

Мошетова Л.К., Нотова С.В., Пищухин А.М., Сабурова Г.Ш

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРУПП ПАЦИЕНТОВ С БЛИЗОРУКОСТЬЮ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ МЕТОДА ЛЕЧЕНИЯ

На основании рассмотрения многомерного пространства параметров, оценивающих состояние глаза при лечении близорукости предложено несколько критериев, позволяющих оценивать эффективность действия различных методов лечения. Исследование дисперсии предложенных коэффициентов позволили разработать методику выявления групп больных, для которых лечение заданным методом даст наилучшие результаты.

Близорукость является сложным заболеванием со множеством пато-физиологических и клинических особенностей, которые невозможно описать одним или двумя простыми параметрами. Если же в качестве параметров взять традиционные, описывающие состояние зрительных функций при близорукости, и использовать их в качестве координат многомерного пространства, то можно найти комплексный показатель, включающий в себя информацию обо всех координатах, позволяющий более точно оценивать состояние глаза.

С другой стороны, в распоряжении врача-офтальмолога в настоящее время имеется множество методов лечения миопии. Комплексный показатель позволит оценить эффективность действия каждого из методов, а также выработать клинические показания к их применению.

В качестве координат многомерного пространства логично выбрать остроту зрения, рефракцию, объем абсолютной аккомодации, резерв аккомодации, порог электрочувствительности, электролабильность, то есть обычный набор показателей, определение которых не требует сложной аппаратуры и доступно в стандартных поликлинических условиях. В таком многомерном пространстве состояние глаза отмечается точкой.

Для оценки эффективности лечения необходимо рассматривать три состояния глаза: до лечения, после лечения и состояние здорового глаза. Соединив эти три точки, можно получить два вектора, изображенные на рисунке 1 (для упрощения изображены лишь две координатные оси из шести), с началом в точке, описывающей исходное состояние больного глаза (точка А). Первый вектор направлен в точку, характеризующую состояние здорового глаза (точка С) и задает направление скорейшего излечения. Второй вектор направлен в

точку, описывающую состояние глаза после лечения (точка В) и отражает реальные изменения, наблюдающиеся при лечении тем или иным методом. В качестве критериев оценки эффективности лечения можно выбрать угол между этими векторами (косинус этого угла – $\cos \alpha$), величину изменений при лечении (длину второго вектора - АВ), а также величину изменений в направлении скорейшего излечения (длина проекции вектора реального изменения на направление скорейшего излечения -AD).

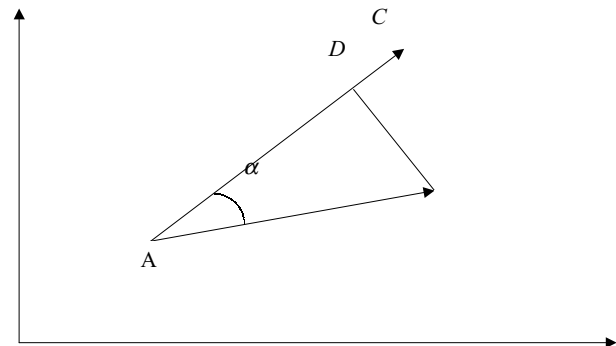


Рисунок 1 - Расположение векторов в многомерном пространстве.

Исследование проводилось на всех группах пациентов при лечении методами видеокomпьютерного аутотренинга, чрезкожной электростимуляции и сочетанием этих методов.

Попытка прямого вычисления трех вышеописанных критериев привела к необходимости модификации исходных данных. Первая модификация обусловлена тем, что большая величина одной из компонент (ПЭЧ) привела к резкому уменьшению вклада в изменение длины вектора АВ других компонент. Выход состоит в нормировании. Для этого все значения параметров были отнесены к показателям здорового глаза. В результа-

те получились нормированные безразмерные значения всех шести компонентов векторов.

Вторая модификация потребовала изменения шкалы измерения остроты зрения. Эта шкала имеет сильную нелинейность, так как слабое зрение определяется сотыми долями, в то время как более сильное зрение измеряется десятками. Была введена единая линейная шкала 1 – 20. Значения по этой шкале затем были так же нормированы и приведены к безразмерному виду.

