
... ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН ...
... PHYSIOLOGY OF HUMAN AND ANIMALS ...

УДК: 612.17:613

Дослідження адаптаційних можливостей та фрактальних характеристик кардіоритму студентів Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна з різними типами кровообігу
М.С.Гончаренко, Т.М.Чикало*Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна (Харків, Україна)*
valeolog@univer.kharkov.ua

Проведено дослідження фрактальності серцевого ритму студентів ХНУ імені В.Н.Каразіна у стані спокою, під час навантаження та при відновленні після навантаження в залежності від гемодинамічних типів обстежених. Встановлено, що адаптаційні можливості організму та фрактальні характеристики серцевого ритму залежать від типу кровообігу. Гіперкінетичний тип кровообігу найменш ефективний в гемодинамічному відношенні та потребує більш значних затрат міокарду.

Ключові слова: *серцево-судинна система, ЕКГ, гемодинамічні типи, адаптаційний потенціал, фрактальний аналіз, індекс Херста.*

Исследование адаптационных возможностей и фрактальных характеристик кардиоритма студентов Харьковского национального университета имени В.Н.Каразина с различными типами кровообращения
М.С.Гончаренко, Т.М.Чикало

Проведено исследование фрактальности сердечного ритма студентов ХНУ имени В.Н. Каразина в состоянии покоя, во время нагрузки и при восстановлении после нагрузки в зависимости от гемодинамических типов обследованных. Установлено, что адаптационные возможности организма и фрактальные характеристики сердечного ритма зависят от типа кровообращения. Гиперкинетический тип кровообращения наименее эффективен в гемодинамическом отношении и требует более значительных затрат миокарда.

Ключевые слова: *сердечно-сосудистая система, ЭКГ, гемодинамические типы, адаптационный потенциал, фрактальный анализ, индекс Херста.*

Investigation of adaptive capacity and cardiorythm fractal characteristics of V.N.Karazin Kharkiv National University students with different types of circulation
M.S.Goncharenko, T.M.Chikalo

The study of heart rate fractal of V.N.Karazin Kharkiv National University students at rest, during exercise and during recovery after stress, depending on the hemodynamic type of students has been carried out. It has been established that adaptive possibilities of the organism and fractal characteristics of heart rate depend on the type of circulation. Hyperkinetic type of circulation is the least efficient in regard to hemodynamics and requires more significant efforts of myocardium.

Key words: *cardiovascular system, ECG, hemodynamic types, adaptive potential, fractal analysis, Hurst index.*

Вступ

Серцево-судинна система з її багаторівневою регуляцією є системою, кінцевим результатом діяльності якої є забезпечення заданого рівня функціонування цілісного організму. Будь-якому заданому рівню функціонування організму відповідає еквівалентний рівень функціонування апарату кровообігу. Таким чином, система кровообігу є чутливим індикатором адаптаційних реакцій організму, а варіабельність серцевого ритму добре відображає ступінь напруги регуляторних систем, має

важливе прогностичне і діагностичне значення. Вивчення варіабельності серцевого ритму дає важливу інформацію про стан вегетативної нервової системи й рівня регуляції організму в цілому (Баевский, 1986).

Висока частота виявлення різних патологій в діяльності серцево-судинної системи свідчить про необхідність подальшого вдосконалення системи діагностики функціонального стану організму. У зв'язку з цим дедалі актуальнішим стає використання найсучасніших методів діагностування серцево-судинної системи. Для комплексного обстеження серцево-судинної системи, а також стохастичності в діяльності даної системи використовують фрактальний метод аналізу електрокардіограми (ЕКГ). Добре відомий метод інтервалокардіографії Р.М.Баєвського дає інформацію про стан тієї або іншої системи організму в даний конкретний момент; а метод фракталів дозволяє досліджувати діапазон адаптивних можливостей всієї системи протягом тривалого проміжку часу. Показники, отримані при використанні методу Р.М.Баєвського, лабільні і можуть багаторазово змінюватися протягом доби, відображуючи зміни в регуляції функції. Напроти, показники фрактального аналізу ЕКГ більш інертні і свідчать про місце знаходження біосистеми в системі координат «стохастичність діяльності біосистеми – кінцевий результат її функції». Важливо те, що інформація, отримана при фрактальному аналізі ЕКГ, має кількісний характер, відображаючи ступінь «самоподібності» системи (Ткачук и др., 1994).

