

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ, РЕГРЕССИОННЫЙ, КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В ИНТЕГРАЦИИ ВНУТРИСИСТЕМНЫХ И МЕЖСИСТЕМНЫХ ОТНОШЕНИЙ У ЖЕНЩИН В ВОЗРАСТЕ 30–40 И 41–50 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ПО ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ДЖ. ПИЛАТЕСА

М.В. Андреева
ЮУрГУ, г. Челябинск

В статье представлены данные регрессионного, кластерного и корреляционного анализа параметров гемодинамики и внешнего дыхания женщин в возрасте 30–50 лет, занимающихся по системе Дж. Пилатеса.

Ключевые слова: регрессионный анализ, кластерный анализ, корреляционный анализ, величины функции внешнего дыхания, параметры сердечно-сосудистой системы, женщины 30–50 лет, упражнения по системе Дж. Пилатеса.

Введение

Сохранение и восстановление здоровья у женщин зрелого возраста является одной из важных проблем современности, так как именно женщина является продолжательницей рода человеческого и принимает непосредственное участие в воспитании подрастающего поколения. Здоровая женщина полноценно выполняет функцию материнства и способна к высокопроизводительному труду. Именно женское здоровье определяет экономический потенциал страны [6]. Состояние здоровья человека зависит от множества факторов: уровня физического развития, двигательной активности, функционального состояния основных систем организма. Давно известно, что грамотно спланированная физическая тренировка значительно улучшает общее состояние организма, обеспечивает полноценную работу дыхательной, сердечно-сосудистой систем, повышая его жизнеспособность.

Целью настоящего исследования явилось определение корреляционных зависимостей между показателями гемодинамики и уровнем здоровья, а также проведение регрессионного и кластерного анализа, определяющих зависимость уровня здоровья от показателей гемодинамики и функции внешнего дыхания женщин в возрасте 30–50 лет под влиянием упражнений по системе Дж. Пилатеса.

Организация и методы исследования

Обследованы практически здоровые женщины зрелого возраста, занимающиеся по системе Дж. Пилатеса на протяжении шести месяцев по программам среднего уровня с элементами продвинутого. Нами были изучены следующие показатели функции внешнего дыхания при помощи аппарата «Этон»: ЖЕЛ_{выд.}, МОД, ЧД, МВЛ, индекс состояния (ИС), индекс Тиффно.

Исследование параметров гемодинамики – ЧСС, УО, МОК, ФВ, САД, ДАД, ОПСС – проведено на диагностирующей системе «Кентавр» (фирма «Микролюкс», г. Челябинск; регистрационное удостоверение Минздрава РФ № 29/08050902/4634-02 от 27.10.2002, действительно до 30.09.2012; сертификат соответствия № РОСС. RU. АЮ 45.В00211). Регрессионный, кластерный и корреляционный анализ для определения взаимосвязи между исследуемыми показателями был проведен при помощи программы STATISTIKA 6.0. Корреляционные связи считались средней тесноты от 0,4 до 0,6, высокой тесноты свыше 0,6. Коэффициенты корреляции, представленные в таблице, являлись достоверными. Для широких масс наиболее приемлемо дозирование нагрузки с учетом уровня физического состояния [8] и уровня здоровья, который оценивался по разработанной нами шкале. Хорошее состояние здоровья, при отсутствии нижеперечисленных отклонений, оценивалось в 100 баллов, при отклонении от какого-либо показателя вычитался 1 или 2 балла (табл. 1) [3, 7, 8].

Результаты исследования

Данные корреляционного анализа параметров гемодинамики женщин в возрасте 30–40 лет представлены в табл. 2, 3.

Согласно табл. 2, 3, из данных корреляционного анализа показателей гемодинамики установлено, что у женщин 30–40 лет на первом этапе исследования наибольшее количество связей выявлено у значений ОПСС, которое может использоваться для оценки функционального состояния прекапиллярного русла [3]. Физиологически объяснима тесная связь диастолического давления и ОПСС ($r = 0,66$). Давление движущейся струи крови в конце диастолического периода не велико, в связи с чем диастолическое давление обусловлено

