



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

FOTOHEMOTERAPIA

“Donde gobierna el espíritu de la ciencia, las grandes cosas se hacen y con pequeños recursos”

Nikolay Pirogov (1810 – 1881) - un gran cirujano y científico ruso

I. INTRODUCCIÓN

Los últimos años se ha aumentado significativamente la cantidad de complicaciones del tratamiento medicamentoso sobre todo en adultos mayores y ancianos que llega hasta 10-40% a más. La mayor parte de ellos se debe al uso de antibióticos o a la polipragmasia. Además frecuentemente se registra resistencia microbiana contra antibióticos y antisépticos que es una de las principales causas de fracasos del tratamiento de enfermedades purulentas y sepsis. En caso de generalización de una infección producida por las cepas antibiótico-resistentes los índices de mortalidad se acercan a los de la era pre-antibacteriana. Está claro que las posibilidades de la terapia medicamentosa están limitadas y ella cada vez es más peligrosa. Más procedimientos, periodo de discapacidad más largo, mayor costo del tratamiento, desprestigio de las prestadoras de salud y otros factores justifican el creciente interés de los médicos hacia los métodos no medicamentosos del tratamiento. Uno de ellos es la fotohemoterapia.

FOTOHEMOTERAPIA (*Ultraviolet Blood Irradiation (UBI) y Laser Blood Irradiation (LBI)*) es un método no medicamentoso que consiste en la fotomodificación con fines de tratamiento de la sangre del paciente fuera del organismo o intravascular con los cuantos de luz UV y visible producidos por lámparas de cuarzo, láser u otros irradiadores no ionizantes.

Fotohemoterapia es uno de los tipos de Hemoterapia Cuántica, asimismo, influencia en la sangre con fines de tratamiento de los cuantos de irradiación electromagnética con diferente longitud de la onda (rayos gamma con longitud menor a 0.1 nm; rayos X con longitud menor a 100 nm; UV con longitud de 100 a 400 nm; luz visible con longitud de 400 a 760 nm; rayos infrarrojos con longitud de 780 nm – 1mm). A su vez la Hemoterapia Cuántica es uno de los variantes de Terapia Cuántica que consiste en influencia



terapéutica de los cuantos electromagnéticos a través de piel, mucosas, etc. Además de Hemoterapia, los tipos de Terapia Cuántica son radioterapia (rayos X y gamma) y algunos métodos de fisioterapia (tratamiento con UHF, SHF, tratamiento con luz).

II. ANTECEDENTES

Por primera vez la Fotohemoterapia a través de irradiación extracorporal de la sangre con lámpara de mercurio-cuarzo se aplicó por el médico estadounidense E. Knott en el año 1928 en pacientes con sepsis. En el año 1940 Knott ha creado el primer equipo para irradiación ultravioleta de la sangre (*Ultraviolet Blood Irradiation (UBI)*) fuera del organismo (hemoirradiador). En el año 1934 H.Havlicek propuso irradiar la sangre en la jeringa e introducir intramuscular. Poco después en Alemania se desarrollo el aparato de H.Bauerschmidt (Fig. 1).

