# Новые возможности применения в медицинской практике видимого и инфракрасного спектров электромагнитного излучения, прошедших фильтрацию через воду

В.В. ВЛАДИМИРОВ[1], Н.С. СИРМАЙС

ФГОУ ДПО Институт повышения квалификации ФМБА России

## The new possibilities for the application of visible and infrared electromagnetic radiation filtered through water in medical practice

V.V. VLADIMIROV, N.S. SIRMAIS

State educational institution of higher professional education Institute of Advanced Training, Russian Federal Medico-Biological Agency

**В статье проанализированы данные литературы по применению в медицинской практике, в том числе дерматологии, видимого и инфракрасного спектров электромагнитного излучения, прошедших фильтрацию через воду. Описано использование нового аппарата PhotoDyn 750 в фотодинамической терапии.**

*Ключевые слова: электромагнитное излучение, видимый и инфракрасный спектры, фотодинамическая терапия, PhotoDyn 750.*

**The authors present the results of analysis of the literature data concerning the new possibilities for the application of visible and infrared electromagnetic radiation filtered through water in different domains of medical practice including dermatology. The use of the new PhotoDyn 759 apparatus for photodynamic therapy is described.**

*Key words: electromagnetic radiation, visible and infrared spectra, photodynamic therapy, PhotoDyn 750.*

Основная часть солнечного излучения достигает поверхности земли в виде трех составляющих: ультрафиолетовых лучей (10%), видимого света (40%) и инфракрасного излучения (50%). Наиболее значимой и хорошо изученной частью солнечного излучения являются ультрафиолетовые лучи, наиболее безопасной — инфракрасные лучи.

В начале XIX века английский ученый У. Гершель доказал, что за нижней границей видимого спектра существует излучение. Так, термометр, помещенный за красной частью солнечного спектра (в невидимой части спектра), показал повышенную температуру по сравнению с контрольными термометрами, расположенными сбоку. В дальнейших исследованиях это явление было изучено и получило название инфракрасного излучения (IR). Было установлено, что IR исходит от любых нагретых тел и предметов, и когда вещество поглощает это излучение, оно нагревается. По другим характеристикам это излучение ничем не отличалось от видимого спектра света, подчиняясь тем же физическим законам [1].

В 1923 г. советский физик А.А. Глаголева-Аркадьева получила радиоволны с длиной волны, приблизительно равной 80 мкм, соответствующие инфракрасному диапазону длин волн. Так, экспериментально было доказано существование непрерывного перехода от видимого излучения к IR и радиоволновому, и что все они имеют электромагнитную природу [2].

IR много лет применяется в физиотерапевтической практике. На электромагнитной шкале волн (рис. 1) IR занимает промежуточное положение между видимым светом и радиоволнами и делится на спектры А (коротковолновое), В (средневолновое) и С (длинноволновое). Из этих спектров только излучение спектра А обладает наибольшей способностью проникать через кожный барьер. IR также называют «тепловым» излучением, так как IR от нагретых предметов воспринимается кожей человека

© В.В. Владимиров, Н.С. Сирмайс, 2011

[1]e-mail: v.vladimirov@psorias.ru

*Klin Dermatol Venerol 2011;6:97*

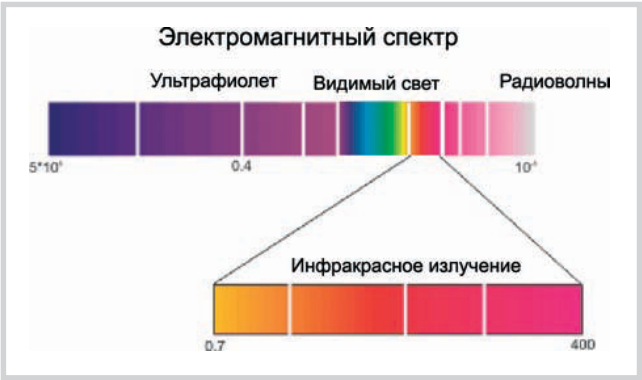



***Рис. 1.*** **Электромагнитная шкала волн.**

как ощущение тепла. При этом длины волн, излучаемые телом, зависят от температуры нагревания, т.е. чем выше температура, тем короче длина волны и выше интенсивность излучения [3].

