

Короткі повідомлення

УДК 612:613.735

Г.В.Коробейніков

Дослідження перехідних процесів регуляції ритму серця у людини за умов напруженої м'язової діяльності

В течение всего периода осуществления велоэргометрической ступенчато повышающейся физической нагрузки (с 20 Вт на 20 Вт каждую минуту до отказа от работы) у 38 спортсменов и 35 не спортсменов в возрасте 18-25 лет регистрировали сердечный ритм по двум следующим параметрам: частоте сердечных сокращений (HR) и дисперсии сердечного ритма (D). Срочная адаптация к напряженной мышечной деятельности характеризует переходной процесс открытого контура регулирования ритма сердца. Переходной процесс, выявленный у 26 % общего числа обследованных спортсменов, представляет собой замкнутый тип системы регулирования ритма сердца, а выявленный у 6 % общего числа обследованных не спортсменов, — комбинированный тип системы регулирования, включающий в себя элементы открытого и замкнутого типов.

Вступ

У кібернетиці перехідними називаються процеси, які змінюють у часі координати динамічної системи при її переході від одного стану до другого під впливом будь-яких зрушень [6]. У фізіології перехідні процеси пов'язують із регуляторними системами організму і визначають як перехід від одного рівня регулювання до іншого [5]. Перехідні процеси регуляції при напруженій м'язевій діяльності пов'язані з терміновою адаптацією [7]. Фізіологічною системою, яка лімітує ці можливості організму людини під час напруженої м'язової діяльності, є серцево-судинна система. У свою чергу динаміка ритму серця може бути розглянута як результат адаптаційних реакцій цілісного організму [1].

Незважаючи на важливість вивчення перехідних процесів регуляції організму людини у різноманітних сферах діяльності, існує дуже мало робіт, присвячених дослідженню цієї проблеми. Таким чином, метою роботи було дослідження перехідних процесів регуляції ритму серця у людини при напруженій м'язевій діяльності.

Методика

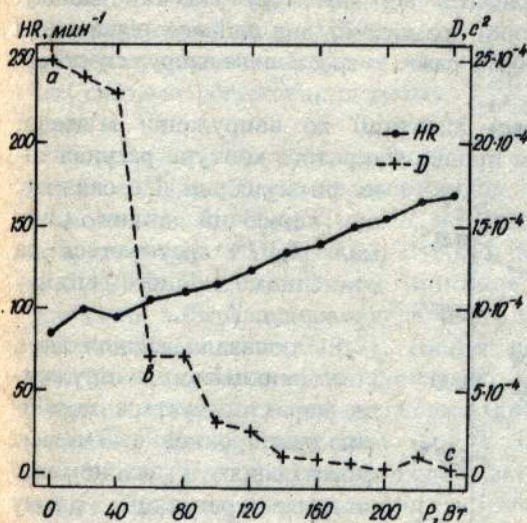
Обстежено дві групи практично здорових людей віком від 18 до 27 років із різним рівнем функціональної підготовленості. Перша група — 38 спортсменів (високий рівень функціональної підготовленості), друга — 35 не спортсменів (низький рівень функціональної підготовленості). Дослідження ритму серця здійснювалося автоматизованою системою аналізу і обробки

© Г.В.КОРОБЕЙНИКОВ, 1994

кардіограм на базі мікро-ЕОМ [4]. Використовувалися такі показники: частота серцевих скорочень (HR), яка характеризує рівень функціонування системи кровобігу, і дисперсія серцевого ритму (D), яка характеризує міру напруження регуляції. Інтервал розрахунку показників, які вивчали — 1 хв. Напружена м'язева діяльність моделювалася за допомогою велоергометра рамповим фізичним навантаженням, потужність якого зростала з 20 Вт на 20 Вт кожної наступної хвилини до відказу від роботи.

