

Лабораторное исследование подвижности шинированных зубов с помощью периотестометрии

Проф. А.Н. РЯХОВСКИЙ¹, проф. Н.К. ЛОГИНОВА, к.м.н. С.А. КОТЕНКО

Lab study of splinted teeth mobility with the help of periostometry

A.N. RYAKHOVSKY, N.K. LOGINOVA, S.A. KOTENKO

Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Москва

Проведено исследование подвижности шинированных зубов с помощью прибора Periostest, показания которого зависят от характера фиксации опор и их числа. Критическая для чувствительности прибора масса шинирующей конструкции — $12,71 \pm 0,81$ г.

Ключевые слова: периотест, подвижность зубов.

Mobility of splinted teeth was determined with the help of the device Periostest, its meterage depended upon abutment fixation nature and their number. Critical for the device sensitivity was the weight of splinting construction equal to 12.71 ± 0.81 g.

Key words: periostest, teeth mobility.

Подвижность зуба является важным диагностическим параметром. Методы измерения подвижности зуба основаны на приложении силы к его коронке для оценки степени смещения зуба в горизонтальном и вертикальном направлениях. Их можно условно подразделить по характеру силового воздействия на зуб, после которого оценивается его смещение.

Развитие метода перкусии привело к созданию в 80-е годы прошлого века прибора Periostest («Siemens», Германия) (рис. 1), получившего впоследствии широкое распространение [11]. Несомненными достоинствами прибора Periostest являются его компактность, простота применения и приемлемость для повседневной клинической практики. Специальные эксперименты *in vitro* и *in vivo* показали высокий уровень воспроизводимости результатов повторных измерений одним оператором, разными операторами и разными приборами Periostest [5, 12, 21]. Так, в работе J. Teerlinck и соавт. [22] разброс результатов повторных измерений подвижности одиночных зубных имплантатов в 95% случаев не превышал единицы. Кроме того, выявлена статистически достоверная корреляция показаний прибора Periostest с данными рентгенологического исследования [6] и степенью атрофии альвеолярного края [18].

Метод использовался для диагностики анкилоза и продемонстрировал высокую чувствительность (76–92%) и специфичность (74–100%) [4]. Он активно применяется для оценки остеоинтеграции и прогноза состояния зубных имплантатов [1–3, 8, 9, 13, 15, 20, 24].

В качестве недостатка метода некоторые исследователи указывают на то, что прибор измеряет преимущественно демпфирование, а не собственно подвижность зуба [17, 19]. Кроме того, было высказано мнение [10],

что на показания прибора Periostest влияет не только состояние пародонта, но и угол поворота наконечника в пространстве, а также масса зуба. Однако в настоящее время Periostest является единственным доступным для широкого использования прибором для измерения подвижности зубов.

В литературе [7, 16, 23] нами обнаружены единичные работы по применению периотестометрии для оценки подвижности шинированных зубов. В основном они посвящены сравнительной оценке жесткости фиксации одиночных зубов, реимплантированных после травматической авульсии и стабилизированных различными видами шин. Основанием для проведения данного исследования послужил недостаток сведений об использовании прибора Periostest для подвижных зубов, объединенных в блок шиной.

Задачей исследования явились анализ влияния на показатели периотестометрии массы зубов, количества опор, т.е. эффекта шинирования, геометрии шины, материала шинирующей конструкции, характера фиксации опор, а также суммарной массы естественных зубов в шине.

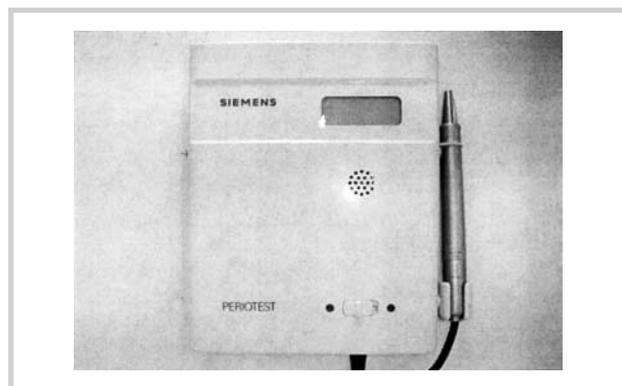


Рис. 1. Прибор Periostest («Siemens»).

© Коллектив авторов, 2009

Stomatologija (Mosk) 2009; 2:59

СТОМАТОЛОГИЯ 2, 2009

¹Тел.: 8-499-246-1082

59

Материал и методы

Для исследования использовали прибор Periotest, который состоит из ударного устройства, выполненного в виде наконечника, и устройства, измеряющего время возврата подвижной части прибора в исходное положение. Наконечник передает зубу электронно-контролируемый механический импульс; регулирующая катушка обеспечивает постоянную частоту импульсов бойка с компенсацией трения и силы тяжести. Показания прибора могут варьировать от -8 до $+50$. Показания от -8 до $+9$ считаются нормой, от $+10$ до $+19$ соответствуют небольшой подвижности, от $+20$ до $+29$ — выраженной подвижности, определяемой визуально, от $+30$ до $+50$ — сильной подвижности.