*Применение инфракрасных лучей в медицине*

IR в медицинских целях используются с античных времен, когда врачи применяли разные подручные средства, такие как горящие угли, нагретое железо, соль, глину для лечения ушибов, язв, карбункулов, кровоподтеков и др. Гиппократ описывал способ их применения для обработки ран, обморожения и др. В течение долгого времени IR относили к биологически инертному излучению и не включали в подробные исследования. Однако постепенно стали накапливаться доказательства того, что IR могут оказывать биологические эффекты на кожу и ткани человека.

В конце XIX века были введены в терапевтическую практику электрические лампы накаливания, после чего инфракрасные лучи стали с успехом применять при заболеваниях лимфатической системы, грудной клетки, суставов, печени и желчного пузыря, органов брюшной полости. С помощью этих же ламп стали лечить невралгии, невриты, миалгии, мышечную атрофию, кожные заболевания (фурункулы, карбункулы, абсцессы, импетиго, сикозы, экземы, волчанку, келоиды, травматические повреждения, язвы) [2]. Инфракрасные лучи нашли применение при переломах, для активизации обмена в парализованных органах, ускорения окисления, воздействующего на общий обмен веществ, стимулирования эндокринных желез, исправления последствий неправильного питания (при ожирении), заживления ран и др. [4].

В настоящее время многие врачи и сами больные продолжают использовать в терапевтических целях обычные инфракрасные (ИК) лампы (например, синюю лампу), несмотря на то, что лечение IR широкого спектра имеет свои недостатки, которые связаны с наличием в широком спектре IR его ближнего диапазона, и это может приводить не только к быстро нарастающей эритеме, но и к ожогу. Слишком продолжительные сеансы ИК-терапии широким спектром способствуют развитию астении, а в некоторых случаях происходит обострение болей [5].

*Новый аппарат в фотодинамической терапии*

Аппараты, в которых используется IR широкого спектра, действуют прежде всего за счет изменения импульсной активности термомеханочувствительных афферентов облученного участка кожи с развитием нейрорефлекторной реакции внутренних органов. В то время как коротковолновое IR, прошедшее фильтрацию водой (waterfiltered infrared A — wIRA), осуществляет терапевтическое нагревание глубоких слоев кожи, подлежащих тканей и внутренних органов в течение длительных промежутков времени без перегрева поверхностных слоев кожи [6—8]. При этом отмечается ускорение циркуляции крови в нижележащих тканях, уменьшение напряжения в мышцах, боли, повышение потенциальной энергии клетки организма, деятельности специфических клеточных структур, увеличение активности ферментов и эстрогенов, из клеток организма уходит несвязанная вода и происходят различные биохимические реакции [9—15].

Первым медицинским прибором, работающим в инфракрасном излучении спектра А, прошедшим фильтрацию через воду и видимом спектре света (visible light), является аппарат PhotoDyn 750.

При помощи специальной гидрокюветы лучи, преимущественно инфракрасные спектров В и С [16], поглощаются и остаются фильтрованные лучи спектра А, имитируя IR солнца, которое фильтруется через влагу атмосферы. Следовательно, терапия с использованием wIRA является наиболее естественным видом лечения [6—8, 13, 17—19]. После фильтрации через эту кювету остаются wIRA (в пределах 780—1400 нм), которые, главным образом, обладают положительными свойствами и в то же время не оказывают побочных действий [20—24]. Проведенные исследования *in vivo* и *in vitro* показали, что длины волн wIRA, приближенных к видимому свету, равные приблизительно 780—1000 нм (800—900 нм [25—27], 800 нм [28], 820 нм [29—31], 830 нм [32]), представляют клинически самую важную часть wIRA [8, 33]. Кроме того, wIRA, помимо термических, имеет нетермические эффекты, которые основаны на прямом возбуждении клеток и клеточных структур, запуская каскад разных клеточных реакций [13] (например, влияют на цитохром С [29, 30, 34], рост нейронов [29], возбуждение процессов, направленных на заживление ран [35, 36], активацию защитных свойств клеток [11, 12, 37—41] и др.).

