

УДК 616-072.7-004.58+616-003.96(-17)

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ АДАПТОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОЦЕНКИ КАРДИОВАСКУЛЯРНОГО И РЕСПИРАТОРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

© 1997 г. Г. Н. Светличная, Е. В. Смирнова, Л. И. Покидьшева

НИИ медицинских проблем Севера СО РАМН, Красноярск

Поступила в редакцию 28.12.95 г.

Для оценки степени скоррелированности параметров функциональных систем, обеспечивающих физическую работоспособность в условиях Крайнего Севера (г. Норильск) в работе использован метод корреляционной адаптометрии. Исследованы адаптивные изменения функциональных систем организма при выполнении физических нагрузок в зависимости от возраста и периода года. В результате исследований выявлен наиболее напряженный период работы функциональных систем – период полярного дня.

Организм человека в условиях Крайнего Севера постоянно находится под воздействием климатических, геофизических и космических факторов. Холод, резкие колебания температуры и колебания атмосферного давления, повышенная влажность, высокая активность гелиокосмических лучей, резкое нарушение фотопериодичности, частые и большие нарушения в ионосфере, возрастающие к Северу напряженность и изменчивость магнитного поля Земли – все эти экологические условия ведут к определенным изменениям в организме человека и заставляют его приспособиться к этим условиям. Это становится возможным благодаря механизмам саморегуляции и перестройки физиологических функций по принципу мультипараметрического регулирования [1], благодаря развитию сложного комплекса морфофункциональных приспособительных механизмов на различных уровнях: на уровне клетки, ткани, органов, систем, организменном уровне для формирования нового состояния адаптивности [2, 3].

Адаптация – одно из универсальных, фундаментальных свойств биосистем, а процесс адаптации – “процесс самосохранения и саморазвития саморегулирующейся системы в неадекватных условиях среды, это выбор функциональной стратегии, обеспечивающий оптимальное выполнение главной конечной цели поведения биосистем” [4].

Несмотря на то, что к настоящему времени накоплен обширный материал, освещающий клинико-физиологические аспекты адаптации человека, недостаточно исследован вопрос о физической работоспособности человека в экстремальных условиях.

При изучении человеческих популяций в экстремальных условиях важно установление границ нормы и патологии, поскольку то, что следо-

вало бы считать нормой для организма в ходе процесса адаптации, может значительно отличаться от нормы для адаптированного состояния.

В поисках отличий норма для адаптированных популяций от нормы для адаптирующихся исследовались не только значения отдельных параметров, но и различные связи между ними.

В ходе исследований, проведенных в Институте медицинских проблем Севера СО РАМН (лаборатория математического моделирования) выявлено, что корреляция между физиологическими параметрами в ходе процесса адаптации выше, чем в адаптированном и дезадаптированном состоянии [5, 6].

Сравнение популяций по уровню скоррелированности физиологических параметров, то есть по числу действующих факторов, может рассматриваться как один из критериев оценки степени антропоэкологического напряжения популяций. Основанный на этом подход к изучению адаптирующихся популяций назван корреляционной адаптометрией [7, 8]. Этот метод, разработанный А.Н. Горбанем и Е.В. Смирновой (ВЦ СО РАН, ИМПС СО РАМН, Красноярск), успешно применялся для оценки уровня антропоэкологического напряжения адаптирующихся популяций в условиях Севера при миграции из одного региона в другой, для исследования процесса реабилитации онкологических больных после оперативного вмешательства [9–11]. Согласно этому методу, корреляция между физиологическими параметрами в ходе процесса адаптации выше, чем в адаптированном состоянии.

Основной и наиболее реактивной системой, которая обеспечивает успешную адаптацию человека как к физической работе, так и к условиям обитания на Крайнем Севере, служит кардиореспираторная система, являясь важным звеном адаптационного процесса [12–14].

В данной работе метод корреляционной адаптометрии использовался для оценки степени скоррелированности параметров функциональных систем, обеспечивающих физическую работоспособность. Для изучения адаптивных изменений кардиореспираторной системы при выполнении физических нагрузок в зависимости от возраста и периода года исследовались группы мужчин, относящихся к пришлому населению (г. Норильск).

