

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ

Е.Н. Коровин, О.В. Родионов, А.Н. Рябов

Рассматривается интегрированная процедура интеллектуальной поддержки рационального выбора схемы лечения зубочелюстных аномалий на основе корреляционно-регрессионного анализа и адаптивных алгоритмов

Ключевые слова: диагностика, лечение, зубочелюстные аномалии, статистическое моделирование, адаптивные алгоритмы

В последнее время в России и, в том числе в Воронежской области, наблюдается повсеместное увеличение заболеваемости аутоиммунным тиреоидитом и вообще йод-дефицитными заболеваниями. По обобщенным сведениям, имеется повсеместный рост аутоиммунного тиреоидита и явное его «омоложение» в детской популяции, где одной из причин является неблагоприятная экологическая обстановка.

В последние годы современная стоматология все больше внимания уделяет таким разделам, как эстетическая стоматология, профилактическая стоматология и современная ортодонтия, занимающаяся исправлением прикуса и неправильно расположенных зубов. Зубочелюстные аномалии встречаются у 50 % детей и 30 % подростков и взрослых. Возникновению зубочелюстных аномалий способствуют различные причины и факторы. Зубочелюстные аномалии могут вызвать у пациентов проблемы трех типов: 1) психосоциальные, связанные с ухудшенной челюстно-лицевой эстетикой; 2) функциональные, включая затрудненное движение челюсти, расстройства височно-нижнечелюстного сустава, проблемы с жеванием, глотанием или речью; 3) увеличенная подверженность травмам, выраженным заболеваниями пародонта или нарушению зубов в результате аномалий окклюзии [1].

На современном этапе развития ортодонтии используется большой арсенал несъемной и съемной ортодонтической техники для устранения зубочелюстных аномалий. В настоящее время у 84 % пациентов с зубочелюстными

аномалиями ортодонтическое лечение проводится с использованием несъемной аппаратуры. Однако съемные ортодонтические аппараты хотя в общем процессе лечения сейчас и играют лишь поддерживающую роль, они крайне важны при предварительном лечении пациентов допубертатного возраста, при дополнительном лечении взрослых и на этапе ретенции пациентов любого возраста [1].

Для осуществления более эффективной и рациональной диагностики и лечения зубочелюстных аномалий, учитывая индивидуальные особенности пациента, необходимо применять наряду с традиционными методами, современные информационные и компьютерные технологии. Применение математических методов моделирования для диагностики и лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями позволит значительно повысить качество лечебно-диагностического процесса в ортодонтии, обеспечивая возможность более глубокого анализа клинической информации.

Для оценки состояния аномалий развития зубных дуг (сужение, укорочение и удлинение зубного ряда) целесообразно использовать различные индексные оценки. Степень сужения зубного ряда можно оценить, используя индексы Пона. Премолярный и молярный индексы Пона определяют показатели ширины зубных рядов в области премоляров и моляров в норме в зависимости от суммы мезиодистальных размеров верхних резцов:

$$P_1 = \frac{X}{Y_1} \times 100, \quad P_2 = \frac{X}{Y_2} \times 100, \quad (1)$$

где P_1 – премолярный индекс, P_2 – молярный индекс, X – сумма поперечных размеров 4-х верхних резцов (мм), Y_1 – расстояние между премолярами (мм), Y_2 – расстояние между молярами (мм).

Коровин Евгений Николаевич – ВГТУ, д-р техн. наук, проф. (4732) 46-76-99

Родионов Олег Валерьевич – ВГТУ, д-р техн. наук, проф. (4732) 46-76-99

Рябов Александр Николаевич – ВОКСП, канд. мед. наук, врач-стоматолог-ортодонт (4732) 46-76-99

Степень укорочения или удлинения зубного ряда можно оценить, используя индексы Коркхауза:

$$K_1 = \frac{Y_3}{X} \times 100, \quad K_2 = \frac{Y_4}{X} \times 100, \quad (2)$$

где K_1 – верхний индекс, K_2 – нижний индекс, X – сумма поперечных размеров 4-х верхних резцов (мм), Y_3 – длина верхнего отрезка зубного ряда в области первых премоляров (мм), Y_4 – длина нижнего отрезка зубного ряда в области первых премоляров (мм).

