

Стоматология детского возраста

УДК 616.314-002.4-053.2-037:52

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИРОСТА КАРИЕСА У ДЕТЕЙ

**А. А. Удод,
И. И. Зинкович**

Донецкий национальный медицинский университет
им. М. Горького, г. Донецк

MATHEMATICAL MODELING OF PREDICTION OF CARIES DEVELOPMENT IN CHILDREN

**O. Udod
and I. Zinkovych**

M. Gorky Donetsk National Medical University,
Donetsk, Ukraine

Кариес зубов – это, как известно, самое распространенное заболевание человека [1,3,8]. Причем осложненный кариес, приводящий к воспалению в пульпе, периодонте и, в конечном итоге, к потере зуба, представляет серьезную проблему, влекущую за собой более трудоемкое и пролонгированное лечение [1]. Следовательно, вопросы профилактики и прогнозирования кариеса зубов являются приоритетными в современной стоматологии. В литературе имеется достаточно много данных о параметрах твердых тканей зубов, слюны, а также здоровья пациентов в целом, изменения которых могут приводить к возникновению кариеса зубов [1,8,9]. Однако попытки дать интегральную оценку отрицательной динамики этих параметров пока не принесли клинически значимых предиктивных результатов.

В последнее время для прогнозирования кариеса зубов у людей молодого возраста были предложены новые подходы, которые предполагают создание математических моделей определения риска возникновения кариеса зубов у отдельного пациента. Эти модели основываются на учете ряда антропометрических и соматотипологических показателей

[5,7]. Еще одна математическая модель определения риска кариеса зубов базируется на комплексе дерматоглифических показателей и последующем дискриминантном анализе [6].

Целью данного исследования была разработка математической модели прогнозирования кариеса у детей с молочным прикусом на основании клинических, биохимических и биофизических параметров.

Материалы и методы

В исследовании принимали участие 48 детей в возрасте 4-6 лет, которые были обследованы дважды с интервалом в год. При обследовании детей регистрировали индекс интенсивности кариеса (кп), значения теста эмалевой резистентности (ТЭР) [4], гигиенический индекс (ГИ) Федорова-Володкиной, индекс РМА, скорость слюноотделения. Ротовую жидкость собирали в стерильные пробирки в утреннее время суток. В лаборатории определяли показатель кислотности ротовой жидкости (рН), уровень белка, триглицеридов, фосфора, кальция, а также регистрировали биофизические параметры ротовой жидкости методом динамической межфазной тензиометрии [2,10]. Методом максимального давления в пузырьке газа, фор-

мирующегося в ротовой жидкости, оценивали поверхностное натяжение при времени жизни поверхности пузырька 0,01 с ($\text{ПН}_{0,01}$), 1 с ($\text{ПН}_{1,0}$); поверхностное натяжение ротовой жидкости на коротких временах (до 40 с), отражающее влияние поверхностно-активных веществ, содержащихся в высоких концентрациях ($\text{ПН}_{\text{с}_{\text{max}}}$), а также равновесное поверхностное натяжение ПН_{∞} характеризующее влияние всех поверхностно-активных веществ, содержащихся в ротовой жидкости. Подсчитывали угол наклона кривой в координатах ПН ($t^{-1/2}$), который пропорционален суммарному содержанию сурфактантов, содержащихся в ротовой жидкости в высоких концентрациях ($\lambda_{\text{с}_{\text{max}}}$). Методом висящей капли определяли модуль вязко-эластичности (E), показатель, характеризующий общее содержание сурфактантов в ротовой жидкости (λ_{∞}), и время релаксации поверхностного натяжения ротовой жидкости после стрессовой деформации капли (T).

Задачу прогнозирования решали по результатам осмотра 48 детей возрастной группы от 4-х до 6-ти лет, которые после повторного (спустя 1 год) клинического обследования были ретроспективно разделены на 2 группы – «обучающие выборки». Первую группу составили 25 детей, у которых за 1 год между обследованиями индекс кп увеличился не более чем на 1 единицу (среднее значение прироста индекса кп составило $0,46 \pm 0,11$) – группа с низким приростом кариеса. Во вторую обучающую выборку вошли 23 ребенка, у которых за период между клиническими обследованиями индекс кп увеличился на 2 и более единицы (среднее значение прироста кп составило $2,20 \pm 0,28$) – группа с высоким приростом интенсивности кариеса.

