

## ДИНАМИКА АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТРЕССОВОГО ФАКТОРА РАЗЛИЧНОЙ МОДАЛЬНОСТИ

Гребнева Е.Н.

Проведено исследование взаимосвязей показателей кардиогемодинамики методом корреляционной адаптометрии. Определен корреляционный граф в покое и при физической нагрузке возрастающей мощности у 30 студенток 19-20 лет с различным уровнем физической работоспособности. Проведена сравнительная характеристика диапазона корреляционного графа с учетом уровня физической работоспособности.

Ключевые слова: корреляционная адаптометрия, динамика корреляционного графа, уровень физической работоспособности, адаптационное напряжение, цена адаптации

### ВВЕДЕНИЕ

Организм человека, испытывающий в условиях современного научно-технического прогресса непрерывные стрессорные воздействия, необходимо рассматривать как динамическую систему, которая непрерывно приспосабливается к условиям окружающей среды путем изменения уровня функционирования отдельных систем и соответствующего напряжения регуляторных механизмов. Адаптация как одно из фундаментальных свойств живой материи является результатом и средством разрешения внутренних и внешних противоречий. И.В. Давыдовский [1] предложил термин "цена адаптации". Плата за адаптацию зависит от резервных возможностей организма. Любое воздействие среды на организм вызывает прежде всего стресс-реакцию, которая выражается в увеличении уровня функционирования определенных систем организма (например, при физической нагрузке систем кровообращения и дыхания), одновременно включаются регуляторные системы, которые мобилизуют функциональные резервы. Контролируя уровень функционирования (обратная связь) и управления им (прямая связь), регуляторные системы так регулируют расходование функционального резерва, чтобы обеспечить гомеостатический режим взаимодействия систем, участвующих в реакции на воздействующий фактор.

Гомеостатические зависимости переменных внутренней среды от внешних условий имеют различный характер, который обусловлен как индивидуальными особенностями организма, так и спецификой возмущающих факторов. Необходимость приспособления к изменяющимся условиям внешней среды и поддержания гомеостаза требует определенного напряжения регуляторных механизмов[2]. Чем выше функциональные резервы, тем ниже степень напряжения этих механизмов, необходимая для адаптации к условиям внешней среды и поддержания гомеостаза. В зависимости от уровня тренированности и подготовленности организма мощность ресурсов при физической нагрузке может быть достаточной или недостаточной для уравнивания организма со средой и

---

сохранения гомеостаза.

При донозологической диагностики перспективным направлением является оценка взаимосвязей между различными физиологическими показателями одной или нескольких систем. Таким путем можно подойти к пониманию механизмов управления функциями и диагностики их нарушений при переходе от нормы к патологии, а также выраженности функциональных перестроек, и связанного с ними напряжения в системе. Исследования ряда авторов [3-6] показали, что уровень корреляций между функциональными параметрами изменяется при увеличении адаптационной нагрузки. Приспособительный эффект наблюдается не только и не столько в изменениях самих показателях (последние могут варьировать в широких пределах), а в системе взаимосвязей между ними.

Сердечно-сосудистая система является индикатором адаптационных возможностей организма, а уровень ее функционирования можно рассматривать как ведущий показатель, отражающий равновесие организма со средой. Уровень функционирования системы кровообращения является регулируемой величиной, постоянство которого поддерживается механизмами регуляции, в результате изменения как межсистемных, так и внутрисистемных взаимодействий и взаимосвязей [2].

При этом изменчивость динамической структуры, подвижность уровня функциональных взаимосвязей между и внутри систем, т.е. их вариативность составляет важнейший резерв адаптации организма. Вариабельность различных показателей тесно связана с уровнем работоспособности организма. В условиях покоя здоровый и работоспособный организм характеризуется низким уровнем функциональных соотношений, своего рода «люфтом», свободой и разнообразием взаимосвязей так и резервами, из которых, в зависимости от характера будущей деятельности можно выбрать оптимальную форму взаимосвязи различных функций [7].