Самоподібність системи означає, що структура або процес виглядають однаково в різних масштабах або в різних інтервалах часу. Ступінь самоподібності при фрактальному аналізі ЕКГ характеризується індексом Херста. Чим більший ступінь самоподібності в стохастичності діяльності системи, якщо розглядати цю стохастичність в різних масштабах, тим ближче цей індекс до 1,0. Порушення самоподібності зменшує індекс Херста та свідчить про порушення в діяльності біосистеми.

Таким чином, здійснюючи моніторинг ступеня стохастичності діяльності системи при поточному й етапному контролі, можна зробити висновок про те, в який бік рухається система – оптимізації або дисфункції. Так, наприклад, при зниженні функціональних резервів організму відбувається зниження кількісної характеристики фрактального аналізу – індексу самоподібності системи (Чистякова, 2005).

Адаптаційні можливості організму людини в значній мірі залежать від гемодинамічних типів. Різні типи кровообігу мають своєрідність перебігу патологічних процесів в організмі. За Н.Н.Савицьким виділяють три типи кровообігу: гіпокінетичний (ГТК), еукінетичний (ЕТК) та гіперкінетичний (ГрТК) (Савицький, 1974).

У людей, що мають ГрТК, серце працює в найменш економічному режимі й діапазон компенсаторних можливостей цього типу кровообігу обмежений. При цьому типі гемодинаміки має місце висока активність симпатoadреналової системи. При даному типі кровообігу найбільше часто виявлялися дезадаптивні реакції гемодинаміки на функціональні проби. Дані літератури свідчать про те, що гіперкінетичний тип кровообігу вимагає великих витрат і менш ефективний у гемодинамічному відношенні, тобто осіб з гіперкінетичним типом кровообігу можна розглядати як недостатньо адаптованих до виконання робіт, особливо при тренуваннях на витривалість. Навпаки, при гіпокінетичному типі кровообігу серцево-судинна система має більш динамічний діапазон і діяльність серця найбільш економічна. Встановлено, що у осіб з ГТК спостерігається більше високий рівень споживання кисню при навантаженні, також у них найбільш економічно витрачаються резерви міокарду. Еукінетичний тип кровообігу по показникам серцево-судинної системи займає проміжне положення між розглянутими вище типами.

Це свідчить про те, що для забезпечення оптимального функціонування організму особи з різними типами кровообігу будуть використовувати різні рівні адаптаційних можливостей.

Мета роботи – дослідження впливу типологічних особливостей гемодинаміки на адаптаційні можливості організму та встановлення характеру змін фрактальності серцевого ритму в залежності від типу кровообігу для осіб віком 17–20 років.

Методика

Обстежену групу склали студенти 1–3 курсів філософського факультету та факультету іноземних мов Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна у кількості 81 особи (з них 8 юнаків та 73 дівчат) віком 17–20 років.

Протокол дослідження включає вимірювання антропометричних даних (зріст, віга тіла), показників артеріального тиску (АТ) та частоти серцевих скорочень (ЧСС) за стандартними методиками. За отриманими показниками розраховували вагово-ростовий індекс Кетле (Гончаренко и др., 2000) та показники гемодинаміки за Н.Н.Савицьким (пульсовий тиск; систолічний об'єм крові; хвилиний об'єм кровообігу; площу поверхні тіла; серцевий індекс) (Граевская, Долматова, 2004). Для

інтегральної фізіологічної характеристики використовували розрахункову величину адаптаційного потенціалу за Р.М.Баєвським (Баевский, 1979).

Для експрес-діагностики стану серцево-судинної системи використовували метод фрактального аналізу серцевого ритму (Голбергер и др., 1990). Основою даного методу є реєстрація 100 кардіоінтервалів та подальша обробка за допомогою спеціальної програми комплексного комп'ютерного дослідження фізичного стану «VEDUN», розробленою лабораторією «Діагностики функціонального стану здоров'я» факультету фізичного виховання Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Реєстрація ЕКГ проводиться на одному із стандартних відведень (I чи II) на електрокардіографі ЕК 1Т-03М. Розраховується кількісний показник фрактальності – індекс Херста ($H = \lg(R/S) / \lg(\tau/b)$), де R – розмах; S – стандартне відхилення; b – поправочний коефіцієнт; τ – перемінна) (Федер, 1991).

