

УДК 612.176

ІНСТРУМЕНТАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ ОЦІНКИ ХАОТИЧНОСТІ ФОРМИ ФРАГМЕНТІВ ОДНОКАНАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ

Файнзільберг Л.С.^{1,2}, Оріховська К.Б.², Ваховський І.В.¹,

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

² Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
НАН та МОН України
м. Київ, Україна

Мета. Створити інструментальну систему для дослідження хаотичності форми елементів одноканальної електрокардіограми (ЕКГ) на основі різних ентропійних оцінок і провести порівняльний аналіз таких оцінок на реальних сигналах, отриманих для осіб з різним рівнем тренуваності.

Матеріали і методи. При розробці програми були використані різні методи оцінки хаотичності (Шеннонівська ентропія з використанням вікон, апроксимаційна ентропія,

індекс Хьорста, переставна ентропія, кореляційний інтеграл) та внесено ряд модифікацій у відомі алгоритми. Для отримання досліджуваних даних використовується вітчизняний портативний електрокардіограф ФАЗА-ГРАФ®.

Результати та обговорення. Створена інструментальна система (рис. 1), за допомогою якої проводився аналіз хаотичності форми елементів ЕКГ на групах тренуваних та нетренуваних волонтерів (128 осіб різного полу у віці 19-25 років).

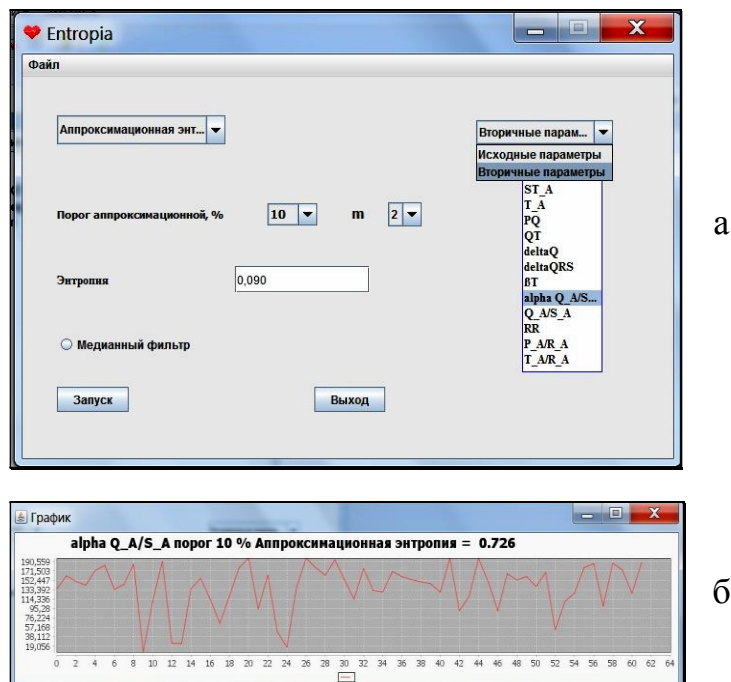


Рис. 1. Робочі вікна інструментальної системи:
діалогове вікно (а); вікно відображення графіка оброблюваного масиву (б)

Реєструвалися ЕКГ волонтерів у стані спокою, одразу після фізичного навантаження (20 присідань за 30 с) та після 3-х хвилинного відпочинку.

Оцінювалась хаотичність 25 параметрів, що характеризують форму окремих елементів

ЕКГ. В інструментальній системі забезпечувався також перехід від масивів первинних параметрів до масивів традиційних діагностичних ознак $E_P[i]$, $E_Q[i]$, $E_{ST}[i]$, $E_T[i]$, $PQ[i]$, $QT[i]$, $\Delta_Q[i]$, $\Delta_{QRS}[i]$, $\beta_T[i]$, $t_0[i]$, що

несуть відповідну інформацію про електричну активність серця від циклу до циклу.

При реалізації процедур оцінки ступеня хаотичності був внесений ряд удосконалень в традиційні методи. Зокрема, в інструментальній системі реалізований оригінальний обчислювальний алгоритм оцінки переставної ентропії за послідовними трійками значень x_{i-1} , x_i , x_{i+1} , $i = 2, \dots, N - 1$ часового ряду. Запропонований алгоритм автоматично відносить ці послідовності до одного з 5 класів патернів (рис. 2).



Рис. 2. Класи патернів запропонованої переставної ентропії при $m = 3$.

Розпізнавання патернів здійснювалось на основі перевірки таких умов [1]:

Клас «Максимум», якщо $(x_i - x_{i-1}) > h \wedge (x_i - x_{i+1}) > h$, (1)

Клас «Мінімум», якщо $(x_{i-1} - x_i) > h \wedge (x_{i+1} - x_i) > h$, (2)

Клас «Зростання», якщо $(x_i - x_{i-1}) > h \vee (x_{i+1} - x_i) > h \vee (x_{i+1} - x_{i-1}) > h$, (3)

Клас «Спадання», якщо $(x_{i-1} - x_i) > h \vee (x_i - x_{i+1}) > h \vee (x_{i-1} - x_{i+1}) > h$, (4)

Клас «Постійний», якщо умови (1)-(4) не виконуються, (5)

де h – поріг, який налаштовується під конкретні дані.

Вибір вихідних даних, методу оцінки хаотичності та налаштування параметрів обчислювальних процедур здійснюється в інтерактивному режимі з використанням елементів управління робочого вікна інструментальної системи. Результат обробки подається в текстовому і графічному видах.

За результатами дослідження у тренуваних і нетренуваних осіб спостерігаються достовірні відмінності хаотичності ряду показників, що характеризують форму фрагментів ЕКГ. При цьому у тренуваних осіб хаотичність одних показників під навантаженням була вище, ніж у нетренуваних, а інших показників – нижче.

Виявлені факти, ймовірно, відображають відмінності в ступені «навченості» окремих ділянок міокарда спортсменів і не спортсменів до виконання навантажень. Зрозуміло, виявлені явища, які можуть відкрити нові можливості в оцінці адекватності реакції організму на навантаження, вимагають подальших

поглиблених досліджень за участю фізіологів і спортивних лікарів.

поглиблених досліджень за участю фізіологів і спортивних лікарів.

Висновки. Встановлено, що у людей з різним ступенем тренуваності організму виявляються достовірні відмінності показників хаотичності елементів форми ЕКГ. Ці зміни можна використовувати як додаткові ознаки ступеню тренуваності організму.

Розроблена інструментальна система дає можливість зручно проводити необхідні дослідження при розробці нових медичних систем, вибирати відповідний обчислювальний алгоритм, налаштовувати його під конкретні дані і приймати рішення про необхідність його модифікації.

Список використаної літератури.

1. Файнзильберг Л.С., Ориховская К.Б. Информационная технология оценки адаптационных резервов организма в полевых условиях // Кибернетика и вычислительная техника. — 2015. — Вып. 181. — С. 4-22.