Для решения поставленных в исследовании задач были изготовлены специальные лабораторные образцы.

В гипсовом блоке с помощью специального прибора Laser pin, позволяющего стандартизовать глубину высверливаемых отверстий и фрезы диаметром $1,5$ мм, высверливали отверстия одинаковой глубины. Расстояние между отверстиями составляло 6 мм. Диаметр отверстий соответствовал диаметру стандартных пинов (штифтов), которые свободно без усилия вставлялись в отверстия (рис. 2). На штифтах фиксировали на временный цемент конструкции, выполненные из хромокобальтового сплава или из пластмассы, используемой для изготовления зубных коронок и протезов (рис. 3, 4). Всего было изготовлено 5 блоков. В каждый из блоков помещали образцы различной конструкции, фиксируемые разными методами.

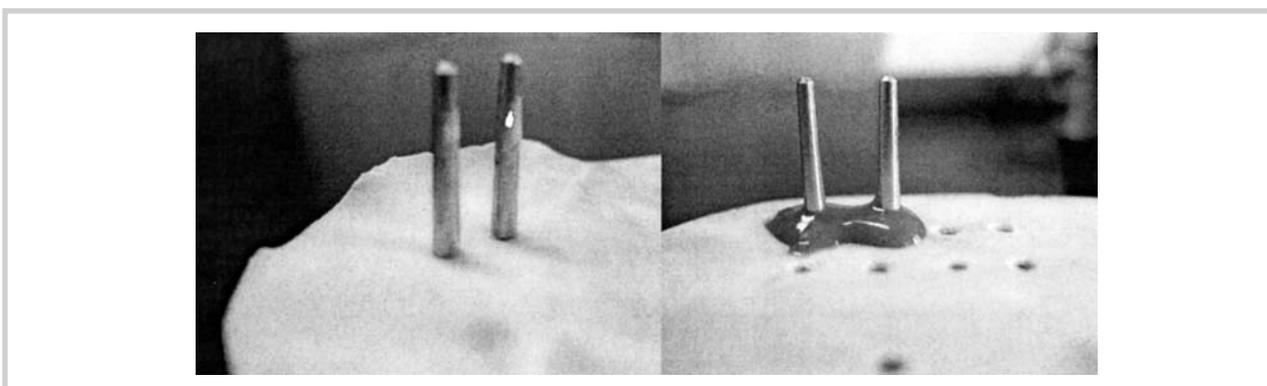


Рис. 2. Лабораторный образец.

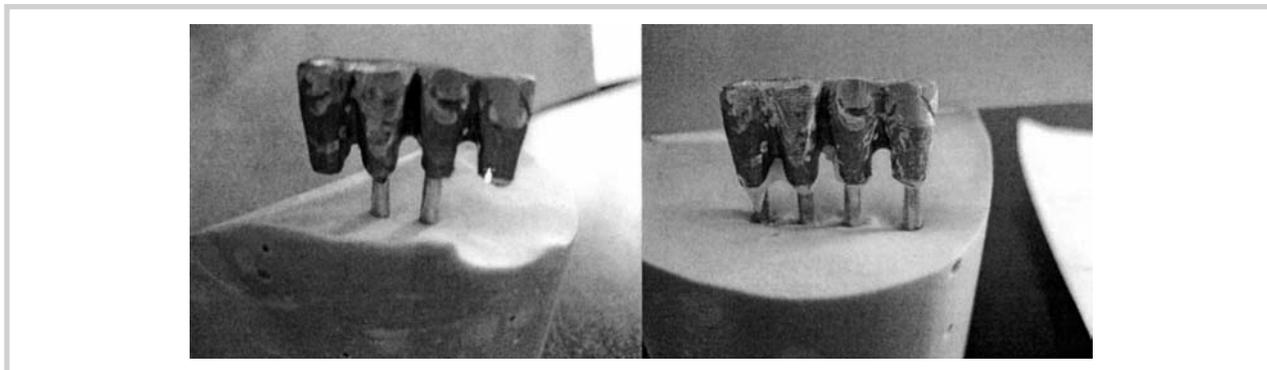


Рис. 3. Металлические образцы на 2 и 4 опорах.

