

УДК 616-008+612.821.35-073.788:004

Стабілометричні критерії в прогнозуванні функціональних станів людини

Ю. Є. Лях, Ю. Г. Вихованець, В. І. Остапенко, В. Г. Гур'янов, А. М. Черняк
Донецький національний медичний університет ім. М. Горького, Україна

Резюме

Метою досліджень було з'ясування механізмів утримування вертикальної пози людиною при проведенні тестування в різних умовах сенсорного контролю та розробка моделі прогнозування функціональних станів на основі показників стабілометрії. Використовувались фізіологічні, біофізичні та математичні методи досліджень. На основі математичного моделювання встановлено, що прогнозування функціональних станів людини за показниками стабілометрії може успішно здійснюватися на основі оцінки довжини стабілограми, зареєстрованої при заплучених очах, потужності спектру коливань на частотах 0,5; 1,5 і 3,5 Гц у антеропостеріорній площині при тестуванні із заплученими очима і потужності спектру коливань з частотою 1,5 Гц у антеропостеріорній площині при відкритих очах.

Ключові слова: функціональні стани, стабілометрия, нейромережева модель.

Клин. информат. и Телемед.
2012. Т.8. Вып.9. с.24–29

Вступ

Дослідження механізмів регуляції вертикальної пози людини є актуальною задачею при розробці методів діагностики і лікування різних порушень функцій центральної нервової системи і рухового апарату людини [1, 2, 8, 13]. Ця проблема є актуальною і в діагностиці функціональних станів (ФС) людини. Утримання вертикальної пози (ВП) людиною розглядається як динамічний феномен, що вимагає безперервного руху тіла, і є результатом взаємодії вищих відділів центральної нервової системи, вестибулярного і зорового аналізаторів, суглобово-м'язової пропріорецепції тощо [5, 8, 12]. При будь-яких впливах, що дестабілізують баланс, нейро-м'язова система безперервно коректує рухову стратегію забезпечення стійкості тіла. В деяких випадках внесок різних аналізаторів у регуляцію ВП може вибірково знижуватися або зростати [1, 10, 11]. При зменшенні ролі соматосенсорного аналізатору (наприклад, при пошкодженні пропріорецепторів капсульно-зв'язкового апарату колінного суглобу) компенсація забезпечується більшою активністю двох інших систем [3, 9, 10]. Різні органічні пошкодження, функціональні порушення можуть приводити до дестабілізації координованих рухів людини [2, 3, 8]. З'ясувавши механізми утримання ВП при різних порушеннях та розробивши критерії оцінки, можна вирішити питання діагностики ФС. Для вивчення механізмів підтримки ВП значне поширення набув метод стабілографії, основна ідея якого полягає в реєстрації положення і зміни центру мас (ЦМ) під час стояння обстежуваного на нерухомій платформі [1, 2, 4]. Широке впровадження комп'ютерних технологій, у тому числі і при розробці систем реєстрації ЦМ при підтримці вертикальної пози, привело до появи

комп'ютерної стабілометрії. На відміну від стабілографії, коли для реєстрації стабілограм застосовувалися різні самописці, комп'ютерна стабілометрия дозволяє здійснювати цифровий запис відхилень ЦМ у різних площинах при виконанні тестів, а також проводити комп'ютерний аналіз одержаних даних в режимі on-line з розрахунком ряду динамічних показників, важливих для вивчення фізіологічних механізмів взаємодії сенсорних систем організму при підтримці ВП. Різні органічні пошкодження, функціональні порушення також можуть позначатися на кількісних показниках стабілометрії. При проведенні математичного аналізу отриманих показників стабілометрії виникає питання класифікації значень та обґрунтування критеріїв, за якими має проводитися діагностика ФС. Ця проблема пов'язана з нелінійністю, та великою кількістю показників, які треба проаналізувати при проведенні такої оцінки. Стандартні методи математичної статистики не дозволяють у достатньому обсязі вирішити це питання. Можливими шляхами вирішення цієї задачі можуть бути методи фрактального аналізу, нейромережевого моделювання та інші [3, 4, 9].

