

МЕТОДИ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ І ЇЇ РЕГУЛЯТОРНИХ МЕХАНІЗМІВ

Методами оцінки функціонального стану серцево-судинної системи і її регуляторних механізмів у спокої є векторкардіографія, електрокардіографія і методи математичного аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму.

Електричні процеси в серцевому м'язі, що несуть важливу інформацію як про сам орган, так і про шляхи і ступінь його іннервації, вивчаються в основному за допомогою методів електрокардіографії (ЕКГ), векторкардіографії (ВКГ), методів математичного аналізу варіабельності серцевого ритму (рис. 17). Методи векторкардіографії та електрокардіографії дозволяють оцінити наявність і ступінь вияву гіпертрофії міокарда різних відділів серця, оцінити метаболічне забезпечення м'яза серця, виявити гемодинамічне перевантаження передсердя, тобто визначити шляхи адаптації серця до фізичних навантажень різної спрямованості. Розроблені критерії оцінки високих і знижених резервних можливостей серця дозволяють своєчасно вносити корекцію в тренувальний процес, сприяють його оптимізації. Дані векторкардіографії використовують під час відбору спортсменів до різних за спрямованістю видів діяльності. Метод ВКГ знайшов широке застосування як у циклічних, так і в таких видах спорту, як важка атлетика, гімнастика спортивна і гімнастика художня, стрибки у воду, веслувальний слалом, боротьба греко-римська, боротьба вільна тощо.

Метод векторкардіографії більш інформативний під час визначення гіпертрофії міокарда порівняно з іншими електрофізіологічними метода-



а



б

Рисунок 17 – Тестування спортсмена за методом векторкардіографії (а) та математичного аналізу варіабельності серцевого ритму (б)

ми. За допомогою цієї методики реєструють петлеподібні криві, які певним чином характеризують електричну активність різних ділянок серця.

Векторкардіограма складається з трьох петель — P, QRS і T, які аналогічні зубцям звичайної електрокардіограми.

Усі три петлі ВКГ мають загальну нульову точку, в якій починається і закінчується петля. Велика зовнішня петля QRS відповідає процесу деполяризації шлуночків. Усередині розташована петля T, що відображає процеси реполяризації. Найменша петля P характеризує функціональний стан передсердь.

Численними дослідженнями було доведено перевагу методу ВКГ перед ЕКГ у плані більш ранньої діагностики початкових форм гіпертрофії, що дозволяє вирішити, за яким типом — фізіологічним або патологічним — відбувається її розвиток. ВКГ більш тонко, ніж ЕКГ, реагує на фізичне навантаження, що дозволяє краще виявити і резервні можливості серця. Це дає більш диференційовану відповідь про характер адаптації серця до навантаження.

Стабільність графіки ВКГ при динамічних спостереженнях розкриває перспективи використання ВКГ як інформативного методу дослідження поточного функціонального стану в мікро- і макроциклах тренування.

У роботах ряду вчених показано, що передсердя відіграють важливу роль у збільшенні кровонаповнення шлуночків і підвищенні ефективності їхньої роботи. Численні дослідження показали, що фізичні навантаження різної спрямованості сприяють розвитку гіпертрофії міокарда

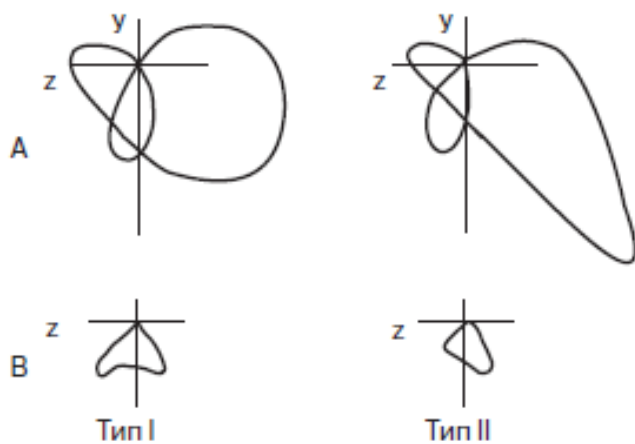


Рисунок 18 — Адаптаційна перебудова об'ємного електричного поля шлуночків (А) і передсердь (В) у сагітальній площині залежно від спрямованості тренувального процесу у висококваліфікованих спортсменів (тип I переважно з анаеробною спрямованістю, тип II переважно з аеробною спрямованістю)

топографічно визначених відділів серця, а порівняння індивідуальних даних із модельними — дозволяють оцінити стан резервних можливостей серця до фізичних навантажень визначеної спрямованості. При цьому збільшення потенціалу векторів вільної стінки лівого шлуночка розцінюється як підвищення резервних можливостей серця переважно до роботи аеробного характеру, а передньої бокової стінки правого шлуночка і задньобазального відділу серця — до роботи швидко-силового характеру (рис. 18).

Метод векторкардіографії дозволяє визначити критерії оцінки високих та знижених резервних можливостей серця, що характеризують функціональні резерви серцево-судинної діяльності.

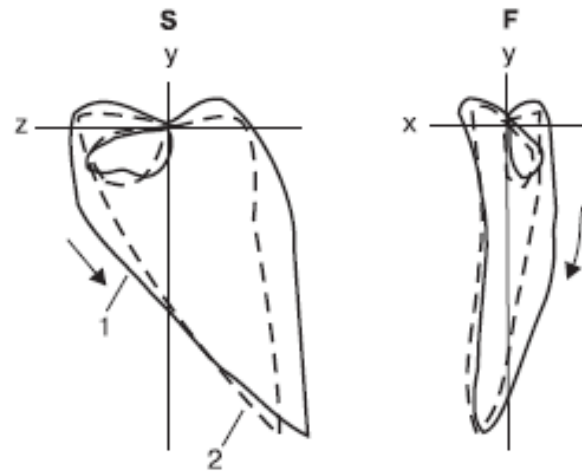
Критерії оцінки високих резервних можливостей серця. Об'ємне електричне поле серця в річному тренувальному циклі зазнає певних змін. Вони полягають у підвищенні електричної активності міокарда в підготовчому періоді і зниженні в змагальному періоді.

Зниження об'ємного електричного поля шлуночків у змагальному періоді тренування — це важливий факт, як у теоретичному, так і в практичному відношенні. Найбільш показово це виявляється в зміні просторової площі шлуночкової петлі.

Зменшення площі петлі QRS у змагальному періоді після її збільшення в підготовчому періоді є надійним критерієм оцінки високого рівня резервних можливостей серця у спортсменів, що розвивають витривалість.

Інтенсивне тренування прискорює зміну об'ємного електричного поля шлуночків. Дослідження показали, що оптимальне зменшення просторової площі петлі QRS у змагальному періоді порівняно з підготов-

Рисунок 19 — Зменшення площі шлуночкової петлі в змагальному періоді тренування (2) порівняно з підготовчим (1) у ЗМС Б-ва (S — сагітальна площина; F — фронтальна площина)



чим становить 20—30 % (рис. 19). Менш сприятливе її зниження — на 30—50 %.

Відсутність у висококваліфікованих спортсменів із великим спортивним стажем зменшення просторової площі петлі QRS наприкінці змагального періоду, а тим більше її значне збільшення порівняно з підготовчим періодом, свідчать про неекономічний шлях функціонування серцево-судинної системи і знижені, у зв'язку з цим, резервні можливості серця. Це може бути результатом як недостатнього (або неправильного за спрямованістю), так і надмірного тренування. У першому випадку зменшення площі петлі QRS ще не досягнуто, а в другому — вже пройдено.