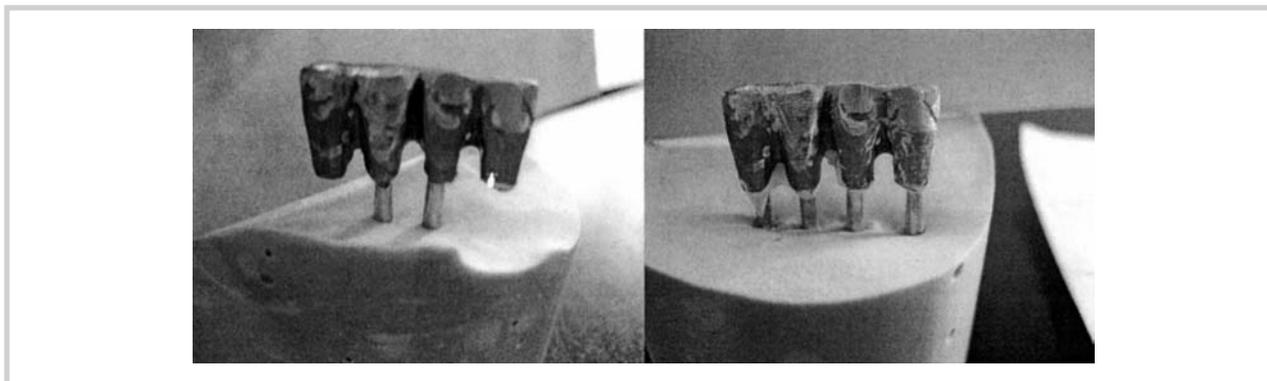


Рис. 4. Пластмассовые образцы на 2 и 4 опорах.

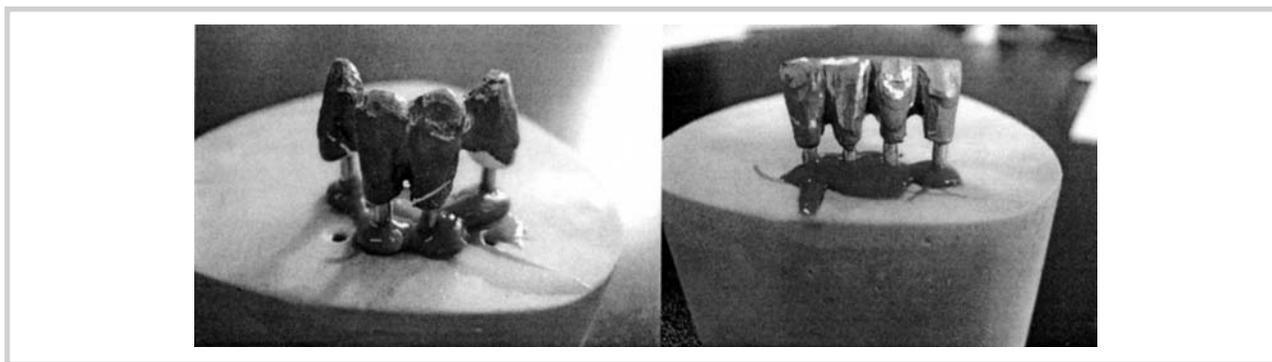


Рис. 5. Металлические конструкции, расположенные по дуге и по прямой линии, зафиксированные полужестко.

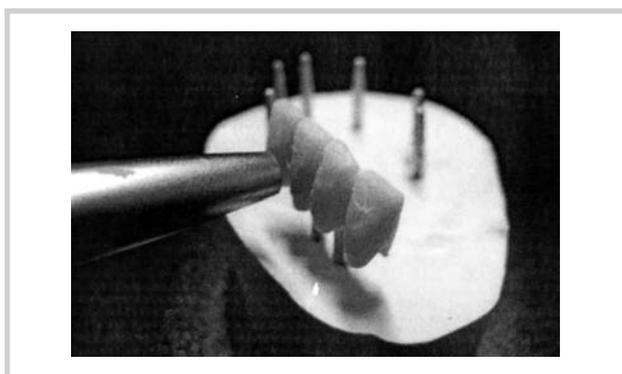


Рис. 6. Периотестометрия на лабораторных моделях.

Для оценки влияния массы конструкции, числа опор и способа фиксации на показатели периотестометрии использовали металлические образцы 4 зубов массой от 2 до 14 г, всего было 30 образцов. Для математического анализа образцы в зависимости от массы были подразделены на 6 групп по 5 образцов в каждой группе. Средняя масса образцов в группах составляла: $2,89 \pm 0,52$, $4,36 \pm 0,35$, $5,91 \pm 0,46$, $7,51 \pm 0,29$, $9,19 \pm 0,47$ и $12,71 \pm 0,81$ г.

Модели фиксировали на 2 или 4 опорах в гипсовом цоколе 3 способами:

- жестко — с помощью супер-гипса;
- полужестко — с помощью корректирующего силиконового материала;
- свободно — штифты устанавливали в готовые отверстия без фиксации.