Метою досліджень було з'ясування механізмів утримування ВП людиною при проведенні тестування в різних умовах сенсорного контролю та розробка моделі прогнозування ФС на основі показників стабілометрії.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводилися на базі психофізіологічної лабораторії кафедри

медичної, біологічної фізики, медичної інформатики і біостатистики Донецького національного медичного університету ім. М. Горького. При поточному обстеженні осіб, які приймали участь у дослідженні, на підставі галузевих стандартів якості діагностики та лікування, затверджених наказами МОЗ України, було відібрано 269 досліджуваних віком від 17 до 70 років, серед яких виявилось 116 обстежуваних жіночої статі і 153 – чоловічої. З них було сформовано дві групи: контрольну та дослідну. У контрольну групу увійшли практично здорові особи, які не мали на момент досліджень гострих та загострень хронічних захворювань. Вона складалася зі 114 студентів (60 чоловіків та 54 жінки) – перша група; 28 співробітників вузу (15 чоловіків та 13 жінок) – друга група; 22 досліджуваних, у яких не було виявлено порушень у стані здоров'я при проведенні профілактичного медичного обстеження (6 чоловіків та 16 жінок) – третя група. У дослідну групу увійшло 105 осіб (чоловіків – 72, жінок – 33) з різними граничними станами. Реєстрація електрофізіологічних показників (стабілограм, електрокардіограм) здійснювалася з використанням комп'ютерного комплексу «Поліграф» [6].

Реєстрація стабілограм проводилася в довільному акті ортоградної пози з можливістю візуального контролю положення центру мас (ЦМ) на екрані

монітору (тобто зі штучним зворотним зв'язком – ШЗЗ), з відкритими очима, без зворотного зв'язку (ВО) і в умовах часткової сенсорної депривації (із заплещеними очима – ЗО). При виконанні завдань з підтримки вертикальної пози здійснюються коливання ЦМ в антеріопостеріорній та медіолатеральній площинах, які фіксуються та записуються в цифровому режимі. Тривалість запису – 3 хвилини. Після проведення реєстрації розраховувалися: довжина траєкторії переміщення центру мас (L) у двовимірній площині коливань, площа стабілограм (S), що розраховується як площа фігури, яка описується радіус-вектором, проведеним з початкового положення центру маси до його поточного положення, відношення довжини стабілограм до її площі (LFS), середнє квадратичне відхилення проекції положення центру мас в антеріопостеріорній (а/п) і медіолатеральній (м/л) площинах (Qx і Qy). Окрім цього, визначалися складові спектральної щільності (ПС) розкладання початкового сигналу в ряд Фур'є для антеріопостеріорної і медіолатеральної складових. Статистичний аналіз показників, одержаних в результаті обробки стабілограм, показав, що їх розподіл відрізняється від нормального. Відповідно до цього, при проведенні подальшого статистичного аналізу застосовувалися непараметричні критерії.

Результати досліджень

При проведенні тестів із ШЗЗ реалізується рухова задача, спрямована на регуляцію пози досліджуваного таким чином, щоб на екрані комп'ютерного монітору світова реперна точка постійно знаходилася в центрі екрану, в місці перетину двох взаємно перпендикулярних ліній. Виконання цієї задачі забезпечується за рахунок взаємодії вищих відділів центральної нервової системи, вестибулярного і зорового аналізаторів, суглобово-м'язової пропріорецепції та інших функціональних систем. Аналіз стабілограм при виконанні тестів із ШЗЗ у чоловіків та жінок включав розрахунок кількох динамічних показників (табл. 1).

При аналізі стабілометричних показників, отриманих при тестуванні із ШЗЗ, вірогідних відмінностей між контрольною та дослідною групами у чоловіків та жінок не встановлено.

Проте, в окремих групах у чоловіків виявлено збільшення L, LFS, S у осіб із захворюваннями нервової системи та системи кровообігу у порівнянні з контрольною групою працівників вузу ($p < 0,05$). У жінок також встановлено збільшення цих показників в осіб із захворюваннями

Табл. 1. Показники стабілометрії при виконанні тестів із штучним зворотним зв'язком (Me \pm m (25; 75%)).

