

5. Пилявский А. И. Нейронная организация быстро- и медленнопроводящих компонентов пирамидной системы // Нейрофизиология.—1978.—10, № 5.— С. 534—549.
6. Стороожук В. М. Функциональная организация нейронов соматической коры.— Киев: Наук. думка, 1974.—270 с.
7. Толченова Г. А. Нейронная организация теменной коры кошки // Нервная система.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978.— С. 16—30.
8. Фанарджян В. В., Городонов В. Л. Постсинаптические потенциалы в руброспинальных нейронах мозга кошки при разных кортикофугальных влияниях // Нейрофизиология.—1984.—16, № 1.— С. 67—74.
9. Эзрохи В. М., Гречушникова Л. С. Идентификация транскаллозальных моносинаптических ответов // Журн. высш. нерв. деятельности.—1978.—28, № 6.— С. 1271—1280.
10. Geez P. H., Geez E. G. The control of movement by the brain // Trends Neurosci.—1980.—3, N 11.— P. 1—4.
11. Leinoner L. M., Hyvärinen J. Functional differentiation within the parietal association cortex of the monkey // Neurosci. Lett.—1978. Suppl. N 4.— P. 346.
12. Lynch James C. The functional organization of posterior parietal association cortex // Behav. and Brain Sci.—1980.—3, N 4.— P. 485—534.
13. Mizuno N., Mochizuki K., Akimoto C. et al. Projections from the parietal cortex to the brain stem nuclei in the cat with special reference to the parietal cerebro-cerebellar system // J. Comp. Neurol.—1973.—147, N 3.— P. 511—522.
14. Moffic D. The parietal lobe, a survey of its anatomy and function // Folia psychiat. neurol. et neurochirurg.—1949.—52, N 4.— P. 418—425.
15. Mouncastle V., Lynch G. C., Georgopoulos A. et al. Posterior parietal association cortex of the monkey: command function for operation within extrapersonal space // J. Neurophysiol.—1975.—38, N 4.— P. 871—908.
16. Nyberg-Hansen R. Further studies on the origin of corticospinal fibres in the cat, an experimental study the Nauta method // Brain Res.—1969.—18, N 1.— P. 39—54.
17. Porter R. Antidromic conduction of volleys in pyramidal tract // J. Neurophysiol.—1955.—16, N 2.— P. 138—150.
18. Reinoso-Suares F. Topografischer Hirnatlas der Katze für experimental-physiologische Untersuchungen.— Darmstadt: Merck, 1961.—74 S.
19. Wiesendanger M. The pyramidal tract: Recent investigation on its morphology and function // Ergebn. Physiol.—1969.—61.— P. 72—136.
20. Zarzecki P., Strick P. L., Asanuma H. Input to primate motor cortex from posterior parietal cortex (area 5). II. Identification by antidromic activation // Brain Res.—1978.—157, N 2.— P. 331—335.

Симферопол. ун-т им. М. В. Фрунзе

Поступила 19.02.85

УДК 612.766.1:613.6

А. О. Навакатилян, В. А. Бузунов, В. Тиле, Х. Френцель

## ВЛИЯНИЕ ГИПОДИНАМИИ И НЕРВНО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СИСТЕМ КРОВООБРАЩЕНИЯ И ДЫХАНИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

Знание о физиологическом регулировании организма при профессиональной деятельности человека должно базироваться на знании закономерностей влияния условий и характера труда на работоспособность и здоровье. В свете указанного, особую значимость имеют функционально-эргометрические исследования, позволяющие получить объективную информацию о физической работоспособности и состоянии важнейших жизнеобеспечивающих систем — дыхания и кровообращения [1, 6, 15, и др.], показатели которых считаются характеристиками общей работоспособности и, следовательно, здоровья [5, 7].