Кроме того, оценка влияния количества опор на показатели периотестометрии была проведена на 6 пластмассовых образцах 4 зубов средней массой $0,9 \pm 0,35$ г на 4 опорах или на 2 опорах. Конструкции фиксировали в гипсовом цоколе жестко (супер-гипсом) и полужестко (силиконом).

Для оценки влияния геометрии шины на показатели периотестометрии было изготовлено 6 металлических образцов средней массой $4,52 \pm 0,52$ г и 6 пластмассовых образцов 4 зубов массой $1,1 \pm 0,40$ г, фиксированных на 4 опорах, расположенных по дуге (рис. 5). Конструкции также фиксировали в гипсовом цоколе жестко (супер-гипсом) и полужестко (силиконом).

Для оценки влияния материала шины сравнивали показатели периотестометрии для металлических и пластмассовых конструкций одинакового вида и способа фикс-

сации. Использовали конструкции из 4 зубов на 4 опорах, расположенных по линии или по дуге, и из 4 зубов на 2 опорах. Модели фиксировали жестко и полужестко.

Процедура измерения заключалась в следующем. Наконечник прибора подводили перпендикулярно к центру конструкции в области пина (штифта) на расстояние 2 мм. Затем нажимали кнопку пуск, боек прибора Periotest производил постукивание по конструкции (рис. 6), и на дисплее прибора высвечивались цифровые показания в условных единицах (усл. ед.). Каждый тест повторяли не менее 3 раз, после чего определяли среднее значение и регистрировали его.

Кроме того, измеряли массу естественных зубов фронтальной группы нижней челюсти (по 5 центральных резцов, боковых резцов и клыков, всего 15 зубов) и верхних 6-х моляров (5 зубов), удаленных у взрослых пациентов в хирургическом отделении ЦНИИС, а также соответствующих металлокерамических коронок и мостовидного металлокерамического протеза с опорой на 31, 32, 33, 41, 42, 43-й зубы.

Вычисляли среднеарифметическое (M) и стандартное отклонение (m). Для оценки зависимости показаний прибора Periotest от массы конструкции вычисляли коэффициент корреляции Пирсона (r). Чтобы оценить достоверность различий, использовали непараметрические критерии Вилкоксона для парных сравнений и Манна—Уитни для независимых групп. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

I. Зависимость результатов периотестометрии от массы конструкции

Для этой части исследования были использованы металлические конструкции из 4 зубов разной массы на 2 и 4 опорах, фиксированные 3 способами.

Конструкции на двух опорах

В случае *жесткой фиксации* при массе образцов до 9 г показания прибора Periotest варьировали от $15,29 \pm 6,44$ до $28,65 \pm 1,99$ усл. ед., однако отчетливой тенденции в колебаниях значений не обнаружено (рис. 7, табл. 1). В группе образцов с максимальной массой (≥ 12 г) показания резко падали до минимальной отрицательной величины -8 ± 0 усл. ед., что свидетельствовало о выходе за пределы измерительных возможностей прибора (см. рис. 7, табл. 1).

При *полужесткой фиксации* показания в целом были равны таковым при жесткой фиксации или чуть выше для

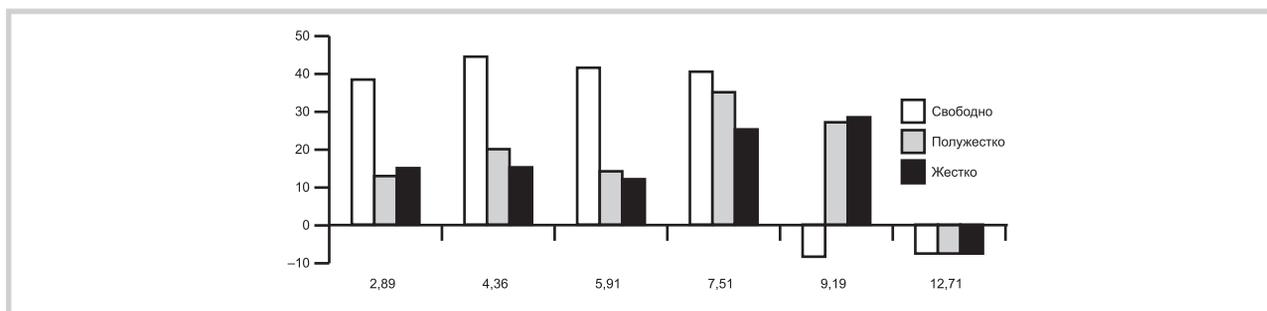


Рис. 7. Показания прибора для металлических конструкций разной массы, фиксированных на 2 опорах разными способами.