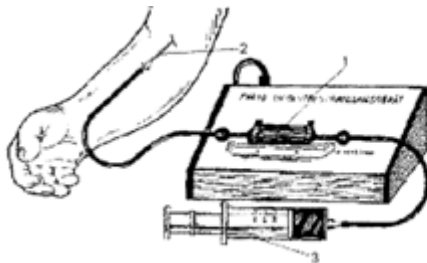


Figura 1. Aparato de H.Bauerschmidt

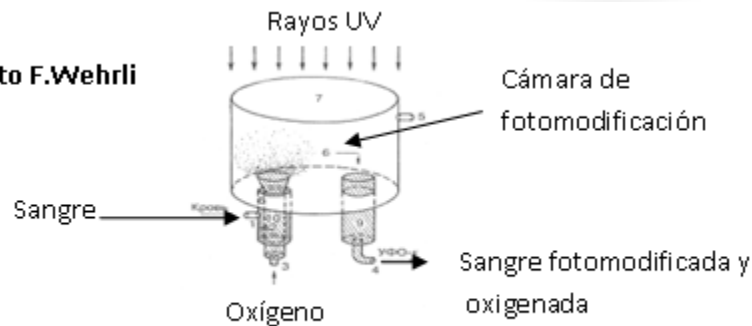
1. Irradiador UV
2. Aguja
3. Jeringa

En Rusia este método fue probado en el servicio séptico del Instituto de Ginecoobstetricia de Sverdlovsk (A.Lurié, 1933) con buenos resultados. En el año 1937 A. Filatov y G. Kasumov han publicado un trabajo científico con primeros ensayos experimentales y clínicos de transfusión de la sangre fotomodificada de pacientes y donantes según el método de C. Fervers (1933). A.Guzikov (1938), N.Morozkin y N.Faerman (1948) aplicaron la autotransfusión de la sangre fotomodificada para el tratamiento de las enfermedades infecciosas con un buen efecto clínico. Más adelante V.Vinogradov (1952) y E.Strukova (1952) obtuvieron buenos resultados durante el tratamiento de enfermedades quirúrgicas, en el período de recuperación después de operaciones y para el tratamiento de úlceras gástricas y duodenales.

El suizo F.Wehrli (1949) ha propuesto realizar la fotohemoterapia de la sangre simultáneamente con su oxigenación (*Haematogenous Oxidation Therapy (HOT)*) (Fig.2).



Figura 2. Aparato F.Wehrli



En este entonces ya se ha notado un efecto clínico positivo de fotohemoterapia. Sin embargo, poca experiencia, efectos adversos, desconocimiento de los mecanismos patogénicos de los efectos, dificultades en aplicación, dificultades técnicas estaban frenando el desarrollo del método. El descubrimiento de antibióticos ha hecho olvidarlo por varios años. Los ensayos experimentales y clínicos a grande escala de los mecanismos fotobiológicos de la influencia en la sangre y efectos clínicos de la fotomodificación resultaron ser posibles a partir de los años 70 con el desarrollo técnico y científico.

Los trabajos de L. Potashev (1977) nuevamente han despertado el interés a este método que actualmente se utiliza muy ampliamente en diferentes áreas de medicina en Rusia y en otros países. Habitualmente se utiliza el método de Knott, asimismo, trasfusión al paciente de su propia sangre recogida de la vena en cantidad de 1-5 ml por kg del peso corporal y fotomodificada con la lámpara de cuarzo-mercurio (UV) en aparatos de diferentes tipos. El aparato de Potashev fue el primer equipo ruso para fotomodificación de sangre en el cuerpo cerrado (Fig. 3).

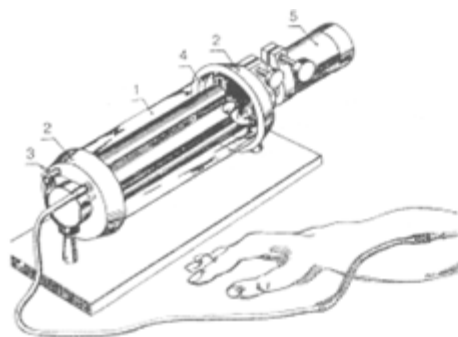


Figura 3. Aparato de L.Potashev

1. Cilindro de cuarzo
2. Tapas herméticas
3. Tubo de empalme para sistemas de extracción y devolución de sangre
4. Paleta para mezcla de sangre
5. Electromotor

En el año 1979 los científicos Y. Popov y L. Kukuy del Instituto Óptico Nacional C.I.Vavilov han diseñado el aparato MD-73M "Izolda" para autotransfusión de sangre fotomodificada por ultravioleta (Fig. 4 y 5).