Учитывая недостаточную освещенность проблемы в литературе, цель настоящих исследований — установление ранних критериев неблагоприятного влияния на общую работоспособность гиподинамии и высокого нервно-эмоционального напряжения, которые характерны для многих современных профессий. Действие этих факторов у многих людей значительно выражено и во внерабочее время.

## Методика

Для решения поставленной задачи были подобраны контингенты работающих, условия труда которых существенно отличаются по тяжести и напряженности выполняемой работы, но одинаковы по комфортности производственной среды. Возраст, стаж, антропометрические параметры (рост, масса) существенных профессиональных различий не имели. О состоянии общей работоспособности и здоровья судили по показателям легочной вентиляции, газообмена, кислотно-щелочного равновесия, гемодинамики при физических нагрузках разной интенсивности и по  $PWC_{170}$ . Применительно к 8-часовой продолжительности рабочего дня, по данным литературы [10, 14, 17], был принят следующий модус физических нагрузок на велоэргометре — 50 Вт (легкая работа), 100 Вт (работа средней тяжести), 150 Вт (тяжелая работа). Продолжительность нагрузки 50 Вт составляла до 8 мин, 100 и 150 Вт — до 10–12 мин. Отдых после первой нагрузки составлял 5 мин, после второй — 10 мин.

В состоянии покоя и при нагрузках осуществляли записи ЭКГ (2-е грудное отведение по Нэбу), спирограммы  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$  в выдыхаемом воздухе, измеряли систолическое АД с помощью тонометра.

Для измерения параметров легочной вентиляции — минутного объема дыхания ( $\dot{V}_E$ ), потребления кислорода ( $\dot{V}O_2$ ), выделения двуокси углерода ( $\dot{V}CO_2$ ) и альвеолярной вентиляции ( $\dot{V}_A$ ) использовали современную прецизионную аппаратуру.  $\dot{V}O_2$  и  $\dot{V}CO_2$  измеряли в системе STPD, другие вентиляционные параметры — в системе BTPS.

При достижении устойчивого состояния в покое и при нагрузках из предварительно гиперемированной мочки уха брали артериальную кровь. Парциальное напряжение  $O_2$  и  $CO_2$  ( $p_{aO_2}$ ,  $p_{aCO_2}$ ), параметры кислотно-щелочного равновесия (рН, ВВ — общие буферные основания) определяли с помощью комплекса аппаратуры для микроаналитического исследования производства ГДР [9, 10], идентифицированной с оригинальными методиками.

Важнейшими параметрами, характеризующими физическую работоспособность и состояние здоровья исследуемых являлись:  $\dot{V}_E$ ;  $\dot{V}O_2$  — как критерий экономичности дыхания;  $\dot{V}_E$ ;  $\dot{V}_A$  — как критерий эффективности альвеолярной вентиляции;  $\dot{V}O_2$  (и вычисляемый на его основе ватт-эквивалент — в данном случае  $\dot{V}O_2 \cdot 100$  Вт) — как критерий обмена веществ при аэробной затрате энергии; RQ — дыхательный эквивалент, ВВ, рН — как критерий обмена веществ при анаэробно-лактацидной затрате энергии;  $p_{aO_2}$  — как общий критерий качества дыхательной функции или респираторной недостаточности;  $p_{aO_2} / \dot{V}_A$  — как критерий эффективности компенсаторного повышения  $\dot{V}_A$  для поддержания нормальных параметров газов крови во время работы [6, 8, 12, 16, 18, 19].

