УДК 616.314.007-008.1-07

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДОППЛЕРОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА У ПАЦИЕНТОВ С АНОМАЛИЯМИ ПОЛОЖЕНИЯ ЗУБОВ

Доменюк Д.А.[1], Ведешина Э.Г.[2], Кочконян А.С.[2], Карслиева А.Г.[1], Арутюнян Ю.С.[1]

[1]ГБОУ ВПО "Ставропольский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ставрополь, e-mail: domenyukda@mail.ru
[2]ГБОУ ВПО "Кубанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, Краснодар

Методом высокочастотной ультразвуковой допплерографии с использованием качественных, количественных параметров у детей, подростков в возрасте от 12 до 15 лет с физиологическим прикусом и зубочелюстными аномалиями на компьютеризированном приборе "ММ-Д-К" ("Минимакс-Допплер-К") проведена оценка гемодинамики тканей пародонта. У пациентов с недоразвитием челюстных костей и скученным положением зубов диагностируются функциональные нарушения гемодинамики, проявляющиеся в уменьшении показателей линейной и объемной скорости тканевого кровотока. Это свидетельствует о снижении уровня перфузии тканей пародонта кровью и связано с выраженной функциональной перегрузкой тканей пародонтального комплекса в области скученных зубов.

Ключевые слова: гемодинамика, перфузия, пародонт, детское население, высокочастотная ультразвуковая допплерография, зубочелюстные аномалии

HIGH-FREQUENCY ULTRASONIC DOPPLEROGRAPHY IN EVALUATING PERIODONTIUM TISSUE HEMODYNAMICS IN PATIENTS WITH ABNORMAL DENTAL POSITION

Domenyuk D.A.[1], Vedeshina E.G.[2], Kochkonyan A.S.[2], Karslieva A.G.[1], Arutyunyan Yu.S.[1]

[1]Stavropol State Medical University, Stavropol, e-mail: domenyukda@mail.ru
[2]Kuban State Medical University, Krasnodar

High-frequency ultrasonic dopplerography using a computer-operated device MM-D-K (Minimax-Doppler-K) was employed to evaluate the periodontium tissue hemodynamics in children and adolescents (aged 12–15 yrs) with a physiological bite and dentoalveolar anomalies, while the study involved both qualitative and quantitative parameters. The patients with underdeveloped jaw-bones and crowded teeth revealed functional disturbances in the hemodynamics, which is seen through reduced linear and volumetric blood-flow rate in the tissues. This denotes a decrease in the periodontium tissue perfusion with blood, and is due to significant functional overload in the periodontium at the crowded teeth location.

Keywords: hemodynamics, perfusion, periodontium, child population, high-frequency ultrasonic dopplerography, dentoalveolar anomalies

Широкое использование в медицине радиоактивных изотопов, компьютерной томографии, усовершенствование ультразвуковых аппаратов, которые на основе эффекта Доплера позволяют не только визуализировать различные, в том числе и мельчайшие структурные элементы сосудистой системы, но и оценивать различные характеристики кровотока, не повреждая при этом ткани и без вреда для организма, стало возможным благодаря развитию знаний в области ядерной и волновой физики, а также активному внедрению в клиническую практику

новейших достижений науки и техники [10]. На современном этапе учение о гемодинамике выросло в новую большую область науки, играющую важную роль в оценке жизнедеятельности организма, выявлении особенностей кровообращения, и привело к новому пониманию механизмов возникновения и развития различных патологических процессов, без понимания которых невозможно разработать и обосновать наиболее рациональную тактику лечения [1,3,4,7].

В настоящее время получен достаточный положительный опыт, свидетельствующий об эффективности ультразвуковых методов для изучения микроциркуляции. Достижения в области клинической ультрасонографии, такие, как энергетическое доплеровское картирование, нативное контрастирование, применение высокочувствительных широкополосных датчиков и т.д., увеличивает возможности в определении скорости и визуализации изображения кровотока в мелких сосудах. Используя ультразвуковые методы в условиях клиники возможно исследование кровотока в единичных сосудах микроциркуляторного русла и проведение лоцирования исходного объема ткани, в котором представлены сосуды различного калибра, с разной скоростью кровотока и разнонаправленным движением крови (микроциркуляторный срез ткани) [2,5].