Шкала оценки уровня здоровья

Оценка физического развития	
ИМТ	19,5–22,9 – норма – «0 баллов»
	23,0–27,4 – повышенное питание – «–1 балл»
	27,5–29,9 – ожирение 1 степени – «–2 балла»
ЧСС	60–80 уд./мин – «0 баллов»
	Выше 80 уд./мин – «–1 балл»
АД	При гипертонии – «–1 балл»
ЖИ	Ниже нормы – «–1 балл»
Осанка	В зависимости от степени отклонения – «–1 балл» или «–2 балла»
Экскурсия грудной клетки	8–10 см – норма – «0 баллов»
	6–8 см – «–1 балл»
	Менее 6 см – «–2 балл»
Пробы	
Определение ЖЕЛ под влиянием физ. нагрузки (2 мин. бег на месте в темпе 180 шагов в мин)	После теста ЖЕЛ уменьшается – «–1 балл»
Оценка реакции пульса на нагрузку (20 приседаний)	Увеличение пульса более чем на 80 % – «–1 балл»
Оценка физической подготовленности	
Отжимание	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Брюшной пресс	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Упор лежа на предплечьях (статическое удержание позы)	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Силовая выносливость – присед с опорой спиной о стену	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Наклон вперед	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Гибкость в тазобедренных суставах	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Сидя спиной к стене, удержание двух ног впереди	Норма и выше – «0 баллов»
	Ниже нормы – «–1 балл»
Образ жизни	
Двигательная активность	2–3 занятия в неделю – «0 баллов»
	Отсутствие занятий фитнесом/спортом – «–1 балл»
Табакокурение	«–1 балл»
Чрезмерное употребление алкогольных напитков	«–1 балл»
Индексы	
ИФС (Пироговой)	Средний и выше – «0 баллов»
	Ниже среднего – «–1 балл»
Медицинская оценка	
Группа здоровья	1 – «0 баллов»
	2 – «–1 балл»
	3 – «–2 балла»
Медицинская группа	Основная – «0 баллов»
	Подготовительная – «–1 балл»
Число случаев заболеваний за истекший год	За каждый «–1 балл»

главным образом величиной периферического сопротивления, модулем упругости артерий и частотой сердечбиений [2, 3].

Корреляция между ОПСС и ударным объемом, минутным объемом кровообращения соответственно были отрицательные ($r = -0,62$ и $r = -0,85$). Корреляционные связи средней тесноты выявлены у ОПСС и САД ($r = 0,44$). Общее периферическое

сопротивление сосудов является важным регулятором градиента давления между артериальной и венозной системой. Возрастание этого показателя приводит к подъему среднего АД, а снижение его – к уменьшению САД [9]. Адаптация к проведенной программе сопровождалась снижением числа связей данного показателя и степени корреляции с САД и ДАД. Однако обнаружена тесная зависи-

Таблица 2

Корреляционные зависимости между фоновыми показателями гемодинамики
и уровнем здоровья женщин 30–40 лет

Коррелируемые показатели	Коэффициент корреляции, r	Достоверность
Уровень здоровья – ЧСС	-0,40	p < 0,05
Уровень здоровья – САД	-0,81	p < 0,05
ЧСС – МОК	0,41	p < 0,05
УО – МОК	0,71	p < 0,05
УО – ОПСС	-0,62	p < 0,05
МОК – ОПСС	-0,85	p < 0,05
САД – ДАД	0,56	p < 0,05
САД – ОПСС	0,44	p < 0,05
ДАД – ОПСС	0,66	p < 0,05

Таблица 3

Корреляционные зависимости между показателями гемодинамики
и уровнем здоровья женщин 30–40 лет после программы

Коррелируемые показатели	Коэффициент корреляции, r	Достоверность
Уровень здоровья – ФВ	-0,64	p < 0,05
Уровень здоровья – САД	-0,82	p < 0,05
ЧСС – МОК	0,85	p < 0,05
ЧСС – ОПСС	-0,65	p < 0,05
УО – МОК	0,73	p < 0,05
УО – ОПСС	-0,74	p < 0,05
МОК – ОПСС	-0,85	p < 0,05
ФВ – САД	0,56	p < 0,05

мость ОПСС от ЧСС ($r = -0,65$). Снижение ЧСС ассоциируется с некоторым повышением ОПСС. Сохранились высокие отрицательные коэффициенты корреляции ОПСС с УО ($r = -0,74$) и МОК ($r = -0,85$). Это согласуется с литературными данными, что между изменением параметров сердечного выброса и периферического сопротивления существует обратная зависимость. Хорошо известно, что у здоровых лиц вызванное любой причиной повышение МОК сопровождается компенсаторным снижением ОПСС. Несоответствие в величине сдвигов минутного объема циркуляции и периферического сопротивления свидетельствует о нарушении регуляции кровообращения [1, 3].