Обследовано 167 практически здоровых мужчин в возрасте 18–60 лет. Оценка тяжести и напряженности их труда проведена по имеющейся классификации [4, 5] и по стандарту ГДР. При оценке факторов производственной среды был принят следующий принцип: оптимум — 1 балл; на уровне ПДК, ПДУ или незначительные отклонения от нормативов — 2 балла. Обследованные были представителями следующих трех профессиональных групп: 1-я группа (62 человека) — работники электронной промышленности, труд которых характеризуется незначительным физическим (1 балл) и нервным (1–2 балла) напряжением и протекает в благоприятных условиях производственной среды: микроклимат, шум, пыль оцениваются 1 баллом; 2-я (44 человека) — операторы электростанций, нервное напряжение труда которых оценивается 3–4 баллами, с незначительным физическим компонентом (1 балл) без существенных отклонений условий труда от нормативов: уровни шума и микроклимата составляют 1–2 балла; 3-я (61 человек) — работники сельского хозяйства, занятые тяжелым физическим трудом (напряжение составляет 3–4 балла) с умеренным нервно-эмоциональным напряжением (1–2 балла), подвергающиеся действию органической пыли [2], производственный микроклимат оценен 2 баллами.

Средние значения и значения среднеквадратического отклонения по возрасту, стажу, росту и массе для всей выборки составили соответственно: 39,9 лет  $\pm$  9,2 лет; 17,0 лет  $\pm$  7,6 лет; 172 см  $\pm$  6,7 см; 75,3  $\pm$  7,2 кг.

## Результаты и их обсуждение

Данные статистического анализа ( $\bar{x} \pm S_x$ ) показали существенные профессиональные отличия как по  $PWC_{170}$ , так и по другим функциональным параметрам.

В таблице представлены результаты, полученные при выполнении нагрузки 100 Вт. В 1-й группе обследованных, работа которых связана с гиподинамией, по сравнению с работниками тяжелого физического труда (3-я группа) обращает внимание больший минутный объем дыхания и альвеолярной вентиляции. Экономичность дыхания у этой группы уменьшилась. Для поддержания парциального давления кислорода в артериальной крови им требуется большее напряжение дыхания и гемодинамики, на что указывают достоверно низкие значения  $p_{aO_2}$ ;  $p_{aO_2}/\dot{V}_A$  и высокие АД и ЧСС. Большой объем  $\dot{V}_A$  ведет к снижению  $p_{aCO_2}$ . Аэробные затраты энергии ( $\dot{V}_{O_2}$ ) имеют тенденцию к повышению, а показатели, отражающие анаэробные затраты (RQ, pH, BB), свидетельствуют о неадекватной анаэробно-лактационной фазе обмена, ведущей, в частности, к снижению щелочных резервов. В соответствии с этими функциональными сдвигами снижена физическая работоспособность ( $PWC_{170}$  составляет  $225 \text{ Вт} \pm 5,5 \text{ Вт}$ ).

Показатели дыхания и гемодинамики у работников разных профессиональных групп при выполнении нагрузки 100 Вт ( $\bar{x} \pm S_x$ )

| Показатель                        | Группа                  |                        |                  |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|
|                                   | 1-я                     | 2-я                    | 3-я              |
| $\dot{V}_E$ , л/мин               | $32,2 \pm 0,7^{1, 2}$   | $31,6 \pm 0,8^{1, 2}$  | $29,4 \pm 0,5$   |
| $\dot{V}_A$ , л/мин               | $26,4 \pm 0,5^{1, 2}$   | $24,6 \pm 0,5$         | $23,7 \pm 0,3$   |
| $\dot{V}_E/\dot{V}_A$ , л/мин     | $1,22 \pm 0,02$         | $1,28 \pm 0,03^1$      | $1,24 \pm 0,02$  |
| $\dot{V}_{O_2}$ , л/мин           | $1,25 \pm 0,02$         | $1,30 \pm 0,02^{1, 2}$ | $1,22 \pm 0,01$  |
| $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$ , л/мин | $25,0 \pm 0,5^{1, 2}$   | $24,3 \pm 0,5$         | $23,3 \pm 0,2$   |
| RQ                                | $0,93 \pm 0,005^{1, 2}$ | $0,92 \pm 0,20$        | $0,88 \pm 0,002$ |
| $p_{aO_2}$ , кПа                  | $10,5 \pm 0,06^{1, 2}$  | $10,8 \pm 0,12^1$      | $11,6 \pm 0,07$  |
| $p_{aO_2}/\dot{V}_A$              | $0,40 \pm 0,01^{1, 2}$  | $0,43 \pm 0,02^1$      | $0,54 \pm 0,01$  |
| $p_{aCO_2}$ , кПа                 | $5,05 \pm 0,10$         | $5,17 \pm 0,10$        | $5,21 \pm 0,03$  |
| BB, мэкв/л                        | $44,6 \pm 0,3^{1, 2}$   | $45,9 \pm 0,5$         | $46,8 \pm 0,3$   |
| pH                                | $7,36 \pm 0,007^{1, 2}$ | $7,37 \pm 0,004$       | $7,38 \pm 0,005$ |
| ЧСС, мин <sup>-1</sup>            | $116 \pm 1,3^{1, 2}$    | $118 \pm 1,9^1$        | $107 \pm 1,0$    |
| АД систолическое, кПа             | $18,1 \pm 0,18^{1, 2}$  | $22,9 \pm 0,45$        | $16,7 \pm 0,10$  |
| n, число обследованных            | 62                      | 40                     | 61               |

