

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЙ ОРГАНИЗМ

Супрунов В.В.¹, Евсюкова А. И.¹, Кузнецов З. Л.¹.

Кубанский государственный университет «КубГУ», e-mail: ya.suprunov2012@yandex.ru

Лечебные воздействия на биологический организм оптическим излучением используются на протяжении многих веков. *Гелиотерапия*, или лечение солнечным светом, широко применяется для лечения различных нарушений на коже, для лечения и профилактики рахита, для паллиативного лечения туберкулеза легких. За метод лечения туберкулеза кожи с помощью ультрафиолетового света в 1903 году присуждена Нобелевская премия.

Хотя солнечный свет всегда считался полезным, до изобретения лазера в фотомедицине использовалась, в основном, его ультрафиолетовая компонента.

С появлением лазера применение света в медицине существенно расширилось. На основе его были созданы хирургические инструменты, которые широко применяются для удаления ткани испарением, для бескровного разреза в зонах с обильным кровоснабжением, в качестве коагуляторов при массивных поражениях ткани, а также при сосудистых и пигментных поражениях, в офтальмологии, для рассечения помутневших мембран, при операциях по поводу отслоения сетчатки .

Ключевые слова: лазерное излучение, медицина, биологический организм, денатурация белка, закон Арндта-Шульца.

THE EFFECT OF LASER RADIATION ON A BIOLOGICAL ORGANISM

Suprunov V.V. ¹, Evsyukova A. I.¹, Kuznetsov Z. L.

Kuban State University "Kubgu", e-mail: ya.suprunov2012@yandex.ru

Therapeutic effects on the biological organism by optical radiation have been used for many centuries. Heliotherapy, or sunlight treatment, is widely used for the treatment of various skin disorders, for the treatment and prevention of rickets, for palliative treatment of pulmonary tuberculosis. The Nobel Prize was awarded in 1903 for the method of treating tuberculosis of the skin using ultraviolet light.

Although sunlight has always been considered useful, before the invention of the laser, its ultraviolet component was mainly used in photomedicine.

With the advent of the laser, the use of light in medicine has expanded significantly. On the basis of it, surgical instruments have been created that are widely used to remove tissue by evaporation, for bloodless incision in areas with abundant blood supply, as coagulators for massive tissue lesions, as well as for vascular and pigmented lesions, in ophthalmology, for dissection of clouded membranes, during operations for retinal detachment, etc.

Keywords: laser radiation, medicine, biological organism, protein denaturation, Arndt-Schultz law.

С развитием лазерной техники появились новые направления их использования, основанные на воздействии на биологическую ткань низкоэнергетическими излучениями [1]. Под ними понимают излучения, которые существенно не изменяют температуру объекта, являющегося целью воздействия. Под влиянием низкоэнергетического лазерного воздействия: уменьшаются страдания от хронических болей; улучшается приживаемость кожных лоскутов, снижаются боли при ревматоидном артрите и невралгии тройничного нерва; стимулируется кровоснабжение костного мозга и надкостницы, что приводит к улучшению снабжения костей кальцием при остеопорозе; восстанавливаются ощущения при лечении ранних случаев паралича; уменьшаются боли при переломах, ушибах ; уменьшаются неприятные ощущения при простатитер.

Лазерная энергия используется и при некоторых нетермических манипуляциях. Так для лечения предраковых и раковых поражений больному вводится фоточувствительный препарат (производная гематопорфирина). Через 48-72 часа она выводится естественным путем из здоровых клеток, но остается в раковых и предраковых. При облучении подозреваемых зон низкоэнергетическим красным лазерным светом, пораженная биоткань начинает светиться . Благодаря этому удается четко определить ее границы. При облучении более мощным лазером в клетках возникает специфическая реакция [2]. Полагают, что при этом продуцируется синглетный кислород, который вызывает гибель клеток. При этом погибают только патологические клетки. На окружающую здоровую ткань этот эффект не распространяется.

В зависимости от уровня световой энергии, воздействующей на биологический организм, можно условно выделить несколько реакций:

денатурация белка (самая слабая реакция при нагреве от 40°C и далее) ;

коагуляция (при нагреве от 68°C);

испарение (при нагреве от 100°C);

карбонизация (при значительной температуре от 120°C) .

Денатурация белка - реакция обратимая. Белок восстанавливается сразу же, как только фототермический стимул прекращается. Остальные процессы необратимы и вызывают деструктивные изменения свойств биоткани.

Реакцию на низкоэнергетическое лазерное излучение, при котором происходит денатурация белка, называют фотобиоактивацией. При этом пораженная зона облучается лазерным излучением с мощностью в милливатты. Изменение температуры в зоне облучения незначительно (на уровне 1°C). Реакцией на такое воздействие является: уменьшение болей, улучшение приживляемости трансплантантов и лоскутов, ускорение заживления ран) [3].