Таблица 1. Средние показания прибора Periotest (в усл. ед.) для металлических конструкций разной массы из 4 зубов, фиксированных на 2 опорах, и коэффициент корреляции r ($M \pm m$)

Масса, г	Фиксация		
	свободная (С0)	полужесткая (ПЖ)	жесткая (Ж)
2,89±0,52 (n=5)	38,92±11,4	14,39±3,9	15,29±6,44
4,36±0,35 (n=5)	46,09±2,57	19,43±7,95	15,61±2,95
5,91±0,46 (n=5)	42,38±5,74	14,36±8,69	11,75±6,1
7,51±0,29 (n=5)	41,33±24,38	35,17±0,8	25,32±0,53
9,19±0,47 (n=5)	-8±0	26,9±1,7	28,65±1,99
12,71±0,81 (n=5)	-8±0	-8±0	-8±0
Коэффициент корреляции между массой конструкции и результатами периотестометрии при разных способах фиксации	$r=-0,02$	$r=0,50$ p (с: пж) <0,05	$r=0,38$ p (пж:ж) <0,01

конструкций той же массы. Зависимость показаний прибора Periotest от массы конструкции также отсутствовала, а при массе ≥ 12 г показания также становились отрицательными (см. рис. 7, табл. 1).

При *свободной фиксации* показания были почти предельными (40–45 усл. ед.) при массе конструкции в ≤ 9 г. В случае увеличения массы конструкции (9–14 г) измеряемые значения падали до минимальных отрицательных значений (–8 усл. ед.).

Конструкции на 4 опорах

Показания прибора Periotest для *жестко-* и *полужестко* фиксированных конструкций на 4 опорах варьировали незначительно в пределах 7–16 усл. ед. при массе конструкции ≤ 9 г. Отчетливой тенденции к увеличению показаний с увеличением массы конструкции не наблюдалось. При массе ≥ 12 г показания прибора Periotest становились отрицательными (рис. 8, табл. 2).

При *свободно фиксированных* конструкциях показания были выше, чем при полужесткой и жесткой фиксации, а при массе ≥ 12 г они также падали до отрицательных значений (см. рис. 8, табл. 2).

Для вычисления коэффициента корреляции использовали полученные результаты, которые не выходили за пределы показаний прибора Periotest (20 образцов на 2 опорах и 25 образцов на 4 опорах). Во всех случаях корреляция была слабой — коэффициент корреляции не превышал 0,5 (см. табл. 1 и 2).

Полученные данные свидетельствуют о влиянии на результаты периотестометрии характера фиксации опор и их числа, а также о практическом отсутствии влияния массы конструкции.

Масса конструкции примерно в 12 г оказалась критической, выходящей за пределы возможностей измерений прибора. При этом следует отметить, что при «свободной» посадке 2 опор «подвижность» конструкции столь высока, что выходит за пределы чувствительности прибора, достигая максимально возможных значений. При свободной посадке образца на 4 опорах «подвижность» конструкции снижается, входя в пределы разрешающей способности прибора.

II. Зависимость результатов периотестометрии от числа опор

Анализ подвижности 20 металлических образцов из 4 зубов массой от 2 до 7,9 г (в среднем $5,00 \pm 1,8$ г), показал, что подвижность конструкций на 2 опорах была примерно в 2 раза выше, чем при фиксации на 4 опорах. Это соотношение было сходным для всех видов фиксации, включая свободную (табл. 3). Различия в показателях были достоверными для всех видов фиксации.

Аналогичная зависимость отмечалась и для *пластмассовых конструкций* (см. табл. 3).

Таким образом, периотестометрия подтвердила известный факт: увеличение числа зубов, взятых в единый блок, приводит к снижению подвижности конструкции. В наших образцах увеличение числа опор в 2 раза приводило примерно к двукратному снижению подвижности зубов.

III. Зависимость результатов периотестометрии от геометрии шины

Периотестометрия показала, что расположение опор шинирующей конструкции по дуге приводит к резкому

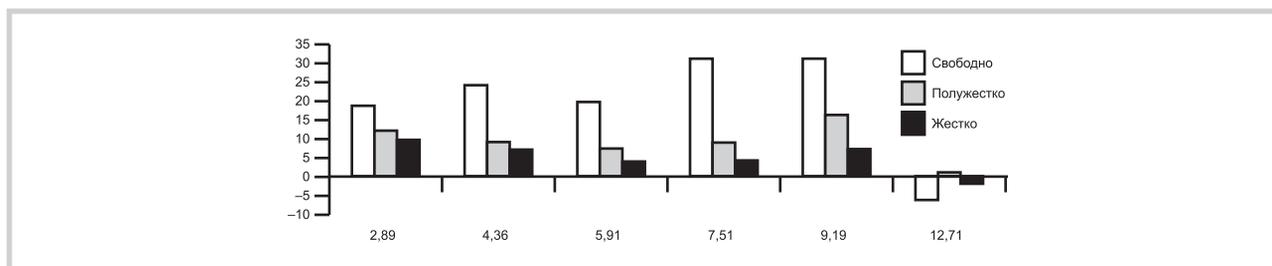


Рис. 8. Показания прибора для металлических конструкций разной массы, фиксированных на 4 опорах разными способами.