Попытка использования каждого отдельно из изученных клиничко-лабораторных показателей ротовой жидкости для прогнозирования развития кариеса не принесла желаемого результата. Ошибка прогноза во всех случаях превышала 50%. Поэтому задачу прогнозирования решали с использованием процедуры многофакторного регрессионного анализа (пакет прикладных программ STATISTICA 6.0). Последняя предполагала построение линейного уравнения дискриминантной функции,

позволяющего учитывать суммарное влияние нескольких факторов. Анализу подвергали клиничко-лабораторные показатели, регистрируемые при первичном обследовании детей в разных обучающих выборках.

Для проведения многофакторного регрессионного анализа были использованы клинические и лабораторные (биохимические и биофизические) показатели: пол, возраст, скорость слюноотделения, индекс кп, гигиенический индекс, индекс РМА, значения теста эмалевого резистентности ТЭР, показатель кислотности ротовой жидкости, уровень в ротовой жидкости белка, триглицеридов, фосфора, кальция и тензиометрические параметры.

Результаты и их обсуждение

Статистической процедурой «пошагового отбора вариант» из перечисленных выше клиничко-лабораторных показателей в уравнение многофакторной регрессии включили только те, которые обладали наибольшей дискриминантной функцией – F-статистика которых была статистически значимой при $p < 0,05$, т. е. превышала значения 4,5. В соответствии со значениями частной статистики F-удаления, наиболее значимыми для прогноза стоматологическими и биохимическими показателями являются: показатель ТЭР, индекс кп, гигиенический индекс, показатель кислотности ротовой жидкости, уровень триглицеридов, кальция и фосфора в ротовой жидкости (**табл. 1**).

Таблица 1

Характеристика клиничко-лабораторных показателей, включенных в модель прогнозирования

Параметры модели	F-удаление	p-уровень	Толерантность
ТЭР	50,29	0,00	0,54
кп	32,44	0,00	0,99
ГИ	31,89	0,00	0,54
pH	16,11	0,00	0,87
Триглицериды	14,05	0,00	0,95
Кальций	8,08	0,01	0,96
Фосфор	4,81	0,03	0,96

Как и следовало ожидать, наибольшей прогностической значимостью обладал показатель ТЭР – F-статистика удаления для него

Таблица 2

Характеристика прогностической значимости изученных тензиометрических показателей ротовой жидкости

Параметры модели	F-удаление	p-уровень	Толерантность
$ПН_{0,01}$, мН/м	2,75	0,11	0,54
$ПН_{1,0}$, мН/м	0,44	0,42	0,69
$ПН_{с_{max}}$, мН/м	4,69	0,09	0,54
$ПН_{\infty}$, мН/м	26,51	0,00	0,97
$\lambda_{с_{max}}$, мНм ⁻¹ с ^{1/2}	1,35	0,16	0,82
λ_{∞} , мНм ⁻¹ с ^{1/2}	8,08	0,02	0,96
E, мН/м	5,81	0,12	0,74
T, с	6,40	0,07	0,90

составила 50,29. Следует подчеркнуть, что в выделенных выше обучающих выборках (в группах с низким и высоким приростом кариеса) средние значения включенных в модель показателей не всегда статистически значимо отличаются.

Предварительно проведенная процедура «пошагового отбора вариант» из всех восьми зарегистрированных характеристик поверхностно-активных свойств ротовой жидкости позволила отобрать только две, значения F-статистики удаления которых были статистически достоверны при $p < 0,05$. Такими характеристиками оказались показатели равновесного поверхностного натяжения $ПН_{\infty}$ и суммарного уровня всех сурфактантов λ_{∞} (табл. 2).

Несмотря на относительно низкие значения F-удаления, эти два показателя имеют высокие значения статистического критерия толерантности (0,96-0,97), свидетельствующие о независимом вкладе данных параметров в прогностическую значимость построенной модели.

