

АНАЛИЗ ЭНТРОПИИ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ ПРОФИЛАКТИКЕ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Яшин Д.А.¹, Ворфоломеева О.В.², Калев О.Ф.¹, Тырсин А.Н.³

¹ ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Челябинск, Россия, e-mail: yashid.chel@mail.ru;

² ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», Челябинск;

³ Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, г. Екатеринбург

Методы. Комплексное сплошное углубленное клинико-эпидемиологическое обследование 1402 мужчин. Впервые проведен анализ энтропии популяции по параметрам, характеризующим основные измеримые модифицируемые факторы риска неинфекционных заболеваний (уровни артериального давления, общего холестерина, индекса массы тела, глюкозы). Энтропия – комплексная величина, характеризующая меру неупорядоченности (разброса ее составных элементов) и организованности (взаимной зависимости элементов) системы. **Результаты.** Проведена оценка состояния здоровья мужской сельской популяции по критериям: здоров, практически здоров, больной. Впервые определены уровни энтропии параметров, характеризующих основные факторы риска хронических неинфекционных заболеваний, энтропии популяции в целом в зависимости от группы здоровья. В каждой группе выделен наибольший вклад отдельного параметра в энтропию популяции, определена степень зависимости этого параметра от других. **Выводы:** у больных лиц в сравнении с практически здоровыми, а у практически здоровых в сравнении со здоровыми, выше уровень популяционной энтропии; наибольший вклад в популяционную энтропию и в энтропию хаотичности вносит подсистема артериального давления; энтропия самоорганизации практически здоровых лиц выше, чем здоровых и больных лиц во всех возрастных группах, взаимодействие между подсистемами в группе практически здоровых лиц слабее.

Ключевые слова: энтропия, энтропийный анализ, факторы риска, неинфекционные заболевания, состояние здоровья, здоров, практически здоров, больной.

APPLICATION OF ENTROPY ANALYSIS FOR INTEGRAL EVALUATION OF POPULATION HEALTH IN PREVENTION OF CHRONICAL NONCOMMUNICABLE DISEASES

Yashin D.A.¹, Vorfolomeeva O.V.², Kalev O.F.¹, Tyrsin A.N.³

¹ South Ural State Medical University, 454092, Chelyabinsk, Russia, e-mail: yashid.chel@mail.ru;

² Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia;

³ Science and Engineering Center «Reliability and Resource of Large Systems and Machines», Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Purpose: to evaluate the change in entropy of population in healthy, partly healthy and sick groups of individuals. **Methods.** Integrated complex clinical and epidemiological study of 1402 men. The analysis of entropy of population was held by major measurable modifiable risk factors for noncommunicable diseases (levels of blood pressure, total cholesterol, body mass index, glucose). Entropy is a complex quantity that characterizes the measure of disorder (dispersion its components) and organization (mutual dependence of elements) of the system. **Results.** The integrated health evaluation of male rural population by criteria healthy, partly healthy, sick individuals. The health status of the male population was estimated in groups of healthy, partly healthy, sick individuals. The population entropy increases with deterioration of the health status. In each subgroup was allocated the largest contribution of individual risk factors at entropy of population and overall health status, was determined the degree of dependence on other risk factors. **Conclusions:** The sick individuals in comparison to partly healthy and partly healthy in comparison with healthy persons have the higher level of entropy; the greatest contribution to the entropy of population and entropy of the randomness makes blood pressure; the entropy of selforganization of partly healthy individuals is higher than at healthy and sick individuals in all age groups, the interaction between subsystems in a group of partly healthy persons is weaker.

Keywords: entropy, entropy analysis, risk factors for noncommunicable diseases, healthy, partly healthy, sick, state of health.