Таблица 2. Средние показания прибора Periotest (в усл. ед.) для металлических конструкций разной массы из 4 зубов, фиксированных на 4 опорах, и коэффициент корреляции r ($M \pm m$)

Масса, г	Фиксация		
	свободная (С0)	полужесткая (ПЖ)	жесткая (Ж)
2,89±0,52 (n=5)	18,72±12,37	12,73±4,17	9,56±1,08
4,36±0,35 (n=5)	23,77±8,31	9,35±3,29	7,78±0,72
5,91±0,46 (n=5)	19,4±4,78	7,39±2,21	4,4±1,74
7,51±0,29 (n=5)	31,56±10,09	9,13±0,69	4,44±0,27
9,19±0,47 (n=5)	31,71±14,41	16,6±1,46	7,37±1,69
12,71±0,81 (n=5)	-5,85±4,3	0,35±7,48	-1,69±5,16
Коэффициент корреляции между массой конструкции и результатами периотестометрии при разных способах фиксации	$r=0,45$	$r=0,28$	$r=-0,44$
	p (с:пж)<0,01	p (пж:ж)<0,01	

Таблица 3. Средние показания прибора Periotest (в усл. ед.) для металлических и пластмассовых конструкций из 4 зубов, фиксированных на 2 и 4 опорах ($M \pm m$)

Конструкция	2 опоры	4 опоры
Металлическая (n=20):		
жесткая фиксация	16,8±7,1	6,8±2,7*
полужесткая фиксация	20,4±10,7	9,8±3,6*
свободная фиксация	42,2±10,5	23,13±11*
Пластмассовая (n=6):		
жесткая фиксация	11,4±0,2	5,6±0,50*
полужесткая фиксация	24,3±1,12	9,3±1,8*

Примечание. * — Различия показаний для 2 и 4 опор достоверны при $p < 0,01$.

Таблица 4. Средние показания прибора Periotest (в усл. ед.) для металлических и пластмассовых конструкций из 4 зубов, фиксированных по линии и по дуге ($M \pm m$)

Конструкция	По линии	По дуге
Металлическая (n=6):		
жесткая фиксация	3,5±0,51	-3,3±1,8**
полужесткая фиксация	5,1±0,82	1,15±0,9**
Пластмассовая (n=6):		
жесткая фиксация	5,6±0,50	3,15±1,3*
полужесткая фиксация	9,3±1,8	4,4±1,4**

Примечание. * — Различия показаний для фиксации по линии и по дуге достоверны при $p < 0,05$; ** — при $p < 0,01$.

снижению подвижности зубов по сравнению с таковой при линейном расположении опор. Эта закономерность справедлива и для металлических, и для пластмассовых конструкций из 4 зубов как при жесткой, так и при полужесткой фиксации (табл. 4). Особенно резкое снижение подвижности наблюдалось при металлической конструкции (все различия также достоверны).

Полученные данные подтвердили известный факт: неколлинеарное расположение зубов в шине создает больший стабилизирующий эффект.

IV. Зависимость результатов периотестометрии от материала шины

Сравнение одинакового вида конструкций, выполненных из хромокобальтового сплава и пластмассы, показало, что во всех случаях показания прибора Periotest для металлических образцов были ниже, чем для пластмассовых (табл. 5). Эта закономерность справедлива для всех видов конструкций как при жесткой, так и при полужесткой фиксации. По-видимому, она связана с различ-

Таблица 5. Средние показания прибора Periotest (в усл. ед.) для металлических и пластмассовых конструкций ($M \pm m$)

Фиксация	Металлические конструкции ($n=6$)	Пластмассовые конструкции ($n=6$)
Жесткая:		
4 опоры, дуга	$-3,3 \pm 1,8$	$3,15 \pm 1,3^*$
4 опоры, линия	$3,5 \pm 0,51$	$5,6 \pm 0,50^*$
2 опоры, 4 зуба	$5,9 \pm 0,63$	$11,4 \pm 0,2^{**}$
Полужесткая:		
4 опоры, дуга	$1,15 \pm 0,9$	$4,4 \pm 1,4^*$
4 опоры, линия	$5,1 \pm 0,82$	$9,3 \pm 1,8^{**}$
2 опоры, 4 зуба	$11,9 \pm 1,04$	$24,3 \pm 1,12^{**}$

Примечание. * — Различия показаний для пластмассовых и металлических моделей достоверны при $p < 0,05$; ** — при $p < 0,01$.

