

менее 35 Вт, т. е. мы имеем на выходе насадки мощность, ослабленную всего в 2 раза, и вся эта энергия доставляется в нужное место.

Взаимодействие лазерного света с веществом

Закон поглощения Бугера – соотношение, определяющее ослабление интенсивности параллельного монохроматического луча света при распространении его в поглощающем веществе:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu l},$$

где I_0 и I – начальная и конечная интенсивность света, e – основание натуральных логарифмов, l – глубина проникновения, μ – показатель (коэффициент) поглощения, физический смысл – это расстояние, на котором интенсивность излучения ослабевает в e (2,71) раз. Коэффициент поглощения зависит от поглощающего вещества и длины волны падающего излучения (λ), поэтому более правильно обозначать как μ_λ .

То есть в зависимости от длины волны свет лазера проникает на разную глубину, что во многом определяет конечный результат воздействия и терапевтическую эффективность НИЛИ.

На рис. 1.9 представлена качественная иллюстрация условной глубины проникновения света в кожу для различных частей спектра. Это первое и чрезвычайно

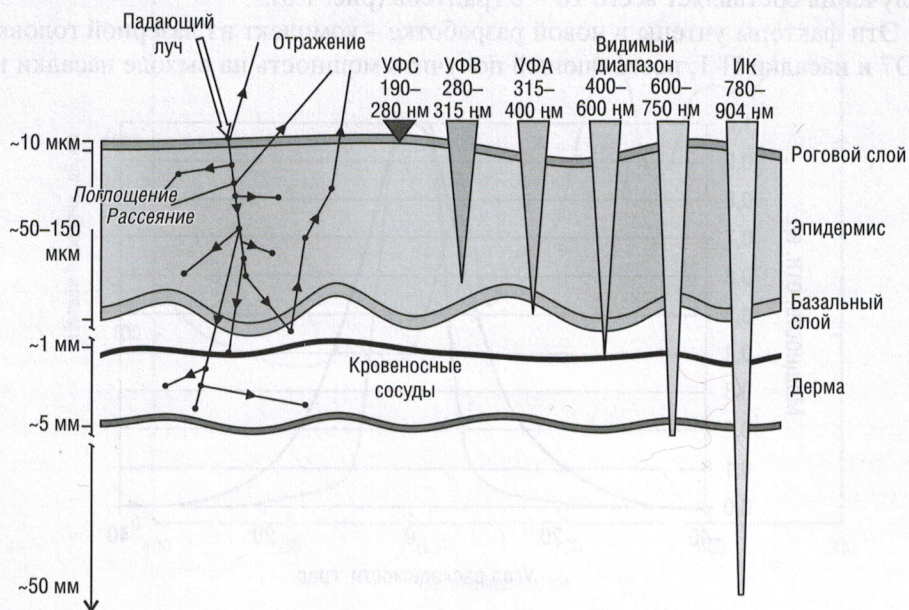


Рис. 1.9. Глубина проникновения в кожу лазерного света различных спектральных диапазонов

важно важное требование к любой методике лазерной терапии – выбор длины волны, которая определяет объёмное распределение поглощаемой энергии. Свет, например в зелёной области спектра (520–525 нм), сильно поглощается в верхних слоях дермы, такое НИЛИ лучше всего использовать в косметологии и дерматологии, но нельзя в методике воздействия на проекцию внутренних органов и иммунной системы, или на проекцию крупных кровеносных сосудов (как альтернатива ВЛОК). Для этих методик требуются лазеры, работающие в красной или ИК областях, кроме того, исключительно импульсные (см. 2-ю и 3-ю части книги).

Процесс распространения света в коже проиллюстрирован подробно на рис. 1.10, где: 1 – роговой слой; 2 – эпидермис; 3 – пограничная зона между эпидермисом и дермой (базальная мембрана); 4 – дерма; 5 – капилляр; 6 – терминальная артериола и 7 – посткапиллярная венула. Стрелками указаны направления движения фотонов света в коже. Расстояние между стрелками – длина пробега фотона, а толщина стрелок – его относительная энергия; а – падающий свет; б – свет, отражённый от поверхности рогового слоя на границе «воздух–кожа»; в – свет, прошедший через роговой слой; внутри эпидермиса и дермы фотоны взаимодействуют (поглощаются и рассеиваются) на клеточных элементах и меланосомах (г, д), на базальной мембране (е), коллагене (ж), кровеносных сосудах (з). Кроме того, взаимодействие света происходит и с элементами придатков кожи [Утц С.Р., 2000].