Актуальность. Ведущими причинами смертности населения России являются хронические неинфекционные заболевания (ХНИЗ), которые включают в себя сердечно-

сосудистые, онкологические, хронические бронхолегочные заболевания, сахарный диабет. На их долю приходится более 75% случаев смерти в общей структуре смертности. Современная стратегия профилактики данных ХНИЗ основана на сочетанном интегрированном подходе к снижению распространенности четырех приоритетных поведенческих (курение, пагубное потребление алкоголя, низкая физическая активность, нерациональное питание) и 4-х биологических факторов риска (ФР) (артериальная гипертензия, дислипидемия, повышенный уровень глюкозы в крови, повышенная масса тела и ожирение) [5,9]. Особенностью биологических ФР является то, что они представляют собой параметры функционирования гомеостатических систем организма человека. ФР развития ХНИЗ они становятся тогда, когда уровни их превышают значения, получившие значения “отрезных точек”, которые ассоциируются с достоверным ростом смертности от разных причин и определяются в процессе эпидемиологических исследований [9]. Следует отметить, что у всех людей биологические параметры характеризуются высокой вариабельностью, колеблемостью. Обычно изучают распределение отдельных ФР. В то же время недостаточно изучен вопрос комплексной оценки популяционного здоровья одновременно по нескольким ФР, в их взаимосвязи, особенно в аспекте энтропийного восприятия происходящих в популяции процессов. Энтропия – комплексная величина, характеризующая меру неупорядоченности («разброса», «колеблемости» ее составных элементов) и организованности (взаимной зависимости элементов) системы.

Энтропия является фундаментальным свойством любых систем с неоднозначным, или вероятностным поведением [1]. Любые объекты и явления живой и неживой природы без исключения содержат черты порядка и беспорядка, определенности и неопределенности, организованности и дезорганизованности. Суть энтропийного подхода в медицине состоит в представлении человека в виде сложной системы, которая характеризуется многомерной случайной величиной $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$, где каждый элемент Y_i – это показатель функционирования одной из подсистем организма (сердце, дыхательная система и т.д.). Это позволяет рассматривать проблему состояния здоровья человека с позиции системного анализа. При этом каждая подсистема анализируется комплексно. С одной стороны, каждую подсистему рассматриваем отдельно, а с другой – во взаимосвязи с остальными подсистемами.

Установлено, что совместная дифференциальная энтропия $H(Y)$ определяется как сумма двух компонент, одна из которых характеризует меру неопределенности системы, а другая, наоборот, – меру определенности. Мониторинг динамики изменения энтропии позволяет выявить не только рост или уменьшение энтропии в организме, но и установить так называемые «точки роста», элементы (подсистемы), которые оказали наибольшее

влияние на данное изменение. В результате этого можно, воздействуя на соответствующие подсистемы, уменьшить энтропию организма, т.е. повысить его жизнеспособность.

Важной особенностью дифференциальной энтропии многомерной случайной величины является то, что она удовлетворяет всем основным требованиям модели сложной системы. Данный подход апробирован в нескольких областях. Есть основания считать, что он может оказаться весьма перспективным в медицине. В статье предпринята попытка на конкретном примере показать потенциальные возможности использования энтропийного моделирования в медицине.

Энтропия в медико-биологических системах может рассматриваться как мера неопределенности состояния или стабильности популяции в данных условиях. Многие показатели эффективности системы сводятся к минимизации или максимизации энтропии. Использование энтропийного анализа при оценке популяционного здоровья позволяет исследовать систему комплексно, т.е. анализировать все подсистемы, (например, одновременно все значимые ФР) в их взаимосвязи, т.к. изменение энтропии зависит, с одной стороны, от изменения дисперсий параметров подсистем, с другой стороны, от совместной корреляционной взаимосвязи между всеми элементами системы. При этом, используя энтропийный анализ можно выразить эту комплексную оценку популяции в количественном (числовом) выражении. В последние годы анализ энтропии начинает применяться в медицине и общественном здравоохранении [3,4,8].

Цель исследования: оценить изменение энтропии параметров, характеризующих биологические факторы риска ХНИЗ, у мужчин с разными группами здоровья.

Материал и методы исследования. Работа основана на анализе данных комплексного сплошного углубленного клинико-эпидемиологического обследования мужской сельской популяции с гнездовой выборкой. Всего было обследовано 1402 мужчины одного из сел Челябинской области в возрасте от 18 до 85 лет, что составило 93% от списочного состава села. Исследование проводилось на базе Челябинской областной клинической больницы (ЧОКБ) №1, Челябинского областного диагностического центра. Всем пациентам был проведен необходимый комплекс клинических, лабораторных и инструментальных методов обследования для квалифицированного заключения о состоянии здоровья. Работу проводила бригада специалистов, состоящая из сотрудников кафедры госпитальной терапии и семейной медицины Челябинской государственной медицинской академии и врачей ЧОКБ №1.