Критерії оцінки знижених резервних можливостей серця. Завдяки динамічним дослідженням за спортсменами різного рівня підготовленості встановлені критерії знижених морфофункціональних можливостей серця, які прогностично несприятливі відносно подальшого підвищення функціональних резервів і зростання спортивних результатів. Залежно від фону, на якому вони розвивалися, критерії можна розподілити на декілька груп:

- 1) фізіологічні;
- 2) передпатологічні;
- 3) патологічні.

Усі критерії характеризуються різною картиною ВКГ змін і включають ряд певних ознак.

Фізіологічні критерії. Вказану групу об'єднує єдиний патогенез — переважання різного ступеня виразності тоногенної дилатації серцевого м'яза (перевищує оптимальний рівень) над її гіпертрофією.

Ознаки зниження резервних можливостей серця виникають у здорових спортсменів і пов'язані з тривалим, часом надмірним, впливом великих фізичних навантажень.

Різке зменшення площі петлі QRS у річному циклі підготовки. При значному зменшенні об'ємного електричного поля шлуночків від підготовчого до змагального періоду тренування на ВКГ реєструється вузька й укорочена шлуночкова петля з малою площею. Загальна площа шлуночкової петлі зменшена у змагальному періоді більше ніж на 30 % відносно підготовчого періоду (рис. 20).

Зазначені векторкардіографічні зміни поєднуються зі зниженням спеціальної працездатності (саме швидкісних якостей), тоді як спроможність до роботи аеробного характеру зберігається.

Цей стан минає, і до наступного тренувального періоду електрична активність шлуночків відновлюється.

“Застигла” петля. У динаміці річного циклу, незважаючи на зміни характеру і спрямованості тренувального процесу, відповідно до періодів підготовки реєструється майже незмінна графіка шлуночкової петлі. Одна петля неначе вписується в іншу, така стабільність графіки ВКГ нагадує “застиглу” петлю.

Векторкардіограма шлуночків характеризується помірно вираженою гіпертрофією міокарда переважно правого або лівого шлуночка і супроводжується підвищеною активацією передсердь, що свідчить про зниження скорочувальної функції міокарда шлуночків. Такі зміни звичайно відмічаються у спортсменів із великим спортивним стажем (рис. 21; I тип).

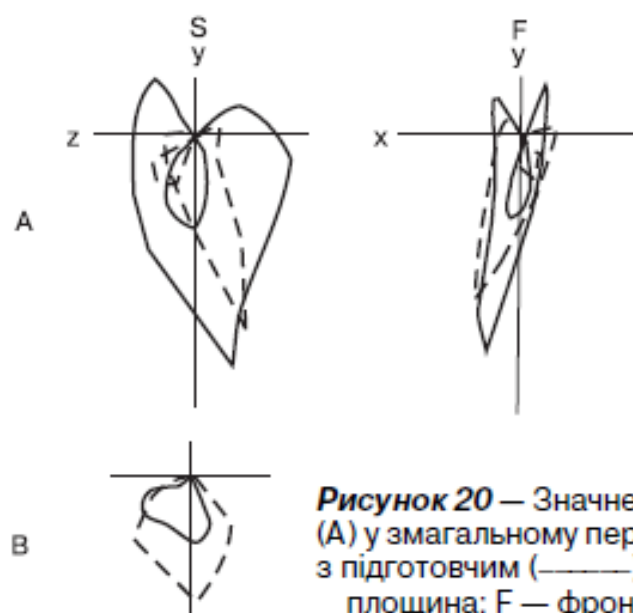


Рисунок 20 — Значне зменшення площі шлуночкової петлі (A) у змагальному періоді тренування (- - - -) порівняно з підготовчим (—) у спортсмена М-на (S — сагітальна площина; F — фронтальна площина; V — передсердя)

Стабілізація об'ємного електричного поля шлуночків у різні періоди річного тренувального циклу іноді спостерігається й у молодих спортсменів. Однак, вона не супроводжується підвищенням активації передсердь і здебільшого пов'язана з невикористаними функціональними

ми можливостями серця. Це є підставою для подальшої інтенсифікації тренувального процесу і розширення резервних можливостей серця (рис. 21; II тип).

Поступове зменшення площі петлі QRS у процесі багаторічної підготовки. У спортсменів із великим спортивним стажем спостерігається поступальне зменшення об'ємного електричного поля шлуночків, що найбільш чітко виявляється у підготовчому періоді тренування.

Згадана ознака часто сполучається із тенденцією до стабілізації графіки ВКГ шлуночків у річному циклі. Ці зміни є наслідком превалювання тоногенної дилатації над гіпертрофією міокарда і можуть служити передвісником стабілізації, а в подальшому призводити до зниження резервних можливостей серця. Це один із шляхів зниження спортивної працездатності зі збільшенням спортивного стажу і віку.

Передпатологічні критерії. Передпатологічні зміни в стані електричної активності серця найчастіше виникають у результаті порушень режиму підготовки.

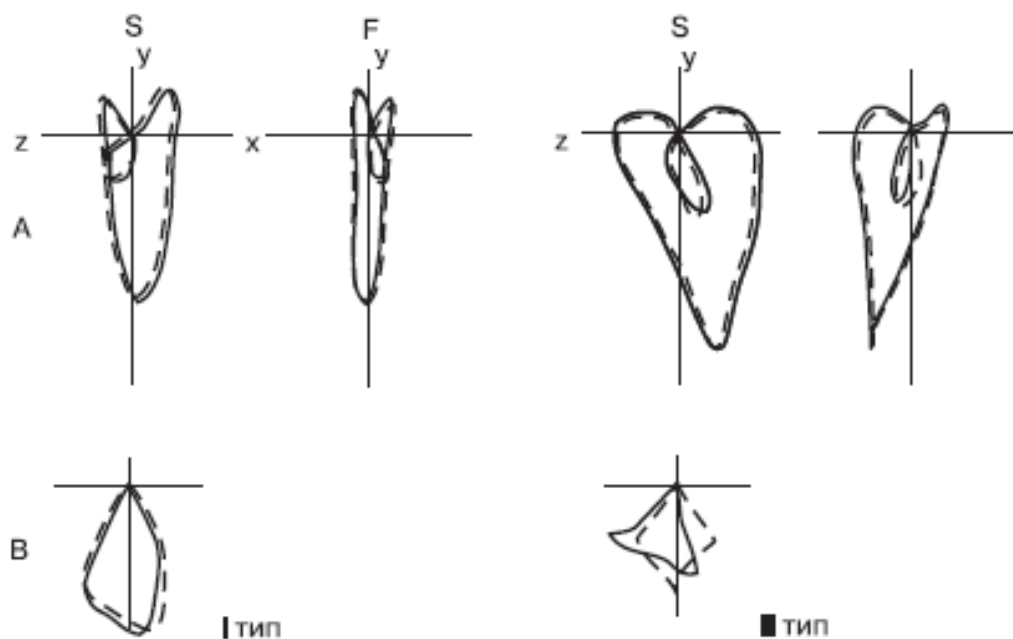


Рисунок 21 — Стабілізація об'ємного електричного поля шлуночків (А) у змагальному періоді тренування (—) порівняно з підготовчим (- - -) у висококваліфікованих спортсменів (I тип — біатлоніст 27 років, спортивний стаж — 15 років; II тип — веслування академічне 19 років, спортивний стаж 5 років; S — сагітальна площина; F — фронтальна площина; B — передсердя)