Приведём также несколько спектральных зависимостей коэффициента поглощения света μ_λ для различных биотканей и сред (рис. 1.11–1.17). Ссылки на них и комментарии неоднократно встречаются в других разделах книги.

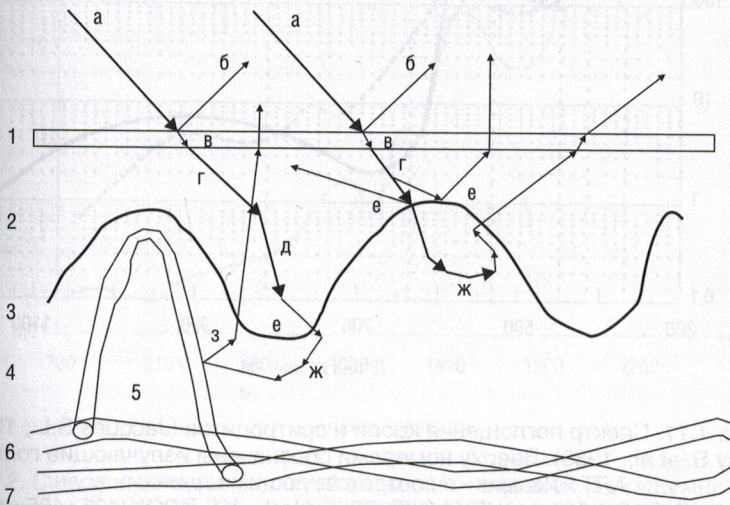


Рис. 1.10. Распространение света в коже, комментарии в тексте (Утц С.Р., 2000)

Особо акцентируем внимание на одном важном обстоятельстве. Поскольку коэффициент поглощения находится в показателе экспоненциальной функции, то в зависимости от его значения фактическое ослабление интенсивности падающего света будет происходить экспоненциально. Например, при $\mu_\lambda = 1$ на глубине 1 см свет ослабнет в 2,71 раза, а при $\mu_\lambda = 10$ на такой же глубине интенсивность (мощность) уменьшится уже в e^{10} , или более чем в 20 000 раз, а не в десять, как может показаться с первого взгляда.

Магнитное поле – это одна из форм электромагнитного поля, особая форма взаимодействия между движущимися заряженными частицами в проводниках или нескомпенсированными молекулярными токами в постоянных магнитах. Графически изображают силовыми линиями, которые образуют в пространстве замкнутые линии. Биологические объекты практически прозрачны для магнитных полей [Соловьева Г.Р., 1991]. Основной характеристикой магнитного поля является магнитная индукция. Единица измерения в *Тесла* [Тл], на практике чаще используют постоянные магниты с индукцией 35–50 мТл. В сочетанной методике магнитолазерной терапии (МЛТ), внешнее постоянное магнитное поле позволяет повысить эффективность действия НИЛИ, но