Традиционные частоты ультразвука, применяемые в ангиологии (2-15 МГц) не дают возможности определить скорость кровотока в сосудах микроциркуляторного русла [8]. Одним из подходов для улучшения визуализации кровотока в микроциркуляторном русле и определения скорости кровотока в микрососудах с помощью ультразвука, является увеличение рабочей частоты [9]. При измерении микроциркуляции в определенном объеме ткани эффективно использование компьютеризированного прибора "ММ-Д-К" ("Минимакс-Допплер-К") фирмы "СП Минимакс" (Санкт-Петербург, Россия): двухэлементный ультразвуковой датчик работает на частоте 20-30 МГц; диаметр рабочей части датчика, находящейся в непосредственном контакте с тканью составляет 0,75 мм; регистрируемая скорость кровотока рассматривается как "интегральная гемодинамическая характеристика" данного среза ткани и составляет 0,3-0,6 мм/с. Применение метода ультразвуковой допплерографии (УЗДГ) в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии для оценки микроциркуляции, гемодинамики тканей пародонта доказало высокую диагностическую значимость за счет наличия неоспоримых преимуществ: звуковой и визуальный контроль в точке локации, возможность определения по форме кривой типа сосудов (артериальный или венозный), по спектру − распределение частиц крови с разными скоростями по сечению исследуемого сосуда, а также оценка направления кровотока [6].

Цель исследования – оценка состояния гемодинамики тканей пародонта методом высокочастотной ультразвуковой допплерографии у пациентов 12-15 лет с физиологическим прикусом, а также зубочелюстными аномалиями при соотношении зубных рядов по I классу Энгля и скученностью зубов во фронтальном отделе верхней, нижней челюсти.

Материалы и методы исследования

Оценку состояния гемодинамики тканей пародонта проводили у 78 практически здоровых пациентов (I, II группа здоровья) в возрасте от 12 до 15 лет с интактными зубами, а также имеющими компенсированную форму кариеса (единичные кариозные поражения − I степень кариеса), обратившихся на кафедру стоматологии общей практики и детской стоматологии ГБОУ ВПО СтГМУ, из которых были сформированы контрольная группа и группа наблюдений. Контрольную группу составили 37 пациентов с физиологическим прикусом и интактным пародонтом без зубочелюстных аномалий (ЗЧА), находящихся на диспансерном наблюдении. В группу наблюдений включен 41 пациент с ЗЧА (соотношение зубных рядов по I классу Энгля и скученность зубов во фронтальном отделе верхней, нижней челюсти). При неинвазивном изучении гемодинамики тканей пародонта регистрацию кровотока проводили методом УЗДГ с помощью датчика УЗОП-010-01 с рабочей частотой 25МГц и рабочей компьютерной программой "ММ-Д-К Minimax Doppler v.1.7." на компьютеризированном аппарате "ММ-Д-К" ("Минимакс-Допплер-К") фирмы "СП Минимакс". Возможности прибора "Минимакс-

Доплер" при математической обработке сигнала быстрого преобразования Фурье позволяют получать цветовой спектр распределения кровотока и его огибающие, что дает дополнительные возможности для решения поставленной нами цели.

Метод УЗДК основан на том, что поданный датчиком ультразвук проходит через ткани к сосуду, отражаясь от твердых границ раздела сред с разной акустической плотностью; при отражении от форменных элементов крови (эритроцитов, лейкоцитов) возникает эффект допплеровского смещения частот, что позволяет рассчитать скорость движения крови в сосуде. Данный метод использует эффект изменения частоты отраженного движущегося объекта сигнала на показатель, пропорциональный скорости движения отражателя. При отсутствии движения исследуемой среды допплеровского сигнала не существует, т.к. ультразвуковая волна проходит через ткани без отражения. Наличие отраженного сигнала свидетельствует о наличии кровотока в зоне локации. УЗДК обладает звуковым и визуальным контролем установки датчика в точке локации, возможностью определения по форме кривой типа сосудов (артериальный или венозный). Кроме оценки направления кровотока, метод УЗДГ позволяет установить степень распределения частиц крови с различными скоростями в исследуемом сосуде (спектр): медленные частицы характеризуют пристеночный кровоток, распространяясь вдоль изолинии; быстродвижущиеся частицы наиболее удалены от изолинии. Полученные данные представляются в форме диаграммы, кроме того автоматически рассчитывается ряд диагностических индексов.

Амплитуда допплеровского сдвига частот прямо пропорциональна скорости кровотока и рассчитывается по формуле:

$$V = F_d \times C / 2\, F_g \cos \alpha,$$

где: V – скорость потока форменных элементов в сосуде; F_d – допплеровский сдвиг частоты; F_g – частота генератора; C – скорость распространения ультразвука в среде (1540 м/с); α – угол между осью потока и осью отраженного ультразвукового луча.

