

12. Groisser V. W., Farrar T. Effect of intestinal motility on the absorption of sodium in man // Amer. J. Digest. Dis.—1962.—7, N 1.—P. 57—68.
13. Hunt J. N., Spurrell W. R. The pattern of emptying of the human stomach // J. Physiol. (London).—1951.—113, N 2.—P. 157—168.
14. Kelly K. A., Code C. F. Duodenal-gastric reflux and slowed gastric emptying by electrical pacing of the canine duodenal pacesetter potential // Gastroenterology.—1977.—72, N 3.—P. 429—433.
15. Mattson O., Permamn G., Lagerlof H. The small intestine transit time with a physiologic contrast medium // Acta radiol.—1960.—54, N 3.—P. 334—345.

Киев. ин-т клин. и эксперим. хирургии
М-ва здравоохранения УССР

Материал поступил в редакцию 10.06.88

УДК 612.172.2:612.136:612.67

О. В. Коркушко, В. Б. Шатило, Ю. Т. Ярошенко, Т. Б. Шатило

Динамика сердечного ритма в переходные периоды при дозированных физических нагрузках у людей разного возраста

Известно, что старение ведет к ограничению адаптационных возможностей организма и сужению диапазона его функциональных резервов [3, 8]. Функциональные резервы физиологической системы определяются предельным уровнем ее функционирования, экономичностью работы и качеством регуляции в переходные периоды деятельности [2]. Снижение после определенного возраста параметров предельного уровня функционирования физиологических систем показано на примере уменьшения максимального потребления кислорода (МПО_2), минутного объема кровообращения и физической работоспособности [4, 12]. МПО_2 — один из основных интегральных показателей, характеризующих функциональные резервы кислородтранспортных систем организма, физическую работоспособность. Среди причин снижения МПО_2 с возрастом можно назвать ограничение возможностей системы гемодинамики по доставке кислорода к работающим мышцам; периферические факторы, такие, как изменение распределения мышечного кровотока, нарушения диффузии кислорода через капилляры в мышечную клетку, снижение уровня клеточного метаболизма [12, 18]. Представляется, что возрастные изменения регуляции деятельности кислородтранспортных систем и прежде всего сердечно-сосудистой системы могут оказывать существенное влияние на изменение аэробной способности организма пожилых и старых людей. В то же время изменение с возрастом регуляции функциональной системы кровообращения во время физической нагрузки изучены недостаточно.

В настоящей работе, используя анализ ритмограмм при дозированных физических нагрузках, мы изучали особенности регулирования сердечного ритма в периоды вработывания и восстановления у людей разного возраста и различной тренированности.

Методика

Обследовано 30 молодых (20—34 лет), 35 пожилых (60—74 лет) и 25 старых (75—89 лет) здоровых людей, ведущих обычный образ жизни, и 15 пожилых мужчин, которые в течение последних 10—15 лет занимались интенсивными физическими тренировками на выносливость. В обследование включались люди, у которых при клиническом и инструментальном обследовании не выявлено заболеваний сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и нервной систем. Уровень МПО_2 определяли при велоэргометрической нагрузке до отказа с помощью автоматического газоанализатора «Охусоп-4» (фирмы «Mijnhardt», Нидерланды).

Для изучения переходных состояний сердечного ритма использовали ритмографию, а в качестве функциональной пробы — дозированную физическую нагрузку (ДФН) на велоэргометре. Ритмограммы регистрировали на самописце Н-331 в следующей последовательности: в положении сидя на велоэргометре (15 мин), в течение пятиминутной нагрузки мощностью 25 Вт и в восстановительный период после нее (5 мин); затем во время ДФН мощностью 50 Вт продолжительность 5 мин и в восстановительный период после нее (5 мин). По ритмограмме определяли форму переходных периодов и некоторые их количественные характеристики (рис. 1): продолжительность периодов вращивания при ДФН 25 и 50 Вт, с; продолжительность периодов восстановления сердечного ритма после ДФН мощностью 25 и 50 Вт, с; прирост сердечного

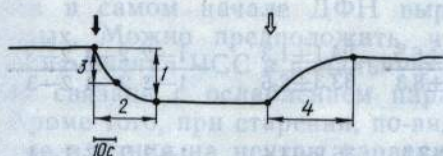
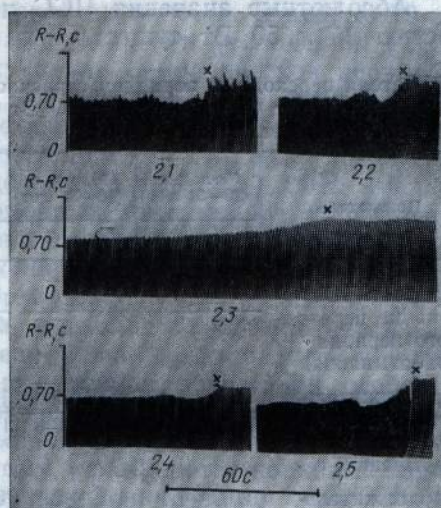