Figura 4. Aparato MD-73M "Izolda"

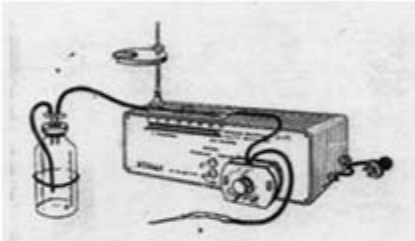
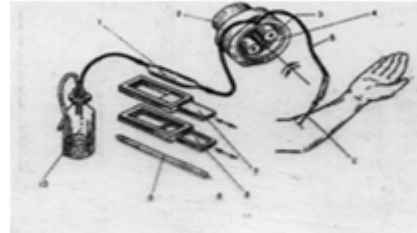


Figura 5. Principales elementos



1. Cubeta de cuarzo;
2. Electromotor;
3. Bobinas;
4. Parte de magistral;
5. Magistral para extracción y devolución de sangre;
6. Aguja;
- 7, 8. Filtros de luz;
9. Lámpara;
10. Envase para la sangre

El diseño técnico del aparato MD-73M "Izolda" resulto bastante favorable de punto de vista de seguridad, eficiencia, simplicidad y facilidad en uso y se fabrica en serie y se aplica hasta la actualidad.

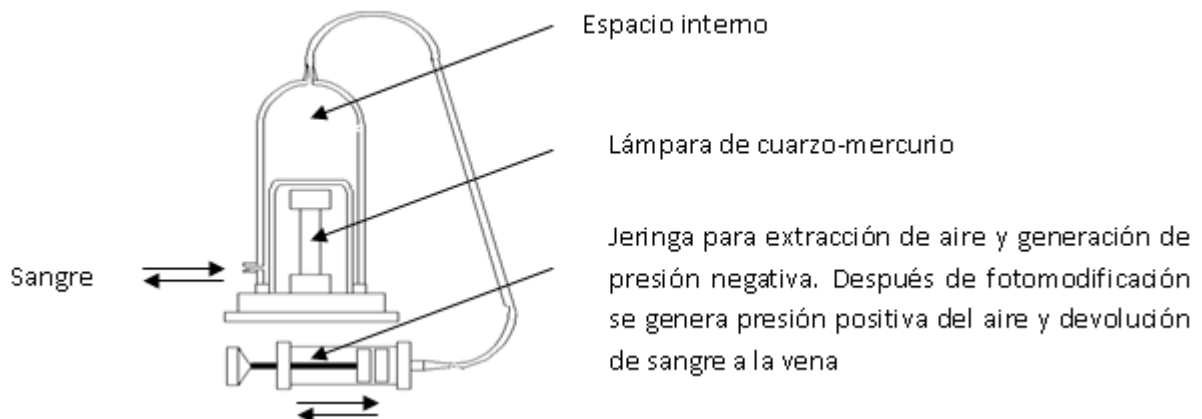
Sin embargo, la fotomodificación extravascular de sangre tiene una serie de desventajas:

- 1) Dificultades en asegurar la esterilidad y no toxicidad de las partes de equipo que tienen contacto con la sangre
- 2) Se requiere una rápida y eficiente mezcla de la sangre con anticoagulantes y conservantes
- 3) Posibilidad de trauma mecánico y térmico de la sangre
- 4) Dificultad de realizar y mantener una influencia uniforme en la sangre de la irradiación óptica con características determinadas
- 5) Manejo complicado de los equipos antes y durante de la sesión de fotomodificación
- 6) Aplicación del equipo solamente en servicios de hospitalización



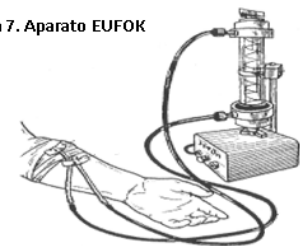
A partir de los años 80 del siglo XX en Rusia empiezan las investigaciones experimentales y clínicas a grande escala de los mecanismos físicos, químicos, fotobiológicos y clínicos de la fotohemoterapia. Principales centros de investigación han situado en Moscú, San-Petersburgo, Samara, Ekaterinburgo, Vladivostok. En el año 1981 los científicos del Instituto Físico-Técnico de la Academia de Ciencias de Ucrania han inventado el aparato “UFOK-1” (Fig. 6).

Figura 6. Aparato UFOK-1



A mediados de los años 80 en el Instituto Clínico Regional de Investigación Científica de Moscú han diseñado el modelo “EUFOK” que en comparación con UFOK-1 tenía la cubeta desarmable y una bomba para la sangre (Fig. 7).

Figura 7. Aparato EUFOK



En EE.UU. la fotomodificación de la sangre por rayos ultravioleta ha tenido la aprobación de FDA para usos determinados.