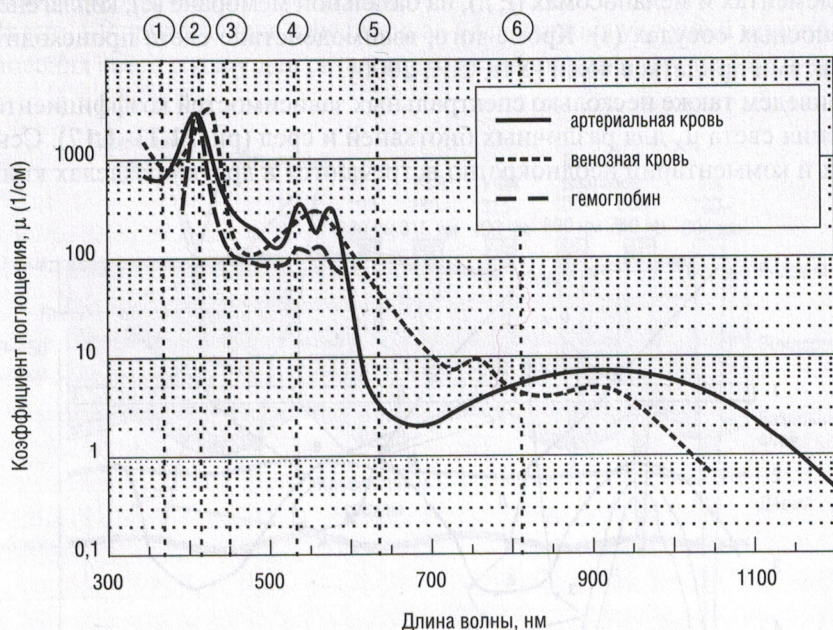


Рис. 1.11. Спектр поглощения крови и эритроцитов (Jacques S.L., 1998; Wray S. et al., 1988). Вверху номерами обозначены излучающие головки для АЛТ «Лазмик» с соответствующими длинами волн:

- 1 – КЛ-ВЛОК-365 (для ЛУФОК®, 365 нм); 2 – КЛ-ВЛОК-405 (405 нм);
- 3 – КЛ-ВЛОК-445 (445–450 нм); 4 – КЛ-ВЛОК-525 (520–525 нм);
- 5 – КЛ-ВЛОК-635 (635 нм); 6 – КЛ-ВЛОК-808 (808 нм)