Показники	Чоловіки		Жінки	
	контрольна група (n = 81)	дослідна група (n = 72)	контрольна група (n = 81)	дослідна група (n = 72)
L, ум. од.	47,7 \pm 2,3 (24,8; 72,6)	43,5 \pm 2,1 (23,8; 65,3)	41,6 \pm 2,1 (23,1; 74,2)	41,2 \pm 2,0 (23,8; 93,3)
S, ум. од.	0,23 \pm 0,03 (0,11; 0,48)	0,31 \pm 0,03 (0,09; 0,53)	0,19 \pm 0,02 (0,11; 0,22)	0,21 \pm 0,02 (0,05; 0,7)
LFS, ум. од.	370 \pm 25,3 (230; 558)	436 \pm 22,5 (177; 750)	473 \pm 20,6 (176; 820)	560 \pm 28,7 (145; 930)
Qx а/п	0,23 \pm 0,01 (0,11; 0,49)	0,22 \pm 0,01 (0,12; 0,45)	0,23 \pm 0,01 (0,10; 0,4)	0,20 \pm 0,01 (0,14; 0,54)
Qy м/л	0,37 \pm 0,02 (0,18; 0,64)	0,31 \pm 0,02 (0,16; 0,51)	0,32 \pm 0,02 (0,18; 0,34)	0,27 \pm 0,02 (0,13; 0,53)
ПС _{0,5Гц} м/л	3,2 \pm 0,1 (1,4; 6,5)	2,9 \pm 0,1 (1,5; 6,0)	3,2 \pm 0,1 (1,29; 6,3)	2,6 \pm 0,1 (1,22; 7,5)
ПС _{1,5Гц} м/л	0,6 \pm 0,02 (0,26; 0,96)	0,5 \pm 0,02 (0,25; 0,58)	0,5 \pm 0,01 (0,22; 1,2)	0,46 \pm 0,02 (0,25; 0,59)
ПС _{0,5Гц} а/п	4,5 \pm 0,1 (1,8; 7,9)	3,9 \pm 0,1 (1,9; 6,4)	4,1 \pm 0,1 (1,85; 7,34)	3,4 \pm 0,1 (1,5; 7,7)
ПС _{1,5Гц} а/п	0,7 \pm 0,02 (0,3; 1,2)	0,8 \pm 0,01 (0,2; 0,5)	0,6 \pm 0,01 (0,31; 1,36)	0,53 \pm 0,01 (0,31; 0,65)

нервової системи і системи кровообігу, але у порівнянні з контрольною групою студентів ($p < 0,05$).

Встановлені вірогідні відмінності між контрольною та дослідною групами при аналізі амплітудно-частотних показників стабілометрії. У чоловіків на частоті 0,5 Гц у м/л площині виявлено зменшення потужності спектру коливань (ПС) в осіб, які мають захворювання системи кровообігу у порівнянні з групою студентів, а також у осіб із захворюваннями нервової системи порівняно з групою здорових (за даними профогляду) осіб ($p < 0,05$).

Другий тест виконується з ВО (табл. 2). При виконанні цього тесту підтримка ВП здійснюється з відкритими очима, але без ШЗЗ.

Аналіз результатів стабілометрії в окремих групах дозволив встановити збільшення L і S у чоловіків, які мають захворювання нервової системи, у порівнянні з групою здорових (за даними профогляду) осіб та групою студентів ($p < 0,05$). У жінок, які мають захворювання нервової системи, у порівнянні з контрольною групою студентів встановлено зменшення L ($p < 0,05$). У порівнянні з групою студентів встановлено зменшення ПС в м/л площині на частоті 0,5 Гц і 1,5 Гц у чоловіків із захворюваннями системи кровообігу ($p < 0,05$) та на частоті 0,5 Гц в а/п площині – у осіб, які мають захворювання системи кровообігу ($p < 0,05$). Наступний тест

виконували із заплющеними очима – ЗО (табл. 3), тобто досліджували, як підтримується ВП при блокуванні зорової модальності.