Avances tecnológicos en óptica e ingeniería han permitido pensar en llevar la irradiación electromagnética directamente al organismo y evitar las dificultades de la fotohemoterapia extracorporea. Los primeros resultados han sido logrados utilizando láser helio-neón debido a lo que la luz de láser es más fácil de canalizar por la fibra óptica. La irradiación con láser de la sangre por vía intravenosa se ha desarrollado experimentalmente por los investigadores rusos, E.Meshalkin y V.Sergievskiy, y se introdujo en la práctica clínica en 1981. Originalmente, el método fue aplicado en el tratamiento de las anomalías cardiovasculares.

Sin embargo, los resultados clínicos de este entonces no siempre fueron confiables, dependían mucho de la técnica y del equipo de cada investigador, frecuentemente no



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

podían ser repetidas en otras condiciones. Entre posibles razones podemos mencionar que la irradiación de las características de los equipos láser limitaba su aplicación en la práctica clínica. Lo otro se debe a expectativas de algunos investigadores en aplicar el método para el tratamiento de enfermedades como cáncer, sin considerar mecanismos patogénicos de fotohemoterapia y sin lograr el resultado esperado. Además al inicio la fibra óptica se introducía directamente en la vena. La fibra rígida a menudo hería la pared del vaso sanguíneo, provocaba la formación de la trombosis con tromboembolia pulmonar o se rompía quedándose dentro de la vena. La fibra óptica flexible no se podía mantenerse derecha dentro de la vena y la irradiación no tenía contacto apropiado con la sangre.

Esta situación impulsó una serie de publicaciones financiadas por grandes industrias farmacéuticas cuestionando su eficacia y utilidad del método.

Las investigaciones seguían. En el año 1991 Ing. L.Karpov e Ing. V.Zhajov conjuntamente con el Dr. A.Marcheko y el Dr. I.Dutkevich han desarrollado la nueva técnica de fotohemoterapia intravascular conjuntamente con la perfusión intravenosa de líquidos e introducción de la fibra óptica por aguja del sistema de perfusión y han patentado el irradiador "OVK-3". Compacto diseño, control digital de la irradiación, posibilidad de aplicación en la práctica ambulatoria, amplia lista de las indicaciones gracias a la solución técnica de colocar la lámpara de cuarzo-mercurio y láser helio-neón en un solo bloque, posibilidad de aplicación en dos pacientes simultáneamente, pocas contraindicaciones, raras complicaciones ha sido el motivo de amplia distribución del método de fotohemoterapia intravascular en la práctica clínica no solamente para el tratamiento, sino para la prevención. Desde aquel tiempo se fabricó miles de equipos OVK distribuyendo nuevos, modernos, efectivos, no medicamentosos métodos en cientos de establecimientos de salud de Rusia y países de ex-Unión Soviética (Fig 8.).

Figura 8. Aparato OVK-3-7L



Numerosos ensayos experimentales y clínicos realizados en Rusia en los años 90 han comprobado científicamente el gran potencial de fotohemoterapia en general e intravascular en particular para el tratamiento de diferentes enfermedades gastroenterológicas, cardiovasculares, ginecológicas, traumatológicas, urológicas, narcológicas, etc. Además de ampliación de la lista de indicaciones, se han definido con precisión las contraindicaciones, posibles complicaciones y efectos adversos de la terapia. Esto ha permitido significativamente enriquecer la experiencia clínica de aplicación de fotohemoterapia en diferentes condiciones y en diferentes áreas de medicina y confirmar su necesidad y eficiencia.



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

Posteriormente fotohemoterapia intravascular por láser fue certificada por el gobierno en Alemania (2005). En los dos años siguientes, este método se estableció en más de 300 centros en Alemania, Austria, Suiza, Italia y Australia.

III. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE FOTOHEMOTERAPIA

Según los términos de transfusiología todos los métodos de fotohemoterapia se clasifican de la siguiente manera:

1. Transfusión de la sangre fotomodificada

- 1.1. Autotransfusión de la sangre fotomodificada (AUSAF) y sus componentes:
 - a) sin oxigenación
 - b) con oxigenación (HOT)
- 1.2. Reinfusión de la sangre fotomodificada (RESAF).
- 1.3. Alost transfusión de la sangre fotomodificada (ALSAF) y sus componentes.