Оценку и анализ состояния здоровья проводили в соответствии с детализированной классификацией групп для оценки состояния здоровья, предложенной Марченко А.Г. [2] по критериям: здоров, практически здоров, больной.

Классификация групп для оценки состояния здоровья:

I – здоровые: *a* – не болели в период наблюдения острыми и хроническими заболеваниями, при осмотре не выявлено отклонений от нормы в состоянии здоровья; *б* – болели редко острыми респираторными и др. острыми заболеваниями (не более 3 раз в течение года), при осмотре не выявлено отклонений от нормы в состоянии здоровья.

II – практически здоровые: *a* – к этой группе относились лица, имеющие такие ФР, как избыточный вес, гиперхолестеринемия (ГХС) (при отсутствии заболеваний, и если при обследовании не выявлено других отклонений в состоянии здоровья); *б* – лица, которые часто (≥ 4 случаев в году) болели острыми заболеваниями, и при осмотре не выявлено отклонений от нормы в состоянии здоровья. К этой же группе относятся лица, имеющие одновременно такие ФР, как курение и низкая физическая активность; *в* – лица, у которых установлены различные функциональные отклонения по результатам дополнительных исследований или симптомы без диагноза, предвестники болезни, состояния после перенесенных заболеваний и травм; *г* – пациенты, у которых имеются заболевания, характеризующиеся потерей значимости при достижении определенного возраста, наличием длительного межприступного периода.

III – больные: *a* – пациенты, у которых имеются хронические заболевания различной степени компенсации; *б* – лица, имеющие физические недостатки и отдаленные последствия болезней и травм, характеризующиеся потерей трудоспособности или качества жизни.

Гиперхолестеринемия устанавливалась при уровне ОХС $\geq 5,17$ ммоль/л, избыточный вес при уровне индекса массы тела 25-29,9, который определяли по формуле: масса тела (в кг)/рост (в м²).

Энтропийный анализ. Энтропия рассчитывалась нами по формуле:

Энтропия системы = \sum энтропий хаотичности подсистем + \sum энтропий самоорганизации подсистем

Энтропия хаотичности характеризует неопределенность системы, разброс ее составных элементов и соответствует полной независимости элементов системы. При увеличении энтропии хаотичности общая популяционная энтропия увеличивается, т.е. система становится более нестабильной, растет ее неупорядоченность.

Энтропия самоорганизации за счет совместной корреляционной взаимосвязи между всеми элементами всех подсистем, представляет собой вариант анализа корреляционных связей, не зависящий от типа распределения. Чем выше энтропия самоорганизации (т.е. ближе к нулю при отрицательных значениях), тем слабее взаимодействие между подсистемами, тем выше общая популяционная энтропия. Для того, чтобы определить, какая подсистема в наибольшей степени влияет на другие (или, соответственно, зависит от

других), целесообразно определять коэффициенты детерминации R , значения которых не зависят от типа распределения элементов системы (подсистем).

В качестве подсистем нами были выбраны параметры, характеризующие основные биологические измеримые ФР ХНИЗ. На начальном этапе энтропийного анализа необходимо определиться, какие параметры будут включены в расчет комплексной энтропии, чтобы элементы, которые не оказывают существенного влияния на поведение системы, не уменьшали удельный вес действительно значимых и имеющих прогностическое значение. Поэтому мы не включили в анализ данные иммунологических, биохимических и др. лабораторных исследований, поскольку наша цель – анализ популяции в плане профилактики ХНИЗ. Для анализа популяционной энтропии нами были выбраны параметры, характеризующие модифицируемые ФР, которые имеют самое важное прогностическое значение, а также объективно и количественно измеримые – уровень артериального давления, избыточная масса тела, высокий уровень глюкозы, дислипидемия. В настоящее время эти ФР наряду с курением, нерациональным питанием, низким уровнем физической активности, пагубным употреблением алкоголя объясняют до 75% смертности от ХНИЗ[5,9]. Такой ФР как курение мы не включили в энтропийный анализ, поскольку пока не разработали методику оценки энтропии качественных (“да/нет”) величин. Таким образом, для энтропийного анализа популяции нами было выделено 4 подсистемы: артериальное давление (систолическое и диастолическое артериальное давление), масса тела (индекс массы тела), дислипидемия (уровень ОХС, триглицеридов, холестерина липопротеинов низкой плотности, холестерина липопротеинов высокой плотности), уровень глюкозы.