В зарубежной научной литературе имеется достаточно сведений о применении аппарата PhotoDyn 750 (рис. 2) в разных областях медицины. В отече-



***Рис. 2.*** **Аппарат PhotoDyn 750.**

ственной медицинской практике данный аппарат еще не применялся.

Во многих исследованиях [7, 8, 17, 18, 21, 42, 43] показано, что wIRA действует, повышая кровоснабжение [8, 44—46], парциальное давление (на 32% на глубине ткани 2 см) [23] и температуру (на 2,7 °С на глубине ткани 2 см) [23, 24, 44—49]. Эти три фактора являются основными для достаточного оснащения тканей энергией и кислородом, а следовательно, также для исцеления ран и защиты от инфекции. wIRA оказывает обезболивающий эффект и таким образом требует меньшего потребления анальгетических средств (в группах с wIRA на 52—69% меньше, чем в контрольных)[54]. wIRA уменьшает экссудацию и воспаление и оказывает положительные иммуномодулирующие эффекты. Кроме того, после лечения отмечается замечательный косметический эффект. Таким образом, при использовании wIRA по сравнению с контрольными группами наблюдались уменьшение выраженности болевого синдрома [42], сокращение сроков лечения как при хронических заболеваниях (например, трофических язвах [20, 22, 50]), так и при острых инфицированных ранах в до- [51] и послеоперационном [23, 52] периоде. Также были проведены исследования, направленные на изучение взаимодействия IR и ультрафиолетового излучения, в ходе которых получены данные о том, что предварительная обработка кожи wIR снижала повреждение ДНК клеток от ультрафиолетового излучения. Известно, что wIR угнетают выработку такого проапоптотического белка, как Bax, и увеличивают выработку антиапоптотических белков, таких как FLIP и Bcl-XL [53, 37], предупреждая развитие метаболических нарушений.

Данный аппарат широко используется для фотодинамической терапии (ФДТ) с применением фотосенсибилизаторов из группы порфиринов (5-аминолевулиновая кислота – 5-АЛА) при лечении базалиом, актинического кератоза, болезни Бовена, простого лишая Видаля [55—57]. Перед облучением можно провести флюоресцентную диагностику с помощью спектральной лампы PhotoDyn HM6, которой комплектуется аппарат PhotoDyn 750 [58], в результате чего при использовании 5-АЛА в качестве фотосенсибилизатора обнаруживается, что накопление протопорфирина IX в опухоли происходит быстро с высокой контрастностью флюоресценции по отношению к нормальным тканям [59—62]. В литературе также описаны случаи излечения с помощью wIRA кожной формы саркоидоза с применением метиламинолевулината (Metvix) — фотосенсибилизатора, за счет своей липофильной структуры лучше, чем 5-АЛА, проникающего в ткани [63—66].

PhotoDyn 750 широко используют в дерматологии для лечения акне с применением синего светофильтра, бородавок, трофических язв, псориаза, красного плоского лишая, бляшечной склеродермии и других дерматозов [67, 68]. Так, например, избирательное синее излучение деликатно проникает в кожу и убивает *Propionibacterium acne*, не повреждая ткани. Эффективность голубого света зависит от тяжести течения угревой болезни, который в качестве монотерапии можно рекомендовать при акне легкой и средней тяжести. Пациентам с тяжелым течением угревой болезни целесообразно включать данный вид лечения в комплексную схему, так как это позволяет сокращать курс системных препаратов, тем самым снижая побочные эффекты от их применения [69—72]. В последнее время большое значение ФДТ уделяется при лечении склеродермии [68], при которой часто наблюдаются трофические нарушения и имеются плохо поддающиеся лечению склерозированные участки. Так, например, показано, что сеансы wIRA способствовали полному заживлению кожных покровов, сглаживанию склерозированных очагов и их границ не только во время лечения с помощью wIRA, но и после завершения процедур в течение 3 мес. При этом в последующие 4 мес рецидивов не наблюдалось, новые очаги не образовывались.