2. Fotomodificación de la sangre circulante

- 2.1. Fotomodificación intravascular de la sangre (FIS)
- 2.2. Fotomodificación extracorporeal de la sangre (FES)
- 2.3. Fotomodificación de la sangre a través de la piel y mucosas.

3. Hemoterapia fotodinámica (fotoféresis)

AUSAF es la transfusión al paciente de su propia sangre extraída de la vena en un recipiente con anticoagulante y fotomodificada. RESAF es la transfusión de la sangre recogida de las cavidades serosas después de traumas y operaciones quirúrgicas. Método de FES es la fotomodificación de la sangre circulante en una cubeta de cuarzo incorporada en conexión extracorporeal venoso-venosa o venoso-arterial. Terapia fotodinámica (TFD) es un método de fotohemoterapia aun poco estudiado cuando la fotomodificación (irradiación ultravioleta) de la sangre circulante se realiza en la conexión extracorporeal después de introducción de fotoestabilizadores (derivados de hematoporfirina) para eliminar las células de leucemia o cáncer.

De todos métodos de fotohemoterapia más se utilizan AUSAF y FIS (irradiación intravascular de la sangre a través de fibra óptica con rayos láser y UV).



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

IV. MECANISMOS PATOGENICOS DE LA FOTOHEMOTERAPIA

Los efectos terapéuticos de la fotohemoterapia se deben a la modificación de la composición y de las propiedades de sangre.

En comparación con los métodos tradicionales de tratamiento la fotohemoterapia se distingue por un espectro terapéutico sumamente amplio, rapidez de aparición de los efectos y su duración.

Después de sesiones de fotohemoterapia se observan el mejoramiento del estado de salud en general, normalización del sueño, aumento del apetito, disminución de la fiebre, disminución de los signos de intoxicación e hipoxia, mejoramiento de la circulación sanguínea coronaria y periférica, mejoramiento de la trófica de tejidos, normalización y aumento de los indicadores de defensas no específicas del organismo, normalización de la inmunidad celular y humoral, estimulación de hemopoyesis y de procesos regenerativos, normalización de metabolismo de carbohidratos, lípidos, proteínas, mejoramiento significativo de propiedades reológicas de la sangre y microcirculación, reducción de potencial hemostático de la sangre, aumento de su actividad anticoagulante y fibrinolítica, normalización de nivel de 17- oxicorticoesteroides y función filtrante de los riñones. Todos efectos positivos de los indicadores de hemostasis surgen en diferentes plazos después de la sesión de fotohemoterapia (minutos, horas, días) y algunos se mantienen durante largos períodos (semanas y meses).

Mecanismos de la fotohemoterapia se determinan por:

- La irradiación óptica en un volumen de sangre (en una cubeta o en la vena) arranca una serie de procesos fotobiológicos a nivel molecular y celular que llevan a las modificaciones estructurales, funcionales y bioquímicas de la composición y propiedades de la sangre. Las modificaciones regulan (normalizan) la homeostasis. El efecto normaliza las alteraciones patológicas que son comunes para muchas enfermedades (alteración de la inmunidad, propiedades reológicas de la sangre, microcirculación, etc.) lo que se manifiesta como efectos terapéuticos de la fotohemoterapia. Es importante subrayar que la reacción positiva del organismo a la fotohemoterapia en comparación con algunos otros métodos se basa en la influencia en la sangre de un factor habitual para el organismo como irradiación óptica que está dentro del espectro solar incluida su parte ultravioleta que es más activa biológicamente.
- Mezcla de la sangre fotomodificada con la no fotomodificada. La mayoría de los efectos fotobiológicos se manifiestan en el caso de mezcla de la sangre fotomodificada con la sangre no irradiada en proporción de 1:10 hasta 1:80. Inducción de modificaciones estructurales y funcionales de la sangre no irradiada después de su contacto con la sangre



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

irradiada se debe a contactos intercelulares, a la influencia de sustancias activas que surgen después de fotomodificación y a la luminiscencia de biomoléculas de la sangre.

- Consecuentes cambios en el funcionamiento del sistema nervioso, el sistema endocrino y en sistemas enzimáticos después de trasfusión de la sangre fotomodificada o fotomodificación de la sangre circulante.