Вследствие высокой корреляционной связи между систолическим и диастолическим артериальным давлением, а также между уровнями общего холестерина, холестерина липопротеинов низкой и высокой плотности, триглицеридов для дальнейшего энтропийного анализа были выделены подсистемы «Уровень общего холестерина» (ОХС), «Систолическое артериальное давление» (САД), «Индекс массы тела» (ИМТ), «Уровень глюкозы» (Глюкоза). Поскольку на уровень распространенности ФР и средние уровни параметров, характеризующие ФР, существенным образом влияет возраст, а также, учитывая тот факт, что в обследованной нами популяции с возрастом становится все меньше здоровых лиц (в возрасте 35 лет и более их практически не остается), дальнейший анализ изменения популяционной энтропии в зависимости от статуса здоровья мы в соответствии с рекомендациями для составления статистических таблиц для международного сравнения МКБ-10 проводили в двух возрастных группах: 18-24 лет, 25-34 лет. Анализ энтропии в группах здоровых, практически здоровых и больных проведен у 593 человек.

Подробно математическое обоснование расчета энтропии представлено в [6].

Вычисление общей популяционной энтропии H производилось по формуле $H(\mathbf{Y}) = H(\mathbf{Y})_{\Sigma} + H(\mathbf{Y})_{\mathbf{R}}$, где Y – система, состоящая из подсистем Y_1, Y_2, \dots, Y_m .

$H(\mathbf{Y})_{\Sigma} = \sum_{k=1}^m H(Y_k)$ – энтропия хаотичности, равная сумме энтропий каждой подсистемы, определение которых рассмотрено в [8]. Для каждого вектора $\mathbf{Y}_k, k = 1, \dots, m$ энтропия вычисляется по формуле:

$$Y(Y_k) = -h^k \sum_{i=1}^L p_i^k \ln p_i^k$$

Здесь $p_i^k = \frac{n_i^k}{n}$ – оценка вероятности попадания в i -й интервал; L – количество интервалов;

n_i^k – количество наблюдений, попавших в i -й интервал; n – объем выборки, h^k – длина интервала. В качестве оценки числа интервалов рассчитывается значение $L = 1 + 3,3221 \lg(n)$.

$H(\mathbf{Y})_{\mathbf{R}} = \frac{1}{2} \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Y_k/Y_1 Y_2 \dots Y_{k-1}}^2)$ – энтропия самоорганизации, зависящая от тесноты многомерной корреляционной взаимосвязи между компонентами системы. Для определения степени влияния каждой подсистемы на систему в целом используем предельные значения коэффициентов детерминации соответствующих регрессионных зависимостей по всем переменным [6].

Расчет энтропии производился с помощью комплекса программ «Вычисление эмпирического корреляционного отношения», «Вычисление энтропии».

Результаты собственных исследований. В результате квалифицированного заключения комиссии экспертов о состоянии здоровья каждого пациента в популяции выделены 3 группы: «Здоровые», «Практически здоровые» и «Больные». Процент здоровых лиц составил $8,1 \pm 0,7$ % (здесь и далее средние величины представлены в виде средней относительной величины (P) \pm средняя ошибка относительной величины (mp)), практически здоровых – $13,7 \pm 0,9$ % и больных $78,2 \pm 1,1$ %. По мере увеличения возраста наблюдается резкое ухудшение состояния здоровья мужской популяции. У молодых лиц в возрасте до 24 лет только четверть популяции здорова, половина страдает какими-либо заболеваниями. В возрасте старше 45 лет здоровых людей нет вообще, а в возрастной группе 35-44 лет таковых только 1,5%. Таким образом, состояние здоровья неорганизованной сельской популяции мужчин можно оценить, как неудовлетворительное, причем, во всех возрастных группах.

Анализ системы на основе оценки комплексной популяционной энтропии и “изолированной” энтропии параметров, характеризующих основные ФР ХНИЗ. Результаты анализа энтропии популяции в разных группах представлены в таблице.