Отраженный сигнал, поступающий на приемный элемент датчика, включает составляющие с различными допплеровскими частотами. Сигнал усиливается, фильтруется, зачисляется в компьютерную часть, где обрабатывается и выдается на мониторе в виде допплерограмм с цветным спектром, получаемым через быстрое преобразование Фурье. Вследствие того, что скорость кровотока не является постоянной величиной, в обследуемом участке пародонта фиксируются данные не только линейной (систолической, средней, диастолической), но и объемной скорости кровотока. При отсутствии дифференцировки сосудов микроциркуляторной сети смешанный кровоток представляет собой волнообразный рисунок окрашенного спектра. Распределение цвета в УЗДГ (от ярко красного до светло-желтого) зависит от степени сужения сосудов разнообразными факторами (стеноз, окклюзия, тромбоз).

При зондировании микрососудов пародонта применен угловой датчик с рабочей частотой 25 МГц, который был установлен под углом 60° к слизистой оболочке маргинальной и альвеолярной десны верхней и нижней челюстей в шести сегментах. В качестве контактной среды для обеспечения контакта между ультразвуковым датчиком и исследуемым участком нами был использован акустический гель. Обследование проводили в положении "лежа на спине" в состоянии полного физического, психологического покоя после стабилизации гемодинамики при t+20-25С°. Для фиксации рук исследователя и исключения движения головы пациента, была использована ножная педаль "запуск-остановка" записи сигнала. В момент проведения исследования с целью исключения искажения естественной картины гемоциркуляции, отсутствовало надавливание на мягкие ткани рядом с объектом.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета статистических программ Statistica 6,1 и SPSS 19,0. При оценке показателей, не отвечающих нормальному закону распределения, применялись методы непараметрической статистики. Непараметрические меры центральной тенденции − медиана, меры рассеяния − интерквартильный размах − 25 % процентилей и 75 % процентилей. Сравнение выборок проводили с использованием критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

Запись УЗДГ у детей, подростков12-15 лет с физиологическим прикусом и ЗЧА представлена на рисунках 1,2.

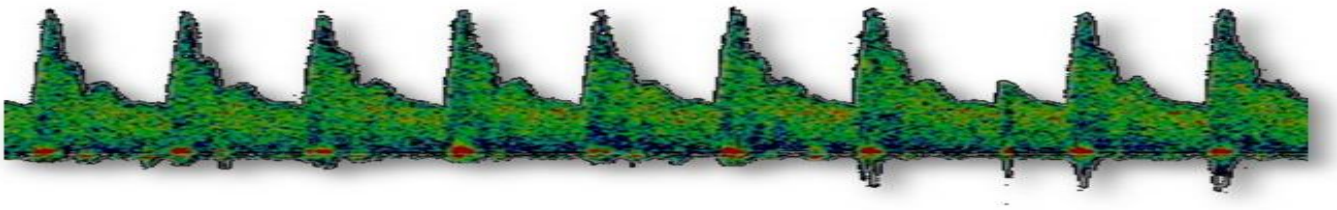

Рис. 1. Ультразвуковая допплерограмма детей, подростков с физиологическим прикусом

