УДК 615.471.03:616.073

Оптоэлектронные методы анализа микроциркуляторных нарушений при воспалительных процессах в челюстно-лицевой области

А. С. Барило[1], С. В. Павлов[2]
[1]Винницкий национальный медицинский университет
[2]Винницкий национальный технический университет, Украина

Резюме

В статье рассматриваются использование фотоплетизмографического метода при анализе воспалительных процессов.

Целью работы является показать эффективность использования фотоплетизмографического метода при анализе уровня микроциркуляции периферических сосудов при воспалительных процессах.

В результате исследований, которые проводились на базе кафедры челюстно-лицевой хирургии Винницкого национального медицинского университета было обследовано 30 (21 мужчина и 9 женщин в возрасте от 20 до 60 лет) больных с одонтогенными абсцессами и флегмонами. Лечение больных включало удаление причинного зуба, вскрытие флегмоны или абсцесса, озонотерапии с включением ионов серебра.

Применение данного метода в стоматологии позволяет: точно определить эффективность проводимого лечения; уточнить продолжительность реабилитационного периода; выявить всевозможные сосудистые нарушения при переломах челюстей; оценить эффективность местного обезболивания (поскольку анестезия вызывает спазм сосудов, по снижению амплитуды можно судить об эффективности анестезии); применить данный метод для пластической хирургии и трансплантологии.

Ключевые слова: фотоплетизмограмма, оптико-электронный сенсор, челюстно-лицевая область.

**Клин. информат. и Телемед.
2004. Т.1. №2. с.213–216**

Вступление

В патогенезе одонтогенных воспалительных заболеваний многие авторы важную роль отводят нарушению кровообращения в тканях челюстно-лицевой области (В. М. Уваров, М. М. Соловьев и соавт.; Т. М. Алехова и соавт.). Эти утверждения основаны на результатах топографо-анатомических, морфологических исследований и данных изучения свертывающей системы крови. Однако, все перечисленные методы исследования позволяют лишь косвенно судить о состоянии регионарного кровотока [1]. Поэтому, представляется весьма перспективным использование для изучения регионарного кровотока в клинике современных методов (реоплетизмография, фотоплетизмография), которые позволяют применять их при изучении патогенеза пародонтоза, периодонтитов, паротитов и других патологических процессов в челюстно-лицевой области.

Материал и методы

В последнее время в практику функциональной диагностики вводятся фотоплетизмографические методы регистрации биосигналов [2, 3]. Сущность методов заключается в освещении участка ткани биологического объекта (БО) ИК пучком и регистрации прошедшего через ткани или отражённого от них излучения оптоэлектронным датчиком. Применение оптоэлектронных датчиков позволили получить новые возможности для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы. Интенсивные исследования в области оптоэлектроники и нанотехнологий позволяют сделать вывод о появлении в ближайшем будущем серийных приборов с универсальными оптическими датчиками. Главное преимущество этого метода – возможность измерения уровня микроциркуляции практически в любой точке поверхности тела, что позволяет использовать разные модификации оптических приборов для решения целого ряда специальных задач, связанных с исследованием показателей локального кровотока (диагностики нарушений микроциркуляции в позвоночно-двигательных сегментах, оценки состояния микроциркуляции нижних конечностей ног при заболевании системной красной волчанкой (СКВ), оценки состояния сосудов в челюстно-лицевой области при воспалительных процессах, анализа гемодинамических показателей кровотока при пульсодиагностике и т. д.). Кроме того, в зависимости от особенностей метода измерения, могут быть оценены такие биомедицинские показатели как общая концентрация гемоглобина, общая сатурация крови (степень насыщение крови кислородом), общая концентрация билирубина. Фотоплетизмографическая кривая отображает фазные изменения кровенаполнения периферических сосудов при воспалительных процессах со-

ответственно сердечному циклу. Количественная оценка фотоплетизмографической кривой выполнялась по амплитудным и временным характеристикам. Наиболее информативные показатели, которые характеризуют состояние кровенаполнения и стенок сосудов следующие: длительность анакротической фазы, фотоплетизмографический импульс (ФИ), время быстрого и медленного кровенаполнения, показатель тонуса сосудов (ПТС), индекс периферического кровенаполнения (ИПК), дикротический индекс (ДИ), диастолический индекс (ДС) [9].