<sup>1</sup> Данные, отражающие достоверные различия между 1-й и 2-й группами; <sup>2</sup> данные, достоверно отличающиеся от данных 3-й группы.

Во 2-й группе (высокое нервно-эмоциональное напряжение в сочетании с гиподинамией) также снижена физическая работоспособность ( $PWC_{170}$  составляет  $230 \text{ Вт} \pm 6,3 \text{ Вт}$ ). Только 70 % испытуемых смогли выдержать нагрузку 150 Вт. При нагрузке 100 Вт (см. таблицу) все функциональные показатели, характеризующие эффективность дыхания и гемодинамики, хуже, чем в 3-й группе, выполняющей тяжелую физическую работу. При этом по некоторым показателям разница статистически достоверна, по другим, наблюдается тенденция к ее снижению. Достоверно повышены легочная вентиляция и затраты энергии при выполнении работы, снижены бикарбонаты крови и парциальное давление кислорода. Гипоксемия, вероятно, является следствием дистрибуционных нарушений в легких, недостаточной регуляторной адаптации к выполнению физической работы и способствует, в свою оче-

редь, выраженному учащению сердечных сокращений и повышению АД при нагрузке. По большинству показателей существенной разницы между 1-й и 2-й группами испытуемых не наблюдается. Во 2-й группе отмечается более выраженная реакция сердечно-сосудистой системы, что можно объяснить влиянием повышенного нервно-эмоционального напряжения в период работы (а отчасти и после него) на нервную и сердечно-сосудистую системы [2, 5].

Для 3-й группы, занятой тяжелым физическим трудом, характерна высокая физическая работоспособность ( $PWC_{170}$  составляет  $275 \text{ Вт} \pm$

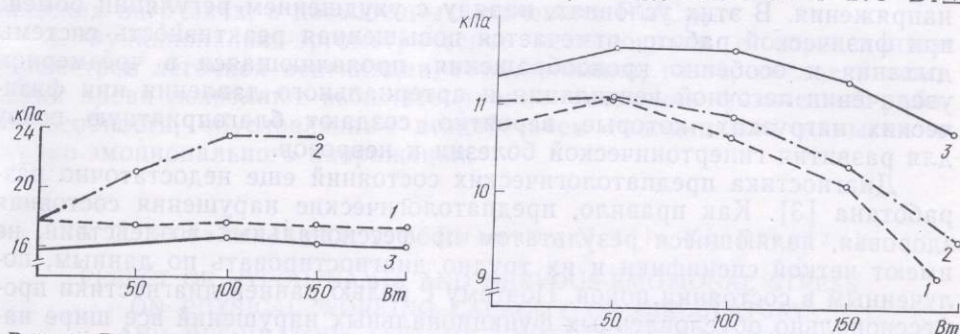


Рис. 1. Регрессионная зависимость систолического артериального давления (кПа) от мощности нагрузки (Вт) в различных (1, 2, 3) профессиональных группах:  
 1 —  $y = 16,77 + 0,20x - 0,024x^2$ ; 2 —  $y = 17,05 + 5,17x - 0,966x^2$ ; 3 —  $y = 15,64 + 0,42x - 0,055x^2$  (объяснения в тексте).