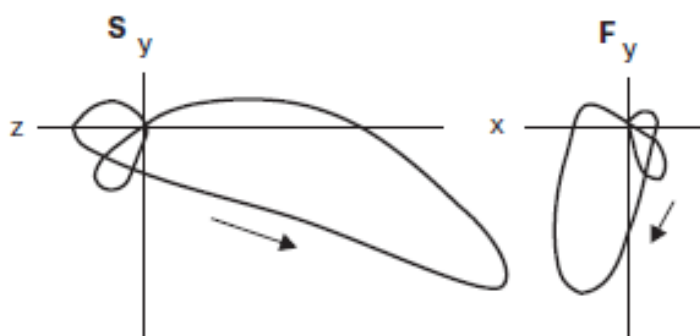


Рисунок 22 — Спотворена форма шлуночкової петлі в підготовчому періоді тренування у МС з плавання (S — сагітальна площина; F — фронтальна площина)

Спотворення форми петлі QRS “лежачі петлі”. Спотворення форми петлі QRS відбуваються за рахунок її розширення. Петля набуває форми еліпса. Така ВКГ графіка характеризує гіпертрофію міокарда, переважно лівого або правого шлуночка (рис. 22).

Змінена графіка петлі QRS є одним з інформативних критеріїв хронічного перенавантаження міокарда шлуночків у спортсменів. Це призводить до швидкого розвитку гіпертрофії і дилатації. “Лежачі петлі” спостерігаються у молодих перспективних спортсменів, у тренуванні яких відмічається період форсованої підготовки на фоні недостатньої загальної витривалості, а також за наявності хронічної інфекції. Такі спортсмени характеризуються зниженими функціональними можливостями і нестабільними спортивними результатами. Іноді ці спортсмени можуть прогресувати і розвивати швидкісні якості і в них не відмічається значного прогресу в розвитку спеціальної витривалості.

Патологічні критерії не відрізняються від клінічних, вони виявляються у спортсменів, що мають, як правило, які-небудь захворювання: гострі або хронічні інфекції, хвороби серцево-судинної системи. Критерії зазвичай реєструються переважно у спортсменів низької кваліфікації. Наявність патологічних критеріїв не сумісна з заняттями спортом.

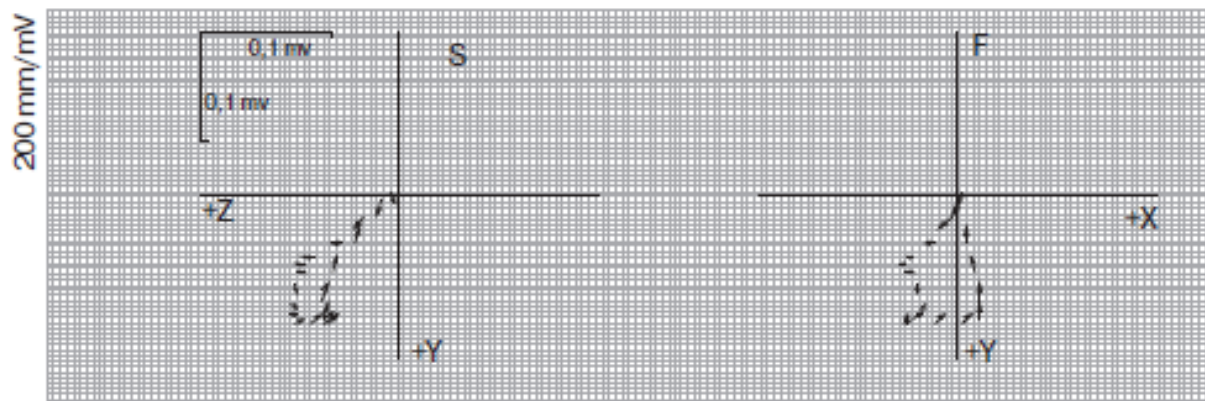
Таким чином, кількісні модельні характеристики об’ємного електричного поля серця спортсменів високого класу становлять нормативну основу оцінки його функціонального стану, що відповідає періоду підготовки і спрямованості тренувального процесу, а розроблені критерії оцінки резервних можливостей серця з урахуванням віку і спортивного стажу можуть застосовуватися під час відбору спортсменів для участі у відповідальних змаганнях. За результатами досліджень на основі висновків з’являється можливість проведення корекції тренувального процесу, рекомендація необхідного курсу заходів відновлювальної терапії. Комплекс зазначених заходів має на меті підвищення ефективності тренувального процесу.

Приклади висновків за методом векторкардіографії

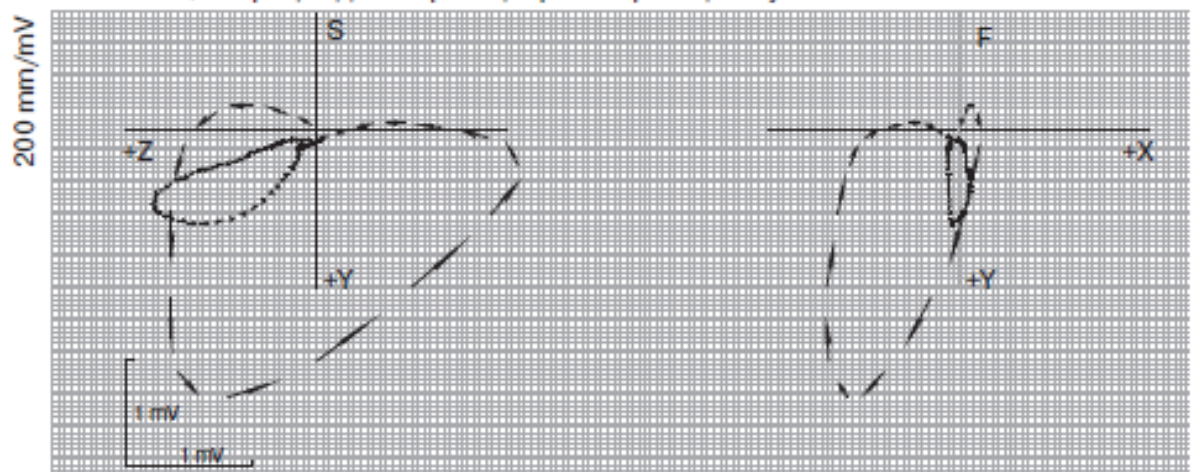
Приклад 1

ВЕКТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ ЗБУДЖЕННЯ СЕРЦЯ				
Номер обстеження:	po1d	Дата реєстрації:	28.01.2008	
Номер спортсмена:		Час реєстрації:	09:52:37	
Спортсмен:	П-о	Тривалість реєстрації:	00:00:17	
Дата народження:	23.03.1984	Вік: 24	Система відведень:	Хупке—Венгера
Стать:	чоловіча	Адреса спортсмена:		
Зріст:	181	Маса тіла:	86	
Стаж:	14 років	Розряд (звання):	МСМК	
Вид спорту:	Байдарка і каное	Команда:		
Коментарі:				
Лікар:		Асистент:		