МЕТОДИКА

Были проведены многопараметрические обследования 376 мужчин – жителей г. Норильска. Все обследуемые были разделены на следующие возрастные группы: 20–29 лет, 30–39 лет, 40–49 лет. Выполнялась непрерывная ступенчато возрастающая велоэргометрическая нагрузка из расчета: 1 ступень – 0.5 Вт/кг, с последующим увеличением каждой ступени на 0.5 Вт/кг. Подобная схема позволяет идентифицировать физическую нагрузку с учетом индивидуальных соматометрических данных обследуемых и широко применяется в физиологических исследованиях. Длительность каждой ступени составляла 3 мин при скорости педалирования 60 об/мин.

Контроль за состоянием исследуемого осуществлялся путем регистрации частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД) и ЭКГ в отведениях по Небу последние 15 секунд первой и третьей минут каждой ступени нагрузки. Кроме того, осуществлялся визуальный контроль ЭКГ на экране осциллографа ОС4-01 (СССР).

Параллельно велоэргометрии проводилась спироэргометрия. Расчет параметров концентрации газов (%O₂ и %CO₂) во вдыхаемом воздухе проводился по диаграммной ленте при помощи линеек отсчета. Частота дыхания регистрировалась на аппарате Spirolit счетчиком вдохов, минутный объем дыхания у испытуемого определяли с помощью газового счетчика ГСБ-400 в течение каждой минуты обследования.

Из показателей физической работоспособности в зоне проведения спировелоэргометрических проб определяли выполненную работу, удельную работу, пороговую мощность, удельную мощность, а также минутный объем кровообращения, сердечный индекс, ударный объем, работу левого желудочка, энергообмен на каждом этапе нагрузки.

Данные включали показатели гемодинамики и газообмена у этих лиц в состоянии покоя и при физических нагрузках: ЧСС, ударный объем, общее периферическое сопротивление, сердечный индекс, АД систолическое, АД диастолическое, максимальный объем дыхания, потре-

ние кислорода и количество выдыхаемого углекислого газа.

Данные были обработаны стандартными статистическими методами с вычислением среднего, дисперсии, ошибки среднего. Затем проводился анализ парной корреляции для всех изменяемых на каждом этапе нагрузки параметров и для всех рассматриваемых групп. Коэффициент корреляции вычислялся по известной формуле:

$$\rho = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y},$$

где $\text{cov}(X, Y) = \sum_{i=0} \sum_{j=0} (i - M_X)(j - M_Y)P_{ij}$, M_X – среднее значение случайной величины X , M_Y – среднее значение случайной величины Y , P_{ij} – вероятность $P(X = i, Y = j)$, σ_X – среднее квадратичное отклонение X , σ_Y – среднее квадратичное отклонение Y .

Определялось количество достоверных корреляционных связей в общем числе рассмотренных коэффициентов корреляции и степень выраженности этих связей. Степень связности параметров оценивалась с помощью корреляционного графа, рассчитываемого как сумма весов его ребер (сумма соответствующих коэффициентов парной корреляции):

$$G = \sum_{|r_{ij}| > 0.5} |r_{ij}|,$$

где r_{ij} – коэффициенты корреляции между i -м и j -м показателями. Принимались во внимание только достоверные коэффициенты корреляции, значения которых больше или равны 0.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований было установлено, что степень скоррелированности параметров функциональных систем, обеспечивающих физическую работоспособность, определяется возрастом и периодом года.

Сначала все возрастные группы были сравнены по степени напряжения функциональных систем обеспечения работоспособности в состоянии относительного покоя (ОП).

В возрасте 20–29 лет в течение года степень скоррелированности показателей меняется в значительной степени (рис. 1), достигая наибольшего уровня в период полярной ночи, что свидетельствует о более напряженной деятельности функциональных систем обеспечения физической работоспособности в этот период года.