В неврологии wIRA используют при лечении хронического болевого синдрома, хронического неврита, невралгий [73, 74], в ревматологии — при хронических дегенеративных воспалительных про-

цессах, хроническом полиартрите, спондилите, висцеральном ревматизме, дегенеративных заболеваниях суставов и позвоночника [13, 75].

Также проводятся исследования по применению wIRA в области косметологии, например при фотоомоложении, лечении гиперплазии сальных желез, для профилактики рака кожи, уменьшения гипертрофированных и келоидных рубцов. В ответ на IR, применяемое в аппарате PhotoDyn 750, происходит выброс оксида азота в мускулатуру сосудов. Это вызывает их расширение и усиливает циркуляцию крови в кожном покрове и, таким образом, насыщает клетки кислородом, что в свою очередь приводит к расширению и очищению пор кожи. Удаляются отмершие клетки, кожа становится гладкой, упругой и эластичной. Усиление кровообращения также способствует заживлению участков, подвергавшихся хирургическому вмешательству, что особенно важно при косметологических коррекциях овала лица для восстановления кровообращения в ишемизированных кожных лоскутах [76—80]. Также научно доказано, что с возрастом количество фибробластов кожи уменьшается, в результате кожа истончается, содержание влаги в ней уменьшается, кожа теряет упругость и эластичность, появляются морщины. С помощью wIRA стало возможным замедлить процессы старения за счет увеличения количества фибробластов в коже, которые после проведения сеансов wIRA начинают активно синтезировать коллаген, эластин, факторы роста, гиалуроновую кислоту, в результате чего не только повышаются упругость и эластичность кожи, улучшается ее цвет, но и сглаживаются глубокие и исчезают мелкие морщины [81—84].

Таким образом, возможности клинического применения нового вида инфракрасного излучения спектра А, прошедшего фильтрацию через воду, с использованием аппарата PhotoDyn 750 довольно широки и могут найти применение как в физиотерапевтических отделениях больниц широкого профиля, так и в клиниках с узкой специализацией.