При тестуванні із ЗО у чоловіків із захворюваннями системи кровообігу встановлено зменшення L порівняно з групами студентів та працівників вузу ($p < 0,05$). Також виявлено збільшення S в осіб із захворюваннями нервової системи та LFS у осіб із захворюваннями системи кровообігу у порівнянні з групою працівників вузу ($p < 0,05$). У жінок встановлено зменшення L і S в осіб, які мають захворювання нервової системи та кровообігу у порівнянні з групою студентів ($p < 0,05$). Встановлено збільшення LFS в осіб із захворюваннями нервової системи, порівняно з групою здорових (за даними профогляду) осіб ($p < 0,05$). Виявлено зменшення ПС на частоті 0,5 Гц в м/л площині у чоловіків із захворюваннями системи кровообігу у порівнянні з групою студентів ($p < 0,05$). В а/п площині на частоті 0,5 Гц встановлено зменшення ПС у осіб із захворюваннями нервової системи у порівнянні з групою працівників вузу ($p < 0,05$). На частоті 1,5 Гц в а/п площині зменшується значення ПС у осіб, які мають захворювання системи кровообігу, у порівнянні з контрольною групою працівників вузу ($p < 0,05$). У жінок на частоті 0,5 Гц у м/л площині виявлено зменшення ПС в осіб із захворюваннями нервової та системи кровообігу у порівнянні з контрольною групою студентів ($p < 0,05$).

Таким чином, встановлені вірогідні відмінності між контрольною та дослідною групами за показниками стабілометрії при проведенні тестування в різних умовах сенсорного контролю, які можуть бути обумовлені існуванням декількох типів регуляції ВП залежно від наявних функціональних і органічних розладів. Як функціональні, так і органічні пошкодження можуть приводити до порушень у діяльності функціональних систем, які формуються в процесі управління рухами, що буде позначатися на ефективності виконання рухових задач при підтримці ВП.

З метою кількісної оцінки функціональних станів на основі показників стабілометрії була побудована нейромережева модель класифікації. Використовувалася програма Statistica Neural Networks 4.0 (StatSoft. Inc., 1999). Як вхідні ознаки аналізувалися показники стабілометрії, одержані при проведенні тестів у різних умовах сенсорного контролю (ШЗЗ, ВО і ЗО). Всього для аналізу було відібрано 75 показників. Як ознака, що прогнозувалася (вихідна ознака), аналізувався показник Y, який приймав значення $Y = 0$ для контрольної групи і $Y = 1$ – для дослідної групи, і, таким чином, дозволяв здійснити класифікацію функціональних станів. Необхідно підкреслити, що Y – кількісна характеристика функціонального стану, яка може змінюватися на інтервалі $[0; 1]$. Моделі будувалися на підставі аналізу 852 запи-

Табл. 2. Показники стабілометрії при виконанні тестів з відкритими очима ($Me \pm m$ (25; 75%)).