Благодаря своей неинвазивности, миниатюрности сенсоров, оперативности, простоте аппаратурной реализации, данные методы используются при мониторинге состояния микроциркуляции челюстно-лицевой области при воспалительных процессах.

Для повышения достоверности при снятии фотоплетизмографической информации используются априорные сведения, включающие физические характеристики объекта измерений, математические соотношения между измеряемыми величинами, данные о спектральном составе информативных составляющих и помехах, а также основные биофизические характеристики контролируемого объекта.

Для решения данной задачи используются следующие подходы:

1. Если светоизлучающие светодиоды и (или) фотоприемник в датчике находятся в неработоспособном состоянии, то уровень сигнала в данном канале близок к нулю.

Сенсор работоспособен только в том случае, если выполняются неравенства:

$$\begin{cases} A_{max1}(t) \geq \delta_1; \\ A_{max2}(t) \geq \delta_1; \end{cases} \qquad (4.8)$$

где $A_{max\,i}(t)$ – сигналы на выходах 1 и 2 фотодетекторов; δ_1 – заранее заданный положительный порог.

2. При неправильной установке сенсора на артерии резко возрастает уровень фоновой помехи. Датчик установлен плохо, если выполняется хотя бы одно из неравенств:

$$\begin{cases} \left| \dfrac{A_ф(t)}{A_{max1}} \right| \geq \delta_1; \\ \left| \dfrac{A_ф(t)}{A_{max2}} \right| \geq \delta_2; \end{cases} \qquad (4.9)$$

где $A_ф(t)$ – измеренный в момент t уровень фона; δ_2 – заранее заданные положительные константы.

3. Использование дополнительной априорной информации о спектральном составе артериальных пульсаций.

Результаты лабораторных и клинических исследований показывают, что наивысшей точности и достоверности следует ожидать в тех случаях, когда условия измерения соответствуют требованиям, что артериальные пульсации стабильны по частоте и имеют значительную амплитуду по отношению к помехам и двигательным артефактам.

Для уменьшения погрешности биомедицинской информационно-измерительной системы с оптическим преобразованием применяются различные методы фильтрации, используются современные цифровые методы обработки сигналов при условии возможно более полного использования априорной информации о характере измеряемых сигналов.

Также, для решения этой проблемы применены следующие подходы:

- использование дополнительных источников излучения с различными длинами волн, а также оптимизация конструкции оптического датчика, что позволяет на основе более тщательной теоретической проработки и анализа экспериментальных данных набрать информацию, достаточную для того, чтобы учесть влияние вышеперечисленных факторов;
- анализ как постоянной, так и низкочастотной переменной составляющей отраженного от биоткани сигнала. При этом, наличие переменной составляющей обусловлено, в основном, пульсацией артериальной крови в сосудах во время систолы.

Разработанный оптоэлектронный комплекс позволяет проводить диагностику состояния сосудов экспресс-методом на различных стадиях патологии и фиксировать степень микроциркулярных и гемодинамических нарушений в отдельных областях ЧЛО путем сравнения полученных сигналов.

Данное устройство представляет собой преобразователь для отображения и сравнительного анализа преобразованных биомедицинских сигналов. Имеется возможность подключения устройства к IBM PC-совместимому компьютеру посредством блока сопряжения. При этом существенно расширяются функциональные возможности устройства – запись биомедицинских сигналов в архив, их предварительная обработка (масштабирование, фильтрация), сравнение и корреляционный анализ, построение графиков и диаграмм на экране монитора и принтере.

На рис. 1 изображен оптико-электронный комплекс для исследования периферийного кровенаполнения в челюстно-лицевой области.

Рис. 1. Оптико-электронный комплекс для исследования периферийного кровенаполнения в челюстно-лицевой области.

