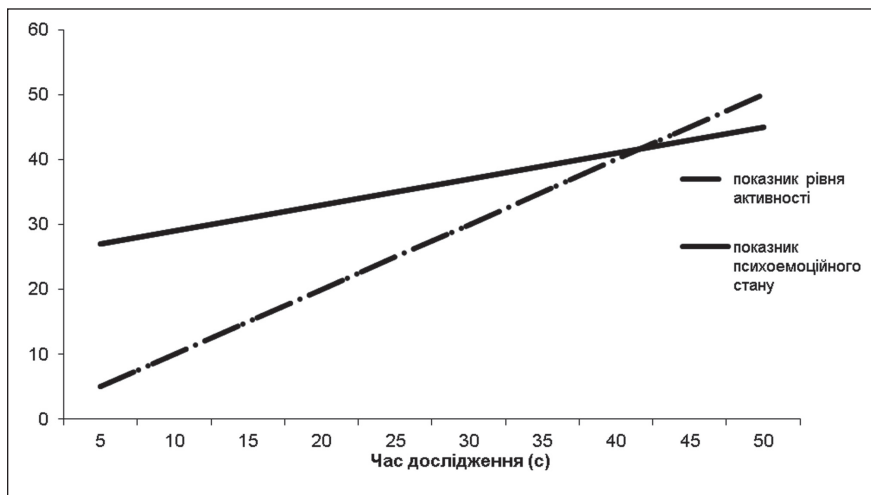


Рис. 1. Вплив масажу на психоемоційний стан організму та на ступінь гармонізації біоритмів різних органів. Розраховані показники психоемоційного стану та ступеню гармонізації біоритмів під впливом масажу.

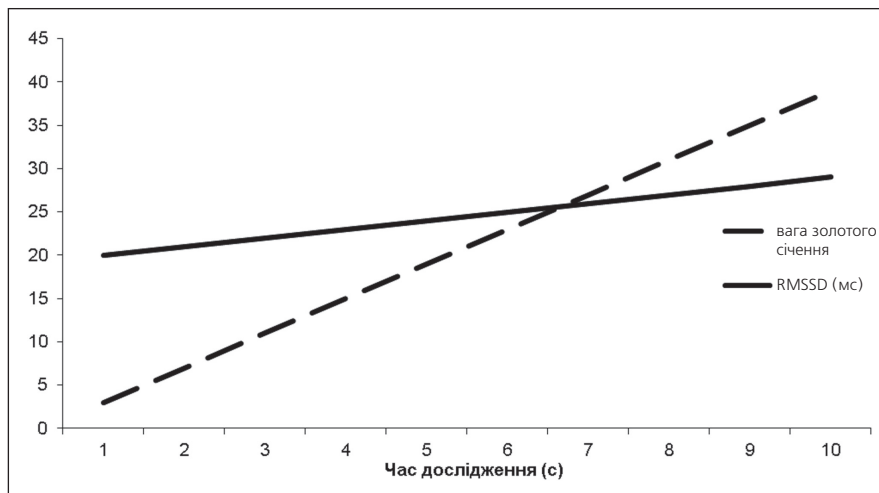


Рис. 2. Гуморальний вплив масажу на організм та на серцево-судинну систему. Розраховані показники RMSSD (мс) та вага золотого січення в співвідношенні тривалості систоли до тривалості кардіоциклу.

