

Using the Bayes equation the probability of certain combination of various levels of enzyme activities was calculated. The results of studies have shown that in the neurons of NVA during the vibration influence the changes of oxidative metabolism resemble those caused by hypoxia in the period of adaptation. The observed changes in subpopulation size presumably promote the optimization of the main metabolic cycles processing in brain under the extreme circumstances of environment.

N. I. Pirogov Medical Institute, Ministry of Public Health,
Odessa Research Institute of Transport Hygiene,
Ministry of Public Health, Odessa

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипов В. В., Дробышев В. И., Ушаков И. Б. и др. Реакция нейроцитов кинестетического анализатора на действие вибрации // Космич. биология и авиакосм. медицина.— 1986.— № 5.— С. 60—64.
2. Баранец Н. А., Долгих В. Г., Суслова Г. Ф. и др. Использование показателя активности СДГ лимфоцитов для прогнозирования течения постреанимационного периода // Бюл. эксперим. биологии и медицины.— 1985.— № 11.— С. 541—543.
3. Бродал А., Вальберг Ф., Посинеано О. Вестибулярные ядра.— М.: Наука, 1966.— 170 с.
4. Волков А. А. О некоторых биологических реакциях на длительное круглосуточное шумовое воздействие // Гигиена и санитария.— 1988.— № 5.— С. 12—14.
5. Горделадзе А. С., Глинчиков В. В., Усенко В. В. Экспериментальная ишемия миокарда, вызванная инфразвуком // Гигиена труда и проф. заболевания.— 1986.— № 6.— С. 48—49.
6. Калмакова В. Н., Свидовый В. И., Шлейкин А. Г. Влияние низкочастотных акустических колебаний на некоторые компоненты мембраны эритроцитов // Там же.— 1984.— № 10.— С. 48—49.
7. Кондрашова М. Н. Накопление и использование янтарной кислоты // Митохондрии, молекулярные механизмы ферментативных реакций.— М.: Наука, 1972.— С. 151—169.
8. Лойда З. Гистохимия ферментов.— М.: Мир, 1982.— 269 с.
9. Макаров В. Г. Тканевые особенности реакции антиоксидантной системы белых крыс на вибрацию // Воздействие физико-химических факторов внешней среды на организм и поддержание гомеостаза.— М.: Медицина, 1988.— С. 86—89.
10. Насибуллин Б. А. Морфо-гистоэндиматическая характеристика мозга при сосудистой мозговой недостаточности в эксперименте: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.— Харьков, 1982.— 28 с.
11. Нарцисов Р. П. Диагностическая и прогностическая ценность цитохимического определения дигидрогеназ лимфоцитов // Вестн. АМН СССР, 1978.— № 7.— С. 71—74.
12. Рудный В. М., Васильева П. В., Тозукова С. А. Авиационная медицина.— М.: Медицина, 1986.— 000 с.
13. Prost G. Les vibration transmettent a l'ensemble du corps // Arch. malad. prof.— 1986.— N 8.— P. 611—613.
14. Seidel H., Heide R. Long-term effect of whole-body vibration: a critical survey of the literature // Int. Arch. occup. environ. Health.— 1986.— 58, N 1.— P. 1—26.

Одес. мед. ін-т ім. М. І. Пирогова
М-ва охорони здоров'я України

Матеріал надійшов
до редакції 26.02.92

УДК 612:613.72

Г. В. Коробейніков

Визначення реактивності системи регуляції ритму серця на фізичне навантаження

У 35 спортсменів і 35 не спортсменів визначали реактивність системи регуляції ритму серця людини на фізичну навантаження в залежності від вихідного стану відносно спокою. Встановлено, що у спортсменів переважає гіперреактивний тип реакції системи регуляції ритму серця на фізичну навантаження, у не спортсменів — гіпореактивний тип. Показано, що реактивність на фізичну навантаження залежить в значительній мірі від вихідного стану системи регуляції кровообігу в стані відносно спокою. Пропонується регресійне рівняння для визначення реактивності системи регуляції ритму серця на фізичну навантаження.

© Г. В. КОРОБЕЙНИКОВ, 1993

Вступ

Існує багато підходів до вивчення реакцій організму людини на фізичне навантаження. Традиційним є вивчення працездатності, засноване на виконанні функціональних проб [4, 6]. Але дуже мало є робіт, присвячених прогнозуванню фізіологічних реакцій організму людини на фізичне навантаження у взаємозв'язку з початковим станом відносного спокою [5, 11].