Уровни энтропии в группах здоровых, практически здоровых и больных лиц

Возраст, годы	Статус здоровья	Энтропия хаотичности	Энтропия самоорганизации	Энтропия общая
18-24	Здоровые	7,023	-0,391	6,63
	Практически здоровые	7,362	-0,174	7,19
	Больные	8,11	-0,34	7,77
25-34	Здоровые	5,71	-0,49	5,22
	Практически здоровые	7,77	-0,4	7,37
	Больные	8,49	-0,41	8,08

По мере ухудшения состояния здоровья популяции происходит увеличение общей, объединенной по всем ФР, энтропии. Так, популяционная энтропия в группе практически здоровых лиц выше, чем у здоровых, а у больных выше, чем у практически здоровых. Это заключение имеет практическое значение, поскольку, если у нескольких обследованных популяций в какой-то одной будет выше уровень энтропии, то без проведения дорогостоящих и продолжительных исследований предварительно можно сказать о худшем состоянии здоровья данной группы и выделить ее для продолжения обследования.

Рост энтропии от «Здоровых» к «Практически здоровым» объясняется, по нашему мнению, неблагоприятным воздействием таких патологических факторов, как курение и низкая физическая активность, заболеваемость частыми простудными и другими острыми заболеваниями, наличием заболеваний в состоянии длительной ремиссии и др.

Энтропия в группе «Больных» выше, чем в группе «Практически здоровых» и значительно выше, чем в группе «Здоровых», т.е. в целом стабильность популяционной системы снижается, и существенный рост энтропии по мере ухудшения состояния здоровья объясняется тем, что к патологическому влиянию ФР на человеческий организм в отдельности и на всю популяцию в целом добавляется дополнительное повреждающее воздействие самих ХНИЗ.

Следует отметить, что энтропия у здоровых лиц в более молодой по возрасту группе (18-24 лет в сравнении с 25-34 лет) выше. По всей видимости, это происходит из-за того, что окончательный рост и формирование человеческого организма происходит до 25 лет и, поэтому у молодых лиц наблюдается больший разброс биологических показателей.

Для более подробного анализа рассмотрим в отдельности энтропию хаотичности подсистем «ОХС», «САД», «ИМТ», «Глюкоза» (графики 1 и 2).

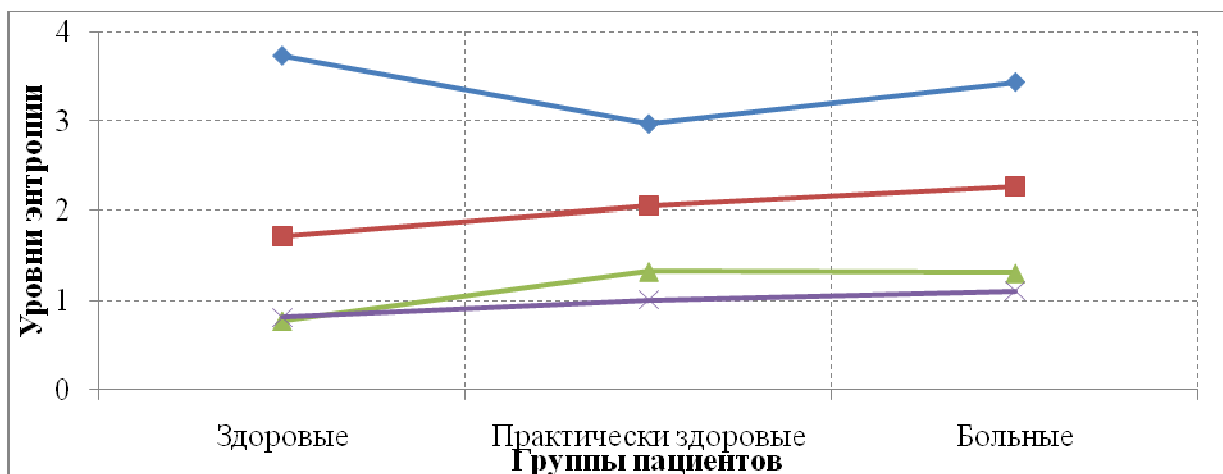


График 1

Энтропия хаотичности по каждому фактору риска 18-24 лет: ◆ САД – подсистема систолического артериального давления, ■ ИМТ – подсистема индекса массы тела; ▲ ОХС – подсистема уровня общего холестерина; × Глюкоза – подсистема уровня глюкозы.