Показники	Чоловіки		Жінки	
	контрольна група (n=81)	дослідна група (n=72)	контрольна група (n=81)	дослідна група (n=72)
L, ум. од.	52,6 ± 2,2 (25; 87)	31,1 ± 2,0 (28,2; 97)	47,3 ± 2,1 (24,9; 72)	41,5 ± 2,1 (23; 84)
S, ум. од.	0,64 ± 0,03 (0,2; 0,95)	0,70 ± 0,03 (0,2; 1,35)	0,31 ± 0,02 (0,1; 0,6)	0,20 ± 0,02 (0,09; 0,7)
LFS, ум. од.	350 ± 22,5 (117; 772)	264 ± 20,1 (123; 634)	289 ± 20,2 (101; 640)	469 ± 20,3 (138; 902)
Qx а/п	0,39 ± 0,01 (0,13; 0,86)	0,45 ± 0,01 (0,19; 0,62)	0,29 ± 0,01 (0,15; 0,5)	0,24 ± 0,01 (0,14; 0,48)
Qu м/л	0,52 ± 0,02 (0,25; 0,87)	0,47 ± 0,02 (0,2; 0,84)	0,34 ± 0,02 (0,23; 0,7)	0,33 ± 0,02 (0,22; 0,8)
ПС _{0,5Гц} м/л	5,2 ± 0,1 (1,7; 8,7)	5,8 ± 0,1 (1,8; 8,9)	4,1 ± 0,1 (2,1; 7,2)	3,3 ± 0,1 (1,7; 3,5)
ПС _{1,5Гц} м/л	0,73 ± 0,02 (0,2; 1,4)	0,85 ± 0,02 (0,3; 1,6)	0,73 ± 0,02 (0,3; 1,3)	0,55 ± 0,02 (0,34; 1,0)
ПС _{0,5Гц} а/п	8,5 ± 0,1 (2,2; 14,7)	5,4 ± 0,1 (1,9; 9,64)	6,2 ± 0,1 (2,21; 11,3)	4,4 ± 0,1 (2,3; 10,7)
ПС _{1,5Гц} а/п	1,1 ± 0,02 (0,3; 2,1)	2,9 ± 0,02 (1,1; 5,5)	0,9 ± 0,02 (0,35; 1,8)	0,6 ± 0,02 (0,41; 1,5)

Табл. 3. Показники стабілометрії при виконанні тестів із заплющеними очима (Ме ± m (25; 75%)).

Показники	Чоловіки		Жінки	
	контрольна група (n = 81)	дослідна група (n = 72)	контрольна група (n = 81)	дослідна група (n = 72)
L, ум. од.	41,3 ± 2,2 (21,9; 69,6)	42,5 ± 2,1 (23,8; 63,2)	40,6 ± 2,1 (23,6; 54,4)	35,7 ± 2,0 (21,7; 57,4)
S, ум. од.	0,25 ± 0,02 (0,19; 0,58)	0,26 ± 0,02 (0,06; 0,67)	0,23 ± 0,02 (0,15; 0,43)	0,17 ± 0,02 (0,1; 0,5)
LFS, ум. од.	395 ± 22,3 (127; 775)	398 ± 22,1 (170; 750)	319 ± 20,2 (119; 793)	553 ± 22,1 (187; 930)
Qx а/п	0,31 ± 0,01 (0,11; 0,53)	0,29 ± 0,01 (0,12; 0,47)	0,27 ± 0,01 (0,14; 0,4)	0,22 ± 0,01 (0,14; 0,44)
Qy м/л	0,47 ± 0,02 (0,21; 0,78)	0,39 ± 0,01 (0,16; 0,64)	0,38 ± 0,01 (0,2; 0,6)	0,28 ± 0,01 (0,16; 0,6)
PC _{0,5Гц} м/л	4,2 ± 0,1 (1,14; 7,7)	3,4 ± 0,1 (1,5; 6,8)	3,7 ± 0,1 (1,74; 6,62)	3,1 ± 0,1 (1,72; 6,63)
PC _{1,5Гц} м/л	0,63 ± 0,02 (0,2; 0,8)	0,50 ± 0,02 (0,25; 0,6)	0,56 ± 0,02 (0,26; 0,8)	0,44 ± 0,02 (0,25; 0,86)
PC _{0,5Гц} а/п	5,96 ± 0,1 (1,8; 10,7)	4,5 ± 0,1 (1,9; 9,2)	5,3 ± 0,1 (1,8; 9,4)	3,5 ± 0,1 (1,99; 6,6)
PC _{1,5Гц} а/п	0,8 ± 0,02 (0,2; 1,4)	0,65 ± 0,02 (0,2; 1,9)	0,6 ± 0,02 (0,28; 1,2)	0,67 ± 0,02 (0,33; 0,9)

сів стабілограм для 142 досліджуваних. Модель вважалася адекватною, якщо її похибка на навчальній множині (похибка навчання) була не меншою ($p > 0,05$) за похибку навчання на тестовій множині (похибка узагальнення).