Рис. 1. Схема переходных периодов вращивания и восстановления сердечного ритма при динамической стандартной физической нагрузке: 1 — прирост частоты сердечных сокращений (ЧСС) в конце переходного периода вращивания, 2 — продолжительность переходного периода вращивания, 3 — прирост ЧСС за первые 10 с дозированной физической нагрузки, 4 — продолжительность переходного периода восстановления. ↓ — начало дозированной нагрузки, ↓ — окончание дозированной нагрузки.

Рис. 2. Динамика сердечного ритма в переходный период вращивания при дозированной физической нагрузке мощностью 50 Вт у здоровых людей молодого (2.1—2.2), пожилого (2.3) возраста и тренированных на выносливость пожилых людей (2.4—2.5). X — начало переходного периода вращивания.



ритма за первые 10 с при ДФН мощностью 25 и 50 Вт (% исходного значения); прирост частоты сердечных сокращений (ЧСС) в конце переходного периода вращивания при ДФН мощностью 25 и 50 Вт, % исходного значения ЧСС.

Достоверность различий оценивали с помощью критерия t Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

В результате определения МП O_2 (мл · кг⁻¹ · мин⁻¹) у физически тренированных и нетренированных людей разного возраста при велоэргометрической нагрузке до отказа установлена следующая зависимость этого показателя от возраста и тренированности:

Молодые люди	$50,3 \pm 1,7$
Пожилые люди	$26,3 \pm 0,9$
Старые люди	$21,1 \pm 1,0$
Пожилые спортсмены	$35,5 \pm 1,1$

У большинства молодых людей огибающая периода вращивания сердечного ритма при ДФН имела вид экспоненты (рис. 2.1). После периода значительного начального учащения сердечного ритма следовал период стабилизации, в течение которого наблюдалось более медленное и менее значительное изменение ЧСС. У некоторых молодых испытуемых огибающая переходного периода вращивания имела более сложную форму — после выраженного начального ускорения сердечного ритма наблюдалось его значительное урежение, а затем ритм учащался и стабилизировался на новом уровне (рис. 2.2). Качественным отличием переходных периодов сердечного ритма у людей

старшего возраста был равномерный темп изменений ЧСС. Огибающая переходного периода сердечного ритма у большинства старых людей имела линейный характер (рис. 2.3). У пожилых тренированных людей, как и у молодых испытуемых, мы наблюдали в основном экспоненциальный тип переходного периода вработывания (рис. 2.4).

Абсолютные значения ЧСС и ее прироста на высоте ДФН мощностью 25 и 50 Вт существенно не различались между возрастными

Показатели переходных периодов сердечного ритма при физических нагрузках мощностью 25 Вт (в числителе) и 50 Вт (в знаменателе) у людей разных возраста и степени тренированности

Показатель	Молодые (20—34 лет)	Пожилые (60—74 лет)	Старые (75—89 лет)	Пожилые спортсмены (60—74 лет)	p<0,05
	1	2	3	4	
Прирост ЧСС в конце переход- ного периода вработывания, %	16,5±0,9	15,9±1,0	16,0±1,5	12,1±1,1	1—4 2—4 3—4
	25,7±2,3	26,6±2,7	23,0±2,8	16,9±1,4	1—4 2—4 3—4
Продолжитель- ность переходного периода вра- батывания, с	21,2±1,1	46,2±2,0	103,2±6,5	24,1±1,3	1—2 2—4 2—3
	29,7±1,4	73,1±3,0	150,7±8,3	33,3±2,6	1—2 2—4 2—3
Продолжитель- ность переходного периода вос- становления, с	20,9±1,1	41,9±2,1	69,7±3,4	36,9±4,4	1—2 2—3 1—4
	31,0±1,4	63,3±2,5	99,1±5,3	44,9±4,2	1—2 2—3 1—4 2—4
Прирост ЧСС за первые 10 с фи- зической нагруз- ки, %	12,1±0,7	6,2±0,4	4,1±0,3	8,9±0,5	1—2 2—3 1—4 2—4
	20,0±1,7	8,1±0,6	4,8±0,4	12,8±0,9	1—2 2—3 1—4 2—4

группами, но были достоверно ниже в группе физически тренированных пожилых людей (таблица). Значения прироста ЧСС за первые 10 с физической нагрузки мощностью 25 и 50 Вт были достоверно выше у молодых и физически тренированных пожилых людей. Продолжительность периодов вработывания и восстановления увеличивалась с возрастом, достигая максимальных значений в глубокой старости. У физически тренированных пожилых людей переходные периоды сердечного ритма заканчивались достоверно раньше, чем у людей того же возраста, ведущих обычный образ жизни (см. таблицу).