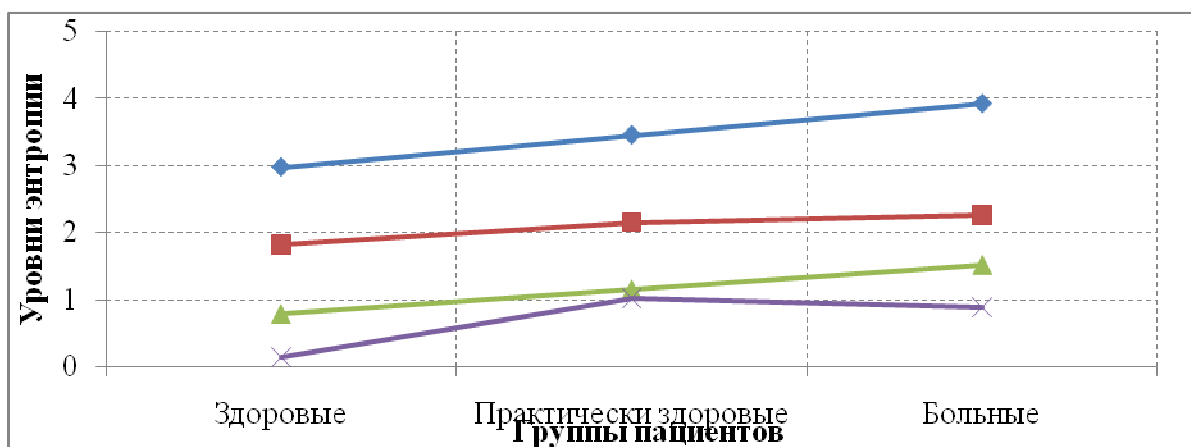


График 2

Энтропия хаотичности по каждому фактору риска 25-34 лет: ◆ САД – подсистема систолического артериального давления, ■ ИМТ – подсистема индекса массы тела; ▲ ОХС – подсистема уровня общего холестерина; × Глюкоза – подсистема уровня глюкозы.

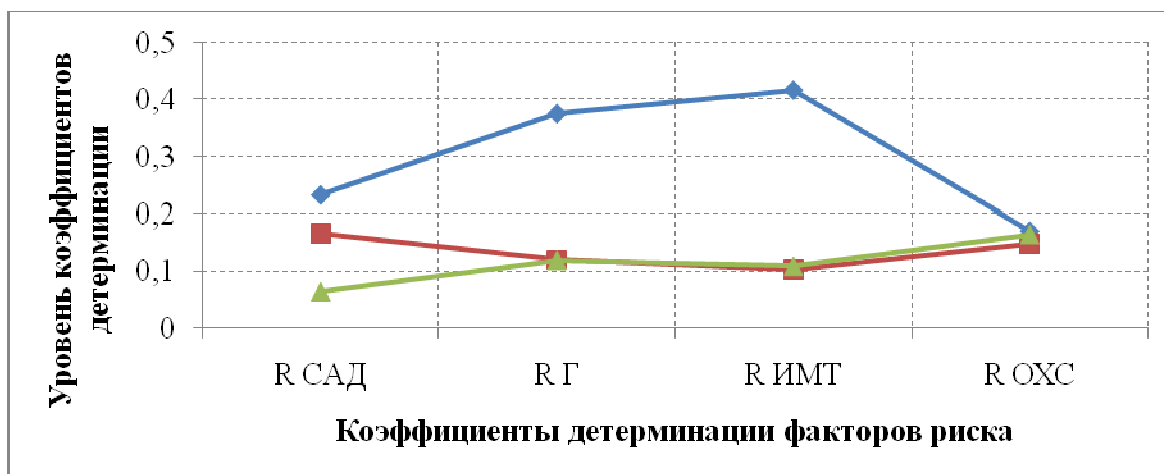


График 3

Коэффициенты детерминации по каждому фактору риска в группе 18-24 лет: ◆ – группа здоровых людей, ■ – группа практически здоровых людей, ▲ – группа больных людей. $R_{САД}$ – коэффициент детерминации подсистемы «САД» от подсистем «ИМТ», «ОХС» и «Глюкоза»; $R_{ИМТ}$ – коэффициент детерминации подсистемы «ИМТ» от подсистем «САД», «ОХС» и «Глюкоза»; $R_{ОХС}$ – коэффициент детерминации подсистемы «ОХС» от подсистем «ИМТ», «САД» и «Глюкоза»; $R_{Г}$ – коэффициент детерминации подсистемы «Глюкоза» от подсистем «ИМТ», «ОХС» и «САД».

