

Мызников И.А.¹, Жильцова И.И.², Королёв Ю.Н.²

ДИНАМИКА ПАРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ПРОБЫ НА ЭТАПАХ ИССЛЕДОВАНИЯ

¹ Военный институт физической культуры, СПб, myznikov@nm.ru

² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, г. СПб, ул. Ак. Лебедева, д. 6, Россия

Аннотация: На 42 испытуемых авторы продемонстрировали применение корреляционного анализа для исследования показателей на сопряжённых диагностических этапах в эксперименте с ингаляцией дыхательной смеси с 10 % содержанием кислорода при нормальном атмосферном давлении. Непрерывная ингаляция проводилась в течение 10 минут. Представленная в настоящей работе оценка воздействия гипоксического фактора на основе парных коэффициентов корреляции и динамики вариабельности выборки показателя на этапах эксперимента демонстрирует дополнительные возможности в исследовании физиологических реакций человека по косвенным показателям, в том числе позволяет выделить их временные периоды, этапное доминирование отдельных контуров управления.

Ключевые слова: морская медицина, авиационная медицина, гипоксия, адаптация физиологическая, корреляция

Myznikov I.A.¹, Zhil'cova I.I.², Korolyov Yu.N.²

DYNAMICS OF PAIR CORRELATION OF INDICATORS HYPOXIC TEST AT STUDY STAGES

¹ Military Institute of Physical Culture, St. Petersburg, Russia

² Military medical Academy, St. Petersburg, Russia

Abstract: In 42 subjects, the authors demonstrated the use of correlation analysis to study the indicators at the coupled diagnostic stages in an experiment with inhalation of a respiratory mixture with 10% oxygen content at normal atmospheric pressure. Continuous inhalation was carried out for 10 minutes. The assessment presented in this paper of the effect of the hypoxic factor on the basis of the pair correlation coefficients and the dynamics of variability of the indicator sample at the stages of the experiment demonstrates additional possibilities in the study of physiological responses of the person by indirect indicators, including the identification of their time periods, the step dominance of individual control circuits.

Keywords: marine medicine, aviation medicine, hypoxia, physiological adaptation, correlation

Введение

Приспособление организма человека к новым условиям функционирования сопряжено с перестройкой систем управления, что выражается изменением корреляционных отношений между учитываемыми величинами.

Практическое значение для физиологического толкования приспособительных реакций имеет и связь между одноимёнными параметрами на этапах наблюдения, что демонстрирует насколько величина следующего этапа зависит от величины предыдущего.

Целью настоящей работы стало описание гипоксической пробы (ГП) коэффициентами парной корреляции по традиционно регистрируемым первичным и производным параметрам.

Материалы и методы исследования

В группу исследуемых вошли здоровые, физически развитые мужчины первой возрастной группы, регулярно занимающиеся физической культурой и спортом, имеющие спортивные разряды и спортивные квалификации (по легкоатлетическим и военным – прикладным видам спорта, различным силовым единоборствам) (n = 42).

Исследование проводилось в качестве тестовой процедуры для оценки переносимости гипоксической пробы (ГП) с ингаляцией нормобарической гипоксической газовой смесью (10 % O₂, ГГС-10) у здоровых людей и эффективности последующей проведённой с ними серии гипоксических тренировок.

Тест проводили с масочной системой на генераторе, предназначенном для получения гипоксических газовых смесей методом мембранного разделения газов окружающего воздуха.

Испытуемый удобно располагался в кресле, в расслабленном состоянии, на палец надевался пульсоксиметр, на плечо – манжета для измерения артериального давления.

Концентрация кислорода (O₂) поддерживалась на уровне 10% при давлении 770 мм рт. ст. Испытуемый дышал гипоксической смесью через

маску, плотно прилегающую к лицу. Контроль времени осуществлялся по секундомеру.

Мониторинг функционального состояния проводился неинвазивно пульсоксиметром напальчным. Определяли величину сатурации крови кислородом SpO₂ (в %) и частоту сердечных сокращений (ЧСС, мин-1), параметры артериального давления (АД, в мм рт. ст.).

Схема эксперимента состояла из 15-ти этапов измерений неинвазивно SpO₂ и ЧСС (в фоне (fon), на каждой из 10-ти минут ингаляции (1, 2, 3 ... 10) и 4-х минут восстановительного периода (дыхание атмосферным воздухом, этапы: 11, 12, 13, 14)).