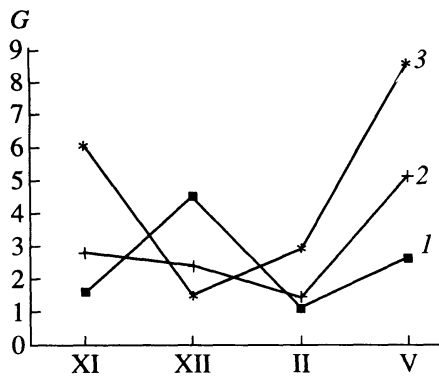


Рис. 1. Значение веса корреляционного графа для исследуемых различных возрастных групп (1 – 20–29 лет, 2 – 30–39 лет, 3 – 40–49 лет) в состоянии покоя в различные периоды года. По оси абсцисс: XI – вхождение в полярную ночь, XII – период полярной ночи, II – выход из полярной ночи, V – полярный день.

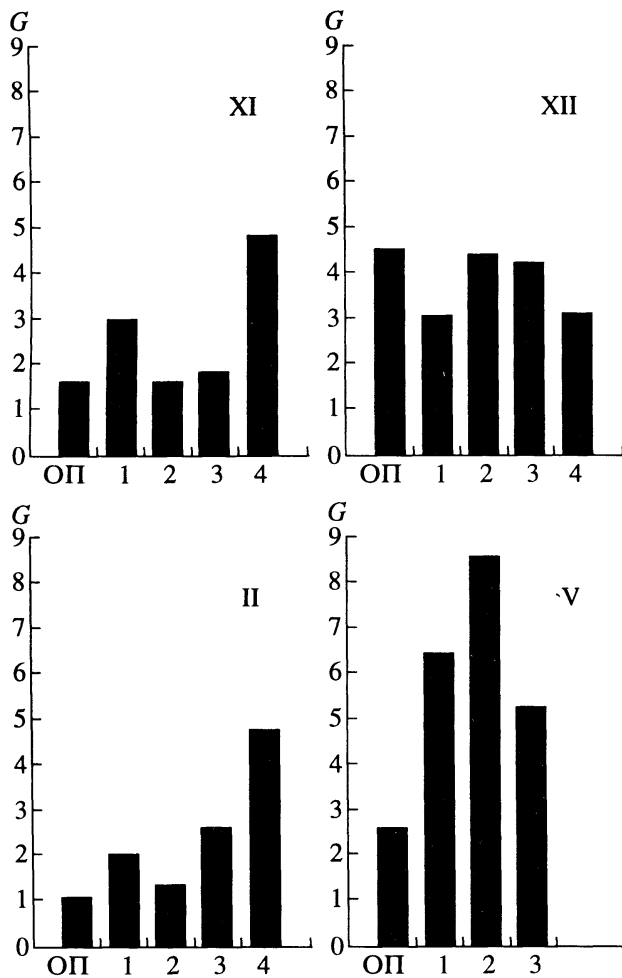


Рис. 2. Значение веса корреляционного графа для группы 20–29 лет в состоянии покоя (ОП), и на различных этапах нагрузочных проб (1, 2, 3, 4) в различные периоды года: XI – вхождение в полярную ночь, XII – период полярной ночи, II – выход из полярной ночи, V – полярный день.

Период полярного дня также характеризуется высокой степенью скоррелированности физиологических показателей.

Поведение веса корреляционного графа в период вхождения в полярную ночь и в период выхода из нее значительно ниже, что говорит о более уравновешенном состоянии функциональных систем в эти периоды года.

Для мужчин 30–39 лет наиболее напряженным периодом года является период полярного дня. Вес корреляционного графа значительно выше, чем в другие периоды года, и почти в два раза выше, чем у мужчин 20–29 лет. Наиболее благоприятным периодом года для мужчин 30–39 лет является период выхода из полярной ночи.

В группе мужчин 40–49 лет также наиболее напряженным периодом года является полярный день. Степень скоррелированности параметров функциональных систем значительно выше, чем у мужчин 20–39 лет. Высокая степень напряжения установлена в период вхождения в полярную ночь, а наименьшая – на период полярной ночи.