Изучение «цены адаптации» является важным диагностическим и прогностическим критерием в оценке уровня здоровья. Предлагается определять этот показатель с помощью изучения динамики корреляционных связей между параметрами кардио и гемодинамики в покое и при физической нагрузке увеличивающейся мощности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были обследованы 30 студенток 3-4 курса в возрасте 19-20 лет, не имеющих отклонений в состоянии здоровья. Все студентки были разделены на две группы. Критерием разделения на группы, по 15 человек в каждой, является уровень физической работоспособности, определенный с помощью велоэргометрического теста PWC-170. В первую группу вошли студентки с относительными показателями физической работоспособности ниже 13 кгм/мин. Во вторую - выше 13 кгм/мин. Результаты разделения на группы с низким и более высоким уровнем работоспособности полностью совпадает с двигательной активностью обследуемых. Вторую группу составили студенты регулярно занимающиеся физическими

---

упражнениями, первую – не занимающиеся.

Исследование центральной гемодинамики и кардиодинамики в покое и при физической нагрузке увеличивающейся мощности, проводилось методом импедансной реографии с помощью прибора Reo Com Standart. Регистрировали следующие показатели: минутный объем кровообращения (МОК), ударный объем крови (УО), общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС), сердечный индекс (СИ), ударный индекс (УИ), а также частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (АДС, АДД), индекс двойного произведения, продолжительность сердечного цикла, фазовые показатели сердечного цикла, индекс сократимости, работа левого желудочка, мощность левого желудочка. Полученные результаты обрабатывали с помощью стандартных методов вариационной статистики [8]. Для анализа результатов применяли статистический пакет STATISTICA 6.0 [9]. Метод корреляционной адаптометрии был использован для выявления взаимосвязей между показателями кардиогемодинамики по данным ранговой корреляции Спирмена.

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

После проведения нагрузочного тестирования, антропометрии и разделения на группы, был дополнительно определен индекс адаптационного потенциала (ИАП) по А.П.Берестневой, Р.М.Баевскому.

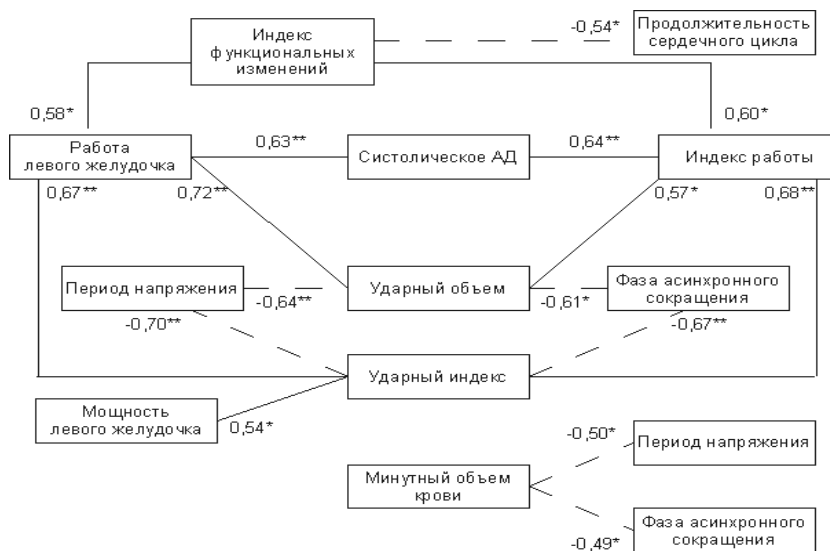
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первичный анализ полученных результатов был связан с количественной оценкой соматического здоровья и функционального резерва. У студенток с различным уровнем работоспособности не выявлено существенных различий в регистрируемых показателях. Для всех обследуемых характерным являлся удовлетворительный уровень адаптации.

Вероятно наиболее существенным и информативным в оценке адаптационных механизмов будет качественный анализ взаимосвязи внутри и межсистемных показателей.

На основании полученных данных кардиогемодинамики у групп с различным показателем ИАП были построены корреляционные плеяды (Рис.1-6) и определена динамика корреляционного графа в покое и при физической нагрузке (Рис.7).