Лімітуючою ланкою кисневотранспортної системи під час напруженої м'язової діяльності є серцево-судинна система організму людини. Парін [10] вважав, що систему кровообігу можна розглядати як індикатор адаптаційних реакцій цілісного організму. Згідно з теорією автоматичного регулювання, системи кровообігу — автоматичний генератор, ритм якого характеризує активність системи регуляції, яка є синусовим вузлом серця [3]. У зв'язку з цим метою дослідження було визначення реактивності системи регуляції ритму серця людини на фізичне навантаження згідно з початковим станом відносного спокою.

Методика

Обстежено 70 практично здорових людей віком 18—27 років, з них: 35 — спортсменів вищих розрядів і 35 — не спортсменів. Для реєстрації ритму серця використовувалася автоматизована система аналізу та обробки ритмокардіограм на базі мікро-ЕОМ [8]. Користувалися режимом розрахунку частоти серцевих скорочень (HR) і дисперсії серцевого ритму (D) з заданим інтервалом (1 хв) у реальному часі. Згідно сучасних уявлень, HR характеризує активність функціонування системи кровообігу, а D — міру напруження регуляції, тобто взаємозв'язок активності симпатичної і парасимпатичної нервових систем [7].

Напружена м'язова діяльність моделювалася рамповим фізичним навантаженням на велоергометрі [1]. Потужність навантаження збільшувалась з 20 Вт на 20 Вт кожен наступну хвилину до відказу від роботи.

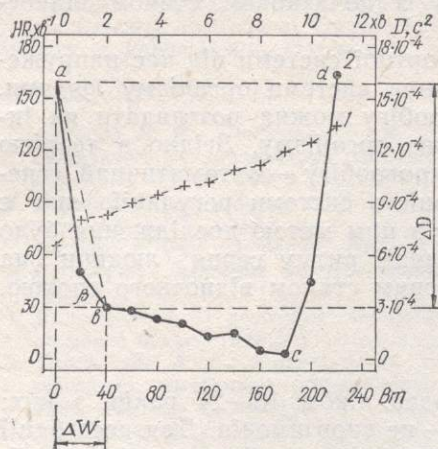
Результати та їх обговорення

Зміна досліджених показників під впливом фізичного навантаження показана на малюнку. Зростаюча потужність навантаження призводить до збільшення HR і зниження D відносно початкового стану. Динаміку D під впливом фізичного навантаження можна представити кількома ділянками. Перша — характеризує зниження D при потужності навантаження до 40 ... 80 Вт (див. малюнок, точки *a*, *b*). Друга — відносна стабілізація D при потужності навантаження до 180 ... 320 Вт (див. малюнок, точки *b*, *c*), третя ділянка — відказ від роботи (див. малюнок, точки *c*, *d*).

Спостережену динаміку термінових адаптаційних реакцій під впливом напруженої м'язової діяльності можна описати класифікацією, запропонованою Баєвським для оцінки функціонального стану організму за мірою напруження регулюючих систем, яка включає в себе чотири шкали [2]. Перша — стан часткової адаптації, який характеризує мінімальне напруження регулюючих систем і відповідає у наших дослідженнях першій ділянці динаміки D (див. малюнок, точки *a*, *b*). Друга — стан функціонального напруження, який відповідає у наших дослідженнях відносній стабілізації D (див. малюнок, точки *b*, *c*). Третя — стан перенапруження, який характеризує вичерпування резервних можливостей функціональної системи і відповідає відказу від роботи (див. малюнок, точки *c*, *d*). Четверте — стан зриву механізмів адаптації, який відсутній у практично здорових людей під час термінової адаптації до м'язової діяльності.

Стан часткової адаптації відбиває перехідний період регуляції синусового вузлу серця від стану відносного спокою до стану робочого

функціонування. Значне зниження D і збільшення HR у першу фазу термінової адаптації обумовлені активацією симпатичного і послабленням парасимпатичного тону, внаслідок посилення впливу центрального контуру керування. Швидкість досягнення стану робочого функціонування системи кровообігу при фізичному навантаженні залежить від міри функціональної підготовленості організму людини [9]. Таким



чином, стан часткової адаптації до фізичного навантаження характеризується реактивністю синусового вузлу серця людини.

Реактивність системи регуляції у фазу часткової адаптації до фізичного навантаження залежить від часу, необхідного для досягнення стану робочого функціонування системи кровообігу. Ураховуючи, що у наших дослідженнях потужність

Динаміка частоти серцевих скорочень (1) та дисперсії серцевого ритму (2) в залежності від часу (хв) та міри (Вт) фізичного навантаження.