Комплекс Р-Р. Процес збудження передсердь



Комплекс Q-T. Процес деполяризації і реполяризації шлуночків



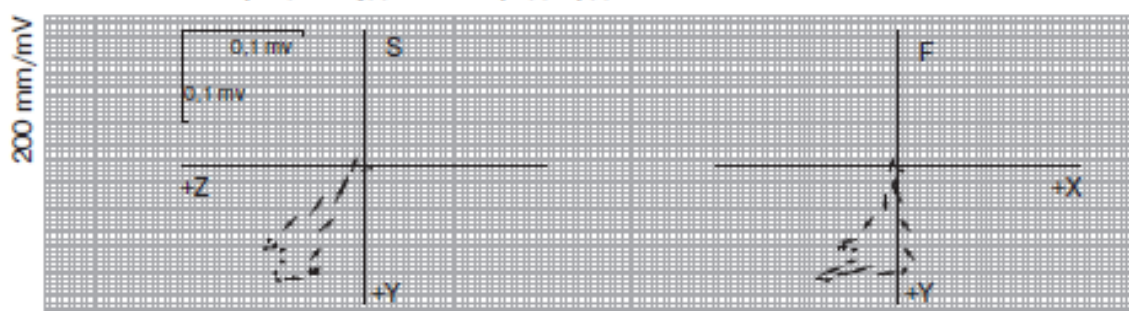
Висновок. Кумулятивний вплив тренувальних навантажень сприятливо вплинув на адаптаційну перебудову серцевого м'яза. Підвищення електричної активності шлуночків свідчать про розвиток гіпертрофії міокарда, тобто про зростання функціональних резервів серця. Зберігається високий рівень метаболічного забезпечення міокарда. Функція передсердь не порушена.

Рекомендації. Тренування проводяться згідно з планом підготовки.

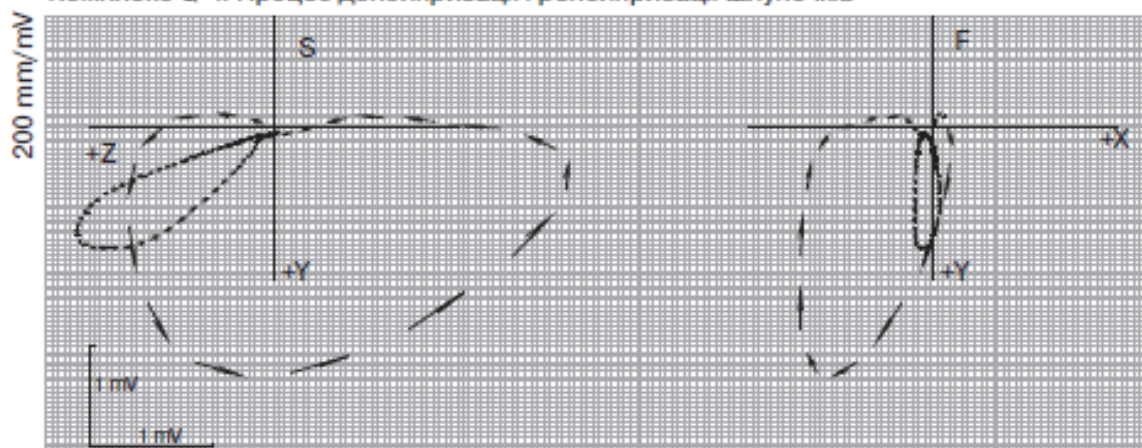
Приклад 2

ВЕКТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ ЗБУДЖЕННЯ СЕРЦЯ					
Номер обстеження:	poid		Дата реєстрації:	24.04.2008	
Номер спортсмена:			Час реєстрації:	09:52:37	
Спортсмен:	П-о		Тривалість реєстрації:	00:00:17	
Дата народження:	23.03.1984	Вік: 24	Система відведень:	Хупке—Венгера	
Стать:	чоловіча		Адреса спортсмена:		
Зріст:	181		Маса тіла:	86	
Стаж:	14 років		Розряд (звання):	MCMK	
Вид спорту:	Байдарка і каное		Команда:		
Коментарі:					
Лікар:				Асистент:	

Комплекс P-Р. Процес збудження передсердь



Комплекс Q-T. Процес деполяризації і реполяризації шлуночків



Висновок. У річному циклі підготовки адаптація серцево-судинної системи до тренувальних навантажень протікає сприятливо. Спостерігається зростання функціональних резервів серця до виконання роботи анаеробного й аеробного характеру. Зберігається високий рівень метаболічного забезпечення міокарда. Функція передсердь не порушена.

Рекомендації. Тренування проводяться згідно з планом підготовки.

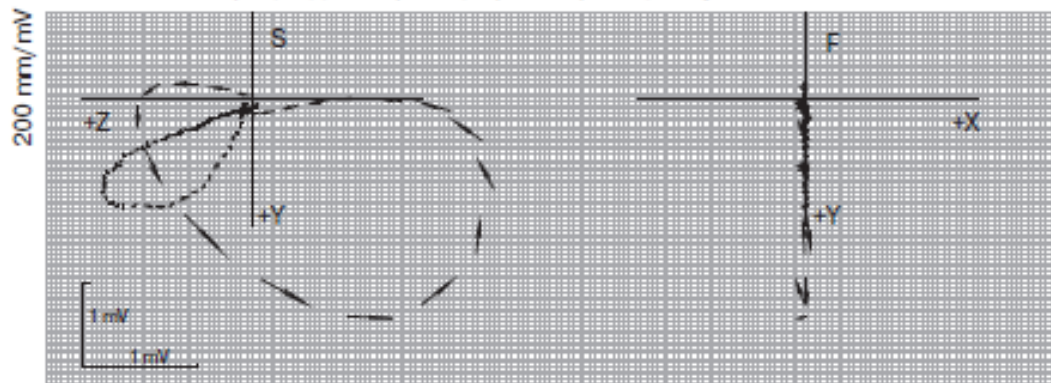
Приклад 3

ВЕКТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕСУ ЗБУДЖЕННЯ СЕРЦЯ				
Номер обстеження:	poid		Дата реєстрації:	19.06.2008
Номер спортсмена:			Час реєстрації:	09:39:12
Спортсмен:	П-о		Тривалість реєстрації:	00:02:37
Дата народження:	23.03.1984	Вік: 24	Система відведень:	Хупке—Венгера
Стать:	чоловіча		Адреса спортсмена:	
Зріст:	181		Маса тіла:	86
Стаж:	15 років		Розряд (звання):	МСМК
Вид спорту:			Команда:	
Коментарі:				
Лікар:			Асистент:	

Комплекс P-P. Процес збудження передсердь



Комплекс Q-T. Процес деполаризації і реполаризації шлуночків



Висновок. Кумулятивний вплив тренувальних та серії змагальних навантажень сприяв зменшенню загальної площі шлуночкової петлі, що характерно під час виконання змагальних навантажень та для змагального періоду підготовки, і відповідає високому рівню працездатності та розкриттю функціональних резервів серця. Однак подальший виступ у змаганнях може викликати надмірний розвиток дилатації шлуночків, зниження здатності міокарда та резервних можливостей серця. Виступ на змаганнях може бути несприятливим.

Рекомендації. Тренування спрямовані на розвиток функціональної бази, мають проходити відповідно до підготовчого періоду підготовки.

Метод електрокардіографії, що використовується в динаміці спортивної підготовки, дає можливість стежити за процесом функціональної перебудови серця, за формуванням функціонального режиму спокою, за динамікою становлення адаптації серця до тренувальних та змагальних навантажень, за характером відновлювального періоду. Крім того, ЕКГ дозволяє вчасно розпізнавати не тільки виражені, а й ранні, початкові ознаки несприятливих змін у функціональному стані серця, що дає можливість вчасно вживати заходи до їх усунення.