Как видно из рисунков (Рис.1,2) корреляционная плеяда группы с низким уровнем физической работоспособности содержит большее количество структурных элементов, которые соединены достаточно сильными корреляционными связями, в основном положительными.



Цифрами показаны статистически значимые коэффициенты корреляции исследуемых признаков. \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$ .

Рис. 1. Корреляционная плеяда взаимосвязей центральных гемодинамических показателей и показателей кардиодинамики у исследуемых 1 группы в состоянии покоя. Примечание: сплошными линиями показаны прямые связи, пунктирными – обратные.

Такое сочетание высокой сопряженности и выраженных корреляционных связей свидетельствует о снижении степеней свободы, а значит и вариативности данной системы. Вследствие вышеизложенного можно констатировать, что сердечно-сосудистая система у студенток с низким уровнем физической работоспособности функционирует не экономично, а значит менее адаптирована.

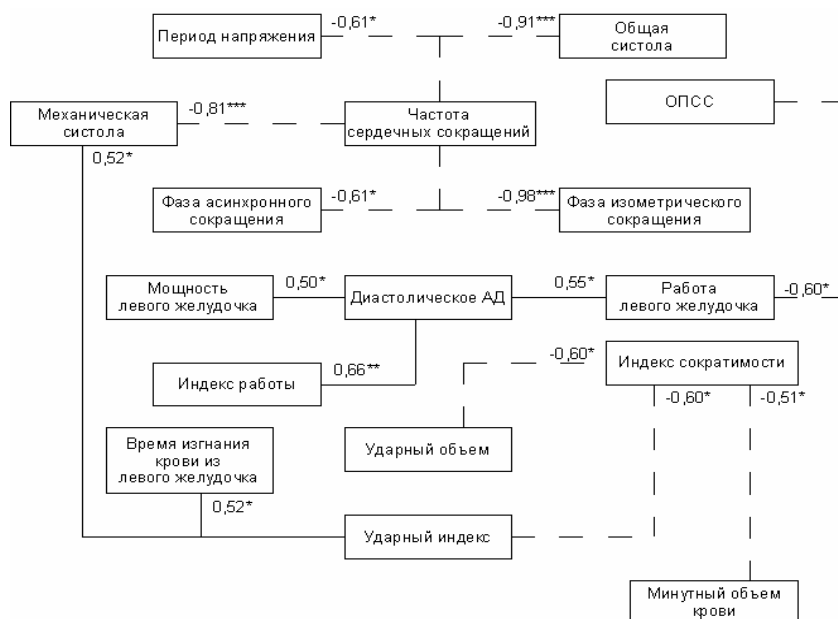
Напротив, у студенток с более высоким уровнем физической работоспособности корреляционная плеяда состоит из малого числа структурных элементов, связанных в основном отрицательными связями, а значит характеризуется отсутствием напряжения в системе. Сердечно-сосудистая система более экономична и адаптирована.



Примечание: остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

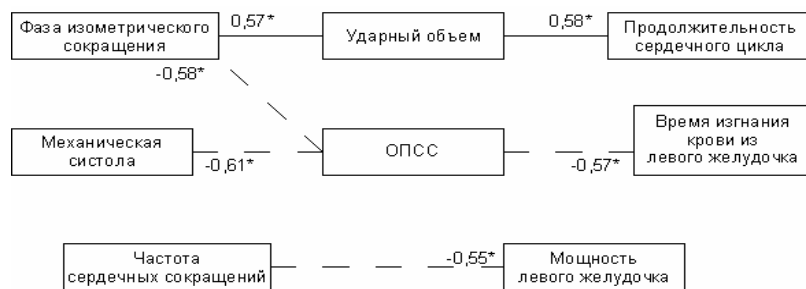
Рис. 2. Корреляционная плеяда взаимосвязей центральных гемодинамических показателей и показателей кардиодинамики у исследуемых 2 группы в состоянии покоя.

Аналогичные зависимости были определены и между показателями кардиогемодинамики и при возрастающей физической нагрузке.



Примечание: остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Рис.3 Корреляционная плеяда взаимосвязей центральных гемодинамических показателей и показателей кардиодинамики у исследуемых 1 группы после 1 нагрузки.