В результате проведенных статистических преобразований, на основе учета значений показателей построено уравнение многофакторной регрессии (КП) следующего вида:

$$КП = C + 0,34 * X_1 + 0,25 * X_2 + 0,31 * X_3 + 0,11 * X_4 + 0,53 * X_5 + 0,54 * X_6 + 0,21 * X_7 + 0,17 * X_8 + 0,013 * X_9,$$

где: КП – коэффициент прогнозирования; C – константа = 0,46; X_1 – показатель ТЭР; X_2 – индекс кп; X_3 – гигиенический индекс; X_4 – показатель кислотности ротовой жидкости; X_5 , X_6 и X_7 – уровень в ротовой жидкости триглицеридов, кальция и фосфора, соответственно; X_8 – показатель равновесного поверхностного натяжения $ПН_{\infty}$; X_9 – показатель суммарного содержания сурфактантов в ротовой жидкости λ_{∞} .

Полученные значения клинко-лабораторных и тензиометрических показателей ротовой жидкости подставляли в уравнение и рассчитывали коэффициент прогноза КП.

При значениях КП = 17,58 и меньше прогнозировали высокий прирост кариеса молочных зубов.

Расчет апостериорных вероятностей правильного прогноза данной модели показал, что общая ошибка прогноза составляет 18,8% – лишь у 9 детей из всей обучающей выборки прогноз оказался ошибочным (табл. 3). Причем величина «гипердиагностики» (ошибка прогнозирования второго рода) составила

Таблица 3

Результаты классификации обучающих выборок детей на группы с различным приростом кариеса на основе учета клинко-лабораторных и тензиометрических показателей ротовой жидкости

Действительные группы	Предсказанные группы				ВСЕГО количество
	НС		ВС		
	количество	%	количество	%	
НС	19	76,0	6	24,0	25
ВС	3	13,0	20	87,0	23

24%. Ошибка прогнозирования первого рода составила 13% ($p = 0,044$).

Выводы

Таким образом, проведенный многофакторный анализ показал, что наиболее значимыми параметрами для прогнозирования прироста кариеса являются следующие клинко-лабораторные и тензиометрические показатели

ротовой жидкости: показатель ТЭР, индекс кп, гигиенический индекс, показатель кислотности ротовой жидкости, уровень в ротовой жидкости триглицеридов, кальция и фосфора, показатель равновесного поверхностного натяжения и тензиометрический показатель сум-

марного содержания сурфактантов в ротовой жидкости.

Разработанная на основе этих показателей модель прогнозирования позволяет с точностью до 76 % правильно предсказать низкий и с точностью до 87 % – высокий прирост кариеса у детей с молочным прикусом.

Список литературы

1. Борисенко А. В. Кариес зубов / Борисенко А. В. – К.: Книга плюс, 2005. – 416 с.
2. Межфазная тензиометрия биологических жидкостей в терапии [В. Н. Казаков, О. В. Сияченко, Г. А. Игнатенко и др.]. – Донецк: Донеччина, 2003. – 584 с.
3. Моніторинг захворюваності на карієс зубів у дітей Донецького регіону / І. В. Чижевський, С. В. Першин, І. Д. Єрмакова [та ін.] // Інноваційні технології – в стоматологічну практику: матеріали ІІІ(Х) з'їзду Асоціації стоматологів України, 16-18 жовт. 2008 р. – Полтава, 2008. – С. 118-119.
4. Окушко В. Р. Методика выделения диспансерных групп школьников на основе донологической диагностики кариеса / В. Р. Окушко, Л. И. Косарева // Стоматология. – 1983. – № 6. – С. 8-10.
5. Патент №21139 У Україна А 61 В 5/107. Спосіб прогнозування інтенсивності карієсу зубів у осіб юнацького віку залежно від статі, антропометричних та соматотипологічних показників/ Вінницький нац. мед. ун-т. ім. М. І. Пирогова; І. В. Гунас, Е. В. Беляєв, М. О. Дмитрієв /UA/. – №200613966; заявл. 28.12.06; опубл. 15.02.07// Промислова власність. – Бюл. №2 – 2007.
6. Патент №21138 У Україна А 61 В 5/107. Спосіб прогнозування інтенсивності карієсу зубів у осіб юнацького віку залежно від статі та дерматогліфічних показників / Вінницький нац. мед. ун-т. ім. М. І. Пирогова; І. В. Гунас, Е. В. Беляєв, М. О. Дмитрієв / UA/. – №200613965; заявл. 28. 12. 06; опубл. 15.02.07// Промислова власність. – Бюл. №2 – 2007.
7. Патент №22508 У Україна G 01 N 33/48. Спосіб прогнозування розвитку карієсу постійних зубів у дітей / Національний мед. ун-т. ім. О. О. Богомольця; Л. О. Хоменко, Ю. М. Трачук /UA/- №200612310; заявл. 23.11.06; опубл. 25.04.07 // Промислова власність. – Бюл. №5. – 2007.
8. Терапевтична стоматологія дитячого віку / [Хоменко Л. О., Остапко О. І., Кононович О. Ф. та ін]. – К.: Книга плюс, 2001. – 524 с.
9. Badzian-Kobos K. Comparative analysis of two methods of the CRT test in children with high and low DMF value /K. Badzian-Kobos, D. Cichocka, B. Szybłowska-Rodziewicz // Czas Stomatol. – 1989. – Vol. 42, № 10-12. – P. 534-539.
10. Dynamic surface tension of saliva: general relationships and application in medical diagnostics / Kazakov V. N., Udod A. A., Zinkovych I. I. [et al.] // Colloids Surf B Biointerfaces. – 2009. – № 74(2). – P. 457-461.