Ранее [4] мы предложили группу производных величин. Наиболее простым из них является индекс гипоксии:

$$IG = ЧСС / SpO_2$$

Увеличение значения показателя IG сопровождается ростом напряжения приспособительных реакций при изменении функциональных состояний, у IG есть и своя физиологическая особенность IG = 1 при ЧСС = 90 и SpO₂ = 90.

От «фона» и до завершения ГП просчитаны коэффициенты парной корреляции по Spearman (r). Эти этапы соответственно обозначались как «f 1» («fon» → 1-я минута ингаляции); «1 2» (1-я минута ингаляции → 2-я минута ингаляции) и т.д.

Результаты и их обсуждение

Формируя приспособительную реакцию организм человека стремится прореагировать, минимизируя свои информационно-энергетические траты [2, 3], т.е. максимально экономично. Достигается это за счёт формирования приспособления к природе активирующего воздействия, специальной (специализированной) адаптации. Как правило она возникает при неоднократных воздействиях на организм какого-то учитываемого фактора или группы типовых одинаковых по природе факторов.

При этом формируются типовые каскады приспособительных реакций центрального и периферического контура.

В случае, когда у организма не сформирован специальный ответ на контролируемый фактор, он будет реагировать неспецифически, более широко, менее экономично и с вовлечением большего числа изменяющихся показателей.

Косвенно эти процессы могут быть представлены корреляционными матрицами, парными и множественными коэффициентами корреляции. Чем выше коэффициенты корреляции между учитываемыми показателями, тем выраженнее их связь при формировании приспособительного ответа.

Если связаны между собой показатели на смежных этапах исследования, то эта статистика отражает наличие элементов процесса, рефлексивно предшествующего достижению желаемого (менее энергоёмкого) результата.

При этом организм приспособляется к складывающимся условиям жизнедеятельности на короткий и/или продолжительный промежуток времени.

На рисунке 1 представлены результаты проведённых нами расчётов. Наглядно видно, что первый максимум связанности реагирования, причём на уровне взаимосвязанности дисперсий параметров ($r \geq 0,63$), возникает к 4-й минуте ингаляции гипоксической смеси.

После снижения к 5-й минуте связанности на смежных этапах у показателя ЧСС и показателя SpO_2 , последний вышел на «плато», которое сохранялось до конца ингаляции ГГС-10. Девятая и 10-я минуты ингаляции ГГС-10 также продемонстрировали рост величины связанности между этапами у ЧСС.

После перехода на дыхание атмосферным воздухом парная корреляция между ЧСС на смежных этапах держалась на том же уровне, что и с 5-й по 8-ю минуты ингаляции ГГС-10, а у показателя SpO_2 в первые две минуты после перехода на дыхание атмосферным воздухом парная корреляция ушла в «пике».

Это отражает индивидуальные особенности функционального резерва у испытуемых и различные механизмы восстановления вовлечённых в процесс приспособления физиологических реакций при выраженном влиянии центральной регуляции (rЧСС).

До проведения этого исследования никто из участников эксперимента не проходил гипоксических тренировок, поэтому реагировали они на фактор гипоксии преимущественно неспецифически. Кривая динамики значения парного коэффициента корреляции по величине IG носила промежуточный характер, однако позволила уточнить границы этапов физиологической адаптации к гипоксическому фактору.

Сопряжённость динамики rIG с изменениями rЧСС и r SpO_2 косвенно характеризовала преимущественный механизм реагирования внутренних систем организма при ингаляции гипоксической смесью.

Здесь следует отметить, что в «поперечном» срезе ЧСС и SpO_2 не коррелировали между собой на всех этапах исследования.

Этот эффект требует самостоятельного исследования.

Важное значение, как индикатор приспособительного процесса, имеет динамика среднего квадратического отклонения (квадратный корень из дисперсии) в исследуемой выборке [1, 2].

По мнению автора, увеличение этого показателя свидетельствует об активации процесса приспособления.

В настоящей работе мы использовали показатели с разной масштабностью и различными размерностями (IG, ЧСС и SpO_2), поэтому для возможности их сравнения между собой было проведено преобразование показателя дисперсии в относительную величину – коэффициент вариации (Cv).

Динамика Cv у показателей представлена на рисунке 2. Где видно, что вариабельность IG по сравнению с фоновой увеличивалась в пробе на 80 %, ЧСС - на 21 %, а SpO_2 , - в 14,3 раза.