Результати та їх обговорення

Динаміку термінових адаптаційних реакцій напруженої м'язевої діяльності, яку ми спостерігали (мал. 1), можна описати класифікацією [1], запропонованою для оцінки функціонального стану організму за мірою напруженості регуляційних систем, яку визначають за шкалою часткової адаптації (мал. 1, а, в), шкалою функціонального напруження (див. мал. 1, в, с), шкалою перенапруження (див. мал. 1, с), шкалою зриву адаптації (відсутній у практично здорових людей під час термінової адаптації). Подана класифікація відбивається у зміні D і може бути використана, як одна з моделей динаміки перехідних процесів регуляції за умов напруженої м'язевої діяльності людини. Для вивчення перехідних процесів регуляції був використаний кореляційний аналіз результатів визначення показників серцевого ритму у стані відносного спокою, часткової адаптації та функційного напруження.



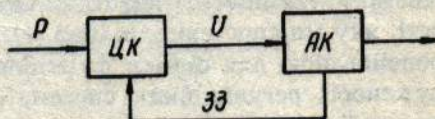
Мал. 1. Індивідуальна динаміка термінових адаптаційних реакцій напруженої м'язевої діяльності спортсмена: HR — частота серцевих скорочень, D — дисперсія серцевого ритму, P — потужність фізичного навантаження.

Функціонування у стані відносного спокою характеризується автономізацією регуляції ритму серця. Це підтверджує слабка кореляція між D і HR у спортсменів ($r = -0,30 \pm 0,03$; $P < 0,01$) і не спортсменів ($r = -0,33 \pm 0,03$; $P < 0,01$). Стан часткової адаптації відбиває перехідний процес регуляції ритму серця від рівня відносного спокою до робочого рівня функціонування. Значне зниження D (див. мал. 1, а, в) і збільшення HR (див. мал. 1, а, в) у перехідну фазу термінової адаптації зумовлено активацією симпатичного тонуусу внаслідок посилення впливу центрального контуру регулювання. Це підтверджується значною кореляцією між D і HR у спортсменів ($r = -0,83 \pm 0,04$; $P < 0,05$) і не спортсменів ($r = -0,92 \pm 0,05$; $P < 0,05$). Залежність D від потужності навантаження (P) більш значна у не спортсменів ($r = -0,96 \pm 0,05$; $P < 0,01$), ніж у спортсменів ($r = -0,87 \pm 0,04$; $P < 0,05$). Стан функційного напру-

ження характеризується оптимальним співвідношенням центрального і автономного контурів регуляції ритму серця (див. мал. 1, а; с). Кореляція між D і HR однакова у спортсменів і не спортсменів ($r = -0,92 \pm 0,05$; $P < 0,01$). Однак, залежність D від P більш значна у спортсменів ($r = -0,93 \pm 0,04$; $P < 0,01$), ніж у не спортсменів ($r = -0,89 \pm 0,05$; $P < 0,01$).

Таким чином, динаміка перехідних процесів регуляції ритму серця організму людини за умов напруженої м'язової діяльності характеризується поступовим підвищенням рівня регулювання. Разом із тим, у спортсменів виявляється більш поступовий перехід регуляції ритму серця до нового рівня регулювання.

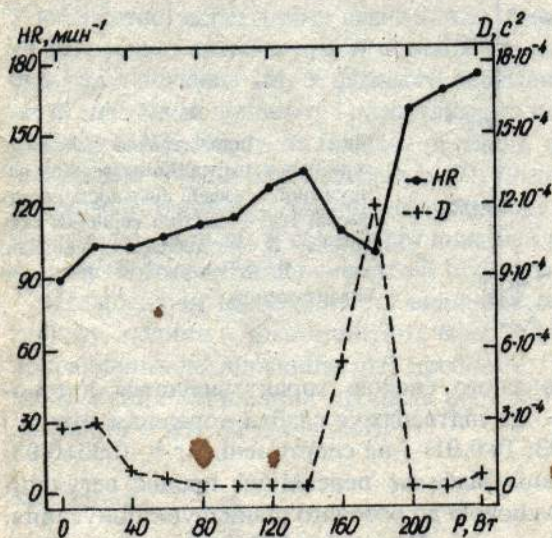
На мал. 2 показана блок-схема регуляції ритму серця за умов напруженої м'язової діяльності. Об'єктом регулювання є автономний контур (див. мал. 2, АК). Керуючим улаштуванням є центральний контур регуляції (див. мал. 2, ЦК). На вході ЦК — вплив фізичного навантаження (див. мал. 2, P). Керуючий вплив подається з ЦК на вхід АК і являє собою результат спільної дії симпатичної і парасимпатичної нервових систем (див. мал. 2, U). Функціонування представленої моделі регулювання ритму серця за умов напруженої м'язової діяльності залежить від характеру вхідного впливу. Фізичне напруження, що має лінійний (рамповий) вид здійснює підвищення рівня функціонування системи кровообігу разом із зростанням напруженості регуляції.