Таким образом, метод корреляционной адаптометрии позволил установить, что наиболее напряженным периодом года является период полярного дня, период “светового излишества”. Функциональные системы, обеспечивающие физическую работоспособность, должны работать с наибольшим напряжением регуляторных механизмов, о чем свидетельствует высокая скоррелированность параметров. С возрастом степень напряжения возрастает в 3–3.5 раза.

В то же время в период полярной ночи прослеживается обратная закономерность, когда вес корреляционного графа снижается с возрастом. Надо полагать, что с возрастом функциональные системы утрачивают скорость реагирования, и реакция на возмущающий фактор – полярную ночь, происходит с запаздыванием. С возрастом, по всей видимости, стираются суточные и годовые биоритмы.

Далее нами было исследовано напряжение функциональных систем, обеспечивающих физическую работоспособность, в зависимости от возраста и периода года на разных ступенях нагрузочных проб (рис. 2, 3, 4).

Динамика веса корреляционного графа для исследуемых возрастной группы 20–29 лет в период вхождения в полярную ночь и в период выхода из нее одинакова. Этот факт подтверждают медицинские исследования в этой области; отмечается также, что большая работоспособность достигается в период полярной ночи и самая низкая – в период полярного дня. Анализируя значения веса корреляционного графа, можно отметить, что физическая работа в период полярной ночи выполняется с меньшим напряжением, чем в полярный день.

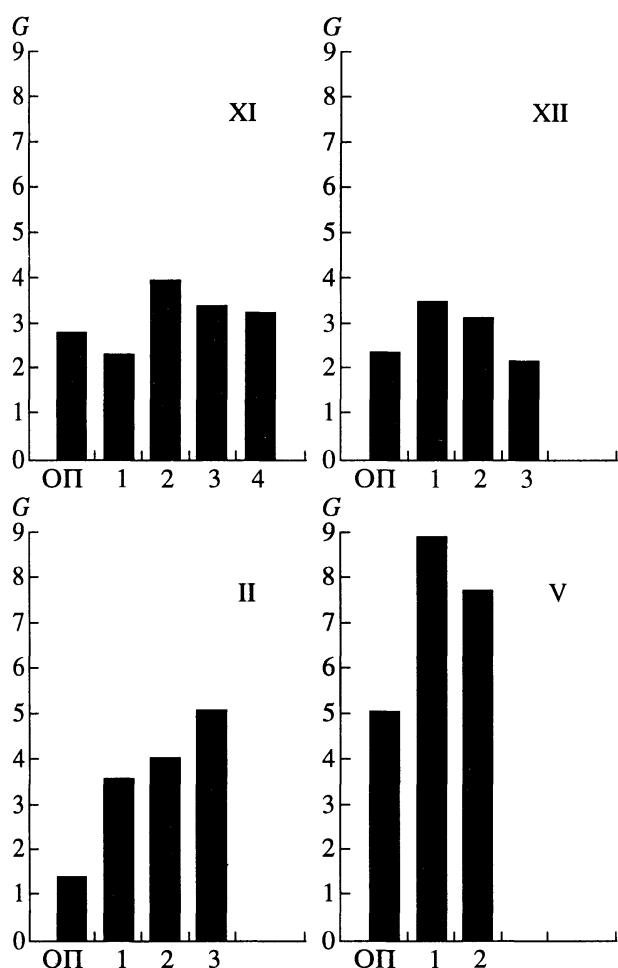


Рис. 3. Значение веса корреляционного графа для группы 30–39 лет в состоянии покоя (ОП), и на различных этапах нагрузочных проб (1, 2, 3, 4) в различные периоды года: XI – вхождение в полярную ночь, XII – период полярной ночи, II – выход из полярной ночи, V – полярный день.