Результаты исследований

В результате исследований, которые проводились на базе кафедры челюстно-лицевой хирургии Винницкого национального медицинского университета, было обследовано 30 (21 мужчина и 9 женщин в возрасте от 20 до 60 лет) больных с одонтогенными абсцессами и флегмонами. Лечение больных включало удаление причинного зуба, вскрытие флегмоны или абсцесса, озонотерапии с включением ионов серебра.

Фотоплетизмографические исследования проводили на оптоэлектронном диагностическом комплексе анализа микроциркуляторных нарушений. Оптическое излучение направляли в область биоткани, на расстоянии 10 мм от края операционной раны или предполагаемого разреза. В качестве контроля использовали точку, симметричную точке исследования. Фотоплетизмограммы (ФПГ) регистрировали в очаге воспаления и контрольной точке перед операцией, а также на третьи и пятые сутки после операции. Всего было записано 180 ФПГ, полученные данные обработаны разработанной программой «WOSTEO». Пример записанных фотоплетизмограмм до и после терапии приведен на рис. 2.

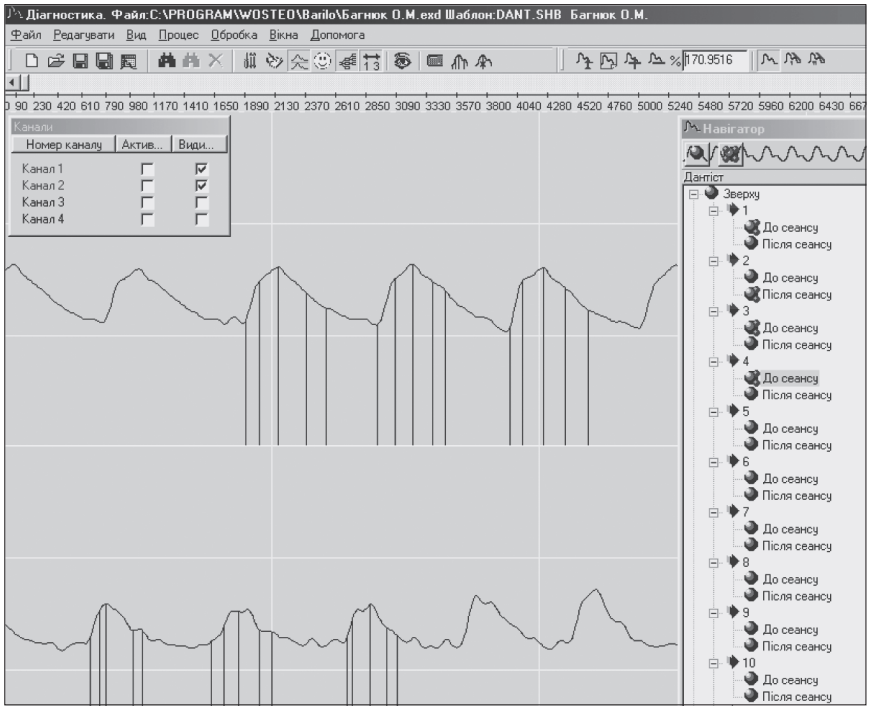

Рис. 2. Вид фотоплетизмограмм в очаге воспаления перед операцией и на третьи сутки после операции.

Обсуждение результатов

При анализе полученных данных было установлено, что фотоплетизмографический сигнал при флегмонах и абсцессах всех локализаций существенно отличался от контроля. Пример сравнения результатов фотоплетизмографического исследования до и после терапевтического лечения приведен на рис. 3.

До операции уровень кровенаполнения (фотоплетизмографический индекс (ФПИ) в очаге воспаления значительно повышен в 2.5–3.5 раза.

Состояние венозного оттока было резко ухудшено, что проявлялось в изменении формы катакроты, она стала более выпуклой – 73,3%.

Дикротический зубец был менее выражен и смещался к верхней части катакроты (70%). В 22 наблюдениях отмечено появление дополнительной венозной волны.