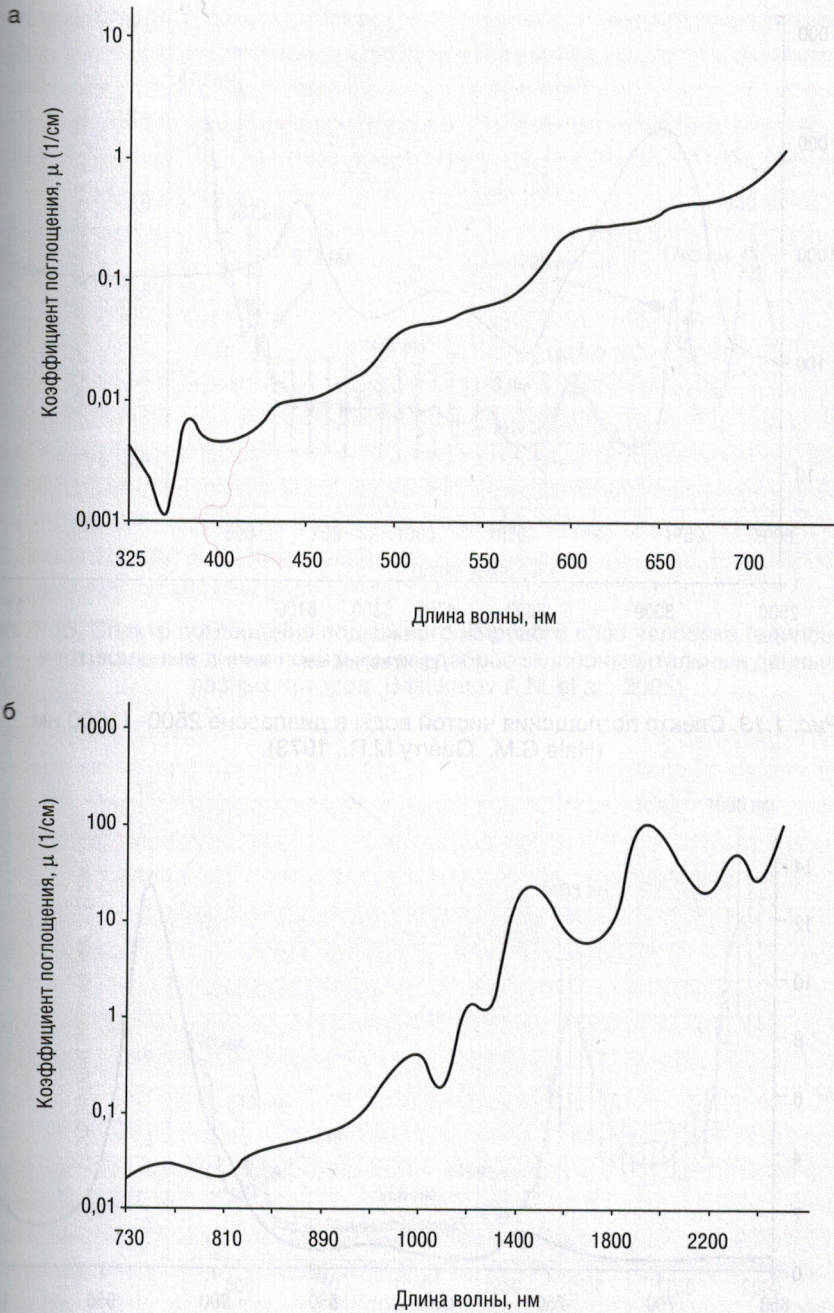


Рис. 1.12. Спектр поглощения чистой воды в УФ, видимой (а) и ближней ИК (б) областях (Hale G.M., Querry M.R., 1973; Irvine W.M., Pollack J.B., 1968; Kou L. et al., 1993; Matcher S.J. et al., 1994; Pope R.M., Fry E.S., 1997; Sullivan S.A., 1963; Wieliczka D.M. et al., 1989)

Проанализируем более детально результаты исследований по теме раздела, которые были сделаны для различных спектральных диапазонов.

633–635 нм (красный спектр, «классический» вариант ВЛОК)

Ещё раз напоминаем, что в современных аппаратах применяют исключительно диодные лазеры с длиной волны 635 нм, которые успешно заменили ГНЛ (633 нм). Эта небольшая разница в длинах волн (+2 нм) пошла даже на пользу эффективности методики, не говоря уже о других преимуществах лазеров такого типа (небольшие габариты, вес, питающие напряжения и пр.).

Мы почти не будем рассматривать этот диапазон, всё достаточно подробно изложено ранее [Гейниц А.В. и др., 2012], но скажем несколько слов о ближнем ИК-спектре, который практически не представлен в специальной литературе, хотя аппаратное обеспечение реализации метода есть (лазерная излучающая головка КЛ-ВЛОК-808-40). Поскольку поглощение кровью в этой области мало, то незначительна и эффективность воздействия, что демонстрируют результаты экспериментальных исследований. Подавление спонтанной хемилюминесценции крови (свободнорадикальных процессов) наблюдается только в период острого заболевания на фоне определённого иммунологического статуса, не выявляется у здоровых доноров и зависит от длины волны НИЛИ: чем ближе к красной области спектра, тем эффект выше (рис. 2.14) [Karu T. et al., 1993⁽²⁾]. Представленная зависимость достаточно очевидно связана со спектром поглощения крови (рис. 1.11), хотя подтвердить этот вывод могли бы только аналогичные эксперименты для других длин волн (525 и 635 нм).

Ниже представлены основные эффекты действия НИЛИ с длиной волны 633–635 нм на кровь (табл. 2.10–2.12) и для сравнения данные экспериментальных и клинических исследований, проведённых с использованием лазерных источников с другими длинами волн (табл. 2.13–2.15).

Таблица 2.10

Изменения компонент плазмы крови под действием НИЛИ с длиной волны 633 нм

Наблюдаемые изменения	Литература
Увеличение оксидазной и СОД-подобной активности церулоплазмينا, скорости окисления адреналина	Александрова Л.А. и др., 1989; Жуманкулов М.С. и др., 1989
Увеличение содержания церулоплазмينا в крови	Коновалов Е.П., 1988
Снижение уровня диеновых конъюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА)	Жуманкулов М.С. и др., 1989
Снижение содержания альбумина	Киселева Р.Е. и др., 1989
Увеличение содержания иммуноглобулинов М, G, A на 7-е сутки и нормализация на 15-е сутки	Киселева Р.Е. и др., 1989
Возрастает активность каталазы в сыворотке крови	Павловский М.П. и др., 1989
Изменяется структура плазменной части крови	Капустина Г.М., 1997; Картусова Л.Н., 1996