Критерии вычислялись по формулам:

$$K_1 = \cos \alpha = \frac{V_{11} * V_{21} + V_{12} * V_{22} + \dots + V_{1n} * V_{2n}}{\sqrt{V_{11}^2 + V_{12}^2 + \dots + V_{1n}^2} * \sqrt{V_{21}^2 + V_{22}^2 + \dots + V_{2n}^2}}, \quad (1)$$

$$K_2 = \sqrt{V_{11}^2 + V_{12}^2 + \dots + V_{1n}^2} * K_1 = \sqrt{V_{11}^2 + V_{12}^2 + \dots + V_{1n}^2} * \cos \alpha \quad (2)$$

$$K_3 = \sqrt{V_{11}^2 + V_{12}^2 + \dots + V_{1n}^2} / \sqrt{V_{21}^2 + V_{22}^2 + \dots + V_{2n}^2} \quad (3)$$

где V_{11}, \dots, V_{1n} – нормированные безразмерные компоненты вектора изменений состояния глаза, обусловленные методом лечения; V_{21}, \dots, V_{2n} – нормированные безразмерные компоненты вектора необходимых изменений до нормального состояния глаза.

Первые десять значений нормированных параметров, отражающих исходное состояние глаза, и вычисленные по формулам (1), (2), (3) значения всех критериев приведены в таблице 1.

На основании проведенного исследования приходим к выводу о перспективности применения для оценки эффективности метода лечения угла между векторами реального и желательного изменений. Это обусловлено ясным геометрическим смыслом этого критерия, наличием естественной границы, оценивающей эффективность метода лечения - 45° , при которой одинаковы желательные (AD) и “побочные” (BD) изменения, что про-

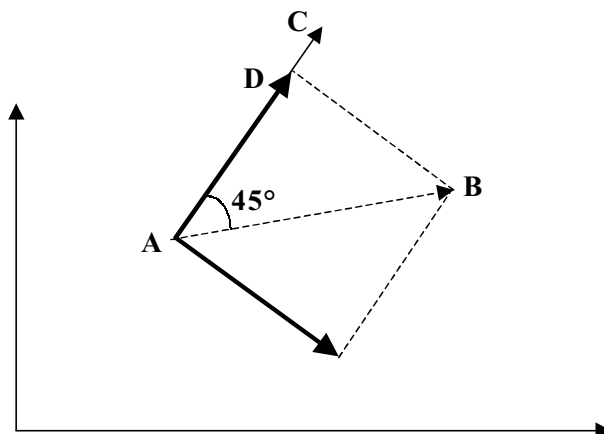


Рисунок 2 - Геометрический смысл второго критерия.

иллюстрировано на рисунке 2. Отсутствие в этом критерии информации о величине изменений не уменьшает его значения, потому что величина изменений при углах, меньших 45° , всегда ведет к улучшению зрительных функций и приближает их к показателям нормального глаза. При углах,

больших 45° , “побочные” влияния слишком велики и, следовательно, данный метод не эффективен. А при углах, больших 90° , метод лечения даже вреден пациенту, так как уводит показатели зрительных функций в сторону от нормальных.

На втором месте по значимости находится критерий, связанный с величиной проекции реальных изменений на направление скорейшего излечения. Положительное значение проекции и ее величина отражают степень улучшения функций, а отрицательное значение этой проекции говорит о вредности метода. Его недостатком является отсутствие сведений о “побочных” изменениях.

Критерий эффективности в виде длины вектора реальных изменений лишь говорит о степени влияния метода на пациента и ничего не говорит о направлениях изменений состояния глаза при его использовании.

Подытоживая анализ критериев, можно сказать, что полную информацию об эффективности метода лечения несут любые два из рассмотренных трех критериев.

С точки зрения устойчивости действия методов лечения важен разброс (дисперсия) вычисленных критериев. Большой разброс говорит о нестабильности результатов лечения, об отсутствии в базовых параметрах дополнительной информации, оценивающей состояние глаза, колебание которой и вызвало указанный разброс (психологическое состояние пациента, накопленная усталость, сопутствующие заболевания и т.д.). Разброс нагляднее всего изображается гистограммами. Результаты полного исследования, которые в виду большого объема здесь не приво-

Таблица 1

Результаты вычисления критериев в группе пациентов с близорукостью высокой степени при лечении методом чрезкожной электростимуляции