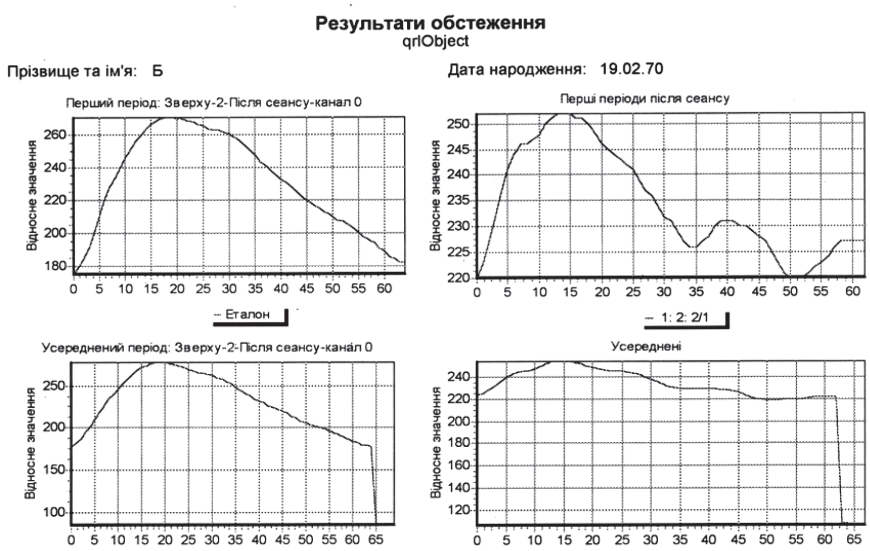

Рис. 3. Сравнение результатов фотоплетизмографического исследования.

Скорость кровотока снижалась за счёт дальнейшего ухудшения венозного оттока. В 76,6% наблюдений имелись дополнительные дикротические волны, в 30% отмечены мелкие дополнительные зубцы на катакроте.

На 5–6 сутки после операции кровоток улучшился по всем показателям. Дополнительные волны исчезли в 46,6% и были ослаблены в 53,4%. Однако в ФПГ очага воспаления сохранились отличия от ФПГ контрольной точки.

Выводы

Использование фотоплетизмографического метода позволяет точно оценить уровень кровенаполнения при воспалительных процессах, при этом, данный метод имеет положительные свойства: неинвазивность, высокая степень чувствительности и достоверности, простота исследования. Применение данного метода в стоматологи позволяет: точно определить эффективность проводимого лечения; уточнить продолжительность реабилитационного периода; выявить всевозможные сосудистые нарушения при переломах челюстей; оценить эффективность местного обезболивания (поскольку анестезия вызывает спазм сосудов, по снижению амплитуды можно судить об эффективности анестезии); применить данный метод для пластической хирургии и трансплантологии.

Презентации

Разработанный оптоэлектронный комплекс для исследования периферийного кровенаполнения в челюстно-лицевой области демонстрировался на Всемирной олимпиаде изобретателей «Genius–2000», где авторы были награждены абсолютной бронзовой медалью в номинации «Здравоохранение», также данная разработка демонстрировалась на выставке «Дни Украинской науки и техники в КНР», которая проходила на базе первого украинско-китайского технопарка высокотехнологического сотрудничества.