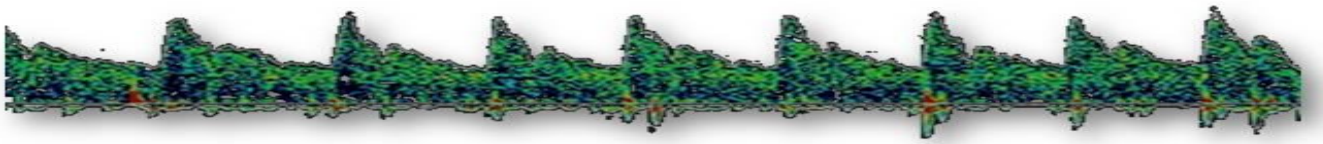

Рис. 2. Ультразвуковая допплерограмма детей, подростков с ЗЧА

С целью количественной оценки кровотока была проанализирована форма кривой спектрограммы смешанного типа, а также установлены следующие показатели: V_{as} − максимальная систолическая скорость по кривой средней скорости (см/с); V_{am} − средняя линейная скорость потока по кривой средней скорости (см/с); V_{ad} − максимальная диастолическая скорость по кривой средней скорости (см/с); V_{akd} − конечная диастолическая скорость по кривой средней скорости (см/с). Объемная скорость кровотока была рассчитана автоматически по модифицированному уравнению Пуазейля: $Q = P_{арт} - P_{вен}/R$, где ($P_{арт} - P_{вен}$) – разность показателей артериального ($P_{арт}$) и венозного ($P_{вен}$) давления, R – сопротивление кровотоку в исследуемой сосудистой области: Q_{as} − максимальная объемная систолическая скорость по кривой средней скорости (мл/мин); Q_{am} − средняя объемная скорость по кривой средней скорости (мл/мин). Также при количественном анализе кровотока проведена оценка следующих индексов: RI − индекс сопротивления (Пурсело), отражающий сопротивление кровотоку дистальнее места измерения из-за окклюзии сосудов $RI = (V_{as}-V_{ad})/V_{as}$; PI − индекс пульсации (Гослинга), отображающий упругоэластические свойства артерий $PI = (V_{as}-V_{ad})/V_{am}$. Указанные индексы – величины относительные, не имеющие единиц измерения.

Для удобства поиска сосуда и контроля правильности установки датчика в точке локации использовали стереоколонки, вследствие чего нами была получена четкая спектральная картина громкости звучания движущих частиц: при исследовании артериальных сосудов прослушивался восходящий и нисходящий звук, при исследовании вен звук напоминает "шум морского прибоя".

Один из важнейших показателей функционирования кровотока – его скорость, в осное оценки которой лежит определение количественных параметров кровотока – линейной и объемной скоростей. Среднестатистические параметры скорости кровотока в тканях пародонта у пациентов 12-15 лет с физиологическим прикусом и ЗЧА по данным УЗДГ представлены в таблице 1.

Системный анализ результатов УЗДГ установил статистически достоверную устойчивую динамику снижения показателей линейной скорости кровотока у детей, подростков 12-15 лет с ЗЧА (скученное положение зубов во фронтальном отделе на верхней, нижней челюсти) по сравнению с аналогичными показателями пациентов контрольной группы (интактный пародонт, физиологический прикус). Средний показатель наибольшей систолической скорости по кривой средней скорости (V_{as}) в тканях пародонта у пациентов контрольной группы превышает подобные значения у пациентов группы наблюдений − на 42,7%; средней линейной скорости по кривой средней скорости (V_{am}) – на 35,6%; конечной диастолической скорости по кривой средней скорости (V_{akd}) – на 24,5%; систолической объемной скорости (Q_{as}) – на 32,1%; максимальной объемной скорости (Q_{am}) – на 31,6%; индекс Гослинга – на 24,4%. Подтверждением полученных результатов явилось превышение усредненного индекса сопротивления (Пурсело), отражающего сопротивление кровотоку дистальнее места измерения, у пациентов с ЗЧА в сравнении с

аналогичными показателями пациентов контрольной группы на 21,4%.

Таблица 1

Параметры скорости кровотока в тканях пародонта у пациентов 12-15 лет с физиологическим прикусом и зубочелюстными аномалиями по данным УЗДГ, Me (P25 - P75)

Параметры, единицы измерений	Исследуемые группы			
	Контрольная группа		Группа наблюдений	
	Диапазон колебаний	Средний показатель	Диапазон колебаний	Средний показатель
V_{as}, *см/с*	1,26-2,31	1,78	0,43-1,61*	1,02*
V_{am}, *см/с*	0,29-0,88	0,59	0,21-0,54**	0,38**
V_{akd}, *см/с*	0,28-0,77	0,53	0,21-0,59*	0,40*
Q_{as}, *мл/мин*	0,0521-0,0958	0,0739	0,0243-0,0761	0,0502
Q_{am}, *мл/мин*	0,006-0,013	0,0095	0,005-0,008**	0,0065**
PI	2,74-3,81	3,28	2,03-2,92*	2,48*
RI	0,54-0,79	0,66	0,71 - 0,98**	0,84**

Примечание: достоверность различий между показателями пациентов контрольной и исследуемой групп по критерию Манна-Уитни: * - $p<0,05$; ** - $p<0,001$.

Заключение

Таким образом, у детей, подростков 12-15 лет с ЗЧА (скученное положение зубов во фронтальном отделе на верхней, нижней челюсти) в 100% случаев диагностируются функциональные нарушения гемодинамики, проявляющиеся в снижении показателей линейной и объемной скорости тканевого кровотока. По-нашему мнению, это свидетельствует о снижении уровня перфузии тканей пародонта кровью и связано с выраженной функциональной перегрузкой тканей пародонтального комплекса в области скученных зубов.