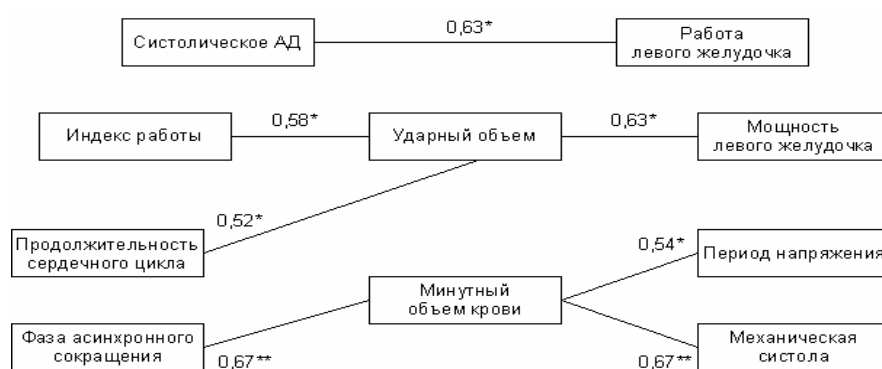
Примечание: остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Рис.4. Корреляционная плеяда взаимосвязей центральных гемодинамических показателей и показателей кардиодинамики у исследуемых 2 группы после 1 нагрузки.

С ростом адаптационного напряжения увеличивается количество параметров, входящих в корреляционные взаимосвязи, при этом сумма коэффициентов корреляции изменяется. Возможно распадение облака взаимосвязанных параметров

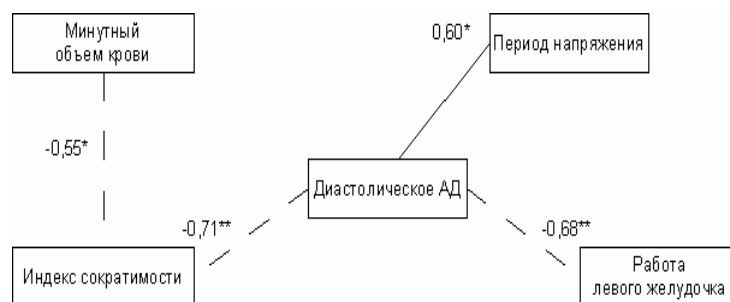
на отдельные части. Корреляции между физиологическими параметрами в ходе процесса адаптации выше, чем в адаптированном состоянии [4,5]. Этот эффект наблюдается на большом и разнообразном материале (показатели липидного обмена, внешнего дыхания, активности ферментов, транспортной функции крови и т.д.), для разных физиологических параметров. Для разных групп параметров такие механизмы могут быть (и наверняка будут) различными. Из Рис. 4, 5 видно, как различные по уровню адаптированности системы, а именно их взаимосвязи, реагируют на появление стрессового фактора в виде физической нагрузки по разному. У группы студенток с низким уровнем физической работоспособности можно увидеть дисперсию параметров, характеризующуюся увеличением числа взаимосвязанных параметров с 12 до 16, а также резким изменением направления корреляционного графа с +1,48 на -3,48 (Рис.3). В группе студенток с более высоким уровнем физической работоспособности при неизменном корреляционном графе, увеличивается дисперсия параметров с 4 до 8, а также отмечается распадение облака на 2 части.

Различно ведут себя системы и при дальнейшем увеличении нагрузки (Рис 5,6).



Примечание: остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Рис.5. Корреляционная плеяда взаимосвязей центральных гемодинамических показателей и показателей кардиодинамики у исследуемых 1 группы после 2 нагрузки.



Примечание: остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Рис.6. Корреляционная плеяда взаимосвязей центральных гемодинамических показателей и показателей кардиодинамики у исследуемых 2 группы после 2 нагрузки.

Облако корреляционных параметров при второй нагрузке в группе с низким уровнем распалось на 3 части, а корреляционный граф поменял направленность с -3,48 до +4,24. И напротив, в группе с более высоким уровнем, дисперсия снизилась, а корреляционный граф изменился незначительно с -1,16 до -1,34.