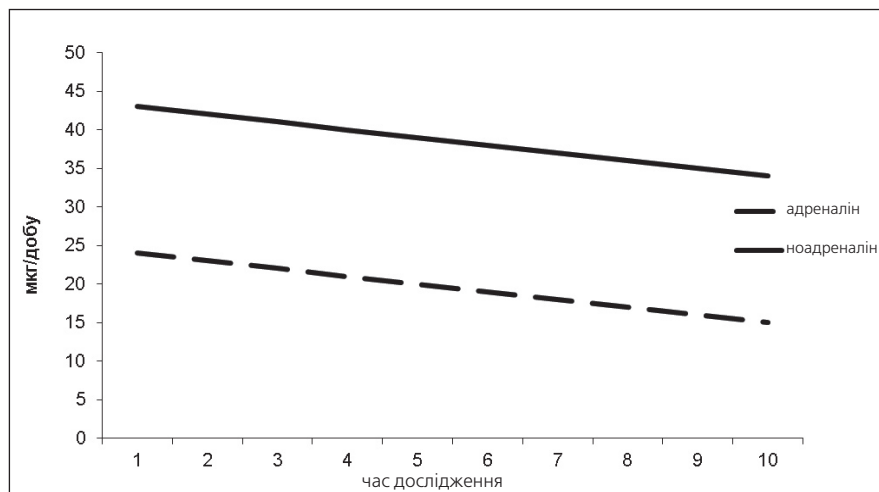


Рис. 3. Стан вегетативної нервової системи за показниками біохімічних досліджень. Розраховані показники адреналіну (мс) та норадреналіну під впливом масажу.

порівняно розраховані показники з отриманими в експерименті. Має місце кореляція між однойменними розрахованими та експериментальними даними. Слід відзначити, що для більш якісного відображення впливу процедури масажу на пацієнта та масажиста з врахування різних методик, тривалості та інтенсивності процедури масажу потрібно ускладнити математичну модель ввівши додаткові показники та інтегро-диференційні рівняння.

Дослідження проводилися з дотриманням національних норм біоетики та положень Гельсінської декларації (у редакції 2013 р.). Автор статті Д. В. Вакуленко підтверджує, що у нього відсутній конфлікт інтересів.

Література

1. Минцер О. П. Медицинские информационные системы: пути развития и перспективы в реальной жизни. *Кибернетика и вычислительная техника*, 2001, № 2, сс. 37–60.
2. Marzeniuk V. P., Nakonechny A.G. System analysis methods of medical and biological processes. Ternopil, *Ukrmedknyha Publ.*, 2003, 241 p.
3. Бабунц И. В., Мириджанян З. М., Машаех Ю. А. Азбука анализа variability сердечного ритма. Компакт-диск. Электронная версия книги, Ставрополь, 2002.
4. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). *Вестник аритмологии*, 2001, № 24, сс. 65–86.
5. Вакуленко Л. О., Прилуцька Г. В., Вакуленко Д. В., Вакуленко Л. О. Лікувальний масаж. Тернопіль, *ТДМУ, Укрмедкнига*, 2005, 430 с.
6. Смирнов К. Ю., Смирнов Ю. А. Разработка и исследование методов математического моделирования и анализа биоэлектрических сигналов. Санкт-Петербург, *Научно-исследовательская лаборатория «Динамика»*, 2001, 60 с.

Математическое моделирование влияния комплекса процедур массажа на пациента и массажиста

Д. В. Вакуленко

ГБУЗ «Тернопольский государственный медицинский университет им. И. Я. Горбачевского МОЗ Украины»

Резюме

Цель. Построить математическую модель взаимодействия комплекса процедур массажа на пациента и массажиста для количественной оценки воздействия на участников процедуры массажа: пациента и массажиста самого комплекса процедур массажа.

Материалы и методы. Комплекс процедур массажа направлен на воздействие на различные органы и ткани пациента и в результате выполнения процедур массажа происходит изменение в органах и тканях массажиста, которые могут количественно быть оценены. Для количественной оценки влияния процедуры массажа на пациента и массажиста построим систему обыкновенных дифференциальных уравнений.

Результаты. В работе рассмотрены процедура массажа, существующие методики проведения массажа, показатели которые ее характеризуют. Проведен обзор механизмов воздействия процедуры массажа на различные системы, органы и ткани организмов пациента и массажиста. Избраны репрезентативные показатели исследуемых компартментов и сформировано их в матрицу-вектор состояния пациента, массажиста и процедуры массажа. Построено упрощенную математическую модель процедуры массажа, проведен численный эксперимент и сравнительно рассчитаны показатели с полученными в эксперименте. Имеет место корреляция между одноименными рассчитанными и экспериментальными данными.