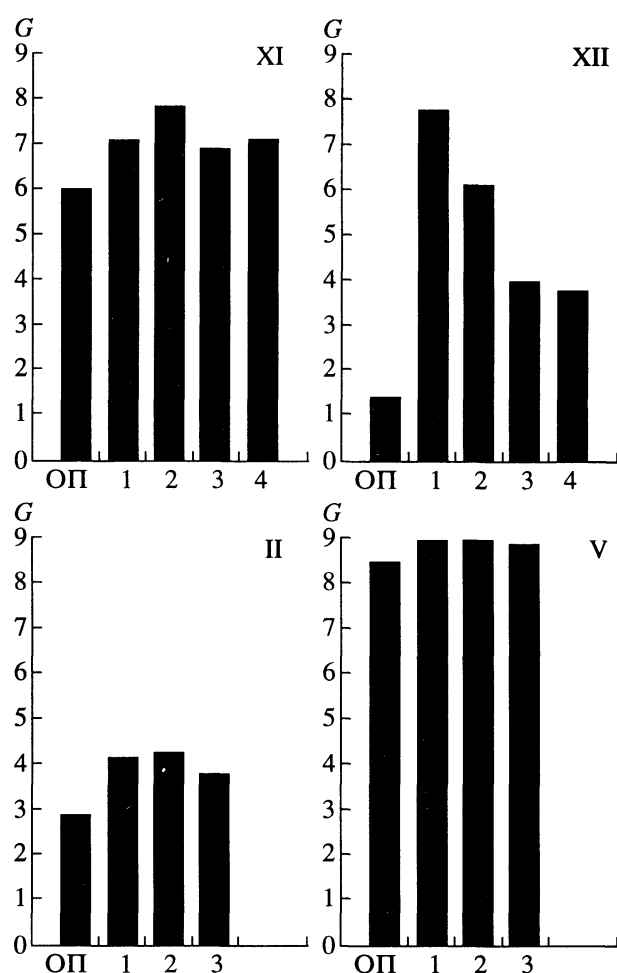


Рис. 4. Значение веса корреляционного графа для группы 40–49 лет в состоянии покоя (ОП), и на различных этапах нагрузочных проб (1, 2, 3, 4) в различные периоды года: XI – вхождение в полярную ночь, XII – период полярной ночи, II – выход из полярной ночи, V – полярный день.

Для исследуемых возрастных групп 20–29 и 30–39 лет в эти периоды пороговая мощность N составляла соответственно 149, 180, 170, 165 Вт; максимальное потребление кислорода (МПК) самым низким было в период вхождения в полярную ночь, максимума достигло в период полярной ночи, снижение наблюдалось в период выхода из полярной ночи и наблюдалось некоторое увеличение в период полярного дня.

Для исследуемых возрастной группы 40–49 лет все показатели работоспособности выше в период полярной ночи по сравнению с полярным днем, но изменения сглаживаются в другие периоды года. МПК наибольшее в период полярной ночи и выхода из полярной ночи, наименьшее – в период полярного дня. По весу корреляционного графа можно сказать, что в период солнечной активности 40–49-летние испытывают очень боль-

шое напряжение как в состоянии покоя, так и при дозированных физических нагрузках.

Во всех исследуемых группах высокая степень скоррелированности физиологических параметров отмечается на всех стадиях нагрузки в период полярного дня, что говорит о большом напряжении функциональных систем организма во время выполнения даже небольшой физической работы.

Таким образом, проведенные исследования выявили достоверные динамические изменения параметров физической работоспособности здоровых мужчин пришлого населения на протяжении года. С возрастом диапазон изменений снижается. Полученные данные свидетельствуют о наличии сезонной периодики физической работоспособности человека, проживающего в условиях Крайнего Севера. Фактор фотопериодичности имеет важное значение среди климато-географи-

ческих факторов, оказывающих существенное влияние на адаптивные перестройки отдельных систем и всего организма в целом. Исследованы также адаптивные изменения функциональных систем организма при выполнении физических нагрузок в норме и патологии (гипертоническая болезнь) в зависимости от периода года, возраста и региона проживания [15].

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлено, что в условиях Крайнего Севера степень скоррелированности параметров функциональных систем, обеспечивающих физическую работоспособность, определяется возрастом и периодом года.

2. Наиболее напряженным периодом года является период полярного дня, период “светового излишества”. Действуя по принципу мультипараметрического многосвязного регулирования [2], функциональные системы, обеспечивающие физическую работоспособность, должны работать с наибольшим напряжением регуляторных механизмов, о чем свидетельствует высокая скоррелированность параметров. С возрастом степень напряжения возрастает в 3–3.5 раза. В период полярной ночи прослеживается обратная закономерность, когда вес корреляционного графа снижается с возрастом.