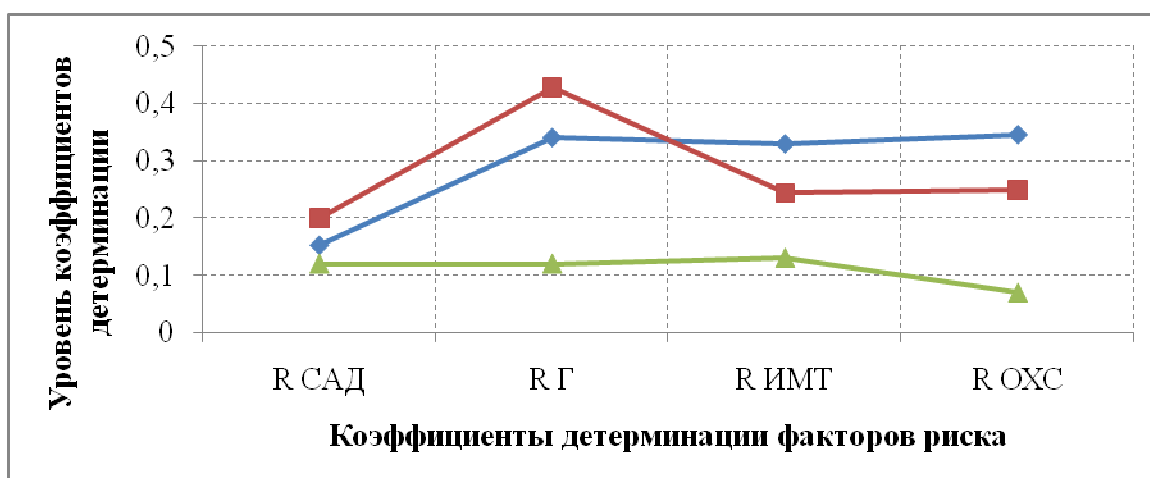


График 4

Коэффициенты детерминации по каждому фактору риска в группе 25-34 лет: ◆ – группа здоровых людей, ■ – группа практически здоровых людей, ▲ – группа больных людей. $R_{САД}$ – коэффициент детерминации подсистемы «САД» от подсистем «ИМТ», «ОХС» и «Глюкоза»; $R_{ИМТ}$ – коэффициент детерминации подсистемы «ИМТ» от подсистем «САД», «ОХС» и «Глюкоза»; $R_{ОХС}$ – коэффициент детерминации подсистемы «ОХС» от подсистем «ИМТ», «САД» и «Глюкоза»; $R_{Г}$ – коэффициент детерминации подсистемы «Глюкоза» от подсистем «ИМТ», «ОХС» и «САД».

Наибольшей степенью упорядоченности в организме человека в обеих возрастных группах обладает подсистема «Глюкоза», далее следуют подсистемы «ОХС» и «ИМТ». Наибольшей степенью хаотичности обладает подсистема «САД». Энтропия здоровых пациентов в возрасте 18-24 лет больше, чем у пациентов в возрасте 25-34 лет (о чем мы указывали выше) в результате большей степени хаотичности двух подсистем: артериального давления и углеводного обмена.

Энтропия самоорганизации «Практически здоровых» лиц выше, чем «Здоровых» и «Больных» во всех возрастных группах. Это означает, что взаимодействие между подсистемами организма в группе «Практически здоровых» лиц слабее (см. таблицу), так как в этом состоянии организм, с одной стороны, оказывает меньшее сопротивление болезням в сравнении с группой «Здоровых» лиц, с другой стороны, пациенты в группе «Больных» лиц уже имеют хронические заболевания, к которым организм приспособился и, следовательно, взаимодействие между подсистемами в группе «Больных» лиц сильнее, чем у «Практически здоровых» лиц.