Интегральный гемодинамический показатель – МОК – на первом этапе исследования коррелировал в большей степени с УО ($r = 0,71$) и в меньшей с ЧСС ($r = 0,41$). После проведенной программы сохранялась высокая корреляционная связь с УО ($r = 0,73$), однако зависимость МОК от ЧСС была более выраженной ($r = 0,85$). По-видимому, снижение МОК после проведенной программы происходило в большей степени за счет ЧСС, чем УО, хотя большинство авторов указывают на более тесную связь МОК с УО, чем с ЧСС.

По разработанной нами шкале оценивался уровень здоровья (УЗ) женщин и корреляционные связи с показателями гемодинамики. Отмечались высокие отрицательные корреляционные связи между УЗ и САД ($r = -0,81$) и зависимости средней силы УЗ и ЧСС ($r = -0,40$). Выявлен средний коэффициент корреляции САД и ДАД ($r = 0,56$).

Влияние разработанной программы характеризовалось сохранением высокой отрицательной корреляционной связи УЗ с САД ($r = -0,82$), что характеризует оптимальное снижение САД для поддержания высокого уровня здоровья, и появлением тесной отрицательной взаимосвязи УЗ с ФВ ($r = -0,64$). Снижение сократимости миокарда свидетельствует о снижении напряжения и экономизации в состоянии относительного покоя. Показатели САД и ФВ имели между собой положительные связи средней силы ($r = 0,56$). Систолическое артериальное давление является косвенным показателем сократимости миокарда.

Картина корреляционных связей показателей гемодинамики обследованных женщин 41–50 лет несколько отличалась. Данные представлены в табл. 4, 5.

Как видно из табл. 4, 5, корреляционный анализ показателей гемодинамики и уровня здоровья у женщин 41–50 лет выявил одинаковое количество связей у таких показателей, как ЧСС, УО, МОК, САД, ОПСС. Интегральный показатель гемодинамики – МОК – имел равнозначную зависимость от УО ($r = 0,60$) и от ЧСС ($r = 0,66$) на первом этапе исследования, которая практически не изменилась после проведенной программы. Коэффициент корреляции между МОК и ЧСС был равен 0,74, между МОК и УО – 0,62, что характеризует равнозначную функциональную роль УО и ЧСС в формировании адекватного уровня кровообращения. В фоновом исследовании выявлен высокий отрицательный коэффициент корреляции МОК с ОПСС ($r = -0,79$), который увеличился после трениро-

Корреляционные зависимости между фоновыми показателями гемодинамики и уровнем здоровья женщин 41–50 лет

Коррелируемые показатели	Коэффициент корреляции, r	Достоверность
Уровень здоровья – ФВ	0,67	p < 0,05
ЧСС – МОК	0,66	p < 0,05
ЧСС – САД	0,53	p < 0,05
ЧСС – ДАД	0,49	p < 0,05
УО – МОК	0,60	p < 0,05
УО – САД	-0,56	p < 0,05
УО – ОПСС	-0,82	p < 0,05
МОК – ОПСС	-0,79	p < 0,05
ФВ – ДАД	-0,40	p < 0,05
САД – ОПСС	0,45	p < 0,05

Таблица 5

Корреляционные зависимости между показателями гемодинамики и уровнем здоровья женщин 41–50 лет после программы

Коррелируемые показатели	Коэффициент корреляции, r	Достоверность
Уровень здоровья – ФВ	0,83	p < 0,05
Уровень здоровья – ДАД	-0,71	p < 0,05
ЧСС – МОК	0,74	p < 0,05
ЧСС – ДАД	0,41	p < 0,05
ЧСС – ОПСС	-0,44	p < 0,05
УО – МОК	0,62	p < 0,05
УО – ОПСС	-0,73	p < 0,05
МОК – ДАД	0,40	p < 0,05
МОК – ОПСС	-0,84	p < 0,05

вочной программы и составил $r = -0,84$. Это свидетельствует о том, что более высоким значениям МОК у здоровых лиц соответствуют сниженные величины ОПСС, что позволяет сохранять уровень АД в пределах нормальных значений [1, 7].