Резюме

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРИРОСТА КАРИЕСА У ДЕТЕЙ

А. А. Удод, И. И. Зинкович

В исследовании была разработана математическая модель, которая позволяет прогнозировать прирост интенсивности кариеса молочных зубов на основе стоматологических, биохими-

ческих и тензиометрических показателей ротовой жидкости. Проведенный многофакторный анализ показал, что наиболее значимыми параметрами в модели прогнозирования являются следующие клинико-лабораторные показатели: показатель ТЭР, индекс кп, гигиенический индекс, показатель кислотности ротовой жидкости, уровень в ротовой жидкости триглицеридов, кальция и фосфора, показатель равновесного поверхностного натяжения и суммарного содержания сурфактантов в ротовой жидкости.

Ключевые слова: кариес, дети, прогнозирование, ротовая жидкость.

Abstract

MATHEMATICAL MODELING OF PREDICTION OF CARIES DEVELOPMENT IN CHILDREN

O. Udod and I. Zinkovych

The aim of the study was to make a mathematical model for predicting caries in deciduous teeth using dental characteristics, biochemical and tensiometric parameters of oral liquid in children with primary dentition occlusion.

48 children aged 4-6 years were examined twice with 1-year interval for our study. We had been determining the following dental indices: dft index, Fedorov-Volodkina hygienic index, PMA index, test of enamel resistance (TER) characterizing the structural and functional acid stability of enamel. Oral liquid was collected in the morning. There were determined following biochemical and biophysical parameters: saliva flow rate, pH of oral liquid, protein, triglycerides, phosphorus and calcium levels in oral liquid. Dynamic interphase tensiometry of saliva was carried out by two methods: the maximum bubble pressure method (MBPM) using MPT2 tensiometer (LAUDA, Germany) and drop profile analysis using ADSA technique (Canada). The dft index was determined repeatedly in all children one year later after first examination.

Based on the results of second (in 1 year) clinical examination, all children were divided retrospectively into 2 groups formed by the so-called «training set». First group consisted of 25 children whose dft index increased not more than one unit (average intensity growth rate of dft index in this group was 0.46 ± 0.11); this group conventionally was named a group of children with low caries growth. The second group included 23 children whose dft index increased more than 2 units (average intensity growth rate of dft index was 2.20 ± 0.28); this group was named high caries growth group.

Quantitative information in evaluation of clinical and laboratory parameters obtained in the study was used to make a mathematical model for prediction of dental caries development. Prediction task was solved using multiple regression analysis including constructing linear equation of discriminant function allowing to take into account the cumulative effect of several factors. Clinical and laboratory parameters recorded at the initial examination of children at different training sets were analyzed.

Developed model based on multivariate analysis of clinical indicators of dental status and biochemical parameters of oral liquid allows predicting a low growth of caries intensity up to 76% and a high growth of caries intensity up to 87% in children with *primary dentition* occlusion.

Conducted multivariate analysis showed that the most significant for caries prediction are following clinical and laboratory parameters: TER, dft index, hygienic index, pH of oral liquid, triglycerides, phosphorus and calcium levels in oral liquid, equilibrium surface tension and tensiometric index of total content of surface-active substances in the sample.

Keywords: caries, children, caries prediction, oral liquid.