Рис. 2. Регрессионная зависимость  $p_{aO_2}$  (кПа) от мощности нагрузки (Вт) в различных (1, 2, 3) профессиональных группах:  
 1 —  $y = 10,71 + 0,58x - 0,26x^2$ , ( $r^2 = 0,98$ ); 2 —  $y = 10,97 + 0,22x - 0,15x^2$ , ( $r^2 = 0,99$ ); 3 —  $y = 11,95 + 0,53x - 0,18x^2$ , ( $r^2 = 0,99$ ). Обозначения те же, что и на рис. 1.

$\pm 6,6 \text{ Вт}$ ). Большинство испытуемых группы выдерживали нагрузку 200 Вт. Характерные признаки высокой работоспособности группы при нагрузке 100 Вт проявляются в оптимальном значении кровяного давления, эффективных метаболизме и альвеолярной вентиляции, высокой экономичности дыхания. Поэтому при выполнении тяжелой работы сохраняется нормоксемия. Таким образом, регуляторная адаптация к выполнению физической работы в данном случае оптимальна, что можно объяснить тренированностью организма к физическим нагрузкам и стихийным профессиональным отбором.

На рис. 1 представлена зависимость систолического АД от нагрузки. С увеличением нагрузки самые низкие значения АД отмечены в 3-й группе, несколько большие — в 1-й, и существенно повышенные — во 2-й. У большинства работников этой профессии систолическое АД превышает верхнюю границу нормы при нагрузках 21,3 КПа (160 мм рт. ст.), характеризуя развитие гипертензии напряжения.

На рис. 2 представлена регрессионная зависимость  $p_{aO_2}$  от мощности эргометрической нагрузки. В состоянии покоя  $p_{aO_2}$  в 3-й группе выше по сравнению с другими группами. Эта разница значительно увеличивается при нагрузках, что говорит о хорошей физической работоспособности:  $p_{aO_2}$  повышается при первой (а иногда и при второй) нагрузке (50 и 100 Вт), что вероятно, есть следствие уменьшения неравномерности вентиляции легких при напряжениях. При последующих нагрузках показатель снижается, что особенно выражено в 1-й и 2-й группах.

Более низкий уровень и снижение  $p_{aO_2}$  в 1-й и 2-й группах ограничивает аэробную биоэнергетическую способность, компенсаторно повышает анаэробно-лактационную часть продукции энергии, усиливает рабочий ацидоз. Вследствие этого физическая работоспособность мужчин этих профессиональных групп лимитируется биоэнергетически.

Результаты предыдущих исследований операторов ТЭС [1, 5] показали, что у молодых операторов физическая работоспособность не ниже, чем у работников физического труда средней тяжести, в то же время с увеличением возраста и стажа функции организма операторов

более выражено ухудшаются. Согласно результатам настоящих исследований, в группе с гиподинамией ухудшение регуляции функций проявляется при нагрузках средней тяжести. Однако не представляется возможным оценить реальную значимость этих изменений для здоровья и квалифицировать их как предпатологические, поскольку нагрузки средней (и выше) тяжести у людей умственного труда встречаются сравнительно редко, а отдаленные последствия их влияния не изучали. Более определенно можно оценивать изменения, наблюдаемые под влиянием сочетания гиподинамии и высокого нервно-эмоционального напряжения. В этих условиях, наряду с ухудшением регуляции обмена при физической работе, отмечается повышенная реактивность системы дыхания и особенно кровообращения, проявляющаяся в чрезмерном увеличении легочной вентиляции и артериального давления при физических нагрузках, которые, вероятно, создают благоприятную почву для развития гипертонической болезни и неврозов.