Мал. 2. Блок-схема регуляції ритму серця людини за умов напруженої м'язової діяльності:

АК — автономний контур регуляції, ЦК — центральний контур регуляції, P — фізичне навантаження, U — керуючий вплив, 33 — зворотний зв'язок.

Таким чином, процес термінової адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризує перехідний процес відкритого контуру регулювання ритму серця.



Мал. 3. Індивідуальна динаміка перехідного процесу регуляції системи кровообігу спортсмена у стані функційного напруження під час фізичного навантаження:

HR — частота серцевих скорочень, D — дисперсія серцевого ритму, P — потужність фізичного навантаження.

ритму серця. Це означає, що керуючий вплив (див. мал. 2, U) формується за значенням вхідного впливу (див. мал. 2, P).

Як показало дослідження, стан функційного напруження характеризується постійною реципрокною взаємодією центрального і автономного контурів регуляції ритму серця (див. мал. 1, а; с). Але у 26 % від загального числа обстежених спортсменів і у 6% — не спортсменів спостерігається інша динаміка значень, які вивчались показників у стані функційного напруження: у спортсменів — зниження HR і збільшення D (мал. 3), у не спортсменів — зниження HR і зниження D до нуля (мал. 4).

Для вивчення фізіологічних механізмів був проведений індивідуальний кореляційний аналіз у кожному випадку перехідних процесів регуляції, які ми спостерігали.

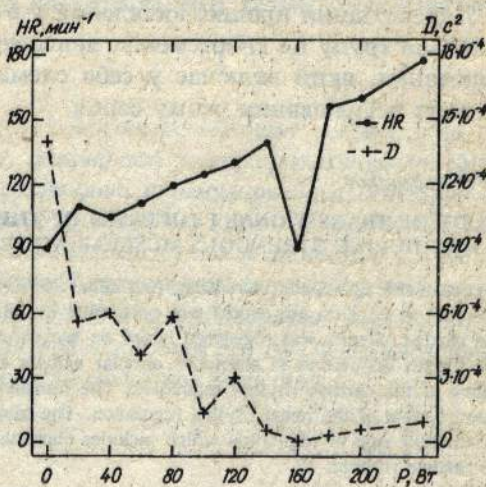
Індивідуальний кореляційний аналіз показав, що у спортсменів зберігається кореляція між D і HR ($r = -0,86 \pm 0,04$; $P < 0,05$), яка була встановлена у стані функційного напруження. Однак при цьому немає залежності D від потужності навантаження (див. мал. 3). Це вказує на посилення внутрішньосистемної регуляції ритму серця. Парадоксальне збільшення D за умов перехідних процесів деякі дослідники пов'язують із порушенням регуляції внаслідок посилення активності симпатичної і парасимпатичної систем [1, 2]. Розглянутий нами перехідний процес регуляції ритму серця характеризується тим, що керуючий вплив (див. мал. 2, U) формується за допомогою зворотного зв'язку (див. мал. 2, 33). Таким чином, перехідні процеси у 26% від загального числа людей, які склали групу спортсменів, характеризуються замкнутим типом системи регулювання ритму серця.