Реєстрація електрокардіограм (ЕКГ) проводиться в стані відносного спокою — лежачи на спині після попереднього відпочинку. Запис ЕКГ проводиться при стандартному посиленні $1 \text{ мВ} = 10 \text{ мм}$, в 12 загальноприйнятих відведеннях. Розшифровка ЕКГ висококваліфікованих спортсменів звичайно проводиться за загальноприйнятою методикою з визначенням тривалості серцевого циклу, ритму й частоти серцевих скорочень, тривалості інтервалів і систолічного показника, з описом напрямку та форми зубців, з обчисленням висоти (глибини) зубців і загального вольтажу ЕКГ, а також визначення електричної осі, електричної позиції, з визначенням характеру змін зубців R і S у грудних відведеннях та встановленням "зони переходу", з визначенням положення сегмента ST і зубців T (рис. 23).

Для більш повного й точного аналізу ЕКГ розраховуються додаткові індекси й показники:

- 1) сумарний вольтаж зубців P, R і T у трьох стандартних відведеннях;
- 2—3) індекс гіпертрофії Соколова—Лайона для правого ($R_{v1}+S_{v5}$) і лівого ($R_{v5}+S_{v1}$) шлуночків;
- 4) відношення P/T у другому стандартному відведенні;

- 5) відношення $Tv5/Rv5$ в %;
- 6) індекс P/T визначали розрахунковим способом за показниками зубців P і T на ЕКГ.

Загальний висновок за ЕКГ містить інформацію про особливості ритму, положення електричної осі серця, позиції серця, виявлення порушення провідності, збудливості і процесів реполяризації.

До основних особливостей ЕКГ у спортсменів можна віднести такі ознаки, які зустрічаються у них досить часто і не пов'язані з жодними відхиленнями в стані здоров'я, самопочуття і спортивної результативності.

Синусова брадикардія (зниження ЧСС менше $60 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$). Особливу увагу необхідно приділяти низьким значенням ЧСС (менше $40 \text{ уд} \cdot \text{хв}^{-1}$). Якщо такі цифри зустрічаються вранці і пов'язані з багаторічними тренуваннями, протягом яких частота пульсу рівномірно знижувалася, то це слід оцінювати як ознаку високої функціональної здатності серця. Але якщо такі цифри виникли швидко, протягом 1—2 тиж, а цьому передували посилені тренування в хворобливому стані, то вони можуть бути ознаками гострого перевантаження серця. Остаточного питання може бути вирішене за допомогою ретельного комплексного обстеження спортсмена.

Згладжений зубець P — вельми характерна ознака у спортсменів, що тренуються на витривалість.

Збільшення вольтажу QRS комплексу. Ця ознака найчастіше пов'язана з гіпертрофією лівого шлуночка серця. Збільшення вольтажу комплексу QRS особливо помітне під час векторного аналізу ЕКГ. Проте ця ознака не є постійною.

Неповна блокада правої ніжки пучка Гіса. Дана ознака зустрічається майже у кожного другого спортсмена, який тренується на витривалість. Фактично це не дійсна блокада, а лише уповільнення провідності в правому шлуночку.

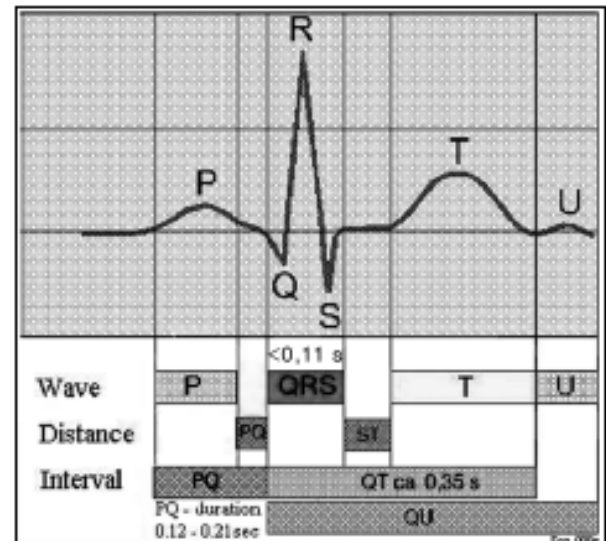


Рисунок 23 — Приклад електрокардіограми та розміщення основних зубців

Цей факт підтверджений інтрокардіальним ЕКГ — обстеженням осіб, які мають гіпертрофію серця.

Деяко підвищені зубці Т. Якщо висота зубця Т в II відведенні в середньому дорівнює 3—4 мм (0,3—0,4 мВ), то у спортсменів зубець Т становить 3—6 мм, причому у чоловіків амплітуда зубця дещо більша (5—6 мм), ніж у жінок (3—5 мм);

Деяке (0,01—0,04 с) подовження інтервалу Q—Т відносно належних значень для нетренованих осіб. Для оцінки належної тривалості інтервалу Q—Т доцільно користуватися графіками, запропонованими Л. А. Бутченком (1980).

Під впливом раціональних занять спортом у серці спортсмена відбуваються морфологічні і функціональні зміни, що відображають процес пристосування системи кровообігу до регулярних фізичних навантажень і характеризуються, перш за все, економізацією роботи серця в стані відносного спокою та високою його продуктивністю. Електрокардіограма, записана в динаміці, дозволяє виявити зрушення, що свідчать про зміни, які відбуваються в серці під впливом фізичних навантажень.

Спортсмени високої кваліфікації нерідко проводять тренування з використанням великих фізичних навантажень, які не завжди відповідають рівню функціональної підготовленості, що в окремих випадках призводить до розвитку тих чи інших передпатологічних станів. У зв'язку з цим необхідний постійний контроль функціональних можливостей серцево-судинної системи спортсмена та їх відповідність рівню і характеру фізичних навантажень.

На рисунках 24 і 25 показано динаміку гіпертрофії міокарда правого і лівого шлуночків серця у спортсменів високої кваліфікації. Так, на початок загально-підготовчого етапу підготовчого періоду спортивної підготовки відмічається деяке зниження вираженості гіпертрофії міокарда правого шлуночка з підвищеною гіпертрофією міокарда лівого шлуночка серця, що відповідає етапу спортивної підготовки і знаходиться в межах фізіологічної норми.

На початку передзмагального етапу змагального періоду спортивної підготовки після виконання фізичних навантажень попереднього періоду у більшості спортсменів відмічається зменшення ступеня гіпертрофії міокарда лівого шлуночка, що супроводжується підвищенням ступеня гіпертрофії міокарда правого шлуночка. Подібна динаміка з урахуван-