Диагностика предпатологических состояний еще недостаточно разработана [3]. Как правило, предпатологические нарушения состояния здоровья, являющиеся результатом профессиональных воздействий, не имеют четкой специфики и их трудно диагностировать по данным, полученным в состоянии покоя. Поэтому с целью ранней диагностики профессионально обусловленных функциональных нарушений все шире начинают проводить эргометрические исследования.

Замеренные во время работы на велоэргометре функциональные параметры в количественном отношении находятся в существенной зависимости от профиля отдельной нагрузки, что нужно учитывать при сравнении полученных результатов с данными литературы. Ранее в лабораторных исследованиях [10, 13, 14, 17] был определен профиль нагрузки, при котором на основании параметров функций можно надежно судить о пригодности к работе разной тяжести (применительно к 8-часовому рабочему дню). Учитывая профиль нагрузки и соблюдая методические требования точности измерений функциональных параметров легочной вентиляции, гемодинамики, газов, кислот, оснований крови, можно обеспечить высокую их информативность [9—14, 16—19].

Как следует из результатов наших исследований, тяжелый труд, осуществляемый в свободном темпе и ритме, положительно влияет на организм, подобно эффекту длительной тренировки у спортсменов. Вероятно, тренирующее влияние оказывают и небольшие отклонения микроклимата от ПДУ. Состояние системы транспорта кислорода и качество регуляции дыхательной и сердечно-сосудистой систем улучшаются, что обеспечивает высокую физическую работоспособность. В то же время проведенные исследования не выявили отрицательного влияния небольшого повышения концентрации органической пыли во вдыхаемом воздухе. Это, возможно, связано с тем, что ухудшение изученных функций в период предпатологии маскируется положительным тренирующим влиянием работы. Следует принять во внимание, что только люди с высокой физической работоспособностью могут успешно выполнять тяжелую физическую работу. Поэтому целесообразно проводить профессиональный отбор перед принятием человека на физическую тяжелую работу.

Настоящие результаты отражают особенности развития функциональных нарушений здоровья работающих как следствие гиподинамии и высокого нервно-эмоционального напряжения, которые могут быть выявлены с помощью оптимальных нагрузочных проб.

### Выводы

1. Гиподинамия в сочетании с умеренным нервным напряжением обуславливает ухудшение аэробного и анаэробного обменов при физических нагрузках, снижение экономичности легочной вентиляции, способности выполнять динамическую физическую работу большой мощности.

2. Для работников, занятых трудом высокого нервно-эмоционального напряжения в сочетании с гиподинамией, типичными изменениями функционального состояния являются гипервентиляция, гипертония напряжения, снижение  $PWC_{170}$ , эффективности альвеолярной вентиляции и относительная гипоксемия при физических нагрузках, которые могут рассматриваться как проявления предпатологии.

3. Для работников, занятых тяжелым физическим трудом, характерно состояние тренированности, проявляющееся в высокой эффективности и экономичности регуляции дыхания и кровообращения при физических нагрузках, в повышенных значениях  $PWC_{170}$ .

4. Функционально-эргометрические исследования с определением параметров легочной вентиляции, гемодинамики, газов, кислот и оснований крови позволяют выявлять ранние изменения физической работоспособности, обусловленные воздействием гиподинамии и высокого нервно-эмоционального напряжения.

A. O. Navakatikyan, V. A. Buzunov, V. Tile, Kh. Frenzel

#### EFFECT OF HYPODYNAMIA AND NERVOUS-EMOTIONAL STRESS ON PHYSICAL WORKING CAPACITY OF CIRCULATORY AND RESPIRATORY SYSTEMS UNDER MUSCULAR WORK

Parameters of ventilation, hemodynamics, buffer bases, acids, gases of blood have been determined in 167 healthy people from three professional groups by means of specially optimized ergometry. Hypodynamia induces a decrease in the efficiency of respiration and circulation as well as of physical working capacity. Hypodynamia being combined with the high nervous-emotional stress evokes not only the above changes but also distinct stress hypertension, which is considered as prepathology.