При сопоставлении уровня МПО₂ с продолжительностью переходного периода вработывания по ЧСС при дозированных физических нагрузках выявлена достоверная корреляция между этими показателями ($r=-0,78$; $P<0,001$). Учитывая, что изменения ЧСС в переходных состояниях находятся под постоянным контролем вегетативной нервной системы, можно заключить о существовании определенной зависимости физической работоспособности человека от эффективности функционирования регуляторных механизмов. В этом плане возрастные изменения переходных периодов сердечного ритма при ДФН следует расценивать как проявление ухудшения качества регуляции функции сердечно-сосудистой системы, что, в свою очередь, способствует возрастному снижению физической работоспособности у пожилых и старых людей.

Как известно, регуляция хронотропной функции сердца при физической нагрузке осуществляется при активном участии обоих отделов вегетативной нервной системы [14]. Непосредственно после начала физической нагрузки мощный поток нервных импульсов, поступающий к парасимпатическим центрам ствола мозга из моторных зон коры и проприорецепторов скелетных мышц, вызывает торможение вагусных влияний на сердечный ритм [10, 16]. Следовательно, в первые секунды физической нагрузки прирост ЧСС связан в основном с ослаблением

парасимпатического тонуса. В дальнейшем темп прироста ЧСС замедляется, и учащение сердечного ритма во вторую фазу переходного периода вработывания обеспечивается благодаря усилению симпатических влияний [19]. В настоящем исследовании мы использовали ДФН мощностью 25 и 50 Вт, которые у молодых людей заведомо не вызывали существенного повышения симпатической активности. В первые 10 с у этих людей отмечался наиболее выраженный темп увеличения ЧСС. Если учесть, что латентный период активации симпатической нервной системы составляет около 10—12 с [5], то очевидно, что учащение сердечного ритма у молодых людей достигалось благодаря угнетению парасимпатических влияний. У большинства людей старшего возраста огибающая переходных периодов сердечного ритма при ДФН имела линейный характер, наблюдался равномерный темп прироста ЧСС на протяжении всего периода вработывания. В первые 10 с после начала ДФН у пожилых и старых испытуемых наблюдалось достоверно меньшее, по сравнению с молодыми, увеличение ЧСС. Это свидетельствует о том, что у людей старшего возраста снижение парасимпатического тонуса в самом начале ДФН выражено значительно слабее, чем у молодых. Можно предположить, что выявленная возрастная особенность изменения ЧСС в начальную фазу переходного периода вработывания связана с ослаблением парасимпатического тонуса в старости [7]. Кроме того, при старении, по-видимому, ослабляются корковые тормозные влияния на центры парасимпатической иннервации сердца при ДФН, уменьшается поток афферентной импульсации от рецепторов скелетных мышц в ЦНС, что может способствовать замедлению темпа начального прироста сердечного ритма при ДФН. Наступающие при старении деструктивно-дистрофические изменения в различных структурах симпатической нервной системы ограничивают ее реакционные возможности [6, 11, 17], что находит отражение в увеличении продолжительности переходного периода вработывания у людей старшего возраста.

При старении увеличивается также продолжительность переходного периода восстановления сердечного ритма, что связано не только с возрастным ослаблением реактивности парасимпатической нервной системы [9, 13], но и замедлением темпа восстановительных метаболических процессов организма, а также более значительным выбросом катехоламинов в период ДФН [1, 15, 17]. Группа спортсменов по временным характеристикам переходных периодов сердечного ритма при ДФН мощностью 25 и 50 Вт приближалась к группе молодых людей. В первые секунды ДФН у пожилых спортсменов наблюдался значительный прирост ЧСС; переходный период вработывания по ЧСС имел характер экспоненты и заканчивался достоверно раньше, чем у пожилых нетренированных людей.

Выводы

1. Старение человека сопровождается ухудшением качества регулирования сердечного ритма в переходные периоды вработывания и восстановления при дозированных физических нагрузках.

2. Торпидность рефлекторных изменений сердечного ритма в начальную фазу физической нагрузки обусловлена возрастным ослаблением парасимпатического тонуса и снижением реактивности обоих отделов вегетативной нервной системы.

3. Физическая тренировка на выносливость оказывает благоприятное влияние на течение переходных периодов у здоровых пожилых людей.

Ухудшение качества регуляции сердечно-сосудистой системы с возрастом вносит существенный вклад в ограничение физической работоспособности пожилых и старых людей.