Литература

1. Прохончуков А. А., Жижина Н. А. Лазеры в стоматологии. – М.: Медицина, 1986.
2. Кожем'яко В. П., Готра З. Ю., Павлов С. В., Микитюк З. М. Готра З.О. Біомедичні оптикоелектронні інформаційні системи і апарати, Ч. 3 – Лазерні біомедичні системи: Навчальний посібник. – Вінниця, ВДТУ, 2000. – 143 с.
3. Павлов С. В., Кожем'яко В. П., Петрук М. Г., Колісник П. Ф., Марков С. М. Біомедичні оптикоелектронні інформаційні системи і апарати, Ч.1 – Неінвазивні методи діагностики серцево-судинної системи: Навчальний посібник. – Вінниця, ВДТУ, 2003. – 115 с.
4. Петрук В. Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ. Теорія і практика оптичного вимірювального контролю. – Вінниця.: Універсум–Вінниця. – 2000. – 207 с.
5. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Барило О.С. Оптоелектронний метод вивчення судинних і мікроциркуляторних порушень у хребетно-рухомих сегментах за коефіцієнтом асиметрії // Український журнал медичної техніки і технології. – 2002. – №2. – С. 27–32.
6. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Тимофієв Н. П., Тимофієв І. В. Аналіз методів діагностики біотканин // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1999. – №1. – С. 59–65.
7. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Чепорнюк С. В., Колеснік П. Ф., Чеплак Г. В. Оптоелектронні методи контролю серцево-судинної системи — нови тенденції аналізу біомедичних сигналів // Вісник ВПІ. – 1994. – № 3(4). – С. 26–28.
8. Павлов С. В., Мохамед Ель-Хатіб. Аналіз лазерних систем для біомедичних досліджень // Вісник ВПИ. – 2002 . – № 1. – С. 65–71.
9. Милохов К. В., Сычугова Л. И., Трухина М. Е. Реографические и фотоплетизмографические исследования пародонта у взрослых с ортогнитическим прикусом, здоровым пародонтом и интрактным зубным рядом // Стоматология. – 1989. – № 3. – С. 25–27.
10. Прохончуков А. А., Логинова Н. К., Жижина Н. А. Функциональная диагностика в стоматологической практике. – М.: Медицина, 1980, 272 с.
11. Кузьмич В. В. Основные принципы и особенности транскутанной «отражательной» оксиметрии // Медицинская техника. – 1993. – №3. – С. 36–42.

Optic-electronic methods of the analysis microcirculation of infringements at inflammation processes in jaw-facial region

Alexander Barilo[1], Sergey Pavlov[2]
[1]Vinnitsa National Medical University, Ukraine
[2]Vinnitsa National Technical University, Ukraine

Abstract

In paper the using of photopletismograf method at the analysis of inflammation processes are considered.

The purpose of work is to show efficiency of photopletismograf method using at the analysis of a level of microcirculation periferic of vessels at inflammation processes.

As a result of researches, which were carried out on the basis of faculty of Jaw-Facial Surgery of Vinnitsa National Medical University was examined 30 (21 men and 9 women in the age of from 20 till 60 years) patients with odontogen abscess and phlegmons. The treatment of the patients included removal causal tooth, opening phlegmons or abscess, ozonetherapy with inclusion of ions of silver.

The application of the given method in stomatology allows: precisely to define efficiency of spent treatment; to specify duration reablement of the period; to reveal every possible vessel of infringement at crises jaw; to estimate efficiency local anesthesia to apply the given method to plastic surgery and transplantology.

Keywords: photopletismogram, optic-electronic sensor control, jaw-facial region.

Оптоелектронні методи аналізу мікроциркуляторних порушень при запальних процесах в щелепно-лицьовій області

А. С. Барило[1], С. В. Павлов[2]
[1]Вінницький національний медичний університет, Україна
[2]Вінницький національний технічний університет, Україна

Резюме

У статті розглядаються використання фотоплетизмографічного методу при аналізі запальних процесів.

Метою роботи є показати ефективність використання фотоплетизмографічного методу при аналізі рівня мікроциркуляції периферичних судин при запальних процесах.

У результаті досліджень, що проводилися на базі кафедри щелепно-лицьової хірургії Вінницького національного медичного університету було обстежено 30 (21 чоловік і 9 жінок у віці від 20 до 60 років) хворих з одонтогеними абсцесами і флегмонами. Лікування хворих включало видалення причинного зуба, розкриття флегмони чи абсцесу, озонотерапії з включенням іонів срібла.

Застосування даного методу в стоматології дозволяє: точно визначити ефективність проведеного лікування; уточнити тривалість реабілітаційного періоду; виявити всілякі судинні порушення при переломах щелеп; оцінити ефективність місцевого знеболювання (оскільки анестезія викликає спазм судин, по зниженню амплітуди можна судити про ефективність анестезії); застосувати даний метод для пластичної хірургії і трансплантології.

Ключові слова: фотоплетизмограма, оптико-електронний сенсор, щелепно-лицьова область.

Переписка

С. В. Павлов
Винницкий национальный технический университет
Хмельницкое шоссе, 95
Винница, 21021, Украина
тел. +380 (432) 440 125
e-mail: psv@vstu.vinnica.ua