фізичного навантаження зростає пропорційно часу, «довжину» стану часткової адаптації можна виразити:

$$\Delta W = W_p, \quad (1)$$

де ΔW — «довжина» стану часткової адаптації (Вт); W_p — потужність навантаження до стану робочого функціонування (Вт). Реактивність системи регуляції на фізичне навантаження також залежить від значень D у стані часткової адаптації:

$$\Delta D = (D_p - D_{\text{поч}}), \quad (2)$$

де ΔD — значення у стані часткової адаптації (c^2); D_p — D у стані робочого функціонування (c^2); $D_{\text{поч}}$ — у стані відносного спокою (c^2).

Таким чином, реактивність системи регуляції ритму серця на фізичне навантаження залежить від «довжини» стану часткової адаптації і значень D у стані часткової адаптації:

$$\text{tg } \beta = \Delta D / (\Delta W \cdot 10^5), \quad (3)$$

де $\text{tg } \beta$ — реактивність системи регуляції на фізичне навантаження ($c^2/\text{Вт}$). Як видно з формули (3), збільшення $\text{tg } \beta$ свідчить про зростання реактивності системи регуляції за рахунок зменшення «довжини» стану часткової адаптації, або за рахунок зростання значень D під час стану відносного спокою. Порівняльний аналіз значень $\text{tg } \beta$ виділяє дві функціональні групи за мірою реактивності системи регуляції серцевого ритму на фізичне навантаження. Перша група характеризує гіпореактивний (низьку реактивність), друга — гіперреактивний (високу реактивність) типи реакції системи регуляції на фізичне навантаження (табл. 1).

Гіперреактивний тип реакції системи регуляції на фізичне навантаження у наших дослідженнях виявлений у 77 % спортсменів і у 31 % не спортсменів. Гіпореактивний тип реакції системи регуляції виявлений у 29 % спортсменів і у 69 % не спортсменів. Перевага гіперреактивного типу у спортсменів свідчить про більш досконалі механізми регуляції синусового вузлу у людей з високою функціональною підготовленістю.

Для вивчення механізмів реактивності системи регуляції ритму серця людини на фізичне навантаження, були проаналізовані початкові

дані десяти хвилин стану відносного спокою. Аналіз виділив два протилежних типи динаміки вивчаємих параметрів. Перший — характеризується підвищеними значеннями HR і більш низькими значеннями D (табл. 2). Це свідчить про початкове напруження регуляції за рахунок активації симпатичного тону синусового вузла серця. Другий тип виявляє нижче значення HR і більш високі значення D (див. табл. 2). Це говорить про більш автономний характер регулювання, переважно за рахунок парасимпатичного впливу на серцевий ритм. У спортсменів перший тип складає лише у 14 %, у той час як у не спортсменів — у 37 %. Другий тип складає у спортсменів 54 %, а у не спортсменів — 20 % (див. табл. 2). У 32 % спортсменів і у 43 % не спортсменів. Являє посередні значення HR і D між обома протилежними типами регулювання серцевим ритмом (див. табл. 2). Подані результати відповідають існуючим типам регулювання системи кровообігу у стані відносного спокою: симпатико-тонічний, парасимпатико-тонічний і нормо-тонічний (див. табл. 2).

Таким чином, у стані відносного спокою у спортсменів відбувається парасимпатико-тонічний тип, а у не спортсменів — нормо- і симпатико-тонічний типи регулювання серцевим ритмом. В той же час у спортсменів виявляється гіперреактивний тип реакції синусового вузла на фізичне навантаження, а у не спортсменів переважно гіпореактивний тип реакції. Це свідчить, що реактивність системи регуляції ритму серця у значній мірі залежить від початкового стану відносного спокою.

Проведений регресивний аналіз показав значну кореляцію між значеннями D у стані відносного спокою і реактивністю системи регуляції ритму серця на фізичне навантаження. У спортсменів коефіцієнт кореляції (r) складає 0,80 ($P < 0,001$). Регресивне рівняння у спортсменів має такий вигляд:

$$\text{tg } \beta = 1,1 D_{\text{поч}} \cdot 10^3 + 0,39. \quad (4)$$

У не спортсменів коефіцієнт кореляції (r) складає 0,93 ($P < 0,001$), регресійне рівняння має такий вигляд:

$$\text{tg } \beta = 1,2 D_{\text{поч}} \cdot 10^3 - 0,39. \quad (5)$$

Порівнюючи формули (4) і (5), можна зробити висновок, що різниця складає лише у знаку вільного члену рівняння. Таким чином, реактивність системи регуляції ритму серця людини на фізичне навантаження може бути визначена через значення D у стані відносного спокою.