С помощью метода корреляционной адаптометрии была определена динамика показателей корреляционного графа в покое и при нагрузке в группах с различным уровнем физической работоспособности (Рис.7).

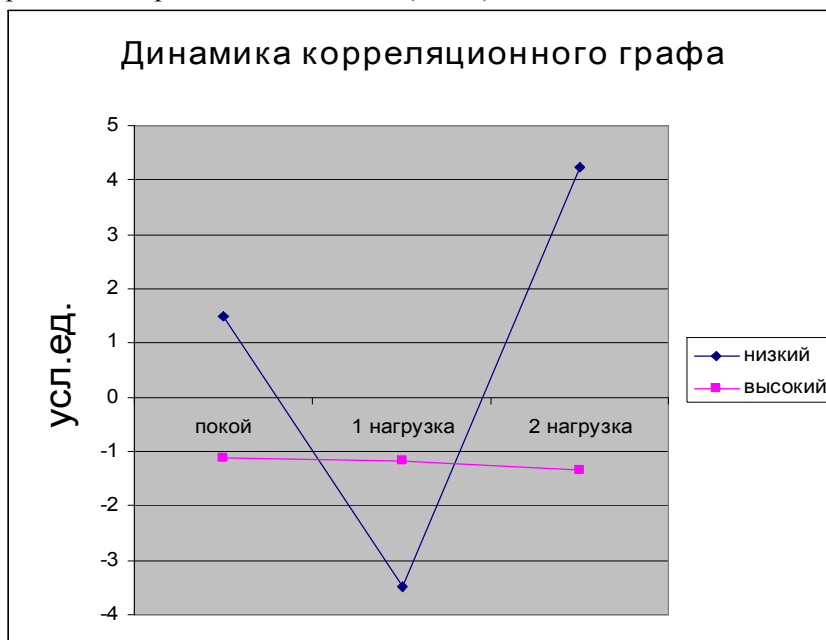


Рис.7. Динамика корреляционного графа в покое и при нагрузке в группах с различным уровнем физической работоспособности.

Как видно из Рис.7 при увеличении стрессового фактора в виде физической нагрузки, адаптационное напряжение в группе с более высоким уровнем физической работоспособности оставалось в определенном диапазоне, не меняя своей направленности. В группе с низким уровнем физической работоспособности отмечается резкий перепад адаптационного напряжения, с изменением его направленности. Широкий диапазон показателя адаптационного напряжения может свидетельствовать о неэкономичности функционирования системы, высокой «цене» адаптационных процессов. Предположительно такие изменения корреляционных связей показателей кардиогемодинамики можно связать с влиянием различных контуров регуляции данной системы, а хаотичность разброса показателей взаимосвязей свидетельствует о вовлечении более глубоких механизмов мобилизации функциональных возможностей, о включении следующих уровней активации гомеостатических процессов.

---

Как известно, активность регуляторных систем зависит от функционального состояния организма. Можно условно различать три уровня активности: уровень контроля, уровень регуляции, уровень управления [10]. В обычных условиях, когда регулируемая (контролируемая) система работает в нормальном режиме, не испытывая дополнительных нагрузок, регуляторный механизм выполняет лишь контрольные функции, т.е. воспринимает информацию о состоянии регулируемой системы и не вмешивается в ее работу. Если же возникают дополнительные нагрузки и регулируемой системе требуется увеличить расход энергии на выполнение своих функций, то механизм регуляции переходит на более высокий уровень активности - уровень регуляции. В этом случае через соответствующие нервные и гуморальные каналы в регулируемую систему посылаются сигналы управления, обеспечивающие мобилизацию необходимых дополнительных функциональных резервов. Если же собственные резервы регулируемой системы оказываются недостаточными для достижения необходимого эффекта, то механизмы регуляции переходят на режим управления. Здесь их активность значительно возрастает, поскольку к процессу управления необходимо подключить и другие более высокие уровни регуляции, что обеспечивает мобилизацию функциональных резервов других систем. Соответственно трем уровням активности напряжение регуляторных механизмов (их активность) возрастает.