## ЛИТЕРАТУРА


1. Справочник по приборам инфракрасной техники. Под ред. Л.З. Криксунова. Киев 1980.
2. Справочник по инфракрасной технике. Под ред. У. Волф, Г. Цисис. В 4 т. М 1995—1999.
3. *Шрайбер Г.* Инфракрасные лучи в электронике. М 2003.
4. *Nestor M.S., Gold M.H., Kauvar A.N. et al.* The use of photodynamic therapy in dermatology: results of a consensus conference. J Drugs Dermatol 2006; 5: 2: 140—154.
5. *Burri N., Gabbers N., Applegate LA.* Chronic infrared-A radiation repair: Implications in cellular senescence and extracellular matrix. In: Recent Research Developments in Photochemistry & Photobiology. Ed. S.G. Pandalai. Vol. 7. Trivandum: Transworld Research Network 2004; 219—231.
6. *Владимиров В.В., Юрасов С.Н.* Перспективные возможности клинического применения нового вида инфракрасного излучения спектра А, прошедшего фильтрацию через воду (wIRA). Актуальные вопросы дерматологии и урогенитальной патологии. Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции. М 2009;11—13.
7. *Hoffmann G.* Wassergefiltertes Infrarot A (wIRA) zur Verbesserung der Wundheilung. GMS Krankenhaushyg. Interdiszip 2006; 1: 1.
8. *Hoffmann G.* Principles and working mechanisms of water-filtered infrared-A (wIRA) in relation to wound healing. GMS Krankenhhyg Interdiszip 2007; 2: 2.
9. *Luksiene Z.* Photodynamic therapy: mechanism of action and ways to improve the efficiency of treatment. Medicine (Kaunas) 2003; 39: 12: 1137—1150.
10. *Sharman W.M., Allen C.M., van Lier J.E.* Role of activated oxygen species in photodynamic therapy. Methods Inzymol 2000; 319: 376—400.
11. *Menezes S., Coulomb B., Lebreton C., Dubertret L.* Non-coherent near infrared radiation protects normal human dermal fibroblasts from solar ultraviolet toxicity. J Invest Dermatol 1998; 111: 4: 629—633.
12. *Applegate L.A., Scaletta C., Panizzon R. et al.* Induction of the putative protective protein ferritin by infrared radiation: implications in skin repair. Int J Mol Med 2000; 5: 3: 247—251.
13. *Fuchs S.M., Fluhr J.W., Bankova L. et al.* Photodynamic therapy (PDT) and waterfiltered infrared A (wIRA) in patients with recalcitrant common hand and foot warts. Ger Med Sci 2004; 2: Doc08.
14. Wärmetherapie mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung [Thermal therapy with water-filtered infrared-A radiation]. Eds. P. Vaupel, W. Krüger. 2 ed. Stuttgart: Hippokrates 1995.
15. *Karu TI.* Primary and secondary mechanisms of action of visible to near-IR radiation on cells. J Photochem Photobiol B 1999; 49: 1: 1—17.
16. *Rzeznik J.* Die Technik zur loko-regionalen Wärmetherapie mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung. In:Wärmetherapie mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung. Hrsg. P. Vaupel W. Krüger. Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten. Stuttgart: Hippokrates 1995:29—46.
17. *Hoffmann G.* Wassergefiltertes Infrarot A (wIRA) zur Verbesserung der Wundheilung bei akuten und chronischen Wunden. Wundmanagement 2008; 2: 72—80.
18. *Hoffmann G.* Klinische Anwendungen von wassergefiltertem Infrarot A (wIRA). In: Sechstes Symposium «Licht und Gesundheit». Eds. H. Kaase, F. Serick. Eine Sondertagung der Technischen Universität Berlin und der Deutschen Gesellschaft für Photobiologie mit der Deutschen Akademie für Photobiologie und Phototechnologie und der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft. Berlin 2008; 130—146.
19. *Cobarg C.C.* Physikalische Grundlagen der wassergefilterten Infrarot-A-Strahlung. In: Wärmetherapie mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung. Eds. P. Vaupel, W. Krüger. Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten. Stuttgart: Hippokrates 1995; 19—28.
20. *von Felbert V., Schumann H., Mercer J.B. et al.* Therapy of chronic wounds with water-filtered infrared-A (wIRA). GMS Krankenhhyg Interdiszip 2008; 2: Doc52.
21. *von Felbert V., Simon D., Braathen L.R. et al.* Treatment of linear scleroderma with water-filtered infrared-A irradiation. Hautarzt 2007; 58: 11: 923—924.
22. *von Felbert V., Streit M., Weis J., Braathen L.R.* Anwendungsbeobachtungen mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung in der Dermatologie. Dermatol Helvetica 2004; 16: 7: 32—33.
23. *Hartel M., Hoffmann G., Wente M.N. et al.* Randomized clinical trial of the influence of local water-filtered infrared A irradiation on wound healing after abdominal surgery. Br J Surg 2006; 93: 8: 952—960.
24. *Mercer J.B., Nielsen S.P., Hoffmann G.* Improvement of wound healing by water-filtered infrared-A (wIRA) in patients with chronic venous stasis ulcers of the lower legs including evaluation using infrared thermography. Ger Med Sci 2008; 6: Doc 11.