В ходе исследования было проанализировано влияние различных схем лечения: использование съемочных пластиночных аппаратов (A_1), стандартных брекет-систем (A_2) и самолигирующих брекет-систем Damon 3/3MX (A_3) для различных аномалий зубного ряда: сужение (S_1), укорочение (S_2) и удлинение (S_3). Оценка эффективности лечения проводилась с использованием индексов Пона и Коркхауза на основе теории игр.

Результаты оценки эффективности лечения различных аномалий зубных рядов показали (табл. 1), что при сужении зубного ряда, т.е. для расширения, наиболее эффективным является использование съемного пластиночного аппарата, а при сагиттальных аномалиях зубных рядов наиболее эффективным является применение самолигирующих брекет-систем Damon 3/3MX.

Таблица 1

Эффективность лечения аномалий зубных рядов с использованием различных аппаратов

$A_i \backslash S_j$	S_1	S_2	S_3	F_i
A_1	99,69	99,48	99,50	99,56
A_2	98,43	99,32	98,34	98,69
A_3	99,65	99,59	99,61	99,62

Для оценки общей эффективности лечения аномалий зубного ряда с использованием теории игр можно воспользоваться критерием на основе максимизации показателей (F_i), т.к. состояние пациента заранее известно. Анализ общей эффективности лечения аномалий зубного ряда показал, что наибольшей эффективностью при лечении рассмотренных аномалий зубных рядов обладают самолигирующие брекет-системы Damon 3/3MX [2].

На следующем этапе исследования для оценки эффективности лечения аномалий зубного ряда на примере сужения зубного ряда с

применением съемного пластиночного аппарата механического типа действия с различной частотой активации винта был применен корреляционно-регрессионный анализ. Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 2, где X – сумма поперечных размеров 4-х верхних резцов (мм), $Y_1^{до}$ – расстояние между премолярами до лечения (мм), $Y_2^{до}$ – расстояние между молярами до лечения (мм), t – продолжительность лечения (месяцы), v – частота активации съемного пластиночного аппарата, $Y_1^{после}$ – расстояние между премолярами после лечения (мм), $Y_2^{после}$ – расстояние между молярами после лечения (мм).

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа

	X	$Y_1^{до}$	$Y_2^{до}$	t	v
$Y_1^{после}$	0,98	0,66	-	0,40	0,30
$Y_2^{после}$	0,98	-	0,68	0,44	0,31

Используя статистический пакет STATISTICA 5.0., были построены следующие регрессионные модели прогнозирования исхода лечения аномалий зубного ряда (сужение):

$$Y_1^{после} = 0,313 + 1,121 * X + 0,052 * Y_1^{до} - 0,059 * t + 0,055 * v, \quad (3)$$

$$Y_2^{после} = -0,897 + 1,399 * X + 0,109 * Y_2^{до} + 0,099 * t - 0,059 * v, \quad (4)$$

где значение коэффициентов детерминации $R_1^2 = 0,972$, $R_2^2 = 0,966$, а коэффициенты Фишера для оценки адекватности модели $F_{расч1} = 215,04 > F_{кр1} = 2,759$ ($p < 0,00001$) при $f_1 = 4$; $f_2 = 25$, $F_{расч2} = 177,43 > F_{кр2} = 2,759$ ($p < 0,00001$) при $f_1 = 4$; $f_2 = 25$, что свидетельствует об адекватности статистических моделей прогнозирования лечения аномалий зубного ряда (сужение) [3, 4].

Для интеллектуальной поддержки принимаемых врачом решений при рациональном выборе тактики лечения зубочелюстных аномалий, в частности аномалий развития зубных дуг с применением съемных ортодонтических аппаратов механического типа действия с различной частотой активации винта на основе оценки индекса Пона наиболее целесообразным является комплексный подход, основанный на имитационном эксперименте с использованием прогностических моделей, и адаптивное управ-

ление с использованием двухуровневых адаптивных алгоритмов [5].

