

При использовании модифицированной методики измерения толщины мягких тканей зажимным измерительным инструментом на исследуемой группе пациентов не выявлено статистически значимых различий ни в одной из точек с вероятностью не менее 95 %, а в точке проекции модиолуса — с вероятностью не менее 99 % ($t > 2$ по всем точкам, в точке (5) $t > 2,6$) в сравнении с результатами, полученными по данным КТ с точностью измерения 0,5 мм.

В рамках исследования не выявлены достоверные различия данных КТ и результатов применения модифицированной методики определения толщины мягких тканей зажимным измерительным инструментом.

Следует отметить, что предложенный метод применим только в случае возможности непосредственного наложения электродов на обе измеряемые точки, что ограничивает его применение областью нижней и средней трети лица.

Для полного определения показаний к применению описываемого метода необходимо проведение дополнительных исследований. Проведенное обследование охватывает пациентов ограниченной возраста, что не в полной мере позволяет перенести полученные результаты на лиц других возрастных групп. Тем не менее, полученные на настоящий момент данные позволяют предполагать возможность успешного применения вышеописанного метода в амбулаторной стоматологической практике, когда использование компьютерной томографии затруднено или невозможно.

УДК 615.849.19

**ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ:
КАК КОНТРОЛИРОВАТЬ ЭНЕРГЕТИКУ
ИЗЛУЧЕНИЯ
(в порядке дискуссии)**

А. А. Чеботарев, А. М. Чмутин

Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоградский государственный университет

Проведена оценка энергетики излучения при лазерной терапии.

Ключевые слова: лазерная терапия, энергетика излучения, кумуляция.

Вопрос, вынесенный в заголовок, появился не спонтанно. Он не был надуман досужими метрологами, а закономерно возник в результате работы с лазерной терапевтической аппаратурой (ЛТА) и общения с практикующими врачами. Настало время проанализировать накопленный опыт и попытаться обобщить подходы медиков и физиков, клиницистов и инженеров к эксплуатации ЛТА. Возможно, на этом пути удастся продвинуться и в направлении к единой методологии в области раз-

работки, к формированию концептуальных положений системной интеграции ЛТА.

В отличие от лазерной хирургии, процессы которой физики описывают нерезонансной моделью взаимодействия излучения с веществом, в лазерной терапии доминирует резонансный тип взаимодействия. Соответственно, тепловой характер обуславливает сугубо пороговый эффект деструктивного воздействия лазерного излучения на ткань, а резонансный — включает еще и кумулятивный механизм. Количественно наступление пороговых явлений однозначно определяется уровнем влияющей величины, а реализация кумулятивных — ее дозой. То есть становится очевидной информативность и правомерность контроля именно мощности лазерного излучения в хирургии и энергии — в терапии. Но, если энергия

$$E = \int_0^{\tau} P(t) dt \tag{1}$$

без труда определяется перемножением мощности при $P(t) = const$ на длительность τ сеанса облучения, то с самой мощностью не все так ясно. Здесь уместно заметить, что в силу инерционности, присущей приемникам излучения, ее искомое значение в соответствии с

$$P_{cp} = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} P(t) dt \tag{2}$$

всегда оказывается инструментально усредненным за время τ . Так мы приходим к понятию средней мощности теоретически. В приложениях оно обычно применяется к средствам измерений с постоянной времени $\tau \gg 1c$. Граница эта достаточно условна и может быть определена, например, исходя из предельной скорости визуального отсчета показаний прибора в отсутствие автоматической регистрации. При $\tau \ll 1c$ результат измерений в обиходе принято именовать мгновенной мощностью. Отсюда понятно, что в методическом плане контроль средней мощности намного практичнее, чем мгновенной: при использовании формулы (1) требуется меньше отсчетов (при $P(t) = P_{cp}$), а локальная (в пределах τ) вариация $P(t)$ вокруг P_{cp} на превалирующем в физиотерапии кумулятивном эффекте не сказывается.

Также биофизические соображения находят подтверждение и в аспектах ЛТА-приборостроения: стандартизации, унификации и, особенно, метрологии с учетом заметно более развитой инструментальной базы метрологического обеспечения средств измерений средней мощности лазерного излучения. Действительно, нетрудно говорить об адекватном понятии, но проблематично — о качественном измерении мгновенной мощности излучения применительно к чрезвычайно популярным

в ЛТА лазерам «ЛПИ-101/ЛПИ-102» с длительностью импульса порядка долей микросекунды и высокой частотой его следования. Таким образом, и в инструментальном плане оптимальнее выбирать среднюю, а не мгновенную мощность в качестве контролируемого параметра непрерывного, модулированного или импульсного излучения лазера в ЛТА.

Изложенные доводы в пользу контроля средней мощности излучения ЛТА вступают, однако, в определенное противоречие с представлениями о нормировании энергетических параметров излучения, которые традиционно культивируются в

сфере лазерной дозиметрии, разграничивающей по спектру области, и требуют контроля средней мощности (до 0,55 мкМ) и мгновенной мощности (свыше 0,55 мкМ). Здесь, скорее всего, изначально сказались специфика определения ПДУ применительно к человеческому глазу. Особенности действия на прочие ткани просто не фиксировались в силу исключительной светочувствительности глаза и, следовательно, несравнимо большего поражающего действия на него лазерного излучения. А при нормировании большее значение ПДУ (для тканей) автоматически поглощалось меньшим (для глаза).