3. Фактор фотопериодичности имеет важное значение среди климато-географических факторов, оказывающих существенное влияние на адаптивные перестройки отдельных систем и всего организма в целом.

4. Проведенные исследования выявили достоверные динамические изменения параметров физической работоспособности здоровых мужчин пришлого населения на протяжении года. С возрастом диапазон изменений снижается. Полученные данные свидетельствуют о наличии сезонной периодики физической работоспособности человека, проживающего в условиях Крайнего Севера.

5. Корреляционная адаптометрия является доступным и простым в использовании методом, достаточно точно отражающим динамику адаптационного напряжения организма. Она имеет значение для контроля за адаптацией лиц с нормальным и повышенным артериальным давлением к физическим нагрузкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Судаков К.В.* Общая теория функциональных систем. М.: Медицина, 1984. 222 с.
2. *Авцын А.П., Марачев А.Г.* Проявление адаптации и дизадаптации у жителей Крайнего Севера // Физиология человека. 1975. Т. 1. № 4. С. 587.

3. *Анохин П.К.* Узловые вопросы теории функциональной системы. М.: Наука, 1980. 197 с.
4. *Казначеев В.П.* Очерки теории и практики экологии человека. М.: Наука, 1983. С. 259.
5. *Седов К.Р., Горбань А.Н., Петушкова Е.В. и др.* Корреляционная адаптометрия как метод диспансеризации населения // Вестн. АМН СССР. 1988. № 10. С. 69.
6. *Горбань А.Н., Манчук В.Т., Петушкова Е.В.* Динамика корреляций между физиологическими параметрами при адаптации и эколого-эволюционный принцип полифакториальности // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., 1987. С. 187.
7. *Горбань А.Н., Петушкова Е.В.* Корреляционная адаптометрия как метод сравнительного изучения адаптирующихся популяций // Математическое моделирование в проблемах рационального природоиспользования. Ростов-на-Дону, 1987. С. 240.
8. *Смирнова Е.В.* Изменение корреляции между физиологическими параметрами при адаптации: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Красноярск, 1989. 126 с.
9. *Бульгин Г.В., Мансуров А.С., Мансурова Т.П. и др.* Влияние состояния здоровья на общую динамику антропоэкологического напряжения в процессе адаптации // Красноярск: Институт биофизики СО РАН, 1991. Препринт № 185 Б. 19 с.
10. *Захарова Л.Б., Полонская М.Г., Савченко А.А., Смирнова Е.В.* Оценка антропоэкологического напряжения пришлого населения промышленной зоны Заполярья (биофизический аспект) // Красноярск: Институт биофизики СО АН СССР, 1989. Препринт № 110 Б. 26 с.
11. *Abanov A.G., Polonskaya M.G., Smirnova Ye.V.* Correlations between physiological parameters and pathological process // Global and regional ecological problems. Krasnoyarsk, 1994. P. 473.
12. *Светличная Г.Н., Балашова Н.А.* Физическая работоспособность у лиц с различным уровнем артериального давления, проживающих в условиях Крайнего Севера // Тез. докл. VI Всесоюзного симпозиума “Эколого-физиологические проблемы адаптации”. Красноярск, 1991. С. 120.
13. *Светличная Г.Н., Балашова Н.А.* Некоторые особенности функционального состояния кардиореспираторной системы у больных гипертонической болезнью, проживающих в Заполярье // Бюл. СО РАМН, 1992. № 3. С. 34.
14. *Чеботарев Д.Ф., Фролькис В.В.* Особенности анаэробного энергообеспечения физической нагрузки в различные возрастные периоды // Физиол. журн. 1984. Т. 30. № 1. С. 53.
15. *Светличная Г.Н., Смирнова Е.В., Покидьшева Л.И.* Оценка физической работоспособности и функциональной системы, обеспечивающей ее методом корреляционной адаптометрии // Красноярск: Институт биофизики СО РАН, 1995. Препринт № 227 Б. 36 с.