Рассмотрим энтропию самоорганизации каждой в отдельности из анализируемых подсистем. Значения коэффициентов детерминации представлены на графиках 3, 4. Несмотря на то, что энтропия самоорганизации имеет небольшой удельный вес в структуре общей популяционной энтропии, ее оценка имеет важное значение, поскольку, анализируя коэффициенты детерминации каждой подсистемы в отдельности, можно выделить ФР, в наибольшей степени зависящий от других подсистем (или оказывающий наибольшее влияние на остальные подсистемы) и выделить его для первоочередного контроля при профилактике. Например, у здоровых пациентов в группе 18-24 лет наибольшее влияние на уровень энтропии самоорганизации оказывают подсистемы «Глюкоза» и «ИМТ», а у практически здоровых пациентов в группе 25-34 лет – подсистема «Глюкоза», так как их взаимосвязь с остальными подсистемами наибольшая. Следовательно, именно эти ФР в данных подгруппах популяции можно выбрать для первоочередного контроля эффективности профилактических вмешательств.

Проводя сравнительный анализ возрастных групп 18-24 лет и 25-34 лет, можно выделить следующие особенности: в группе «Здоровых» лиц в возрасте 18-24 лет подсистема «Масса тела» сильнее взаимодействует с остальными подсистемами, чем в возрасте 25-34 лет; в группе «Здоровых» лиц в возрасте 18-24 лет подсистема «Холестерин» слабее взаимодействует с остальными подсистемами, чем в возрасте 25-34 лет; в группе «Практически здоровых» лиц в возрасте 18-24 лет подсистема «Глюкоза» сильнее взаимодействует с остальными подсистемами, чем в возрасте 25-34 лет.

Таким образом, при анализе энтропии по основным измеримым модифицируемым ФР ХНИЗ (подсистемы: артериальное давление, уровень общего холестерина, индекс массы тела, глюкоза крови) в комплексе с оценкой популяционного здоровья по критериям «здоров», «практически здоров», «больной» установлено:

у больных лиц в сравнении с практически здоровыми, а у практически здоровых в сравнении со здоровыми, выше уровень популяционной энтропии;

наибольший вклад в популяционную энтропию и в энтропию хаотичности вносит подсистема артериального давления;

энтропия самоорганизации практически здоровых лиц выше, чем здоровых и больных лиц во всех возрастных группах;

взаимодействие между подсистемами в группе практически здоровых лиц слабее.

Использование энтропийного анализа позволяет на каждой локальной популяции выделить наибольший вклад отдельного ФР в популяционную энтропию и в целом на статус здоровья (на основе анализа энтропии хаотичности), определить степень зависимости этого ФР от других (на основе анализа энтропии самоорганизации) и, соответственно, разработать наиболее эффективную «таргетную» профилактическую программу на популяционном уровне.

Список литературы

1. Климонтович Ю.Л. Введение в физику открытых систем. - М.: Янус-К, 2002. – 284 с.
2. Марченко А.Г. Критерии оценки состояния здоровья населения при его комплексном изучении // Советское здравоохранение. – 1979. - № 2. – С. 23-28.
3. Попков Ю.С. Энтропийные модели смертности // Труды института системного анализа российской академии наук. - 2011. - № 61 (4). – С. 3-15.
4. Попков Ю.С. Энтропийные модели рождаемости // Труды института системного анализа российской академии наук. - 2009. - № 44. – С. 3-20.
5. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний. Рекомендации. – М., 2013. – 136с.
6. Тырсин А.Н., Ворфоломеева О.В. Исследование динамики многомерных стохастических систем на основе энтропийного моделирования // Информатика и ее применения. – 2014. - № 1. – С. 3-11.
7. Тырсин А.Н., Клявин И.А. Повышение точности оценки энтропии случайных экспериментальных данных // Системы управления и информационные технологии. - 2010. - № 1 (39). – С. 87–90.

8. Яшин Д.А., Ворфоломеева О.В. Применение метода энтропийно-динамического моделирования медико-биологических систем для анализа динамики основных измеримых факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний в организованной популяции // Врач-аспирант. – 2013.-№3.1 (58). - С. 225-232.
9. WHO. Global health risks.Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. – Geneva: WHO, 2009.

Рецензенты:

Шамурова Ю.Ю., д.м.н., зав. кафедрой поликлинической терапии и клинической фармакологии ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский Университет» Минздрава России, г. Челябинск;

Празднов А.С., д.м.н., профессор кафедры поликлинической терапии и клинической фармакологии ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский Университет» Минздрава России, г. Челябинск.