Запис електрокардіограми проводився в три етапи: у стані спокою тривалістю 5 хв; під час навантаження (стандартна проба Генча) – 25 сек; та в період відновлення після навантаження – 5 хв.

Контроль ЕКГ сигналу проводився на аналоговому моніторі. Оцінку достовірності відмінностей досліджуваних показників різних груп обстежених проводили з використанням парного рангового критерію Вілкоксона.

Результати та обговорення

Аналіз гемодинамічних типів студентів показав, що еукінетичний (43%) тип переважав над гіперкінетичним (33%) та гіпокінетичним (24%). Були визначені середні значення показників гемодинаміки студентів з різними типами кровообігу (табл. 1).

Таблиця 1.

Абсолютні значення показників гемодинаміки різних типів кровообігу

	ГТК (n=19)	ЕТК (n=35)	ГрТК (n=27)	Достовірність		
				ГТК-ЕТК	ЕТК-ГрТК	ГТК-ГрТК
Зріст	173,6 ± 2,17	167,4 ± 0,88	163,7 ± 1,00	0,01	0,01	0,00
Вага	61,9 ± 1,40	58,9 ± 1,23	52,1 ± 0,88	0,13	0,00	0,00
АТс	118,3 ± 2,44	117,1 ± 2,03	115,6 ± 1,93	0,72	0,60	0,39
АТд	70,8 ± 1,57	71,4 ± 1,24	70,1 ± 1,37	0,77	0,48	0,74
ЧСС	67,7 ± 1,94	80,3 ± 1,72	89,1 ± 1,95	0,00	0,00	0,00
ПТ	47,5 ± 1,91	45,7 ± 1,56	45,5 ± 1,49	0,49	0,94	0,42
СО	65,4 ± 1,44	64,0 ± 1,09	64,6 ± 1,19	0,43	0,70	0,66
ХОК	4407,9 ± 126,66	5110,3 ± 109,75	5733,3 ± 117,73	0,00	0,00	0,00
S	180,2 ± 5,82	156,0 ± 3,96	142,8 ± 2,72	0,03	0,00	0,00
CI	2,46 ± 0,049	3,11 ± 0,039	4,04 ± 0,095	0,00	0,00	0,00
АП	1,94 ± 0,053	2,10 ± 0,056	2,14 ± 0,055	0,04	0,63	0,02
IK	356,5 ± 6,48	351,7 ± 6,80	318,7 ± 5,52	0,65	0,00	0,00

Примітка: АТс – систолічний артеріальний тиск; АТд – діастолічний артеріальний тиск; ЧСС – частота серцевих скорочень за одну хвилину; ПТ – пульсовий тиск; СО – систолічний об'єм крові; ХОК – хвилинний об'єм кровообігу; S – площа поверхні тіла; CI – серцевий індекс; АП – адаптаційний потенціал; IK – індекс Кетле.

Аналіз показників ЧСС, ХОК та CI у студентів з різними типами кровообігу свідчить про те, що найбільш високі значення цих показників мають студенти з ГрТК. Як відомо, гіперкінетичний тип характеризується роботою серця в найменш економному режимі й обмеженим діапазоном компенсаторних можливостей кровообігу. Напряга роботи серця у осіб з ГрТК підтверджується високими значеннями ЧСС, наближеними до величини, що характеризується тахікардією (90 уд./хв і вище). Навпроти, особи із гіпокінетичним типом кровообігу мають значення ЧСС у середньому 67,7 уд./хв, що свідчить про найбільш економічну роботу серцево-судинної системи. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що студенти з ГТК мають найвищі значення показника S (180,2 м²). Навпроти, найнижчі значення S зафіксовані в осіб із ГрТК (142,8 м²).

Еукінетичний тип кровообігу по показникам серцево-судинної системи займає проміжне значення. Для нього характерні середні значення показників серцевого індексу (CI), питомого периферичного опору судин (ППОС), загального периферичного опору судин (ЗПОС). Для цього типу кровообігу характерні середні резерви міокарду.