Показатель ЧСС колебался на протяжении всего тестирования (фон → ингаляция → восстановительный период) в диапазоне значений, свойственных умеренным нагрузкам. Так можно оценить и воздействие контролируемого гипоксического фактора. А вот неоднородность показателя SpO_2 в группе испытуемых в период ингаляции неуклонно возрастала, достигнув максимума к 10-й минуте выдыхания ГГС-10.

Однако, наиболее демонстративен IG, который позволяет увидеть относительно устойчивый 3-х минутный «стартовый» резерв, а также перешедший в 1-ю минуту восстановительного периода кислородный долг, и имевшую место быть фазность процесса (три волны) с максимумами на 5-й, 7-й и 10-й минутах.

Заключение

Представленная в настоящей работе оценка воздействия гипоксического фактора на основе парных коэффициентов корреляции и динамики вариабельности выборки показателя на этапах эксперимента демонстрирует дополнительные возможности в исследовании физиологических реакций человека по косвенным показателям, в том числе позволяет выделить их временные периоды, этапное доминирование отдельных контуров управления.

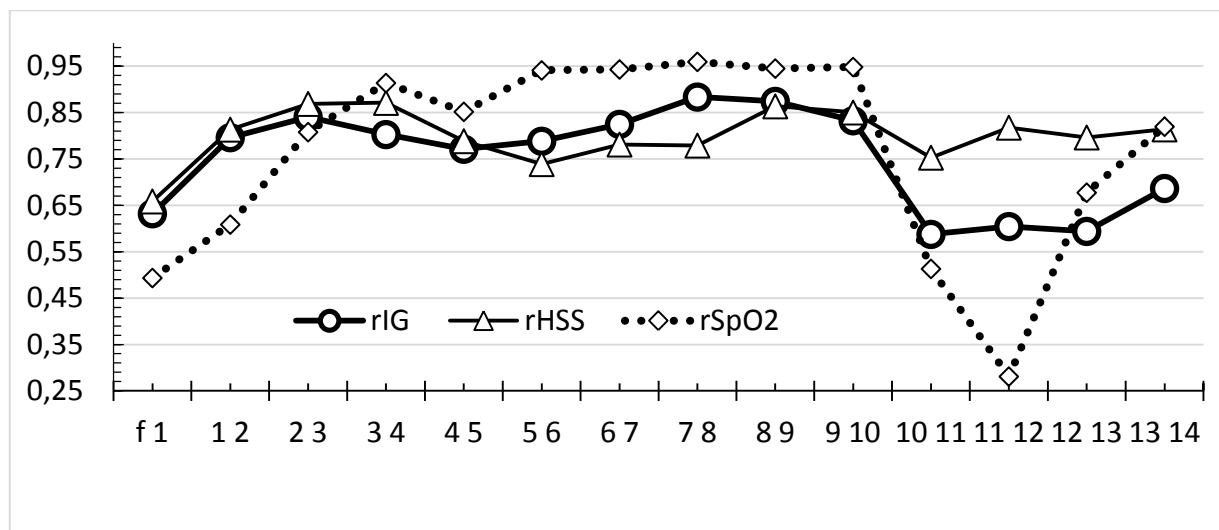


Рис. 1. Динамика коэффициентов парной корреляции на этапах гипоксической пробы. По вертикальной оси – значения коэффициента корреляции, по горизонтальной оси – сравниваемые этапы ГП. Сокращения – по тексту