Для оценки эффекта лечения принимается величина индекса Пона после определенного периода лечения аномалий развития зубных дуг с применением съемных ортодонтических аппаратов механического типа действия. Лечащий врач в результате ортодонтических мероприятий стремится к достижению желаемого исхода лечения. Так как принятие решения на каждом шаге лечения принимается в условиях неполной априорной информации, то на основе методов формализации информации, поступающей от врача-ортодонта, используются двухуровневые алгоритмы как на уровне выбора текущих целей управления процессом лечения, так и на уровне выбора величины ортодонтического воздействия (частота активации).

Если врач-ортодонт ставит задачу достижения эффекта лечения за наикротчайший срок, то это означает выполнение условия [5]

$$f_1 = (y_i - y_{iжк})^2 \rightarrow \min, \quad (5)$$

а если надо выполнить условие противоположное (5), то необходимо, чтобы выполнялось условие

$$f_2 = (y_i^{k-1} - y_i^k)^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

где k – номер шага управления (лечения), на котором принимается решение.

В процессе лечения врач-ортодонт должен находить компромисс между противоречивыми критериями (5) и (6) путем свертывания их в глобальный критерий:

$$f[k] = p_1 f_1^k + p_2 f_2^k, \quad (7)$$

где p_1 и p_2 – величины вероятности использования критериев соответственно (5) и (6).

На рис. 1-3 представлены результаты процесса лечения больного К, полученные с помощью адаптивных методов, а также для сравнения показаны изменения показателей при аномалии зубного ряда больной М с аналогичными начальными формами проявления аномалии зубного ряда (сужение) без применения адаптивного подхода. В последнем случае курс лечения составил 7 месяцев, где частота активации съемного пластиночного аппарата механического типа действия составляла 1 раз в 5 дней. У больных до лечения были зафиксированы следующие показатели: сумма поперечных размеров 4 верхних резцов $X=32,5$ мм, расстояние между премолярами до лечения $Y_1^{до} = 31,5$ мм, расстояние между молярами до лечения $Y_2^{до} = 43,5$ мм. На основе индекса Пона были определены желаемые значения показателей

после лечения: $Y_1^{жел} = 38,2$ мм, $Y_2^{жел} = 50,0$ мм.

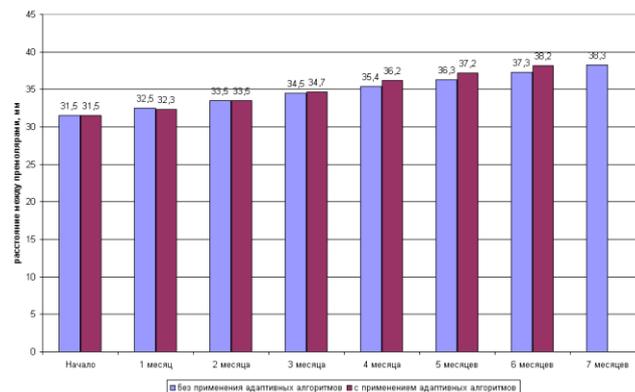


Рис. 1. Динамика изменения расстояния между премолярами при расширении зубного ряда с применением съемного пластиночного аппарата

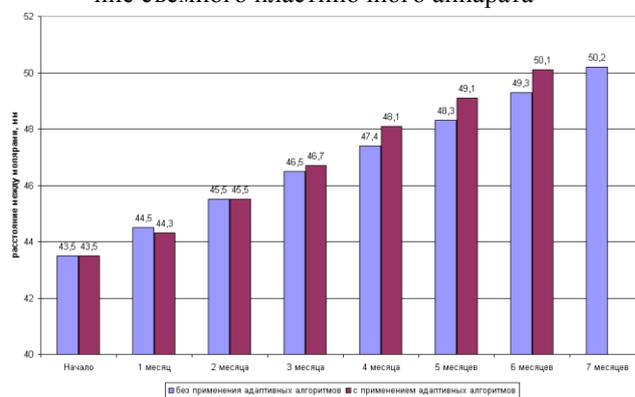


Рис. 2. Динамика изменения расстояния между молярами при расширении зубного ряда с применением съемного пластиночного аппарата