Були побудовані моделі класифікації ФС за 75, 19, 9 та 5 ознаками. Для вибору найбільш значущих для прогнозування факторних ознак був використаний генетичний алгоритм відбору. Результати аналізу прогностичної якості моделей свідчать про те, що модель, яка була побудована на 5 вхідних ознаках, має досить високу чутливість на тестовій множині, що є свідченням її адекватності для вирішення поставленої задачі. У модель увійшли наступні ознаки: PC коливань на частоті 1,5 Гц у а/п площині з відкритими очима, довжина стабілограми L з відкритими очима, PC коливань на частотах 0,5; 1,5 та 3,5 Гц у а/п площині. При оптимізації порогу прийняття/відхилення моделі на навчальній і контрольній множині було отримане значення $Y_{кр.} = 0,520$. У випадку, коли в результаті розрахунків значення $Y < Y_{кр.}$, прогноз функціональних станів слід вважати позитивним, в іншому разі – негативним. Чутливість побудованої моделі на тестовій множині складала 84,0% (95% ВІ – 66,4%–95,9%), а специфічність – 82,9% (95% ВІ – 68,2%–95,9%). Виходячи з результатів аналізу і вимог щодо мінімізації набору факторних ознак для оцінки стану досліджуваних,

остаточно може бути запропонована нелінійна нейромережева модель прогнозу, побудована на 5 ознаках. Побудована модель являє собою двошаровий перцептрон з одним прихованим шаром, 5 вхідними ознаками і однією вихідною. Архітектура цієї моделі представлена на рис. 1.

Виходячи з аналізу п'ятифакторної нейромережевої моделі, збільшення довжини стабілограми при тестуванні із 3О може розцінюватися як факт погіршення функціонального стану досліджуваних. Збільшення довжини стабілограми обумовлене переважанням в структурі рухів, необхідних для підтримки ВП, великої кількості дрібних високочастотних коливань. Такі коливання можуть виникати при порушенні процесів передачі інформації в різних відділах ЦНС, що в результаті функціональних і органічних порушень приводить до дискоординації рухів.

Таким чином, прогнозування ФС людини за показниками стабілометрії може успішно здійснюватися на основі оцінки довжини стабілограми, зареєстрованої при 3О, PC коливань на частотах 0,5; 1,5 і 3,5 Гц у а/п площині при тестуванні із 3О і PC коливань з частотою 1,5 Гц у а/п площині при ВО.

Встановлено, що інформативним при проведенні стабілометрії є тест із 3О. Як відомо, при виконанні даного тесту реалізується рухова задача з підтримки ВП із 3О при блокуванні зорової модальності.

На основі оптимізації порогу моделі на навчальній і контрольній множині було отримане значення $Y_{кр.} = 0,520$. Якщо в результаті розрахунків поточне значення $Y_{пот.}$ буде більшим за критичне $Y_{кр.}$, прогнозується високий ризик погіршення ФС (не менше за 80% випадків). У цьому випадку пацієнт направляється на додаткове медичне обстеження, де здійснюється оцінка стану його здоров'я і призначається відповідне лікування. Якщо в результаті прогнозу поточне значення $Y_{пот.}$ буде меншим за $Y_{кр.}$, то ризик погіршення ФС обстежуваного – мінімальний. В цьому випадку не потрібне додаткове обстеження, людина може виконувати свої професійні задачі.