Таблица 6. Средние показания прибора Periotest (в усл. ед.) для металлических и пластмассовых конструкций при разных методах фиксации ($M \pm m$)

Конструкция	Жесткая фиксация	Полужесткая фиксация
Металлическая ($n=6$):		
4 опоры, дуга	$-3,3 \pm 1,8$	$1,15 \pm 0,9^*$
4 опоры, линия	$3,5 \pm 0,51$	$5,1 \pm 0,82^*$
2 опоры, 4 зуба	$5,9 \pm 0,63$	$11,9 \pm 1,04^{**}$
Пластмассовая ($n=6$):		
4 опоры, дуга	$3,15 \pm 1,3$	$4,4 \pm 1,4$
4 опоры, линия	$5,6 \pm 0,50$	$9,3 \pm 1,8$
2 опоры, 4 зуба	$11,4 \pm 0,2$	$24,3 \pm 1,12$

Примечание. * — Различия показаний для жесткой и полужесткой фиксации достоверны при $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

ными модулями эластичности металла и пластмассы и их влиянием на показания прибора.

V. Зависимость результатов периотестометрии от характера фиксации опор

Шинирующие конструкции, фиксированные с помощью силиконового материала (полужестко), демонстрировали большую подвижность, чем такие же конструкции, фиксированные супер-гипсом (жестко) (табл. 6).

Жесткая фиксация металлических шин по дуге характеризовалась отрицательными значениями периотестометрии ($-3,3$), что свидетельствовало об избыточной ригидности конструкции.

VI. Оценка суммарной массы естественных зубов в шине

Так, как в первой части исследования было выявлено, что чувствительность прибора Periotest ограничена массой шинирующей конструкции в 12 г, возникла необходимость определить, при каком числе зубов, взятых в блок, допустимо использование прибора.

Чтобы решить эту задачу, измеряли массу шинирующей конструкции из естественных зубов, фиксированных разными материалами.

Известно, что наибольшей подвижностью в норме обладают нижние резцы [1, 14]. Они же чаще всего подвержены избыточной подвижности, требующей шинирования. Поэтому самой распространенной локализацией шины является фронтальный сегмент нижнего зубного ряда от клыка до клыка.

Согласно нашим замерам, средняя масса нижних фронтальных зубов составила: центрального нижнего резца — $0,6 \pm 0,2$ г, бокового резца — $0,8 \pm 0,15$ г, нижнего клы-

ка — $1,0 \pm 0,25$ г. После препарирования под металлокерамическую шинирующую мостовидную конструкцию масса тех же зубов составила для центральных и боковых резцов $0,4 \pm 0,2$ г, для клыков — $0,7 \pm 0,27$ г.

Таким образом, суммарная масса 6 зубов нижней челюсти от клыка до клыка, отпрепарированных под металлокерамическую шину, составила $3 \pm 0,223$ г, масса мостовидной металлокерамической конструкции — в среднем $3,6 \pm 0,8$ г, а в сумме масса зубов с установленной металлокерамической шиной — $6,6 \pm 0,51$ г, что соответствует рабочему диапазону прибора Periotest.

Чтобы определить максимальную протяженность шинирующей конструкции, для которой применим прибор Periotest, была измерена масса самого крупного и тяжелого зуба — верхнего 6-го моляра. В среднем она составляла $2,25 \pm 0,2$ г, а после препарирования под металлокерамическую коронку уменьшилась до $1,4 \pm 0,1$ г. Масса металлокерамической коронки для 6-го верхнего моляра в среднем равнялась $1,2 \pm 0,24$ г, что в сумме с зубом составило $2,6 \pm 0,34$ г. Таким образом, учитывая вычисленную ранее массу нижних зубов с установленной металлокерамической шиной от клыка до клыка ($6,6 \pm 0,51$ г), можно сказать, что максимальная протяженность шинирующей конструкции, для которой применима периотестометрия, составляет 8 зубов, включая 2 многокорневых зуба ($6,6 + 2,6 \times 2 = 11,8$ г).

Таким образом, в процессе лабораторных экспериментов изучена возможность использования периотестометрии для оценки подвижности зубов, объединенных в блок шиной. Полученные данные свидетельствуют о том, что показания прибора Periotest зависят от характера фиксации опор и их числа, но не зависят от массы конструкции. Критическая для чувствительности прибо-

ра масса шинирующей конструкции равнялась $12,71 \pm 0,81$ г, что значительно больше массы естественных фронтальных зубов вместе с металлической шинирующей конструкцией.

Результаты периотестометрии хорошо согласуются с данными литературы и известными закономерностями шинирования. Увеличение числа зубов в шине (числа опор), а также неколлинеарное расположение опор при-

водит к снижению подвижности конструкции. Подтвердилась также отмеченная в литературе зависимость показаний прибора Periotest от демпфирующей способности материала, из которого изготовлена шина.