Відмінності серед гемодинамічних типів спостерігаються і при дослідженні ваги тіла та зросту обстежених. Особи з гіперкінетичним типом кровообігу мають низькі значення індексу Кетле (Інд.Кетле = Вага (г) / Зріст (см)). Таким чином, слабкий розвиток м'язової системи перебуває в тісному зв'язку з роботою серцево-судинної системи.

Щоб дослідити функціональні можливості організму залежно від типу кровообігу, в якості інтегральної оцінки фізіологічних функцій організму використовували розрахункову величину адаптаційного потенціалу (АП) за Баєвським (табл. 2).

Таблиця 2.

Адаптаційний потенціал у студентів з різними типами кровообігу

Тип кровообігу	АП (ум.од.)	Достовірність		
		ГТК–ЕТК	ЕТК–ГрТК	ГТК–ГрТК
ГТК	1,94 ± 0,053	0,04	0,63	0,02
ЕТК	2,10 ± 0,056			
ГрТК	2,14 ± 0,055			

Результати отриманих даних підтверджують, що у студентів з ГТК та ЕТК адаптаційні можливості організму кращі, ніж в осіб із ГрТК. Так, значення АП у межах до 2,1 бала, що характеризує задовільну адаптаційну можливість організму, спостерігаються в студентів із ГТК і ЕТК. Студенти із ГрТК мають значення показника АП більш ніж 2,1 бали. Це свідчить про напругу адаптаційних можливостей організму. Досліджено процентний розподіл адаптаційного потенціалу у студентів, в залежності від типу кровообігу (рис. 1).

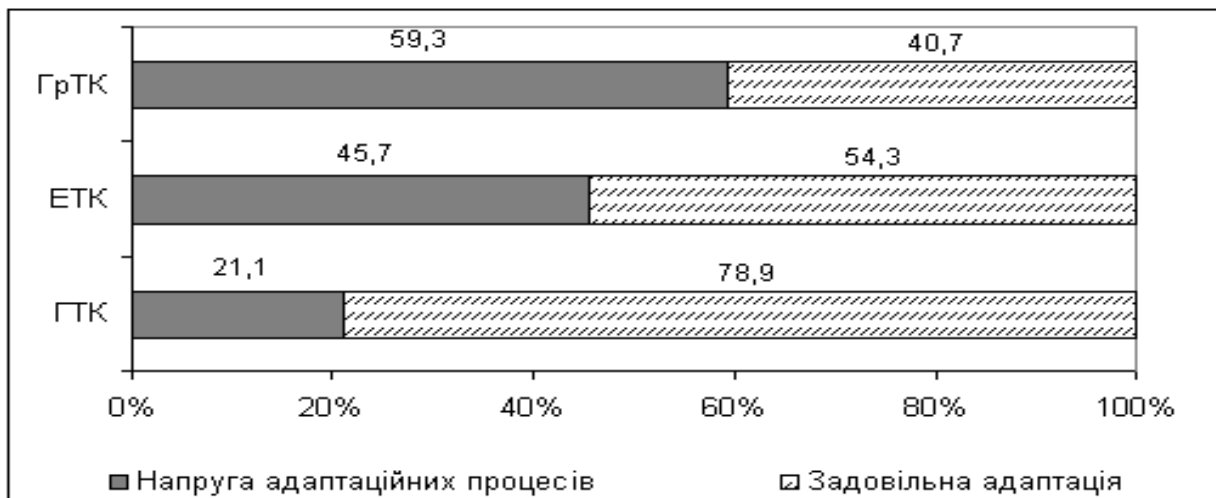


Рис. 1. Розподіл адаптаційного потенціалу у студентів ХНУ імені В.Н.Каразіна

Аналіз АП у студентів з різними типами кровообігу показує, що адаптаційні можливості організму залежать від типу кровообігу ($p=0,007$). Так, серед студентів з ГТК, переважають ті, які мають задовільну адаптацію організму. Напроти, більш ніж половина студентів з ГрТК зазнають напругу адаптаційних процесів. Це пояснюється тим, що при гіперкінетичному типі регуляції серце працює в найменш економному режимі і компенсаторні можливості його обмежені. При цьому відзначається висока активність симпато-адреналової системи. Студенти з ЕТК по адаптаційним можливостям організму займають проміжне місце.

Для визначення характеру залежності фрактальності серцевого ритму від типу кровообігу було проведено дослідження самоподібності серцевого ритму студентів у стані спокою, під час

навантаження та при відновленні після навантаження. Досліджені фрактальні характеристики кардіоритму студентів з різними типами кровообігу (рис. 2).