Сокращение показателей объемной скорости кровотока связано, с нашей точки зрения, со спазмом артериол, венозным застоем в микроциркуляторном русле, а также выраженными реологическими расстройствами.

Статистически достоверное понижение индекса пульсации (Гослинга) относительно аналогичных показателей пациентов контрольной группы свидетельствует о снижении упруго-эластических свойств сосудистой стенки. Превышение индекса периферического сопротивления (Пурсело) контрольных значений свидетельствует об увеличении сосудистого сопротивления току крови, связанном, по-нашему мнению, со стазом крови в зоне перегрузки тканей пародонтального комплекса.

Изменения скоростных характеристик (линейной и объемной скоростей) кровотока в тканях пародонта являются важными диагностическими критериями нарушения гемодинамики, позволяя дать объективную, достоверную, научно обоснованную оценку нарушений микроциркуляторного русла, а также оценить динамику патологических процессов и эффективность лечебно-профилактических мероприятий, направленных на патогенетическую коррекцию этих нарушений.

Применение высокочастотной ультразвуковой допплерографии является высокоинформативным, неинвазивным методом регистрации состояния гемодинамики сосудистого русла тканей пародонта при зубочелюстных аномалиях. Метод позволят не только оценить параметры микроциркуляторного кровотока, который у пациентов с аномалиями зубочелюстной системы существенно снижен, но и проводить функциональные пробы для определения вазомоторной реактивности, напрямую зависящей от автономной адренергической иннервации сосудистой стенки.

Метод ультразвуковой допплерографии не требует больших временных затрат, прост в использовании, имеет потенциал для расширения диагностических возможностей, а применение функциональных тестов позволяет существующими средствами на доступном оборудовании достаточно информативно проводить скрининг пациентов для раннего выявления гемодинамических нарушений при зубочелюстной патологии, существенно снижая экономические затраты на дорогостоящее обследование.

Список литературы

1. Доменюк, Д.А. Исследование адаптационных реакций зубочелюстной системы у детей и подростков при использовании съемной ортодонтической аппаратуры / Д.А. Доменюк, Е.Н. Иванчева // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2012. – Т. XI. – № 4 (43). – С. 41-46.

2. Доменюк, Д.А. Исследование состояния капиллярного кровотока в слизистой оболочке полости рта у детей с аномалиями положения зубов / Д.А. Доменюк, Е.Н. Иванчева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №2. – С. 74-79.

3. Доменюк, Д.А. Оптимизация диагностики кариеса зубов у пациентов с зубочелюстными аномалиями на основе выявления прогностических факторов (Часть I) / Д.А. Доменюк, Б.Н. Давыдов, А.Г. Карслиева // Институт стоматологии. – 2014. – № 3 (64) – С. 37-40.

4. Доменюк, Д.А. Оптимизация диагностики кариеса зубов у пациентов с зубочелюстными аномалиями на основе выявления прогностических факторов (Часть II) / Д.А. Доменюк, Б.Н. Давыдов, А.Г. Карслиева // Институт стоматологии. – 2014. – № 4 (65) – С. 33-38.

5. Доменюк, Д.А. Оценка микроциркуляции в тканях протезного ложа при использовании съемной ортодонтической аппаратуры у детей и подростков / Д.А. Доменюк, Е.Н. Иванчева // Кубанский научный медицинский вестник. – Краснодар, 2012. – № 3 (132) – С. 52-56.

6. Козлов, В.И. Развитие системы микроциркуляции / В.И. Козлов. – М.: Медицина, 2012. – 328 с.

7. Козлов, В.И. Система микроциркуляции крови: клинико-морфологические аспекты изучения / В.И. Козлов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – № 5. – С. 84-101.

8. Кречина, Е.К. Микроциркуляция в тканях десны пародонта / Е.К. Кречина, В.И. Козлов, В.В. Маслова // М.: ГЭОТАР. – 2007. – 75 с.

9. Логинова, Н. К. Функциональная диагностика в стоматологии: теория и практика / Н. К. Логинова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 120 с.

10. Орехова, Л.Ю. Оценка микроциркуляции пародонта методом ультразвуковой допплерографии / Л.Ю. Орехова, Е.Д. Кучумова, О.В. Прохорова, Т.Б. Ткаченко // Пародонтология. 2010. – №3 (21). – С.21-24.