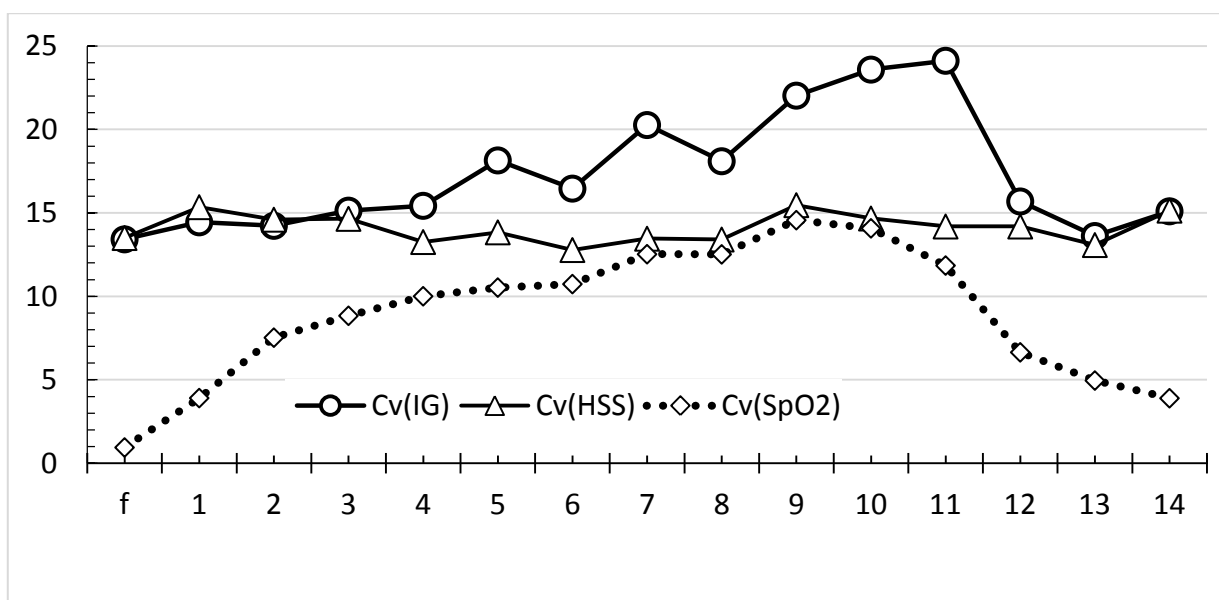


Рис.2. Изменения коэффициента вариации в исследуемой группе по каждому показателю на этапах исследования

Список источников

1. Медведев В.И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов. – Л.: Наука, 1982. – 103 с.
2. Мызников И.А. Динамика процессов адаптации личного состава экипажей подводных лодок по данным вероятностных подходов // Дис. канд. мед. наук. – СПб, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ, г. СПб, ул. Ак. Лебедева, д. 6, Россия, 1997. – 164 л.
3. Мызников И.А., Рогованов Д.Ю. "Функциональное состояние" или "функциональный образ"? // Морской медицинский журнал - 1999. - N2. - С.39 - 40.
4. Мызников И.А. Способ описания реакций организма человека на контролируемую нормобарическую гипоксическую гипоксию/ И.А. Мызников, А.А. Головина (Александрова), А.В. Вьюшина, М.В. Кабанов, А.Н. Лункин, В.В. Шапошник, Н.В. Аскерко // Медико-биологические аспекты физической подготовки и спорта в ВС РФ: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 180-летию со дня рождения П.Ф. Лесгафта (1837-1909), 05-06 октября 2017 г. / Под ред. докт. пед. наук, проф. А.А. Обвинцева, докт. пед. наук, проф. Е.Н. Курьянович. Часть 3. – СПб.: «Маматов», 2017. – 188 с.
5. Выучейская Д.С. и др. Оценка профессионального здоровья с позиций системного подхода. Изв. Рос. Воен.-мед. акад. 2019. Т. 38. № 3. С. 62-65.
6. Медведев Д.С. и др. Методика оценки устойчивости к стрессу при физической нагрузке. Изв. Рос. Воен.-мед. акад. 2019. Т. 38. № 3. С. 139-142.
7. Степанов А.П. и др. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Омск, 2019. Том Часть 1 Основы безопасности жизнедеятельности. 299 с.
8. Иванов В.В. и др. Решение военно-медицинских задач с использованием общего программного обеспечения. СПб, 2019. Часть 2 MS Word. 96 с.
9. Корольков А.А., Петленко В.П. Философские проблемы теории нормы в биологии и медицине. Москва, 1977. 391 с.
10. Петленко В.П. Основные методологические проблемы теории медицины. Ленинград, 1982. 115 с.
11. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Физиология труда и надежность деятельности человека / Российская академия наук, Отделение биологических наук. Москва, 2008. 113 с.
12. Бехтерев В.М. Вопросы общественного воспитания. Психоневрологический институт. Москва, 1910. 41 с.
13. Зайцев Г.К. и др. Педагогика здоровья: образовательные программы по валеологии. СПб, 1994. 78 с.
14. Утенко В.Н. и др. Физическая подготовка иностранных армий. СПб, 2007. 272 с.