Согласно данным исследования, периотестометрию можно рекомендовать для сравнительной оценки эффективности разных шинирующих конструкций с общей массой не более 12 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков Б.П., Морозов В.Б., Морозов К.А., Чередищенко В.Е. Результаты измерения подвижности зубов двухпараметрическим периодонтометром. *Стоматология* 2001;80:4:10—14.
2. Матвеева А.И., Гветадзе Р.Ш., Логинов В.Э. Применение периотест-метода для клинической оценки эффективности дентальной имплантации. *Стоматология* 1999;3:28—29.
3. Aparicio C., Lang N.P., Rangert B. Validity and clinical significance of biomechanical testing of implant/bone interface. *Clin Oral Implants Res* 2006;Suppl 2:2—7.
4. Campbell K.M., Casas M.J., Kenny D.J., Chau T. Diagnosis of ankylosis in permanent incisors by expert ratings, Periotest and digital sound wave analysis. *Dent Traumatol* 2005;21:4:206—212.
5. Chai J.Y., Yamada J., Pang I.C. In vitro consistency of the Periotest instrument. *J Prosthodont* 1993;2:9—12.
6. Cranin N., DeGrado J., Kaufman M. et al. Evaluation of the Periotest as a diagnostic tool for dental implants. *J Oral Implant* 1998;24:139—146.
7. Ebeleseder K.A., Glockner K., Peril C., Stadler P. Splints made of wire and composite: an investigation of lateral tooth mobility in vivo. *Endod Dent Traumatol* 1995;11:6:288—293.
8. Kenneth B.M., Brien R.L., Beth E.L., Ruitfeng W. Periotest method: Implant-supported framework fit evaluation in vivo. *J Prosthet Dent* 1998;79:648—657.
9. Lachmann S., Laval J.Y., Jager B. et al. Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part 2: peri-implant bone loss follow-up. An in vitro study with the Periotest and Osstell instruments. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:80—84.
10. Lamster I.B., Celenti R.S., Jans H.H. Current status of tests for periodontal disease. *Adv Dent Res* 1993;7:182—190.
11. Lukas D., Schulte W. Periotest — a dynamic procedure for the diagnosis of the human periodontium. *Clin Phys Physiol Meas* 1990;11:65—75.
12. Manz M.C., Morris H.F., Ochi S. An evaluation of the Periotest system. Part II: Reliability and repeatability of instruments. Dental Implant Clinical Research Group (Planning Committee). *Implant Dent* 1992;1:221—226.
13. Morris H.F., Ochi S., Crum P. et al. AICRG. A 6-year multicentered, multidisciplinary clinical study of a new and innovative implant design. *Oral Implant* 2004;1:30:125—133.
14. Muhlemann H.R. Ten years of tooth mobility measurement. *J Periodontol* 1960;31:110—122.
15. Noguero B., Munoz R., Mesa F. et al. Early implant failure. Prognostic capacity of Periotest: retrospective study of a large sample. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:459—464.
16. Oikarinen K., Andreasen J.O., Andreasen F.M. Rigidity of various fixation methods used as dental splints. *Endod Dent Traumatol* 1992;8:3:113—119.
17. Rosenberg D., Quirynen M., Steenberghe D.V. et al. A method for assessing the damping characteristics of periodontal tissues: goals and limitations. *Quintessence Int* 1995;26:191—197.
18. Schulte W., d'Hoedt B., Lucas M. et al. Periotest for measuring periodontal characteristic — correlation with periodontal bone loss. *J Periodont Res* 1992;27:184—190.
19. Schulte W., Lukas D. The Periotest method. *Int Dent J* 1992;42:433—440.
20. Stamatovic N., Matic S., Lazic Z., Tatic Z. Mobility of B.C.T. dental implants inserted by one- and two-phase surgical method — an experimental study. *Vojnosanit Pregl* 2006;63:867—872.
21. Steenberghe D.V., Rosenberg D., Naert E.I. et al. Assessment of periodontal tissues damping characteristics: current concepts and clinical trials. *J Periodontol* 1995;66:165—170.
22. Teerlinck J., Quirynen M., Darius P., van Steenberghe D. Periotest: an objective clinical diagnosis of bone apposition toward implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991;6:55—61.
23. von Arx T., Filippi A., Lussi A. Comparison of a new dental trauma splint device (TTS) with three commonly used splinting techniques. *Dent Traumatol* 2001;17:6:266—274.
24. Ziegler A., Keilig L., Kawarizadeh A. et al. Numerical simulation of the biomechanical behaviour of multi-rooted teeth. *Eur J Orthodont* 2005;27:333—339.