Адаптация к системе упражнений сопровождалась незначительным увеличением степени корреляции МОК с ДАД (от 0,36 до 0,40). Принято считать, что на уровень ДАД, кроме возрастного, оказывают влияние некоторые гемодинамические показатели: УО, МОК, ОПСС, емкость артериального русла, упруговязкие свойства сосудов эластического и мышечного типа [2].

До начала проведения оздоровительной программы частота сердечных сокращений, как показатель хронотропной функции сердца, находилась в корреляционной связи средней силы с САД ($r = 0,53$), ДАД ($r = 0,49$). Корреляционная связь средней тесноты между ЧСС и ДАД сохранялась и после программы. Как было описано выше диастолическое давление может быть обусловлено частотой сердцебиений [4]. На втором этапе исследования отмечена более тесная отрицательная связь ЧСС и ОПСС ($r = -0,44$).

Величина инотропной функции сердца – УО – до и после тренировочной программы была тесно взаимосвязана с ОПСС (до: $r = -0,82$ и после: $r = -0,73$). Корреляционная связь средней силы наблюдалась между УО и САД ($r = -0,56$), которая на втором этапе исследования была менее выраженной.

Отмечены корреляционные связи средней тесноты между ФВ и ДАД ($r = -0,40$). Корреляционная связь между САД и ОПСС ($r = 0,45$) свидетельствует, что достаточно большую роль в формировании колебаний САД играет общее периферическое сопротивление. После программы отмечалось снижение связей между ФВ и ДАД, САД и ОПСС. Уровень здоровья находился в тесной зависимости от ФВ, коэффициент корреляции между ними составил 0,67, который увеличился после проведенной программы и достиг 0,83. Также на втором этапе исследования зависимость УЗ и ДАД достигла высокого уровня.

В целом адаптация сердечно-сосудистой системы женщин в возрасте 30–50 лет к упражнениям по системе Дж. Пилатеса сопровождалась некоторым изменением структуры корреляционной матрицы, уменьшением общего числа связей и изменением соотношения отрицательных и положительных связей. У младшей группы женщин фоновое соотношение связей составило 4 отрицательных и 5 положительных связей, а после проведенной программы – 5/3 соответственно. У старшей группы женщин – 4/6 и 4/5. По мнению А.Д. Ноздрачева с соавт. [5], регулирующие системы организма характеризуются наличием ряда особых форм, благодаря чему имеет место исключительно высокая надежность их функционирования. Это, во-первых, дублирование связей, контролирующих одну и ту же функцию; во-вторых, множественная

относительная автономность параллельно функционирующих элементов; в-третьих, многократное депонирование резервированных запасных вышедших из строя элементов и источников энергии; в-четвертых, мгновенное замещение вышедших из строя элементов и связей; в-пятых, надежная многоуровневая защита от перегрузок и способность адаптироваться к частым перегрузкам; в-шестых, самоочищение от отработанных или чужеродных элементов и т. д.

В свою очередь механизмы регуляции разделяются на пассивные и активные. Пассивные как бы встроены в общую систему управления. Их регулирующее действие определяется взаимодействием элементов, составляющих саму систему, без специального расхода метаболической энергии. На эти внутренние механизмы регулирования накладываются внешние механизмы, состоящие из специальных элементов. Они являются активными и требуют от системы дополнительных энергетических затрат.

Средством достижения регулирования цели является обратная связь, суть которой состоит в том, что выходной, регулируемый сигнал о состоянии объекта управления поступает обратно на вход системы – в управляющее устройство. Меньшую роль играет прямая связь, при которой регулятор вырабатывает управляющие воздействия непосредственно на основании информации о возмущении [5].

Был проведен регрессионный анализ и составлены уравнения линейной регрессии для уровня здоровья, где в качестве независимых факторов использовались показатели гемодинамики и функции внешнего дыхания.

Фоновые данные:

Женщины в возрасте 30–40 лет:

$$УЗ = 4,01 \text{ ЖЕЛвд} - 0,18 \text{ САД} - 0,15 \text{ ЧСС}.$$

Согласно представленному уравнению в поддержании оптимального уровня здоровья у женщин в возрасте 30–40 лет участвует ЖЕЛвд, САД, ЧСС.