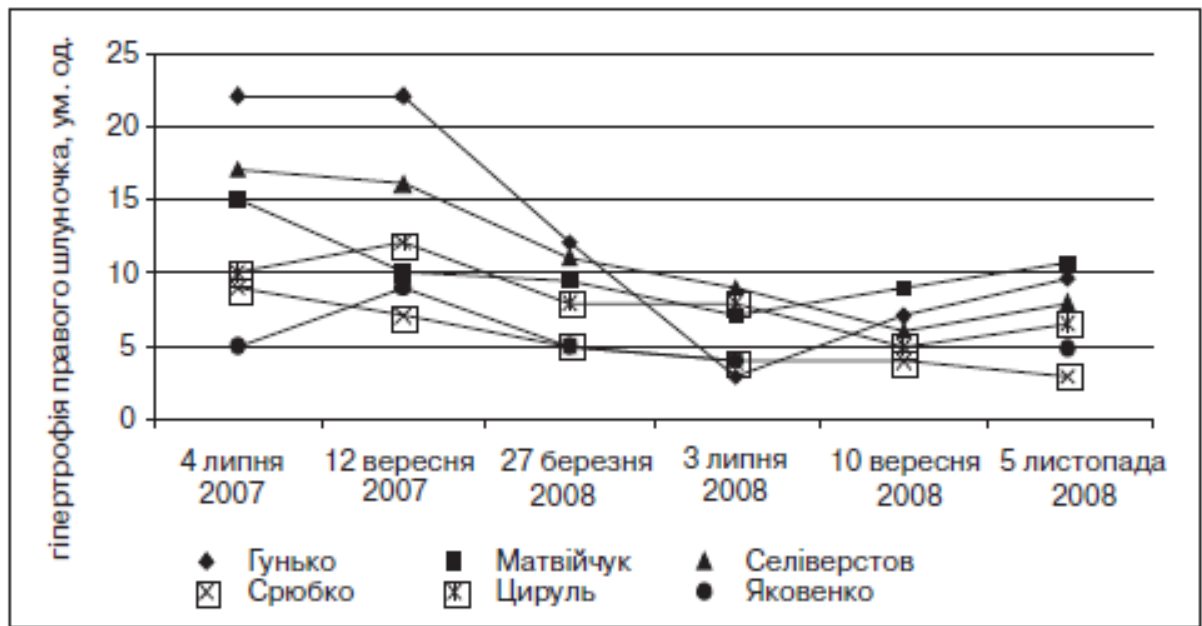


Рисунок 24 — Динаміка індексу Соколова—Лайона для гіпертрофії міокарда правого шлуночка (ум. од.) у спортсменів високої кваліфікації (на прикладі хокею)

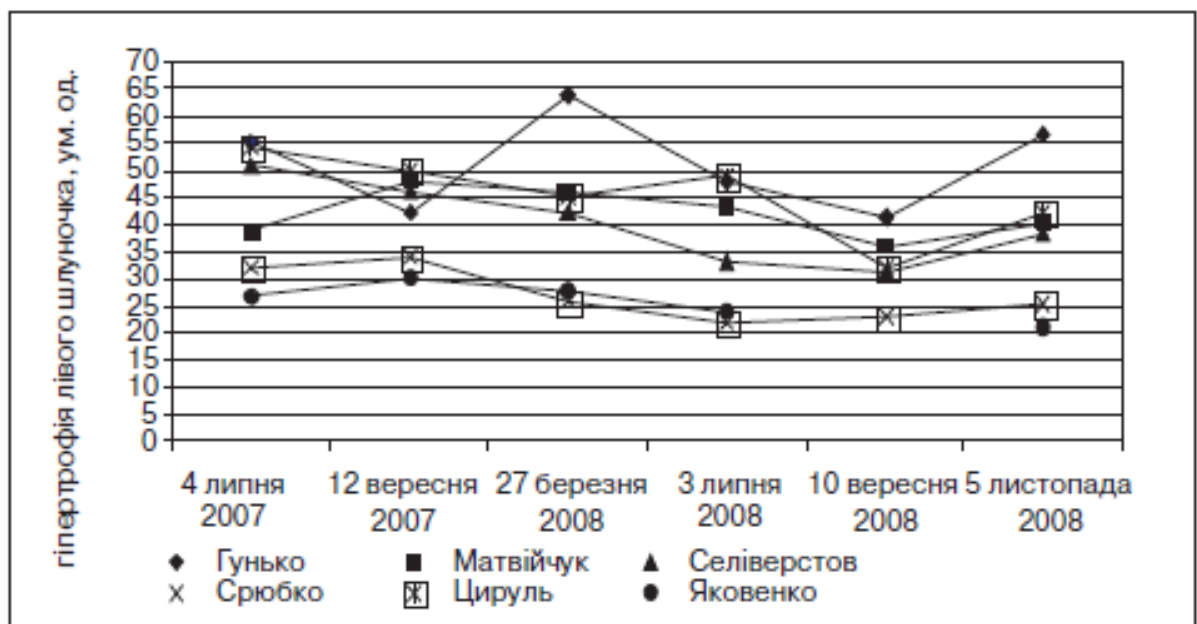


Рисунок 25 — Динаміка індексу Соколова—Лайона для гіпертрофії міокарда лівого шлуночка (ум. од.) у спортсменів високої кваліфікації (на прикладі хокею)

ням періоду спортивної підготовки свідчить про недостатній обсяг тренувальних навантажень, спрямованих на підвищення загального рівня функціональної підготовленості спортсменів, ефективності функціонування та рівня загальної витривалості спортсменів. Крім того, відмічаються ознаки деякої підвищеної інтенсифікації тренувального процесу (зростання гіпертрофії правого шлуночка за вересень 2008 р., — див. рис. 24).

У наступному місяці підготовки спостерігається підвищення ступеня гіпертрофії міокарда як лівого, так і правого шлуночків (див. рис. 24 і 25), що свідчить про підвищення загального напруження тренувального та змагального процесу висококваліфікованих спортсменів, а саме: підвищення обсягів та інтенсивності фізичних навантажень. Зміни гіпертрофії міокарда шлуночків знаходяться в межах фізіологічної норми і відповідають етапу спортивної підготовки.

Крім того, слід зазначити, що за сучасної підготовки до міжнародних змагань фізичні навантаження викликають нервово-емоційне напруження організму і впливають на формування адаптивних реакцій серця. Загальновідомо, що пристосувальні реакції серця здійснюються під впливом нервової системи. Значна роль у цій регуляції належить блукаючим і симпатичним нервам. Зміна тонусу цих нервів впливає на електрокардіограму, викликаючи зміни амплітуди зубців Р і Т. У ряді робіт відмічається збільшення індексу Р/Т під впливом різних стресових ситуацій, у тому числі і фізичних навантажень.

На рисунку 26 представлено динаміку показника Р/Т у спортсменів високої кваліфікації. Показник Р/Т є важливим прогностичним критерієм вегетативної регуляції серцевої діяльності. Наростання цієї величини під час функціональної проби свідчить про підвищення активності симпатичного відділу нервової системи. Зменшення Р/Т стосовно вихідного рівня відповідає холінергічній активації. Зменшення амплітуди зубця Т і наростання амплітуди зубця Р свідчить про симпатичну активацію. Показник Р/Т через високу чутливість використовується для виявлення переважно вегетативної активації в діяльності серця в умовах функціонального й емоційного напруження. Результати досліджень дають підставу вважати значення Р/Т у багатьох випадках більш чутливим показником емоційного й фізичного напруження ніж, ЧСС. Це положення стосується спортсменів і здорових людей, у яких простежується достатня пластичність функціональних зв'язків.