Степень напряжения регуляторных систем - есть интегральный ответ организма на весь комплекс воздействующих на него факторов, независимо от того с чем они связаны. Метод корреляционной адаптометрии с применением корреляционного графа был неоднократно применен для оценки здоровья населения, в том числе и при оценки качества лечения [3-7]. С помощью данного метода было выявлено различие адаптационного напряжения при увеличении физической нагрузки в группах с различным уровнем физической работоспособности.

В дальнейшем, перспективным может быть изучение «нормы» хаотичности корреляционного графа при увеличении адаптационного напряжения, с целью выявления диапазона нормы реакции, определение режима оптимального функционирования при возрастающей физической нагрузке.

## ВЫВОДЫ

1. При анализе корреляционных плеяд показателей кардиогемодинамики у студенток с разным уровнем физической работоспособности, с целью оценки адаптационных процессов, как в покое, так и при физической нагрузке увеличивающейся мощности, были выявлены существенные изменения во внутрисистемных и межсистемных взаимосвязях. Это может свидетельствовать о различиях в направленности гомеостатических реакций организма.
2. Количество корреляционных связей, их направленность и теснота детерминированы уровнем физической работоспособности обследуемых. Очевидно, выявленные закономерности могут быть использованы как качественный критерий оценки адаптационного потенциала организма.



- 
3. Метод корреляционной адаптометрии может найти широкое применение в донозологической диагностике, использоваться для количественной характеристики уровня соматического здоровья.

Список литературы

1. Давыдовский И.В. Проблема причинности в медицине (этиология). – М.: Медгиз, 1962. – 176 с.
2. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М., 1984
3. Седов К.Р., Горбань А.Н., Петушкова Е.В., Манчук В.Т., Шаламова Е.Н. Корреляционная адаптометрия как метод диспансеризации населения // Вестник АМН СССР, 1988. – №10. – С.69-75.
4. Горбань А.Н., Манчук В.Т., Петушкова Е.В. Динамика корреляций между физиологическими параметрами и экологозволюционный принцип плифакториальности// Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Т10. – С 187 – 198.
5. Семеновский Ф.Н., Семенов С.М. Математическое моделирование экологических процессов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 290 с.
6. Разжевайкин В.Н., Шпитонков М.И., Герасимов А.Н. Применение метода корреляционной адаптометрии в медико-биологических задачах. Исследование операций (модели, системы, решения). – М.: ВЦ РАН, 2002. – с.51-55.
7. Зайцева О.И., Смирнова Е.В., Терещенко В.П., Чеусова Е.П. Оценка эффективности проводимой терапии методом корреляционной адаптометрии в оценке антропоэкологического напряжения популяций: Межвузовский сборник. Под ред. А.Н.Горбаня. – КГТУ Красноярск, 1996. – С 55 – 66.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1989. – 291 с.
9. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов (2-е изд.). // СПб.: Питер, 2003. - 688 с.
10. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Н., Газенко О.Г., Космическая кардиология. Л.: Медицина. 1967. – 430 с.

Гребневва.О.М. Динаміка адаптаційних процесів при дії стресового чинника різної модальності. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 3. – С. 48-56.

Проведено дослідження взаємозв'язків показників кардіогемодинаміки методом кореляційної адаптометрії. Визначений кореляційний граф у спокої та при фізичному навантаженні зростаючої потужності у 30 студенток 19-20 років із різним рівнем фізичної працездатності. Проведена порівняльна характеристика діапазону кореляційного графа з урахуванням рівня фізичної працездатності.

Ключові слова: кореляційна адаптометрія, динаміка кореляційного графа, рівень фізичної працездатності, адаптаційна напруга, ціна адаптації.

Grebneva E.N . Dynamics of processes of adaptations at the action of a stress factor of different modality. // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 3. – P. 48-56.

Research of kardyoaemodynamic indexes by the correlative adaptometry method was performed. The correlative count in 30 students 19-20 years old with a different physical capacity both in rest and in physical loading was estimated. Comparative description of the correlative count's range taking into account the level of physical capacity was carried out.

Keywords: correlation adaptometry, dynamics of correlation count, level of physical capacity, adaptation tension, cost of adaptation.

Пост упила в редакцію 30.11.2008 г.

---