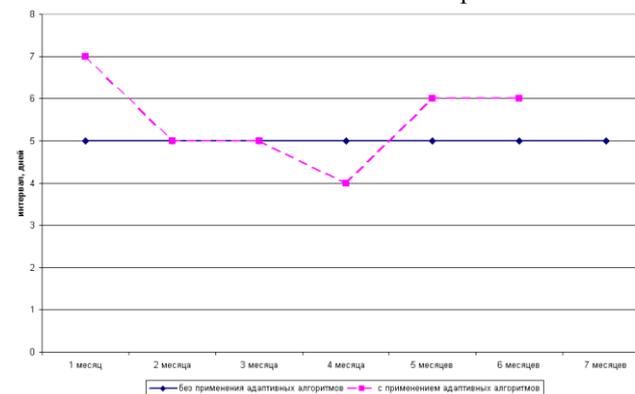


Рис. 3. Частота активации съемного пластиночного аппарата при расширении зубного ряда

Из представленных результатов видно, применение адаптивных алгоритмов в ортодонтии позволяет повысить эффективность лечебно-диагностического процесса и сократить время лечения за счет более индивидуального подбора схем лечения.

На рис. 4 приведена структура компьютерной системы автоматизированного выбора методов диагностики и лечения зубочелюстных аномалий с применением разработанных моделей.

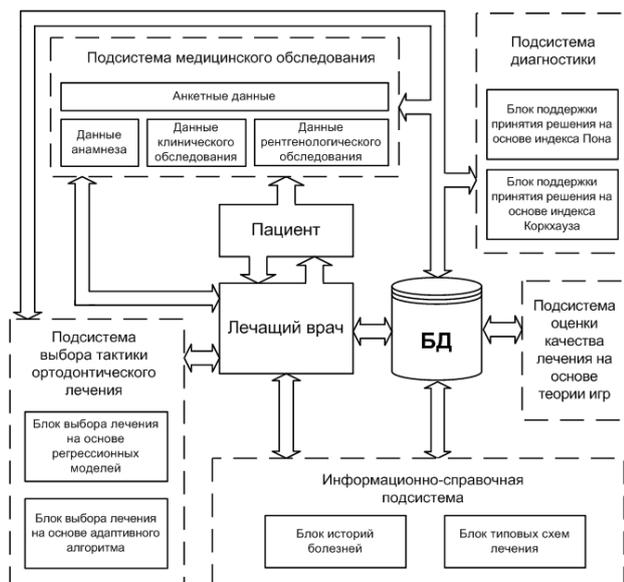


Рис.1. Структурная схема интегрированной компьютерной системы оптимального выбора методов диагностики и лечения зубочелюстных аномалий

Разработанное информационно-программное обеспечение служит интеллекту-

альной поддержкой принятия решения врачом при диагностике и выборе тактики лечения зубочелюстных аномалий.

Литература

1. Рябов А.Н., Сущенко А.В. Анализ форм зубочелюстных аномалий и способы их лечения в условиях современной ортодонтии // Управление процессами диагностики и лечения: межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2007.
2. Коровин Е.Н., Родионов О.В. Методы обработки биомедицинских данных. Воронеж: ВГТУ, 2007.
3. Фестер Э., Ренц В. Методы корреляционного и регрессионного анализа. М.: Финансы и статистика, 1983.
4. Норман Дрейпер, Гарри Смит. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия М.: «Диалектика», 2007.
5. Фролов В.Н. Управление в биологических и медицинских системах: Учебное пособие. Воронеж, 2001.

Воронежский государственный технический университет
Воронежская областная клиническая стоматологическая поликлиника

DEVELOPMENT OF INFORMATION-SOFTWARE SYSTEMS OF DIAGNOSTICS AND TREATMENT OF DENTOFACIAL ANOMALIES ON THE BASIS OF STATISTICAL MODELLING AND ADAPTIVE ALGORITHMS

E.N. Korovin, O.V. Rodionov, A.N. Ryabov

The integrated procedure of intellectual support of a rational choice of the scheme of treatment of dentofacial anomalies on the basis of the correlation and regression analysis and adaptive algorithms is considered

Keywords: diagnostics, treatment, dentofacial anomalies, statistical modelling, adaptive algorithms