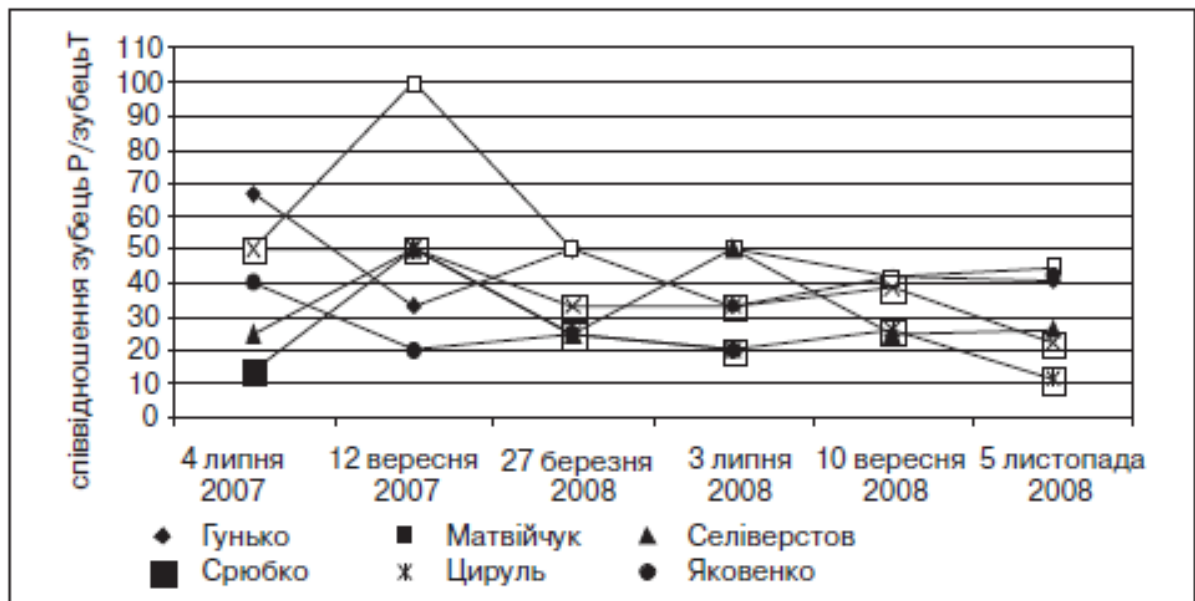


Рисунок 26 — Динаміка показника P/T у спортсменів високої кваліфікації (на прикладі хокею)

Методи математичного аналізу особливостей варіабельності серцевого ритму. Оскільки реакція на будь-який вплив істотно залежить від тону вегетативної нервової системи як критерії ефективності спортивної підготовки використовують реактивність показників серцевого ритму і спрямованість механізмів її регуляції. Вважається, що реакції системи кровообігу, її регуляторних механізмів є результатом адаптації організму до дії різноманітних чинників зовнішнього середовища і виявляються в типових реакціях симпато-адреналової системи.

Вегетативна регуляція є важливою ланкою в адаптації організму людини до мінливих умов зовнішнього і внутрішнього середовища. Для вивчення центральної нервової і вегетативної регуляції серцевого ритму, для оцінки функціонального стану й адаптивних можливостей серцево-судинної системи (ССС) набув широкого поширення аналіз математико-статистичних характеристик розподілу тривалості інтервалів R-R.

Для досягнення кінцевого результату кожний організм затрачає неоднакові зусилля, тобто сплачує різну "ціну". Саме цю "ціну" адаптації, рівень напруження регуляторних механізмів можна визначити за математичними характеристиками серцевого ритму (показник "індекс напру-

ження” — Π), причому їхня варіативність значно перевищує варіативність показників рівня функціонування.

Під час аналізу вегетативної регуляції серцевої діяльності використовують параметри серцевого ритму, рекомендовані робочою групою Європейського кардіологічного об'єднання та Північноамериканського об'єднання стимуляції і електрокардіографії. Запис сигналу здійснюється протягом 5 хв у положенні лежачи після 5-хвилинного відпочинку, 6 хв після переходу у вертикальне положення (ортостатична проба).

Подальша обробка кардіоінтервалів дозволяє визначати ряд статистичних характеристик варіабельності серцевого ритму:

- математичне очікування (M, c) відображає середній (інтегральний) рівень функціонування серцево-судинної системи (синусового вузла);

- мода (M_0, c) — найбільш вірогідний рівень функціонування серцево-судинної системи;

- варіаційний розмах ($DR-R, c$) вказує на максимальну амплітуду коливань серцевого ритму, яка багато в чому залежить від впливу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи;

- амплітуда моди ($AM_0 \%$) — вірогідність моди у відсотках, відображає ефект стабілізуючого впливу центральної регуляції на ритм серця, ефект впливу симпатичного відділу вегетативної нервової системи;

- індекс напруження ($\Pi, \text{ум. од.}$) — показник сумарної активності центрального контуру управління ритмом серця.

Метод математичного аналізу серцевого ритму дозволяє виділити типи варіаційних пульсограм (у стані відносного спокою), що характеризують різні механізми регуляції серцевої діяльності.

Симпатикотонічний тип регуляції серцевого ритму — в регуляції серцевого ритму відмічається переважання симпатичного відділу вегетативної нервової системи, що свідчить про перевагу центрального контуру регуляції і підвищений рівень енергетичних витрат організмом, що є найбільш неекономічним типом регуляції. Такий тип регуляції серцевого ритму зустрічається у нетренованих спортсменів або у спортсменів зі зниженими функціональними можливостями серцево-судинної системи.

Високий рівень активності симпатичного відділу вегетативної нервової системи в поєднанні з високим рівнем напруження в регуляції

серцевого ритму у стані спокою (ІН більше 100 ум. од.) свідчить про неадекватність тренувальних навантажень функціональному стану організму спортсмена і може бути передвісником патологічних змін в організмі.

Ваготонічний тип регуляції серцевого ритму — в регуляції серцевого ритму відмічається переважання парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи, що свідчить про переважання автономного контуру регуляції і послаблення центральних впливів, що є найбільш доцільним з огляду на економізацію серцевої діяльності. Такий тип регуляції серцевого ритму часто зустрічається у тренуваних спортсменів, особливо у видах спорту, пов'язаних з розвитком витривалості.

Нормотонічний тип регуляції серцевого ритму — характеризується оптимальним співвідношенням у регуляції серцевого ритму активності парасимпатичного і симпатичного відділів вегетативної нервової системи, оптимальним рівнем енергетичних витрат організмом на підтримання досягнутого рівня функціонування систем організму.

Зміна варіабельності серцевого ритму при ортостатичних реакціях (перехід з горизонтального положення “лежачи” у вертикальне положення “стоячи”) дозволяє судити про стан механізмів регуляції серця в нормі та виявити зміни, пов'язані з початковими порушеннями його діяльності. Ортостатична проба характеризує збудливість симпатичного відділу вегетативної нервової системи та полягає в аналізі змін частоти серцевих скорочень і артеріального тиску у відповідь на зміну положення тіла — із горизонтального у вертикальне.