№ п/п	ОЗ	R	ОА	ЗОА	ПЭЧ	ЭЛ	K1	K2	K3
1	6	-7,5	7,8	2	100	30	0,85	0,08	0,09
2	6	-7,5	7,6	2	90	31	0,09	0,003	0,03
3	6	-6,5	7,4	1,5	100	32	0,97	0,09	0,09
4	7	-6,5	7,4	1,5	100	31	0,97	0,09	0,09
5	8	-7,0	7,3	2	100	31	0,9	0,08	0,09
6	8	-7,0	7,2	2	100	32	0,77	0,05	0,07
7	8	-6,5	7	1,5	100	31	0,89	0,09	0,1
8	8	-6,5	7	1,5	100	31	0,89	0,09	0,1
9	9	-6,5	7,4	2	100	35	0,71	0,05	0,07
10	9	-6,5	7,5	2	100	35	0,71	0,05	0,07

дятся, показывают, что высокое значение одного из критериев еще не гарантирует получения хорошего результата для нового пациента с близкими значениями исходных параметров. Например, в таблице 1 первые два значения описывают два глаза одного и того же пациента. Из значений коэффициентов эффективности следует, что, хотя исходным состоянием глаза было примерно одинаковым, первый глаз активно откликнулся на лечение, в то время как второй практически не изменил своих параметров.

Анализ гистограмм позволил сделать вывод о том, что критерий оценки эффективности метода лечения в виде величины вектора реальных изменений имеет меньшую дисперсию результатов, чем критерий в виде угла между направлением реальных и наилучших изменений или в виде проекции вектора реальных изменений на направление наилучших изменений. И, кроме этого, наиболее эффективно назначение применяемых методов лечения при близорукости слабой степени, наименее эффективно - при высокой близорукости.

До сих пор сравнивалась эффективность действия различных методов лечения, но не менее важна и обратная задача – выбор группы пациентов, для которой лечение конкретным рассматриваемым методом даст наилучшие результаты.

С научной точки зрения задача разбиения множества пациентов на группы, для лечения которых предпочтителен тот или иной метод, является задачей классификации.

Классификация, в свою очередь, требует эффективных классифицирующих признаков (критериев). Три подобных критерия предложены и исследованы выше. Так же как и рассуждение о том, что малая размытость этих критериев говорит об устойчивости достижения положительных результатов, о слабой зависимости их от первоначального состояния больного. Поэтому зоны с относительно малой дисперсией критериев и помогут выявить группу больных, для которых данный метод гарантировано дает положительный результат при условии достаточно большого значения выбранного критерия эффективности.

При этом рассмотренные выше критерии можно модифицировать для их усиления заменой абсолютной длины проекции на относительную путем деления на длину вектора необходимых изменений до нормального состояния глаза. Кроме того, для усиления влияния направленности необходимо домножить этот критерий еще раз на косинус угла между векторами. В результате получится несколько иной критерий

$$K3 = \sqrt{V_{11}^2 + V_{12}^2 + V_{1n}^2} * \cos^2 \alpha / \sqrt{V_{21}^2 + V_{22}^2 + \dots + V_{2n}^2}. \quad (3)$$

Этот критерий, конечно, потеряет информацию по отношению к критерию (2) о методах лечения, ухудшающих состояние глаза, но это не является большим недостатком, поскольку такие методы лечения легко обнаруживаются по первичным данным, без вычисления критериев. К тому же, в результате нелинейности, заложенной в коэффициенте (3), он дальше разносит классы эффективных и слабо влияющих методов лечения миопии.

Простое разбиение замкнутой области, включающей точки, описывающие состояния глаз до лечения, на элементарные объемы не позволяет провести достоверных исследований в виду большого количества координат многомерного пространства. Даже при делении координатных диапазонов пополам в шестимерном пространстве получится 128 элементарных объемов. Очевидно, что имеющийся статистический материал (около 400 случаев) не позволит сделать достоверные выводы о дисперсии.

Поэтому предлагается провести исследование с помощью сканирования замкнутой области, включающей точки, описывающие состояние глаз до лечения элементарным объемом. На рисунке 3 схематично изображено многомерное пространство параметров со сканирующим элементарным объемом. Для упрощения рассмотрены лишь три параметра из шести. На координатных осях выделены диапазоны изменений исходных параметров для всех пациентов и пунктирными линиями построен куб, включающий в себя данные об исходном состоянии глаз всех пациентов (некоторые из этих данных изображены на схеме звездочками). Сканирующий элементарный объем выделен сплошными линиями. При этом вычисленное среднее значение критерия, равно как и его дисперсия, сопоставляются с серединой элементарного объема, отмеченного на схеме кружочком.