Таблица 2.11

**Изменения состояния форменных элементов крови
под действием НИЛИ с длиной волны 633 нм**

Компонент крови / наблюдаемые изменения	Литература
Эритроциты	
Повышение проницаемости и деформируемости мембраны без изменения структуры, изменение формы эритроцитов, усиление кислородно-транспортной функции	Байбеков И.М. и др., 2008; Колмаков В.Н. и др., 1985; Слинченко О.И., 1994; Iijima K. et al., 1993, 1993 ⁽¹⁾ ; Kovacs E. et al., 1996; Nemtsev I.Z., Koudryavtsev N.N., 1996; Siposan D.G., Lukacs A., 2001
Повышение уровня 2,3-дифосфоглицерата (2,3-ДФГ), снижение сродства гемоглобина к кислороду, усиление кислородного обмена	Гордеева С.И., Володина И.Л., 1989; Белоусов С.С. и др., 1989
Повышение активности супероксиддисмутазы (СОД)	Васильева И.Ф., 1995; Волотовская А.В., 2003; Жуманкулов М.С. и др., 1989
Увеличение сродства Ca^{2+} с белками, регулирующими активность Ca^{2+} , Mg^{2+} -АТФазы и Na^{+} , K^{+} -АТФазы, что приводит к катионным перераспределениям в крови	Мороз А.М., 1989
Повышение активности каталазы	Колмаков В.Н. и др., 1985; Свиридова С.П. и др., 1989
Усиление метаболического оборота, обновления и стабилизации липидной компоненты мембран эритроцитов	Бабушкина Г.В., и др., 1989
Снижение агрегационной способности	Белоусов С.С. и др., 1989
Трансформация стоматоцитов в дискоциты усиливает кислородно-транспортную функцию эритроцитов	Авруцкий М.Я. и др., 1997; Байбеков И.М. и др., 2008
Эритропоэз	Инюшин В.М., 1969
Повышение гемолитической устойчивости эритроцитов	Сергеева Л.И., Еремина С.В., 1984
Тромбоциты	
Снижение активности, выражающееся в уменьшении адгезии, агрегационной способности, ограничении реакции освобождения	Вахтин В.И. и др., 1989; Корочкин И.М. и др., 1984; Мельникова Н.А., 1994
Лейкоциты	
Увеличение количества розеткообразующих клеток (Е-РОК) лимфоцитов	Гриневич Ю.А. и др., 1989
Повышение пролиферативной активности лимфоцитов периферической крови	Кузьмичева Л.В., 1995; Яковенко Н.Н. и др., 1989
Увеличение количества и активности палочкоядерных нейтрофилов и эозинофилов, в меньшей степени моноцитов, сегментоядерных нейтрофилов, базофилов и лимфоцитов	Кузьмина В.Е., 1984; Кузьмина В.Е., Вარიжников К.А., 1984

Глава 3.4

ОБЕЗБОЛИВАНИЕ ЛАЗЕРНЫМ СВЕТОМ, НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ (СОАВТ. А.В. КОЧЕТКОВ)

Появление в книге этой главы обусловлено, в первую очередь, сложностью разнообразием методик лазерного воздействия с целью обезболивания. Кроме того, неоднозначна сама проблема боли, различны и способы её решения. Другой целью является знакомство российских читателей с этой темой, поскольку в отечественной литературе почти нет публикаций, в то время как большая часть зарубежных исследований была направлена на изучение лазерной терапии именно с точки зрения обезболивающего эффекта (*pain management*) лазерной терапии.

3.4.1. Классификация болевых синдромов [по А.М. Вейн с соавт., 1999]

Боль – понятие клинически и патогенетически сложное и неоднородное. Она различается по интенсивности, локализации и по своим субъективным проявлениям. Боль может быть стреляющей, давящей, пульсирующей, режущей, а также постоянной или периодической. Всё существующее многообразие характеристик боли во многом связано с самой причиной, вызвавшей её анатомической областью, в которой возникает ноцицептивный импульс, и очень важно для определения причины боли и последующего лечения. Одним из наиболее существенных факторов в понимании этого феномена является деление боли на острую и хроническую.

Совершенно не случайно само слово «боль» коренным образом связано с такими понятиями, как «больной», «больница», а отклонение от нормального, здорового состояния обозначается как «болезнь». Скорее всего, лингвистическая связь слов «боль» и «болезнь» определяется тем, что боль – одно из самых частых проявлений различных патологических процессов. В широком смысле боль является предупреждающим сигналом о возникающих в организме нарушениях, который открывает путь к распознаванию и лечению многих заболеваний. В этом смысле боль – важное и полезное ощущение.