Індивідуальний кореляційний аналіз показав, що у не спортсменів перехідні процеси характеризуються зміною кореляції між D і HR на протилежний знак у стані функційного напруження ($r = -0,71 \pm 0,07$; $P < 0,05$). Кореляція між D і P знижується ($r = -0,51 \pm 0,09$; $P < 0,05$). Значне зниження D під час фізичного навантаження пов'язане з активацією центрального контуру регуляції ритму серця і перевтомленням людини [3]. Даний перехідний процес характеризується тим, що керуючий вплив (див. мал. 2, U) формується, з одного боку, під впливом потужності навантаження (див. мал. 2, P), з іншого — за допомогою зворотного зв'язку (див. мал. 2, 33). Таким чином, перехідні процеси у 6% від загального числа людей, які склали групу не спортсменів, являють собою комбінований тип системи регулювання, який включає у себе елементи відкритого і замкнутого типів системи регулювання ритму серця.

Висновки

1. Динаміка перехідних процесів регуляції ритму серця організму людини за умов напруженої м'язової діяльності характеризується поступовим підвищенням рівня функціонування та переходом системи регуляції до нового рівня регулювання.

2. У спортсменів виявляється більш поступовий перехід регуляції ритму серця до нового рівня регулювання під час виконання фізичного навантаження.



Мал. 4. Індивідуальна динаміка перехідного процесу регуляції системи кровообігу не спортсмена у стані функційного напруження під час фізичного навантаження:

HR — частота серцевих скорочень, D — дисперсія серцевого ритму, P — потужність фізичного навантаження.

3. Процес термінової адаптації до напруженої м'язової діяльності характеризує перехідний процес відкритого контуру регулювання ритму серця за рахунок посилення внутрішньосистемної регуляції ритму серця.

4. Перехідний процес, виявлений у 26 % від загального числа людей, які складали групу спортсменів, характеризується замкнутим типом системи регулювання ритму серця.

5. Перехідний процес, виявлений у 6 % від загального числа людей, які складали групу не спортсменів, являє собою комбінований тип системи регулювання, який включає у себе елементи відкритого і замкнутого типів системи регулювання ритму серця.

G.V.Korobeinikov

STUDY OF TRANSITIONAL PROCESSES OF THE HEART RHYTHM REGULATION IN MAN DURING STRENUOUS MUSCLAR ACTIVITY

Physical work (gradually increasing from initial 20 W + additional 20 W each minute up to the moment of failure to perform any work) was performed by 38 sportsmen and 35 non-sportsmen aged 18—25. The cardiac rhythm was registered based on two parameters: the heart rate and heart rate dispersion. The urgent adaptation to strenuous muscular activity characterizes the transitional process of an open outline of the cardiac rhythm regulation. The transitional process revealed in 26 % of sportsmen is a closed system of the heart rhythm regulation. The same process, revealed in 6 % of non-sportsmen, is a combined tepe of regulation which includes elements of both open and closed types of regulation of the cardiac rhythm.

Institute of Gerontology, Academy
of Medical Sciences of Ukraine, Kiev.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. — М.: Медицина. — 1979. — 298 с.
2. Жемайтис Д.И. Возможности клинического применения и автоматического анализа ритмограмм: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Каунас, 1972. — 51 с.
3. Жемайтис Д.И. Ритмограмма как отражение особенностей регуляции ритма сердца // Ритм и сердце в норме и патологии. — Вильнюс, 1970. — С. 99—111.
4. Коробейников В.Н. Обработка ритмокардиограмм в реальном масштабе времени // Проектирование и применение средств микропроцессорной техники. — К.: Ин-т кибернетики, 1986. — С. 46—48.
5. Очерки прикладной нейрокибернетики (к анализу регуляторных систем мозга) / Под ред. Меницкого. — Л.: Медицина, 1973. — 219 с.
6. Словарь по кибернетике: / Под ред. Михалевича. — Изд. 2-е. — К.: Гл. ред. УСЭ им. М.П.Бажана, 1989. — 751 с.
7. Ткачук В.Г., Лукьянова О.Н., Коробейников Г.В. Закономерность протекания адаптивных процессов биосистемы в условиях напряженной мышечной деятельности / Кибернетика и вычислительная техника. — К.: Наук. думка, 1992. — С. 104—107.

Ин-т геронтології
АМН України, Київ

Матеріал надійшов
до редакції 20.04.93