Institute of Labour Hygiene and Professional Diseases, Kiev

1. Бузунов В. А., Майдинов Ю. Л. К вопросу о влиянии характера трудовой деятельности на возрастные изменения физической работоспособности // Гигиена и санитария.—1977.—№ 1.—С. 107—110.
2. Кундиев Ю. И., Навакатикян А. О., Бузунов В. А. Гигиена и физиология труда на тепловых электростанциях.—М.: Медицина, 1982.—224 с.
3. Навакатикян А. О. Проблема развития предпатологических состояний (переутомления и перенапряжения) под влиянием работы и факторов окружающей среды // Гигиена труда и профзаболевания.—1981.—№ 11.—С. 14—17.
4. Навакатикян А. О., Кундиев Ю. И., Охрименко А. И. и др. О принципах количественной оценки тяжести и напряженности труда по данным физиологических исследований // Там же. 1971.—№ 7.—С. 3—9.
5. Навакатикян А. О., Чукмасова Г. Т., Шантала А. А. и др. Влияние условий труда на работоспособность и здоровье операторов.—Киев: Здоров'я, 1984.—256 с.
6. Пярнат Я. П., Виру А. А. Возрастные особенности физической (аэробной и анаэробной) работоспособности // Физиология человека.—1975.—5, № 4.—С. 692—696.
7. Чеботарев Д. Ф., Коркушко О. В., Ярошенко Ю. Т. Особенности анаэробного энергообеспечения физической нагрузки в различные возрастные периоды // Физиол. журн.—1984.—30, № 1.—С. 53—59.
8. Astrand P.-O., Rodahl K. Textbook of work physiology.—New York: Mc Grow Hill book co, 1977.—681 p.
9. Thiele W., Wüstenberg P.-W., Roth W., Busunow V. A. Blutgasund säuren — basenanalytische Prüfmethode der Laboratoriumsdiagnostik: Kommentarheft N 10.—Berlin: Akademie-Verlag, 1984.—59 S.
10. Thiele W., Busunow V. A., Frenzel H. et al. Methodik und Bewertungskriterien spezialisierter ergometrischer Tauglichkeits — untersuchungen // Wiss. Z. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald / Medizinische Reihe.—1983.—N 4.—S. 53—60.
11. Kommission der Europäischen Gemeinschaften (EKGS): Leitfagen für die Praxis der Belastungsprüfungen auf dem Gebiet der Arbeitsmedizin // Schriftenreihe-Arbeits-hygiene und Arbeitsmedizin, Luxemburg.—N 12.—S. 30.
12. Falls A. Exercise physiology.—New York; London: Acad. press, 1969.—57 p.
13. Huyoff H., Jäger H., Wosnitzka H. Analyse der steady — state — Einstellzeit in Abhängigkeit von der Belastungsintensität an Gesunden und Patienten // Erg. Exp. Med., Berlin.—1974.—N 15.—S. 236—241.
14. Jäger., Thiele E., Thiele W., Wosnitzka H. Studie zum Einfluss der berufsbedingten physischen Aktivität auf den Funktions und Leistungszustand während dynamischer Arbeit // Z. gesamte Hyg., Berlin.—1976.—22, N 5.—S. 336—338.
15. Kirschner H., Kozlowski S., Kaminski A., Starnowski R. Wydatek energetyczny w