25. *Albrecht-Buehler G.* Surface extensions of 3T3 cells towards distant infrared light sources. J Cell Biol 1991; 114: 3: 493—502.
26. *Albrecht-Buehler G.* Cellular infrared detector appears to be contained in the centrosome. Cell Motil Cytoskeleton 1994; 27: 3: 262—271.
27. *Albrecht-Buehler G.* A long-range attraction between aggregating 3T3 cells mediated by near-infrared light scattering. Proc Natl Acad Sci USA 2005; 102: 14: 5050—5055.
28. *Ehrlicher A., Betz T., Stuhrmann B. et al.* Guiding neuronal growth with light. Proc Natl Acad Sci USA 2002; 99: 25: 16024—16028.
29. *Karu T.I., Pyatibrat L.V., Kalendo G.S.* Cell attachment to extracellular matrices is modulated by pulsed radiation at 820 nm and chemicals that modify the activity of enzymes in the plasma membrane. Lasers Surg Med 2001; 29: 3: 274—281.
30. *Karu T.I., Pyatibrat L.V., Kalendo G.S.* Donors of NO and pulsed radiation at lambda = 820 nm exert effects on cell attachment to extracellular matrices. Toxicol Lett 2001; 121: 1: 57—61.
31. *Karu T.I., Pyatibrat L.V., Kalendo G.S.* Cell attachment modulation by radiation from a pulsed light diode (lambda = 820 nm) and various chemicals. Lasers Surg Med 2001; 28: 3: 227—236.
32. *Chow R.T., Heller G.Z., Barnsley L.* The effect of 300 mW, 830 nm laser on chronic neck pain: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. Pain 2006; 124: 1—2: 201—210.
33. *Gebbers N., Hirt-Burri N., Scaletta C. et al.* Water-filtered infrared-A radiation (wIRA) is not implicated in cellular degeneration of human skin. Ger Med Sci 2007; 5: Doc08.
34. *Karu T.I.* Low-power laser effects. In: Lasers in medicine. Ed. R.W. Waynant. Boca Raton: CRC Press 2002; 171—209.
35. *Danno K., Mori N., Toda K. et al.* Near-infrared irradiation stimulates cutaneous wound repair: laboratory experiments on possible mechanisms. Photodermatol Photoimmunol Photomed 2001; 17: 6: 261—265.
36. *Horwitz L.R., Burke T.J., Carnegie D.* Augmentation of wound healing using monochromatic infrared energy. Exploration of a new technology for wound management. Adv Wound Care 1999; 12: 1: 35—40.
37. *Frank S., Menezes S., Lebreton-De Coster C. et al.* Infrared radiation induces the p53 signaling pathway: role in infrared prevention of ultraviolet B toxicity. Exp Dermatol 2006; 15: 2: 130—137.
38. *Frank S., Oliver L., Lebreton-De Coster C. et al.* Infrared radiation affects the mitochondrial pathway of apoptosis in human fibroblasts. J Invest Dermatol 2004; 123: 5: 823—831.
39. *Danno K., Horio T., Imamura S.* Infrared radiation suppresses ultraviolet B-induced sunburn-cell formation. Arch Dermatol Res 1992; 284: 2: 92—94.
40. *Burri N., Gebbers N., Applegate L.A.* Chronic infrared-A radiation repair: Implications in cellular senescence and extracellular matrix. In: Recent Research Developments in Photochemistry & Photobiology. Ed. S.G. Pandalai. Trivandrum: Transworld Research Network 2004; 7: 219—231.
41. *Hoffmann G., Meffert H.* Apparent contradiction between negative effects of UV radiation and positive effects of sun exposure. Ger Med Sci 2005; 3: Doc01.
42. *Hartel M., Illing P., Mercer J.B. et al.* Therapy of acute wounds with water-filtered infrared-A (wIRA). GMS Krankenhhyg Interdiszip 2007; 2: 2: Doc53.
43. *Hoffmann G.* Water-filtered infrared-A (wIRA) in acute and chronic wounds. GMS Krankenhhyg Interdiszip 2009; 4: 2: Doc12.
44. *Mercer J.B., de Weerd L.* The effect of water-filtered infrared-A (wIRA) irradiation on skin temperature and skin blood flow as evaluated by infrared thermography and scanning laser Doppler imaging. Thermology Int 2005; 15: 3: 89—94.
45. *Pascoe D.D., Mercer J.B., deWeerd L.* Physiology of thermal signals. In: Bronzino JD, ed. Biomedical Engineering Handbook. 3rd ed. Boca Raton (Florida/USA): Tailor and Francis Group: CRC press 2006; 211—2120.
46. *Hellige G., Becker G., Hahn G.* Temperaturverteilung und Eindringtiefe wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung. In: Wärmetherapie mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung. Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten. Eds. P. Vaupel, W. Krüger. Hippokrates 1995; 63—79.