DYNAMICS OF THE CARDIAC RHYTHM IN TRANSIENT PERIODS OF PEOPLE OF DIFFERENT AGES EXPOSED TO DOSED PHYSICAL EXERCISES

The transitional cardiac rhythm processes of work-in and recovery under standard dynamic loads of 25 and 50 W were studied in 90 healthy people aged 20-89 and in 15 elderly people being trained for endurance. The rhythmographic method was used for that purpose. Duration of the transitional processes (work-in and recovery) was revealed to considerably increase with age, while the cardiac rhythm increment—to decrease within the first 10 seconds of the work-in period. The data obtained suggest a worsened quality of the cardiac rhythm regulation in the transitional periods during aging, that is a result of an impairment of the vegetative influences on the sinoatrial node.

Institute of Gerontology, Academy
of Medical Sciences of the USSR, Kiev

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головченко С. Ф., Василик П. В. Исследование возрастных особенностей регулирования функции сердечно-сосудистой системы при мышечной деятельности методами математического моделирования // Двигательная активность и старение.— Киев, 1969.— С. 198—209.
2. Карпман В. Л., Абрикосова М. А. Некоторые общие закономерности адаптации сердечно-сосудистой системы человека к физическим нагрузкам // Успехи физиол. наук.— 1979.— № 2.— С. 97—121.
3. Коркушко О. В. Сердечно-сосудистая система и возраст.— М.: Медицина, 1983.— 176 с.
4. Коркушко О. В., Ярошенко Ю. Т. Возрастные изменения физической работоспособности и ее кардиореспираторного обеспечения // Вестн. АМН СССР.— 1986.— № 10.— С. 42—47.
5. Ритм сердца у спортсменов / Под ред. Р. М. Баевского, Р. Е. Мотылянской.— М.: Физкультура и спорт, 1986.— 142 с.
6. Фролькис В. В. Регулирование, приспособление и старение.— Л.: Наука, 1970.— 432 с.
7. Фролькис В. В. Старение. Нейрогуморальные механизмы.— Киев: Наук. думка, 1981.— 318 с.
8. Фролькис В. В., Безруков В. В., Шевчук В. Г. Кровообращение и старение.— Л.: Наука, 1984.— 215 с.
9. Шевчук В. Г. Возрастные особенности реакции холинорецепторов сердца на ацетилхолин и атропин // Старение клетки.— Киев, 1971.— С. 214—221.
10. Gelsema A. J., Hollander A. P., Karemaker J. M., Bouman L. V. Mechanisms of fast rise in heart rate following muscle contractions // Psychophysiol. Cardiovasc. Control: Models, Methods and Data.— 1985.— P. 99—112.
11. Heinsimer J. A., Lefkowitz R. J. The impact of Aging on Adrenergic Receptor Function // J. Amer. Ger. Soc.— 1985.— 33, N 3.— P. 184—188.
12. Hossak K. F., Brace R. A. Maximal cardiac function in sedentary normal men and women: comparison of age related changes // J. Appl. Physiol.— 1982.— 53, N 4.— P. 799—804.
13. Kelliher C. J., Conahan S. T. Changes in Vagal Activity and Response to Muscarinic Receptor Agonists with Age // J. Gerontol.— 1980.— 35, N 6.— P. 842—849.
14. Nyberg G. Vagal and Sympathetic Contribution to the Heart Rate at rest and during isometric and dynamic exercise in Young Healthy Men // J. Cardio. Pharmacol.— 1981.— 3, N 6.— P. 1243—1250.
15. Palmer G. J., Ziegler M. G., Lake C. R. Response of norepinephrine and blood pressure to Stress increases with age // J. Gerontol.— 1978.— 33, N 4.— P. 482—487.
16. Petro J. K., Hollander A. P., Bouman L. V. Instantaneous cardiac acceleration in man induced by a voluntary muscle contraction // J. Appl. Physiol.— 1970.— 29, N 6.— P. 794—798.
17. Smith J. J., Ebert T. J., Tristani E. E. et al. Effect of age and coronary heart disease on autonomic responses to circulatory stress // Adv. Physiol. Sci.— V. 9: Cardiovascular Physiology. Neural Control Mechanisms / Eds. by A. G. Kovach, P. Sandor, M. Kollai.— 1981.— P. 357—365.
18. Strandell T. Circulatory studies on healthy old men. With special reference to the limitation of the maximal physical working capacity // Acta med. Scand.— 1964.— Suppl. 414.— P. 1—44.
19. Vatner S. F., Pagani M. Cardiovascular adjustments to exercise: Hemodynamics and mechanisms // Progr. in Cardiovasc. Dis.— 1976.— 19, N 2.— Pt. 2.— P. 91—108.

Ин-т геронтологии АМН СССР, Киев

Материал поступил в редакцию 05.06.88