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що вихідні дані, а саме фрактальність серцевого ритму в стані спокою, подібна для всіх типів кровообігу. На особливу увагу заслуговує розгляд реакції серцевого ритму на функціональну пробу із затримкою дихання та відновлення після неї. При цьому спостерігаються відмінності в самоподібності кардіоритму для обстежених з різними типами кровообігу.

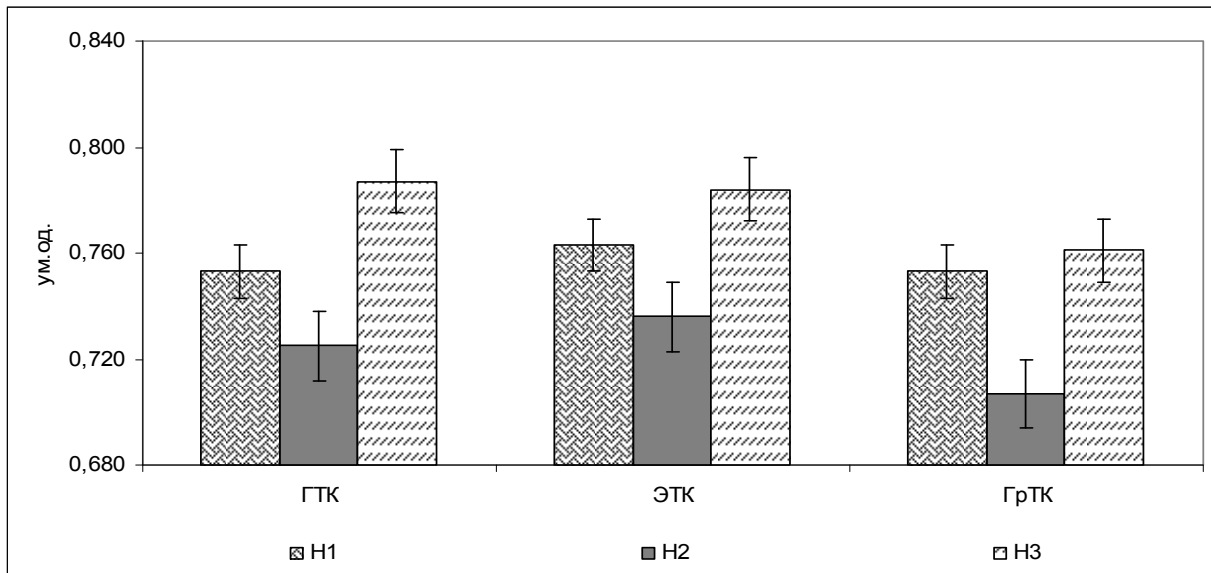


Рис. 2. Показник фрактальності кардіоритму в залежності від типу кровообігу

Примітка: H1 – фрактальність серцевого ритму в стані спокою; H2 – у стані навантаження; H3 – у стані відновлення після навантаження.

Під час навантаження (проба Генча) спостерігається зменшення фрактальності кардіоритму, що є нормальною реакцією на даний вплив. Особливо це стосується студентів з ГрТК, де індекс Херста при навантаженні знижується до рівня нижче середнього за градацією (Чистякова, 2007). Під час відновлення після навантаження показник фрактальності серцевого ритму у студентів з ГТК та ЕТК досягає рівня вище середнього, що перевищує вихідне значення показника у стані спокою. Це свідчить про наявність резервів серцево-судинної системи у студентів та їх активізацію після дозованого навантаження. Зовсім інша картина спостерігається у обстежених з ГрТК, де при відновленні після навантаження індекс Херста незначно перевищує вихідне значення показника. Це можна характеризувати недостатністю резервів міокарду для самовідновлення та напругою роботи кровоносної системи.

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Адаптаційні можливості організму людини в значній мірі залежать від типу кровообігу. У студентів з гіпокінетичним типом кровообігу переважає задовільна адаптація організму до змін навколишнього середовища. Напроти, більшість студентів з гіперкінетичним типом зазнають напругу адаптаційних процесів. При цьому типі гемодинаміки спостерігається висока активність симпатoadреналової системи.