В этой ситуации следует иметь в виду, что чувство боли является результатом реципрокных отношений между ноцицептивной и антиноцицептивной системами, которые индивидуальны и определяются как генетическими, так и приобретёнными факторами. Имеются высокочувствительные к болевым раздражениям «болевые» личности и люди, которым свойствен высокий болевой порог. Кроме того, следует признать и факт того, что восприятие боли является психофизиологическим процессом. Боль всегда окрашена эмоциональными переживаниями, что и придаёт ей индивидуальный характер. Важнейшими фак-

торами являются эмоционально-личностные особенности субъекта, уровень невротизации, наличие депрессивно-ипохондрически-сенестопатических проявлений. Существенно, что антиноцицептивные системы и психическое состояние тесно взаимодействуют друг с другом за счёт анатомо-функциональных и нейрохимических связей. В тесном взаимодействии они определяют уровни болевой восприимчивости и особенности болевого переживания.

В последние годы особое внимание привлекают так называемые хронические боли. Главной их характеристикой служит длительное, часто монотонное проявление болей, которые нередко носят не строго локализованный, а диффузно распространённый характер. У таких больных головная боль сочетается с болями в спине, конечностях, животе и т. д. «Всё болит», – так часто определяют они своё состояние. Достаточно часто болезнь сразу проявляется распространёнными болевыми синдромами, иногда различные части тела вовлекаются постепенно, а в ряде случаев хронические боли оформляются на фоне уже существующих острых локальных. Но и в последней ситуации заболевание как бы отрывается от конкретных патологических процессов, вызвавших острые боли, и существует уже по своим закономерностям. Формирующиеся у пациентов хронические боли часто утрачивают какое-либо полезное сигнальное значение. В ряде случаев становится очевидным, что в основе их появления лежит психический фактор, и они могут обозначаться как психогенные. Ведущим патологическим алгоритмом, как правило, являются депрессия, ипохондрия или сенестопатия. Иногда этот синдром обозначают как *депрессия – боль*. Указанная категория больных представляется сложной. Постоянные обращения к врачам, длительный поиск органических причин боли, многочисленные инвазивные методы исследования и даже оперативные вмешательства (у ряда больных имеется синдром Мюнхгаузена, когда они настойчиво побуждают врача ко всё новым исследованиям или вмешательствам) – так протекает жизнь этих больных.

Разумеется, не все хронические боли у пациентов обусловлены психическими нарушениями. Онкологические заболевания, поражения суставов и другие болезни сопровождаются хроническими, но чаще всего локализованными болями. Хотя следует учесть возможность возникновения на этом фоне синдрома *депрессия – боль*.

Особое место среди болевых синдромов занимают висцералгии, т. е. боли, связанные с патологией внутренних органов, иннервация которых обеспечивается вегетативной нервной системой. Сейчас уже ясно, что центральные аппараты, проводящие, анализирующие и подавляющие болевые ощущения, являются общими для вегетативной и соматической нервных систем. А вот проведение болей в вегетативной нервной системе остаётся предметом изучения и дискуссии до настоящего времени. Следует подчеркнуть, что вегетативные боли (вегеталгии) не ограничиваются висцералгиями и могут проявляться симпаталгическими синдромами на лице, конечностях и туловище.

Появление болевого симптома или синдрома всегда является сигналом опасности, требующим срочной помощи. И безусловно в первую очередь это

ментарных точек (до 6) осуществляется на область локализации болевого синдрома и звёздчатых ганглиев, по ходу сосудисто-нервного пучка на плече и предплечье, кончиков пальцев [Улащик В.С. и др., 2003⁽¹⁾]. Опять же, импульсные лазеры в данной методике предпочтительнее.

Обоснование частных методик

Ожог бытовой

Боль характеризуется наличием диффузного и устойчивого болевого раздражителя. В данном случае важны временные периоды ноцицептивной реакции, состоящие из ранней фазы интенсивного ответа, приблизительно от 3 до 5 мин, относительного уменьшения реакции (от 9 до 15 мин) и поздней фазы устойчивой ноцицептивной реакции, приблизительно от 20 до 30 мин [Zeredo J.L. et al., 2005]. Обезболивающее действие НИЛИ начинается в течение 10 мин после воздействия и длится около 20 мин [Zeredo J.L. et al., 2003]. Известно, что НИЛИ блокирует деполяризацию ноцицептивных афферентов [Jimbo K. et al., 1998; Wakabayashi H. et al., 1993], однако одного сеанса освечивания недостаточно, чтобы подавить нервную проводимость в ранней фазе реакции [Zeredo J.L. et al., 2003].