У здорової людини перехід у вертикальне положення викликає різко виражене переміщення крові у вени нижніх кінцівок (при цьому об'єм її збільшується на 300—350 мл). Однак переміщення крові в нижні відділи тіла сповільнює й знижує її надходження до серця й ударний об'єм зменшується на 20,3 %. У зв'язку з цим систолічний артеріальний тиск знижується на 2,5 %, менший ступінь зниження систолічного артеріального тиску й стабільність середнього артеріального тиску забезпечуються вираженим посиленням симпато-адреналової активності з виразним збільшенням (на 17 %) числа серцевих скорочень, унаслідок чого хвилинний об'єм зменшується на 7,3 %, а також підвищується загальний

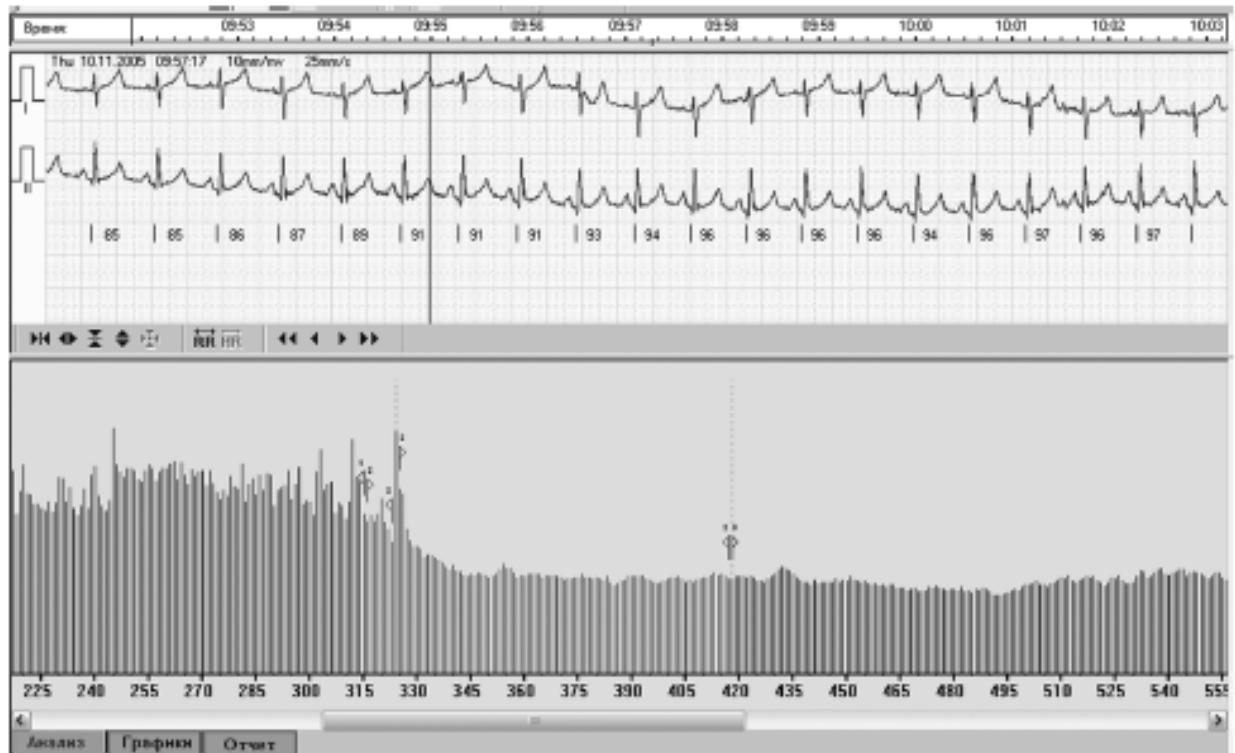


Рисунок 27 — Результати тестування спортсмена за методом математичного аналізу варіабельності серцевого ритму

периферійний опір на 10,3 %. Останнє обумовлено підвищенням тону артерій нижніх відділів тіла, у зв'язку з чим діастолічний артеріальний тиск підвищується на 12 %.

Методи математичного аналізу варіабельності серцевого ритму дають кількісну оцінку про активацію впливів симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи на синусовий вузол і дозволяють судити про адаптивні можливості організму, відстежувати вплив навантаження на організм і протікання процесів відновлення в мікроциклі, а також реакцію на навантаження в заняттях різної спрямованості. Різні величини індексу напруження у відновлювальному періоді після ортостатичного впливу відображають рівень функціонування систем (наприклад, за ЧСС) та рівень активності симпатичного та парасимпатичного каналів регуляції (рис. 27).

При ортостатичному впливі у зв'язку з напруженням симпатико-адреналових механізмів адаптації та активним включенням в управління кіркових структур підвищується активність центрального контуру регуляції, що знаходить своє відображення в зниженні величини M , M_0 ,

$\Delta R-R$, підвищення АМо, ІН і може свідчити про підвищення рівня напруженості функціонування серцево-судинної системи, зменшення варіативності серцевого ритму в основному за рахунок дихальної її складової, підвищення тону симпатичного відділу вегетативної нервової системи, тобто посилення централізації управління (як адекватної реакції на ортостатичну пробу). Так, в умовах ортостатичного впливу знижується контроль за діяльністю серця з боку парасимпатичного відділу й одночасного посилення участі симпатичного відділу вегетативної нервової системи в регуляції серцевого ритму, а також підвищується активність стовбурового кардіоваскулярного осцилятора і барорефлекторних механізмів регуляції на серці.

Контрольні запитання

1. Який вигляд мають векторкардіограма та електрокардіограма, ритмограма?
2. На які відділи серцевого м'яза впливають навантаження різної спрямованості?
3. Які векторкардіографічні характеристики критерію високих резервних можливостей серця ви знаєте?
4. Які критерії знижених резервних можливостей серця ви знаєте?
5. Які основні ознаки ЕКГ у спортсменів, що зустрічаються у них досить часто і не пов'язані з жодними відхиленнями в стані здоров'я, самопочуття і спортивної результативності?
6. Які існують типи варіаційних пульсограм (у стані відносного спокою), що характеризують різні механізми регуляції серцевої діяльності?
7. Що характеризує ортостатична проба?
8. Що відбувається в організмі при ортостатичній пробі?
9. Які зміни відбуваються в регуляції серцевого ритму під впливом фізичних навантажень і як вони залежать від напруженості навантаження?

Рекомендована література

- Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине / Р. М. Баевский // Физиология человека. — 2002. — Т. 28, № 2. — С. 70—82.
- Дембо А. Г. Спортивная кардиология: руководство для врачей / А. Г. Дембо, Э. В. Земцовский. — М.: Медицина, 1989. — 464 с.
- Детская спортивная медицина: [руководство]. — М.: Медицина, 1991. — С. 281—288.

Заболевания сердца и реабилитация / под ред. Поллока М. Л., Шмидта Д. Х. — К.: Олимп. л-ра, 2000. — 407 с.

Вариабельность сердечного ритма: представление о механизмах / [Котельников С. А., Ноздрачев А. Д., Одинак М. М. и др.] // Физиология человека. — 2003. — Т. 28. — № 1. — С. 130—143.

Макарова Г. А. Спортивная медицина: учебник / Г. А. Макарова. — М.: Сов. спорт, 2003. — 480 с.

Методические рекомендации по оценке морфофункционального состояния сердца у спортсменов высокой квалификации с использованием метода векторкардиографии / [М. И. Слободянюк, Л. А. Тайболина и др.]. — К., 1987. — 53 с.

Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. — Иваново, 2000. — 200 с.

Ритм сердца у спортсменов / под ред. Р. М. Баевского, Р. Е. Мотылянской. — М.: Физкультура и спорт, 1986. — 143 с.

Уилмор Дж. Х. Физиология спорта и двигательной активности / Дж. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. — К.: Олимп. л-ра, 1997. — 503 с.

Яценко А. Г. Анализ итогов участия сборной команды Украины по художественной гимнастике в XXVII играх Олимпиады: метод. рекомендации / А. Г. Яценко, Л. А. Тайболина, Т. В. Нестерова. — К., 2000. — 60 с.

Веслування на байдарках і каное: підсумки і аналіз виступу на XXVII Олімпійських іграх 2000 року: метод. рекоменд. / [О. А. Шинкарук, О. М. Лисенко, Л. А. Тайболина, О. О. Чередниченко]. — К., 2000. — 61 с.

Хрущев С. В. Спортивное сердце / С. В. Хрущев // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. — 2008. — № 2 (25). — С. 55—64.