Висновки

На основі аналізу моделі прогнозу функціональних станів за показниками стабілометрії встановлено, що збільшення довжини стабілограми при тестуванні із заплющеними очима може розцінюватися як факт погіршення функціонального стану досліджуваних. Це обумовлено переважанням у структурі рухів при підтримці вертикальної пози великої кількості дрібних високочастотних коливань. Збільшення

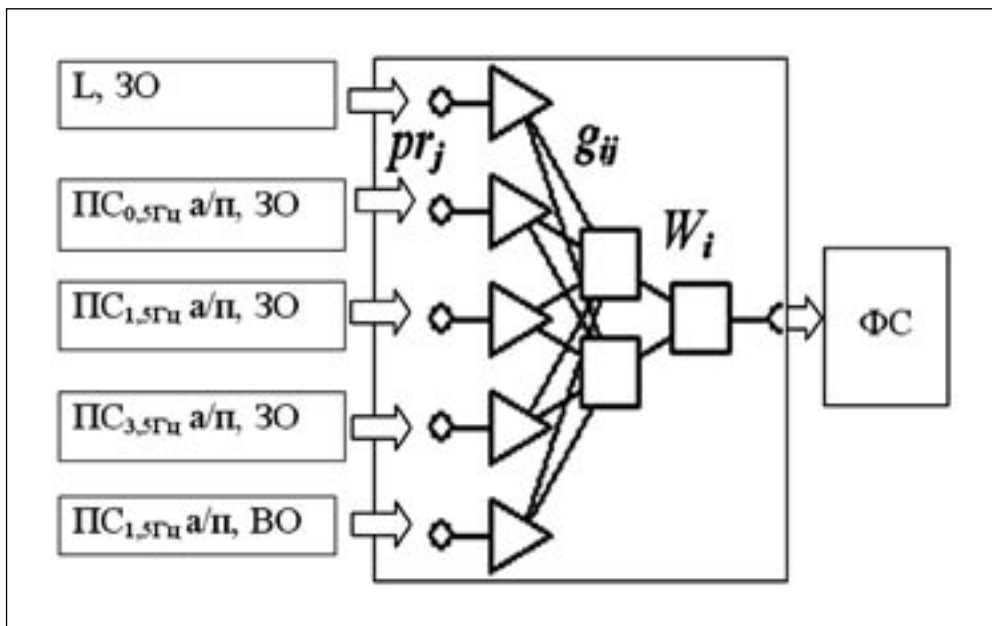


Рис. 1. Архітектура нейромережевої моделі прогнозу станів на 5 вхідних ознаках.

потужності спектру коливань центру мас у низькочастотній області (0–1 Гц) свідчить про посилення процесів зворотної аферентації при підтримці пози і поліпшенні функціонального стану досліджуваних. Підтримка вертикальної пози в цьому випадку здійснюється за рахунок злагодженої взаємодії різних рівнів ЦНС. Регуляція вертикальної пози при проведенні тестів із заплющеними очима, в основному, здійснюється за рахунок збільшення потужності спектру коливань на частотах 0,5; 1,5 і 3,5 Гц у антеріопостеріорній площині.