Представление о денатурации белка

Вся соединительная ткань в организме состоит из коллагена. Коллаген - это сложная белковая субстанция, состоящая, в основном, из тройной X-спиральной пептидной цепи. Цепи переплетаются и соединяются с другими цепями с помощью водородных связей, которые чувствительны к теплу. При температуре выше 40°C коллагеновые и индивидуальные фибриловые связи разрушаются. Коллаген денатурирует или плавится, превращаясь в свою первоначальную желатиновую форму. Причем на этой стадии часть связей сохраняется и присутствует наряду с частично разрушенными. При снижении температуры ниже 40°C эти связи вновь соединяются, но не обязательно с их предыдущим партнером. Поэтому может наблюдаться некоторое переустройство матрикса из коллагеновых волокон.

При температурах больше 55°C возникает *деградация белка*. Она характеризуется тем, что все оставшиеся жизнеспособными при денатурации водородные связи разрушаются. При этом вся структура матрикса претерпевает коллапс. Основная жидкость разрушенных связей инфильтрируется в индивидуальные волоконные пучки. При снижении температуры матрикс полностью не восстанавливается. Происходит повреждение клетки и наблюдаются *фотодеструктивные изменения*.

При температуре большей 63°C наблюдается коагуляция. Нормальная неровная структура целлюлярной массы и коллагеновой матрицы исчезает. Вместо них появляется ровная плотная масса. В эпидермальных и дермальных клетках ядер обнаруживаются изменения.

При температуре большей 90°C меж- и внутрицеллюлярная жидкость начинает закипать. Образуются маленькие пузырьки.

При 100°C жидкость мгновенно испаряется. Под действием пара в ткани давление в ней резко повышается. Она буквально взрывается и расходится. При этом частицы ткани выбрасываются вместе с паром) [4].

При испарении тепло передается в близлежащие ткани, вызывая коагуляционный некроз в ближних и денатурацию - в более отдаленных тканях.

Если температура больше 120°C , наблюдается процесс карбонизации - обугливания тканей.

Закон Арндта-Шульца.

В биологии считается справедливым закон Арндта-Шульца, который гласит следующее: в биологической системе слабые стимулы дают сильные ответные реакции, средние - умеренные реакции, умеренно-сильные слегка затормозят систему, а очень сильные полностью остановят ее. Ориентируясь на него, выбирают уровень воздействия на биологическую ткань.

Физические явления при облучении лазерным излучением биологического организма могут быть объяснены следующим образом. В соответствии со вторым законом

фотобиологии, который носит название закона Эйнштейна-Старка, каждый поглощенный фотон образует возбужденную частицу, например, атом, молекулу или свободный радикал. Возбуждение есть первичная реакция на лазерное воздействие. Возвращение к исходному состоянию может происходить разными путями. Энергия может рассеяться в форме тепла без какой-либо фотохимической реакции. Это явление используется в лазерных устройствах, которые испаряют биоткань, или с помощью которых проводится коагуляция) [5].

Энергия может рассеяться в форме ответного свечения с более длинной длиной волны.

Кроме этого энергия может передаваться к соседним невозбужденным частицам, вызывая их реакцию, которая по существу, является фотодинамической. Могут также возникнуть фотопродукты, возникающие как результат вторичных реакций.

Поэтому считают, что вслед за попаданием на биоткань лазерного луча и возникновением первичной реакции за ней следует вторичная системная реакция, которая может быть фототермической (используется при испарениях или коагуляции), фотоэлектрической, фотомагнитной, фотодинамической или фотохимической [6].

Поскольку организм представляет собой единое целое, результат воздействия продолжается очень долго после его окончания. После лазерной операции реакция организма продолжается в течение дней, недель и даже месяцев. Такая сложность и комплексность лазерной медицины делает ее очень интересной для исследования и разработки новых технологий.

Список литературы

1. Филипов А.С. Лазеры в медицине: типы и применение // Tiara medical . Медицинское оборудование. 2021, июль. [Электронный ресурс]. URL : <https://www.tiaramed.ru/advice/lazery-v-meditsine-tipy--primeneni/>
2. Новые технологии в хирургии и терапии рогаковицы на основе применения рибофлавина и субабляционных режимов излучения эксимерного лазера «Микроскан Визум». Современные технологии в офтальмологии. 2019; 5: 287–291.
3. Минаев В.П. Развитие лазерных медицинских технологий // Фотоника, №2, 2010, с. 50-53
4. Гейниц А. В. Елисова Т. Г. Лазеры в хирургическом лечении геморроя. Лазерная медицина. 2009; 1: 31–35
5. Крушевский Ю. А. Практические рекомендации по защите от электромагнитного излучения. — М., 2004.
6. Савицкая Я. А. Сборник материалов региональной научно-практической конференции Геотехнологии и охрана труда в горной промышленности / Я. А. Савицкая, В. В. Паслен. — Красноармейск, 2008.