47. *Vaupel P., Rzeznik J., Stofft E.*Wassergefilterte Infrarot-A-Strahlung versus konventionelle Infrarotstrahlung: Temperaturprofile bei lokoregionaler Wärmetherapie. Phys Rehab Kur Med 1995; 5: 77—81.
48. *Stofft E., Vaupel P.* Wassergefilterte Infrarot-A-Strahlung versus Fango-Paraffin-Packung: Temperaturprofile bei lokoregionaler Wärmetherapie. Phys Rehab Kur Med 1996; 6: 7—11.
49. *Vaupel P., Stofft E.* Wassergefilterte Infrarot-A-Strahlung im Vergleich zu konventioneller Infrarotstrahlung oder Fango-Paraffin-Packungen: Temperaturprofile bei lokalerWärmetherapie. In: Wärmetherapie mit wassergefilterter Infrarot-A-Strahlung. Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten. Eds. P. Vaupel, W. Krüger. Stuttgart: Hippokrates 1995; 135—147.
50. *Hoffmann G.* Wassergefiltertes Infrarot A (wIRA). Eds. A. Kramer, O. Assadian. Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antisepsis und Konservierung. Qualitätssicherung der Hygiene in Industrie, Pharmazie und Medizin. Stuttgart: Thieme 2008; 899—900.
51. *Melling A.C., Ali B., Scott E.M., Leaper D.J.* Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomised controlled trial. Lancet 2001;358: 9285: 876—880.
52. *Plattner O., Akca O., Herbst F. et al.* The influence of 2 surgical bandage systems on wound tissue oxygen tension. Arch Surg 2000; 135: 7: 818—822.
53. *Jantschitsch C., Majewski S., Maeda A. et al.* Infrared radiation confers resistance to UV-induced apoptosis via reduction of DNA damage and upregulation of antiapoptotic proteins. J Invest Dermatol 2009; 129: 1271—1279.
54. *von Felbert V., Hoffmann G., Hoff-Lesch S. et al.* Photodynamic therapy of multiple actinic keratoses: reduced pain through use of visible light plus water-filtered infrared A compared with light from light-emitting diodes. Br J Dermatol 2010; 163: 3: 607—615.
55. *Nayak C.S.* Photodynamic therapy in dermatology. Indian J Dermatol Venereol Leprol 2005; 71: 3: 155—160.
56. *Braathen L.R., Szeimies R.M., Basset-Seguin N. et al.* Guidelines on the use of photodynamic therapy for nonmelanoma skin cancer: an international consensus. International Society for Photodynamic Therapy in Dermatology, 2005. J Am Acad Dermatol 2007; 56: 1: 125—143.
57. *Babilas P., Landthaler M., Szeimies R.M.* Photodynamic therapy in dermatology. Eur J Dermatol 2006; 16: 4: 340—348.
58. *Krüger S., Lipski A., Jahr S. et al.* Serielle wassergefilterte Infrarot A Bestrahlung mit Fahrradergometrie (Hydrosun) bei Fibromyalgiepatienten. Phys Med Rehab Kuror 2008; 18: 216.
59. *Лощенов В.Б., Стратонников А.А., Волкова А.И., Прохоров А.М.* Портативная спектроскопическая система для флюоресцентной диагностики опухолей и контроля за фотодинамической терапией. Рос хим журн 1998; 42: 5: 50.
60. *Douplik A., Stratonnikov A.A., Loshchenov V.B. et al.* Study of photodynamic reactions in human blood. J Biomed Opt 2000; 5: 3: 338—349.
61. *Kennedy J.C., Pottier R.H., Pross D.C.* Photodynamic therapy with endogenous protoporphyrin IX: basic principles and present clinical experience. J Photochem Photobiol B 1990; 6: 1—2: 143—148.
62. *Dolmans D.E., Fukumura D., Jain R.K.* Photodinamic therapy for cancer. Nat Rev Cancer 2003; 3: 5: 380—387.
63. *Wilsmann-Theis D., Bieber T., Novak N.* Photodynamic therapy as an alternative treatment for cutaneous sarcoidosis. Dermatology 2008; 217: 4: 343—346.
64. *Lindeburg K.E., Brogaard H.M., Jemec G.B.* Pain and photodynamic therapy. Dermatology 2007; 215: 3: 206—208.
65. *Baughman R.P., Lower E.E.* Evidence-based therapy for cutaneous sarcoidosis. Clin Dermatol 2007; 25: 3: 334—340.
66. *Calzavara-Pinton P.G., Venturini M., Sala R.* Photodynamic therapy: update 2006. Part 1. Photochemistry and photobiology. J Eur Acad Dermatol Venereol 2007; 21: 3: 293—302.
67. *Taub A.F.* Photodynamic therapy: other uses. Dermatol Clin 2007; 25: 1: 101—109.
68. *Geißler E., Schumann H.* Wassergefiltertes Infrarot A (wIRA) bei ulzerierter Morphea. Waterfiltered infrared–A (wIRA) in ulcerated morphea. Z Wundheil 2009; 14: 3: 177—180.
69. *Cunliffe W.J., Goulden V.* Phototherapy and acne vulgaris. Br J Dermatol 2000; 142: 5: 855—856.