- pracy zawodowej a wydolnosk fizyczna pracownikow // Med. pracy.—1970.—21 N 3.—S. 227—240.
16. Stegemann J. Leistungsphysiologie.—Stuttgart: Thieme Verlag, 1971.—201 S.
17. Thiele W., Busunow W., Frenzel H. et al. Kriterien und Zugangswege zur Bestimmung der Dauerleistungsgrenze // Med. und Sport.—1981.—21, N 9.—S. 260—264.
18. Ulmer W.-T., Berta G. Herzminutenvolumen und Herzindex, Schlagvolumenindex, Sauerstoffverbrauch und arterielle und venöse Blutgaswerte von gesunden Versuchspersonen in Ruhe und bei körperlicher Belastung // Pflügers Arch. ges. Physiol.—1964.—280.—S. 281—298.
19. Woitowicz H.-J. Die Blutgasanalyse in der Beurteilung der Arbeitsunsuffizienz aus pulmonaler Ursache // Dtsch. med Wschr.—1971.—96.—S. 862—874.

Киев, ин-т гигиены труда и профзаболевания МЗ УССР;  
Ун-т им. Э. М. Арндта, Грейсвальд, ГДР

Поступила 04.02.85

УДК 613.6:612.172.2:612.67

А. Л. Решетюк, В. Л. Бакалейникова, А. А. Поляков

## КОРРЕЛЯЦИОННАЯ РИТМОГРАФИЯ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ У ЛИЦ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Для оценки функционального состояния организма человека в клинической практике, космической медицине, физиологии труда и спорта широко используется корреляционная ритмография [1—4, 10, 21].

В настоящей работе рассматривается возможность применения этого метода при функциональной (умственной) нагрузке у здоровых лиц разного возраста.

### Методика

Обследованы 86 практически здоровых мужчин, занимающихся физическим трудом. По возрасту они разделены на следующие три группы: 1-я — 20—29, 2-я — 48—59, 3-я — 60—75 лет. Исследования проводились утром (9—10 ч) в летние месяцы (июнь — август). Функциональной умственной нагрузкой служило сложение двухзначных чисел в уме в течение 2 мин по методике, описанной ранее [9]. Корреляционные ритмограммы (КРГ) регистрировали на ритмокардиоскопе РКС-01 в разные периоды времени: исходный, нагрузочный, восстановительный (на 3-й минуте) по 70—100 кардиоинтервалов в каждом замере. Получаемые графики фотографировали специальной фотопроставкой.

Прибор РКС-1 автоматически преобразует  $RR$ -интервалы в график (область точек) на экране электронно-лучевой трубки в заданной координатной сетке, состоящей из трех квадратов разной площади (рис. 1). Сторона наименьшего квадрата соответствует интервалу 0,25 с, среднего — 0,5, большого — 0,75. Скопление точек на биссектрисе координатного угла называется основной совокупностью.

Как показано на рис. 1, а и в соответствии с данными, изложенными в других работах [2, 4, 11], можно выделить (в зависимости от расположения точек) зоны, соответствующие нормосистолии (НС), тахисистолии (ТС), пароксимальной тахикардии (ПТ) или умеренной брадикардии (УБ).

Анализ и оценка статистических параметров КРГ, согласно выполненным работам [2, 4, 11], производится следующим образом. Средняя частота сердечного ритма ( $RR_{ср}$ ) определяется как проекция центра основной совокупности точек на координатную ось (рис. 1, б). По координатам ближайшей и максимально удаленной от осей точек определяются значения  $RR_{мин}$ ,  $RR_{макс}$  и разброс интервалов  $RR$  ( $\Delta RR$ ). Отношение большей оси  $a$  эллипса, охватывающего основную совокупность точек, к его малой оси  $b$  ( $a/b$ ) характеризует выраженность составляющих сердечного ритма. Для определения отношения следует измерять размер проекций осей  $a$  и  $b$  на оси координат (рис. 1, в). Параллельно регистрации КРГ производились ритмография, подобно описанному ранее методу [6], и мониторинг ЭКГ-сигнала на портативном электрокардиоскопе ПЭКС-01.