Выбор размеров элементарного сканирующего объема зависит от количества исходных данных. Для состоятельности оценки дисперсии (при нормальном законе распределения) необходимо не менее сорока значений исходных точек /1/. При выборе размера элементарного сканирующего объема в половину диапазона изменения параметров, объем, включающий в себя исходные данные о всех пациентах, разбивается на восемь частей. При этом имеющиеся четыреста исходных экспериментальных точек дадут по пятьдесят значений в каждой из частей. Учитывая, что это очень близко к статистическим рекомендациям, принимаем размер сканирующего объема в направлении координатных осей в половину размера диапазона изменений параметров. С другой стороны, было желательно уменьшать размеры сканирую-

щего объема, так как это позволит максимально сузить группу пациентов, для которых действие метода наиболее эффективно.

Особо необходимо обсудить размер шага сканирования. Принимая гипотезу о равномерном распределении всех исходных данных, можно оценить среднее расстояние между ними. Для четырехсот исходных значений размер шага, в направлении каждой из координатных осей должен быть в одну четверть сотую размера диапазона изменений параметров. Учитывая разброс расстояния между исходными точками относительно среднего значения, необходимо выбрать шаг в соответствии с дисперсией этого разброса. Малые значения шага приведут к лишним вычислениям и к временной задержке программы, так как при сдвиге элементарного сканирующего объема будет добавляться и уходить слишком малое количество точек. При большом шаге вычисления будут грубыми, кроме того, шаг не может быть больше размеров сканирующего объема, так как в таком случае не вся экспериментальная информация будет использована. Исходя из этих рассуждений, в данной работе принят шаг сканирования размером в одну пятисотую диапазона изменения параметров, для параметров изменяющихся непрерывно. Для дискретных параметров шаг можно выбрать равным величине квантования.

При сканировании в направлениях, указанных на рисунке 3 стрелками, получается новая область точек с определенными значениями критерия и дисперсии (при этом вычисления критериев и дисперсии осуществляются как обычно с учетом результатов лечения выбранным методом, которые на схеме никак не отражены). В этом пространстве необходимо найти точки со значением критерия, близким к максимальному, а значением дисперсии, близким к минимальному. Для этого необходимо сортировать массивы значений критерия и дисперсии. Затем, просматривая значения критерия, начиная с максимального, выбрать

точку с минимальной дисперсией. По этим значениям критерия и дисперсии восстановить диапазон исходных параметров (в размерах элементарного сканирующего объема). Этот диапазон и задаст группу пациентов, для которых лечение данным методом гарантированно даст максимальный эффект.

Такие исследования необходимо провести для всех, имеющихся в распоряжении врача-офтальмолога, методов лечения.

Таким образом, вычисляя для множества пациентов этот новый критерий, выбирая зоны с максимальным значением этого критерия, мы выделим значения параметров, при которых больному можно предложить данный метод лечения. При поступлении больного на лечение врачу необходимо будет лишь определить, входят ли значения параметров его зрительных функций в данную группу.

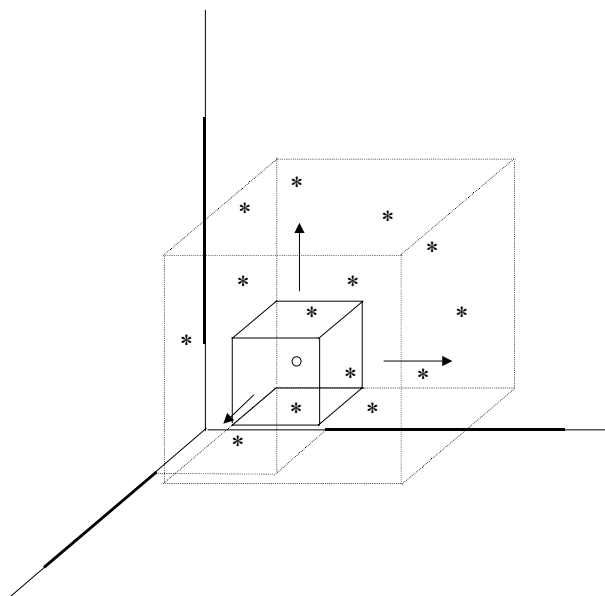


Рисунок 3 – Схема сканирования исходных данных.

Использована литература

1 Аветисов Э.С. Близорукость. - М.: Медицина, 1986. - 240 с.

Статья поступила в редакцию 24.12.99г.