Выход в данной ситуации оказывается достаточно простой, для достижения максимального и длительного эффекта обезболивания освечивание проводится дважды. Первый раз – как можно быстрее после ожога, стабильно, дистантно, экспозиция 2 мин. Как правило, уже к окончанию процедуры происходит уменьшение боли почти до полной редукции. Второй раз освечивание (2 или 5 мин) проводится через 10–15 мин после окончания первого сеанса. Временной промежуток между сеансами индивидуален, определяется по субъективному ощущению нарастания боли, возврату неприятных ощущений, в этот момент и необходимо начинать второй сеанс ЛТ. Лучше всего для данной методики подходит матричная импульсная ИК-лазерная излучающая головка МЛ-904-80 (904 нм), мощность максимальная (60–80 Вт), частота 80–150 Гц. С профилактической целью и для лучшего заживления необходимо провести дополнительно 2–3 ежедневные процедуры, экспозиция 2 мин стабильно, дистантно, на область травмы, параметры НИЛИ те же. Аппараты лазерные физиотерапевтические «Лазмик» или «Лазмик-ВЛОК».

Фибромиалгия и миофасциальные болевые синдромы

Одни из наиболее ярких примеров хронической боли. Фибромиалгию (ФМ) определяют как неревматическую несуставную диффузную (распространённую) симметричную боль, носящую хронический характер и сопровождающуюся скованностью, депрессией, нарушениями сна и наличием характерных болевых точек. Факторами, провоцирующими болевые ощущения, являются:

физическое переутомление, эмоциональные переживания, длительное позное перенапряжение, пребывание в неподвижном состоянии, а также холод и влажность. Боли облегчаются под воздействием тепла, массажа, после отдыха, чередующегося с кратковременными периодами физической активности [Вейн А.М. и др., 1999].

Единственным специфическим феноменом ФМ считается наличие болевых точек, обозначаемых как Tender Points (TP). Существование болезненности в определённых зонах на теле больных ФМ было замечено давно, Н. Smythe предположил этот факт в качестве критерия диагностики ФМ в 1972 г. В последующем важность выявления специфических чувствительных точек в диагностике ФМ указывали многие авторы. TP являются главной составной частью современных критериев ФМ, причём сами больные могут не знать о наличии у них этих точек. TP имеют характерные особенности: чтобы вызвать боль, достаточно лёгкого усилия; при пальпации можно получить ту боль, которая у больных возникает спонтанно; болевые точки расположены строго в определённых местах, т.е. имеется специфическая карта TP [Вейн А.М. и др., 1999]. Расположение основных болевых точек (TP) при ФМ представлено на рис. 3.9:

- затылочная область – место прикрепления *m. suboccipitalis*;
- область шеи – передние отделы пространств между поперечными отростками на уровне C_V и C_{VII} ;
- трапециевидная мышца – середина верхнего края *m. trapezius*;
- надостная мышца – место начала *m. supraspinatus*;
- грудинно-рёберное сочленение на уровне второго ребра;
- латеральный надмыщелок плеча – 2 см дистальнее;
- ягодичная область – верхний наружный квадрант ягодицы по переднему краю мышцы;
- в медиальной жировой подушке в области коленного сустава.

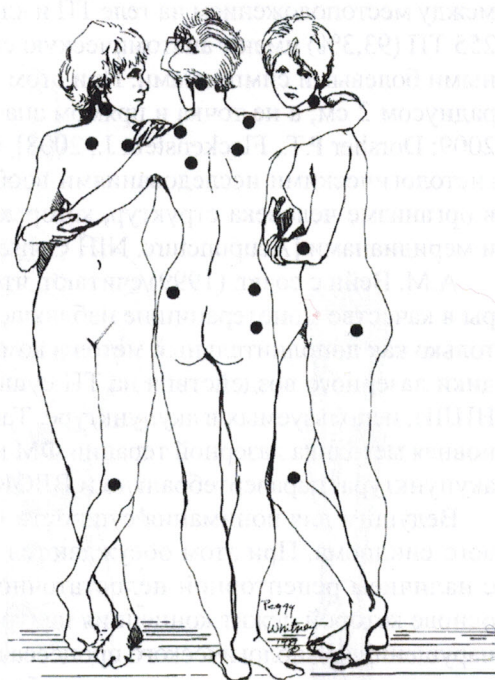


Рис. 3.9. Основные болевые точки при фибромиалгии

Максимальное количество точек неизвестно, но у женщин