2. Встановлено, що фрактальні характеристики серцевого ритму залежать від типу кровообігу, особливо це спостерігається при навантаженні. Ритм серцевих скорочень у студентів з гіперкінетичним типом кровообігу при відновленні після навантаження має найменш виражену самоподібність.

Результати обстеження підтверджують аналіз літературних даних про те, що гіперкінетичний тип кровообігу найменш ефективний в гемодинамічному відношенні та потребує більших затрат міокарду.

Список літератури

- Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М., 1979. – 298с. /Bayevskiy R.M. Prognozirovaniye sostoyaniy na grani normy i patologii. – M., 1979. – 298s./
- Баевский Р.М. Ритм сердца у спортсменов. – М., 1986. – 240с. /Bayevskiy R.M. Ritm serdtsa u sportsmenov. – M., 1986. – 240s./
- Гончаренко М.С., Голоднюк Н.В., Иванова А.М., Макеев М.В. Методическое пособие по валеологическим аспектам диагностики здоровья. – Харьков, 2000. – 197с. /Goncharenko M.S., Golodnyuk N.V., Ivanova A.M., Makeyev M.V. Metodicheskoye posobiye po valeologicheskim aspektam diagnostiki zdorov'ya. – Kharkov, 2000. – 197s./
- Голбергер Э.Л., Ригни Д.Р., Брюс Дж.У. Хаос и фракталы в физиологии человека // В мире науки. – 1990. – №4. – С. 25–32. /Golberger E.L., Rigni D.R., Brus D.U. Khaos i fraktaly v fiziologii cheloveka // V mire nauki. – 1990. – №4. – S. 25–32./
- Граевская Н.Д., Долматова Т.И. Спортивная медицина. – М.: Советский спорт, 2004. – 304с. /Grayevskaya N.D., Dolmatova T.I. Sportivnaya meditsina. – M.: Sovetskiy sport, 2004. – 304s./
- Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. – М.: Медицина, 1974. – 312с. /Savitskiy N.N. Biofizicheskiye osnovy krovoobrashcheniya i klinicheskiye metody izucheniya gemodinamiki. – M.: Meditsina, 1974. – 312s./
- Ткачук В.Г., Битко С.Н., Земцова В.И. Использование стохастических методов анализа ЭКГ для диагностики и прогнозирования функционального состояния спортсменов // Кибернетика и вычислительная техника. – 1994. – Вып.102. – С. 64–67. /Tkachuk V.G., Bitko S.N., Zemtsova V.I. Ispol'zovaniye stokhasticheskikh metodov analiza EKG dlya diagnostiki i prognozirovaniya funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov // Kibernetika i vychislitel'naya tehnik. – 1994. – Vyp.102. – S. 64–67./
- Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991. – 254с. /Feder Ye. Fraktaly. – M.: Mir, 1991. – 254s./
- Чистякова Ю.С. Порівняльний аналіз діагностичної цінності методів електрокардіографії та фрактального аналізу серцевого ритму у спортсменів високої кваліфікації // Зб. наук. праць співробітників КМАПО ім. П.Л.Шупика. – Київ, 2005. – Вип.14, книга 1. – С. 611–616. /Chystyakova Yu.S. Porivnyal'nyy analiz diagnostichnoi tsinnosti metodiv elektrokardiografii ta fraktal'nogo analizu sertseвого rytmu u sportsmeniv vysokoi kvalifikatsii // Zb. nauk. prats' spivrobitnykiv KMAPO im. P.L.Shupika. – Kyiv, 2005. – Vyp.14, knyga 1. – S. 611–616./
- Чистякова Ю.С. Фрактальный анализ серцевого ритму у спортсменів з аномальною електрокардіограмою. Автореф. дис. ... канд. мед. наук / 14.01.24. – Дніпропетровськ, 2007. – 21с. /Chystyakova Yu.S. Fraktalnyy analiz sertseвого rytmu u sportsmeniv z anomalnoyu elektrokardiogramoyu. Avtoref. dys. ... kand. med. nauk / 14.01.24. – Dnipropetrovs'k, 2007. – 21s./

Представлено: В.Г.Самохвалов / Presented by: V.G.Samokhvalov

Рецензент: В.В.Мартиненко / Reviewer: V.V.Martynenko

Подано до редакції / Received: 16.03.2011.