Таблиця 1. Реактивність системи регуляції ритму серця на фізичне навантаження у спортсменів і не спортсменів ($\bar{X} \pm \text{SX}$), $\text{с}^2/\text{Вт}$

Тип реактивності	Спортсмени	Не спортсмени
Гіпореактивний	$1,2 \pm 0,1$	$0,99 \pm 0,06$
Гіперреактивний	$4,2 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,6^*$

* $P < 0,001$.

Таблиця 2. Дисперсія серцевого ритму (D) та частота серцевих скорочень (HR) у людини з різним типом системи регулювання ритму серця у стані відносного спокою ($\bar{X} \pm \text{SX}$)

Тип регулювання	D, с^2	HR, хв^{-1}
Симпатико-тонічний	$1,2 \cdot 10^{-3} \pm 0,2 \cdot 10^{-3}$	$98 \pm 2,4$
Парасимпатико-тонічний	$4,0 \cdot 10^{-3} \pm 0,2 \cdot 10^{-3}$	$72 \pm 1,5$
Нормо-тонічний	$1,7 \cdot 10^{-3} \pm 0,1 \cdot 10^{-3}$	$83 \pm 1,8$

Висновки

1. Реактивність системи регуляції ритму серця на фізичне навантаження залежить від його початкового стану відносного спокою.
2. У спортсменів реактивність системи регуляції ритму серця на фізичне навантаження переважно гіперреактивного типу, у не спортсменів реактивність має гіпореактивний тип.
3. Через регресійне рівняння можна визначити реактивність системи регуляції ритму серця людини на фізичне навантаження, коли відомі значення дисперсії серцевого ритму у початковому стані відносного спокою.

G. V. Korobeinikov

ASSESSMENT OF HEART SINUS NODE REACTIVITY IN RESPONSE TO WORKLOAD

The study involving 35 sportsmen and 35 non-sportsmen was undertaken to assess the reactivity of human heart sinus node in response to physical workload depending on the initial state of the blood circulation system. It is found that sportsmen have predominantly a hyperreactive type and non-sportsmen — a hyporeactive type of sinus node reactivity to workloads. Moreover, the reactivity of heart sinus node in response to physical workload depends considerably on the initial state of the system of blood circulation regulation at a relative rest. The regression equation for assessment of heart sinus node reactivity to workload is proposed.

Ukrainian Research Institute of Gerontology,
Ministry of Public Health of Ukraine, Kiev

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте.— М.: Медицина, 1990.— 192 с.
2. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии.— М.: Медицина, 1979.— 288 с.
3. Баевский Р. М. Синусовая аритмия с точки зрения кибернетики // Математические методы анализа сердечного ритма.— М.: Наука, 1968.— С. 9—23.
4. Давиденко Д. Н., Андрианов В. П., Яковлев Г. М., Лесной Н. К. Методы оценки функциональных резервов организма при использовании нагрузочной пробы по замкнутому циклу изменения мощности // Пути мобилизации функциональных резервов спортсмена.— Л.: ГДОИФК им. Лесгафта, 1984.— С. 35—41.
5. Загрядский В. П., Сулимо-Самуйло З. К. Зависимость реакций организма на экстремальные факторы от исходного состояния // Физиология человека.— т. 8, № 3.— 1982.— С. 496—498.
6. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Тестирование в спортивной медицине.— М.: Физкультура и спорт, 1988.— 208 с.
7. Коробейников Г. В. Коррекция процесса срочной адаптации сердечно-сосудистой системы у спортсменов при напряженной мышечной деятельности : Автореф. дис. канд. биол. наук.— К., 1992.— 16 с.
8. Коробейников В. Н., Лукьянова О. Н., Коробейников Г. В. Автоматизированная система для оценки психофизиологических параметров спортсмена // Проблемы создания и применения приборов и комплексов для психофизиологических исследований.— М., 1989.— С. 63.
9. Мозжухин А. С. Характеристики функциональных резервов человека // Проблемы резервных возможностей человека.— М., 1982.— С. 43—50.
10. Парин В. В., Баевский Р. М., Волков Ю. М., Гезенко О. Г. Космическая кардиология.— Л.: Медицина, 1967.— 208 с.
11. Солонин Ю. Г. Роль исходного состояния физиологических функций в реакциях на физическую нагрузку // Физиология человека.— 1987.— 13, № 1.— С. 96—102.

Укр. наук.-дослід. ін-т геронтології
М-ва охорони здоров'я України, Київ

Матеріал надійшов
до редакції 05.07.92