Женщины в возрасте 41–50 лет:

$$УЗ = 4,26 \text{ МОД} + 0,28 \text{ ФВ} + 3,68 \text{ ИС} - 1,72 \text{ МОК}.$$

Для женщин в возрасте 41–50 лет в общей формуле уровня здоровья были отмечены следующие величины: МОД, ФВ, ИС, МОК.

После проведенной оздоровительно-тренировочной программы наблюдалось расширение круга показателей, влияющих на уровень здоровья у женщин обеих возрастных групп. Результаты представлены ниже.

Женщины 30–40 лет:

$$УЗ = -0,50 \text{ САД} + 0,21 \text{ МВЛ} - 3,64 \text{ ИС} + 5,78 \text{ ЖЕЛвд} - 0,55 \text{ индекс Тиффно} + 2,01 \text{ МОД} - 0,04 \text{ ФВ} + 0,07 \text{ ЧСС} - 0,01 \text{ ДАД}.$$

В уравнении регрессии женщин 30–40 лет ключевыми показателями, вносящими отрицательный вклад, были: САД, ИС, индекс Тиффно, ФВ и

ДАД. Положительный – МВЛ, ЖЕЛвд, МОД и ЧСС.

Женщины 41–50 лет:

$$УЗ = 0,19 \text{ ФВ} - 0,17 \text{ ДАД} + 2,45 \text{ МОД} - 0,06 \text{ МВЛ} + 0,04 \text{ УО}.$$

Ведущую роль у женщин в возрасте 41–50 лет отводится параметрам ФВ, ДАД, МОД, МВЛ и УО.

Дальнейший анализ выявления типологических признаков функционального состояния привел нас к использованию кластерного анализа. Кластерный анализ позволил выявить один основной кластер и два малочисленных варианта первого кластера. Первый кластер составил параметр ОПСС, два примыкающих к нему малочисленных кластера МОК и САД у всех женщин до и после проведенной программы. Анализ результатов кластеризации свидетельствует о сохранении основного кластера (ОПСС) двух малочисленных (САД, МОК) с возрастом, а также после проведенной программы тренировок.

Данные регрессионного анализа женщин обеих возрастных групп согласуются с данными корреляционного и кластерного анализа.

Литература

1. Баранник, И.А. *Возрастные особенности кровообращения у практически здоровых мужчин молодого-среднего возраста: автореф. дис. ... биол. пед. наук / И.А. Баранник. – СПб., 2007. – 24 с.*
2. Бисярина, В.П. *Артериальные сосуды и возраст / В.П. Бисярина, В.М. Яковлев, П.Я. Кукса. – М.: Медицина, 1986. – 224 с.*
3. Буркова, О.В. *Влияние системы Пилатес на развитие физических качеств, коррекцию телосложения и психоэмоциональное состояние женщин среднего возраста: автореф. дис. ... канд. пед. наук / О.В. Буркова. – М., 2008. – 25 с.*
4. Васильева, В.В. *Сосудистые реакции у спортсменов / В.В. Васильева. – М.: ФиС, 1971. – 145 с.*
5. *Вопросы физиологии человека на Петербургской встрече Нобелевских лауреатов «Наука и прогресс человечества» / А.Д. Ноздрачев, О.Н. Михайлова, Е.Л. Поляков, М.С. Рудас // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 6. – С. 113–121.*
6. Гуськов, С.И. *Женщина. Физическая активность. Здоровье / С.И. Гуськов, В.А. Панков. – М.: Полиграфсервис, 2000. – 259 с.*
7. Макарова, Г.А. *Спортивная медицина: учеб. / Г.А. Макарова. – М.: Советский спорт, 2003. – 480 с.*
8. Пирогова, Е.А. *Совершенствование физического состояния человека / Е.А. Пирогова. – Киев: Здоровья, 1989. – 166 с.*
9. *Спортивная медицина (Руководство для врачей) / под ред. А.В. Чоговадзе, Л.А. Бутченко. – М.: Медицина, 1984. – 384 с.*
10. *Физиология человека / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. – Т. 2 – 642 с.*

Поступила в редакцию 3 мая 2010 г.