Література

- Анализ стабิโลграмм у лиц с нарушениями координации движений / Ю. Е. Лях, Ю. Г. Выхованец, О. Г. Горшков [и др.] // Университетская клиника. – 2009. – Т. 5, № 1–2. – С. 99–102.
- Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность / Н. А. Бернштейн. – Москва: Наука, 1990. – 495 с.
- Биокибернетические механизмы саморегуляции устойчивости и поддержания вертикальной позы (нейросетевой анализ) / Ю. Е. Лях, О. Г. Горшков, В. Г. Гурьянов, Ю. Г. Выхованец // Нейронауки: Теоретичні та клінічні аспекти. – 2010. – Т. 6, №2. – С. 28–32.
- Биокибернетический анализ стабิโลграмм у лиц с нарушениями координации движений / Ю. Е. Лях, Ю. Г. Выхованец, О. А. Панченко, С. Я. Семисалов, // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2009. – Т. 7, №1. – С. 31–34.
- Классификация объектов в биомедицинском исследовании: нейросетевая парадигма / Ю. Е. Лях, Ю. Г. Выхованец, В. Г. Гурьянов, А. Н. Черняк // Нейронауки: Теоретичні та клінічні аспекти. – 2006. – Т. 2, №1–2. – С. 103–109.
- Лях Ю. Є. Програмно-апаратний комплекс для біомедичних досліджень / Ю. Є. Лях, Ю. Г. Выхованец, В. Г. Гурьянов [та ін.] // Медична інформатика та інженерія. – 2008. – № 1. – С. 9–13.
- Нейросетевая классификация параметров стабิโลграммы / Ю. Е. Лях, Ю. Г. Выхованец, В. И. Прокопеч, А. Н. Черняк // Збірник наукових статей випуск XIX: Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. – Запоріжжя, 2008. – С. 85–88.
- Скворцов Д. В. Стабілометрия — функціональна діагностика функції рівноваги, опорно-двигательной системы и сенсорных систем / Д. В. Скворцов // Функціональна діагностика. – 2004. – № 3. – С. 78–84.
- Dumansky Y. V. Fractal dimensionality analysis of normal and cancerous mammary gland thermograms / Dumansky Y. V., Lyakh Y. E., Gorshkov O. G., Gurianov V. G., Prihodchenko V. V. // Chaos, solitons & Fractals. – 2012, vol. 45. – P. 1494–1500.
- Coleman A. The effect of shoulder immobilization on balance in community-dwelling older adults / A. Coleman, J. Clift // J. Geriatr. Phys. Ther. – 2011. – Vol. 33, №3. – P. 118–121.
- Lyakh Y. Estimating the number of data clusters via the contrast statistic / Y. Lyakh, V. Gurianov, O. Gorshkov, Y. Vihovanets // J. Biomedical Science and engineering. – 2012, vol. 5. – P. 95–99.
- The effect of load weight on balance control during lateral box transfers / R. Catena, A. DiDomenico, J. Banks [et. al] // Ergonomics. – 2010. – Vol. 53, №11. – P. 1359–1367.
- Short and long-term postural learning to withstand galvanic vestibular perturbations / F. Tjernström, A. Bagher, P. A. Fransson [et. al] // J. Vestib. Res. – 2011. – Vol. 20, № 6. – P. 407–417.

Stabilometric criteria in prediction of functional condition of the person

Yu. E. Lyakh, Yu. G. Vykhoanets
V. I. Ostapenko, V. G. Gurjanov
A. N. Cherniak

Donetsk national medical university named after M. Gorky, Ukraine

Abstract

The purpose of researches was study and evaluation of maintenance of vertical pose mechanisms in various conditions of the sensory control and building on this basis of model of functional condition prediction. The physiological, biophysical and mathematical methods of researches were used. In an outcome of mathematical modelling is determined, that the prediction of functional condition of the person can implement on basis of stabilometric parameters: lengths of stabilograms in researches with the closed eyes, power of oscillations spectrum on frequencies 0,5; 1,5 and 3,5 Hz in testing with the

closed eyes, power of oscillations spectrum on frequency 1,5 Hz in testing with opened eyes.

Key word: functional condition, stabilometry, neural network model.

Стабилометрические критерии в прогнозировании функциональных состояний человека

**Ю. Е. Лях, Ю. Г. Выхованец
В. И. Остапенко, В. Г. Гурьянов
А. Н. Черняк**

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, Украина

Резюме

Целью исследований было изучение и оценка механизмов поддержания

вертикальной позы в различных условиях сенсорного контроля и разработка на этой основе модели прогнозирования функциональных состояний. Использовались физиологические, биофизические и математические методы исследований. В результате математического моделирования установлено, что прогнозирование функциональных состояний человека может осуществляться на основе показателей стабилометрии: длины стабилотриграммы при исследованиях с закрытыми глазами, мощности спектра колебаний на частотах 0,5; 1,5 и 3,5 Гц в антериопостериорной плоскости при тестировании с закрытыми глазами, мощности спектра колебаний на частоте 1,5 Гц в антериопостериорной плоскости при тестировании с открытыми глазами.

Ключевые слова: функциональные состояния, стабилометрия, нейросетевая модель.

Листування

д.б.н., професор **Ю. Є. Лях**
Донецький національний медичний університет ім. М. Горького
пр. Ілліча, 16
Донецьк, 83003, Україна
тел.: +380 (622) 955 386
ел. пошта: rodger1964@dsmu.edu.ua