Обсуждение. Следует отметить, что для более качественного отображения влияния процедуры массажа на пациента и массажиста с учетом различных методик, продолжительности и интенсивности процедуры массажа нужно усложнить математическую модель введя дополнительные показатели и интегро-дифференциальные уравнения.

Ключевые слова: процедура массажа; математическая модель; матрица вектор состояния пациента, массажиста, процедуры массажа.

Mathematical modeling of complex massage treatments on patient and masseur

D. V. Vakulenko

SHEI «Ternopil State Medical University name after I. Y Gorbachevsky ministry of health care of Ukraine»

e-mail: dmitro_v@ukr.net

Abstract

Purpose. To construct a mathematical model of interaction of complex procedures on the patient and massage masseur to quantify the impact on participants massage procedure, patient and very complex procedures masseur massage.

Methods. Complex massage procedures aimed at influencing various organs and tissues of the patient and as a result of a change of massage treatments in organs and tissues massage, which can be quantitatively evaluated. To quantify the impact of massage procedure on the patient and masseur construct a system of ordinary differential equations.

Results. The paper discusses the procedure of massage, existing techniques of massage, indicators that characterize it. A review of the mechanisms of action of massage treatments on different systems, organs and tissues of the body of the patient and the masseur. Elected representative indicators studied compartments and formed them into a matrix-vector status of the patient, a massage therapist and massage treatments. A simplified mathematical model of massages, numerical experiments and comparative figures are calculated with those obtained in the experiment. There is a correlation between the same calculated and experimental data.

Discussion. It should be noted that in order to better display the effect of massage treatments and massage therapist on the patient according to different methods, duration and intensity of massage treatments need to complicate the mathematical model by introducing additional indicators and integro-differential equations.

Key words: Massage procedure; The mathematical model; The matrix of the state vector of the patient, a massage therapist, massages.

©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 85–90

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

References (6)

References

1. Mincer O. P. Medical information systems: the development and prospects in real life. *Kibernetika i vychislitel'naya tehnik* [Cybernetics and Computer Science]. 2001, no. 2, pp. 37–60. (In Russ.).
2. Marzeniuk V. P. System analysis methods of medical and biological process. International Workshop «PDMU-2004», May 25–30, 2004, Ternopil, Ukraine. Abstracts. pp. 209–215. (In Ukr.).
3. Babunc I. V., Miridzhanjan Z. M., Mashaeh Ju. A. ABC of heart rate variability analysis. The electronic version of the book Stavropol', 2002. (In Russ.). (http://www.medicinapediya.ru/kardiologiya_729/azbuka-analiza-variabelnosti-serdechnogo.html)
4. Baevskij R. M., Ivanov G. G., Chirejkin L. V. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (guidelines). *Vestnik aritmologii* [Herald arrhythmology]. 2001, no. 24. pp. 65–86. (In Russ.).
5. Vakulenko L. O., Priluc'ka G. V., Vakulenko D. V. Therapeutic massage. Ternopil', *TDMU, Ukrmedkniga Publ.*, 2005, 430 p. (In Ukr.).
6. Smirnov K. Ju. Smirnov Ju. A. Razrabotka i issledovanie metodov matematicheskogo modelirovanija i analiza bioelektricheskikh signalov [Development and research of mathematical modeling methods and analysis of bioelectric signals]. St. Petersburg: Scientific research. *Laboratory «Dynamics»*, 2001. 60 p. (In Russ.). (The electronic version of the book) http://www.dyn.ru/media/upload/article/Mathematical_methods_of_analysis_of_bioelectric_signals_.pdf

Листування

к.т.н., доцент **Д. В. Вакулєнко**

ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет

ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України»

майдан Волі, 1, Тернопіль, 46001, Україна

тел.: +380 (98) 620 50 57

ел. пошта: dmitro_v@ukr.net