70. *Papageorgiou P., Katsambas A., Chu A.* Phototherapy with blue (415nm) and red (660nm) light in the treatment of acne vulgaris. Br J Dermatol 2000; 142: 5: 973—978.
71. *Taub A.F.* Photodynamic therapy for the treatment of acne: a pilot study. J Drugs Dermatol 2004; 3: Suppl 6: S10—S14.
72. *Leyden J.J.* Therapy for acne vulgaris. N Engl J Med 1997; 336: 16: 1156—1162.
73. *Hoffmann G., Siegefried I.* Volkskrankheit Ruchenschmerz: ne ue Sitchtweisen. Common illness backache: new ways of looking at. Seminae des Arbeitskreises Sportmedizin der Academie fur arztliche Fortbildung und Weiderbildung der Landesarztekammer Hessen. Dusseldorf, Koln: German Medical Science 2005.
74. *Pediani R.* What has pain relief to do with acute surgical wound healing? World Wide Wounds 2001; 50: 2: 76—81.
75. *Falkenbach A., Dorigoni H., Werny F., Gutl S.* Waterfiltered infrared A radiation in Morbus Bechterew and degenerative vertebral column diseases: effects on flexibility and feeling of pressure. Osterr Z Physikal Med Rehab 1996; 6: 96—102.
76. *Alexiades-Armenakas M.R., Geronemus R.G.* Laser-mediated photodynamic therapy of actinic keratoses. Arch Dermatol 2003; 139: 10: 1313—1320.
77. *Pariser D.M., Lowe N.J., Steward D.M. et al.* Photodynamic therapy with topical methyl aminolevulinat for actinic keratosis: results of a prospective randomized multicenter trial. J Am Acad Dermatol 2003; 48: 2: 227—232.
78. *Ruiz-Rodrigues R., Sanz-Sanchez T., Cordoba S.* Photodynamic photorejuvenation. Dermatol Surg 2002; 28: 8: 742—744.
79. *Touma D.J., Gilchrest B.A.* Topical photodynamic therapy: a new tool in cosmetic dermatology. Semin Cutan Med Surg 2003; 22: 2: 124—130.
80. *Touma D., Yaar M., Whitehead S. et al.* A trial of short incubation, broad-area photodynamic therapy for facial actinic keratoses and diffuse photodamage. Arch Dermatol 2004; 140: 1: 33—40.
81. *Piazena H., Kelleher D.* Comments on «Cellular response to infrared radiation involves retrograde mitochondrial signaling». Free Radic Biol Med 2008; 44: 10: 1869.
82. *Shin M.H., Moon Y.J., Seo J.E. et al.* Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase, xanthine oxidase, and mitochondrial electron transport system mediate heat shock-induced MMP-1 and MMP-9 expression. Free Radic Biol Med 2008; 44: 4: 635—645.
83. *Buechner N., Schroeder P., Jakob S. et al.* Changes of MMP-1 and collagen type alpha1 by UVA, UVB and IRA are differentially regulated by Trx-1. Exp Gerontol 2008; 43: 7: 633—637.
84. *Schroeder P., Krutmann J.* IRA protection. Needs and possibilities. Hautarzt 2009; 60: 4: 301—304.