Influencia de los fotones de irradiación óptica (luz ultravioleta y visible) en un objeto biológico induce procesos fotobiológicos que empiezan por la absorción de los fotones por biomoléculas y terminan con aparición de los efectos fotobiológicos a nivel molecular, celular o a nivel del organismo. Después de absorción de los fotones la biomolécula se excita. Energía absorbida del fotón traslada los electrones del nivel energético principal a un nivel más alto con aumento de energía total de la molécula. Cada biomolécula absorbe estrictamente fotones cuya energía es igual a la diferencia de los niveles energéticos de la molécula excitada y la no excitada. Energía del fotón energía varía en proporción inversa a la longitud de onda. Es decir, que cuanto menor sea la longitud, mayor será la energía. Por eso las biomoléculas (aminoácidos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, hemoglobina, etc.) tienen diferentes espectros de absorción y absorben fotones con determinada longitud de la onda (aminoácidos – 240-300 nm; proteínas – 180-310 nm; lípidos – 220-240 nm; ácidos nucleicos – 200-315 nm; hemoglobina – 415-430 nm; 542, 576 nm). El destino de la biomolécula excitada puede ser diferente, como: irradiación de la mayor parte de energía absorbida (luminiscencia) o participación en una de reacciones fotoquímicas (foto-ionización, foto-oxidación y foto-reducción, foto-isomerización, foto-dimerización y foto-disociación). Variante concreto de la reacción fotoquímica y efecto fotobiológico depende de la longitud de la onda; intensidad y rapidez del efecto dependen de la cantidad de fotones absorbidos es decir de la dosis de irradiación óptica absorbida.

Son importantes para la práctica clínica los datos de fotobiología que la irradiación óptica con longitud de onda menos de 320 nm (UV-B y UV-C) provoca efectos fotobiológicos de carácter destructivo (foto-destrucción) o pérdida de la función de biomolécula (foto-inactivación). Irradiación con longitud de onda desde 320 a 400 nm (UV-A) tiene principalmente el carácter regulatorio (aumento o disminución de las funciones) y la con longitud de onda mayor a 400 nm (luz visible) tiene principalmente acción de recuperación (foto-reactivación), asimismo, recuperación de la acción dañina de UV-B y UV-C. Por lo tanto, UV-A y luz visible (por ejemplo, irradiación de láser de helio-neón) actúan de forma favorable en propiedades estructurales y funcionales de la sangre.

La sangre es un sistema biológico multicomponente. Las biomoléculas de elementos formes de sangre y la plasma absorben los fotones con diferentes longitudes de ondas, en consecuencia el espectro de absorción de la sangre es relativamente amplio: desde 180



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

hasta 700 nm. Los principales blancos para irradiación óptica (cromóforos) son aminoácidos, proteínas, lípidos, polisacáridos de las membranas celulares y citoplasma, hemoglobina.

Modificaciones de estas biomoléculas por irradiación óptica (fotomodificación) es la causa de modificaciones estructurales y funcionales de los elementos formes y componentes biológicamente activos del plasma sanguíneo lo que ha sido demostrado por numerosas investigaciones.

En eritrocitos de la sangre fotomodificada se ha encontrado la separación de la parte de los componentes de la capa superficial de la membrana (glicocalix), el aumento de penetrabilidad de la membrana y de su deformabilidad, la disminución de las propiedades de agregación, la elevación de actividad de electroforesis, modificación de las propiedades de absorción. En leucocitos se eleva la expresión de receptores de la membrana, la activación de la síntesis de ADN; se aumenta la actividad de fagocitosis; se modifica el estado funcional de células inmunocompetentes. De los leucocitos se segregan las proteínas catiónicas bactericidas, interleucinas, factor de crecimiento y factor reológico y otras sustancias biológicamente activas (heparina, serotonina, histamina, etc.). Se activan los sistemas enzimáticos de reparación de ADN (después de su alteración por radiación ionizante). En trombocitos se registran modificaciones de estructura de membranas, de sus propiedades de adhesión y agregación, se estimula excreción del factor reológico y de diferentes sustancias activas. En plasma se eleva la actividad del complemento, lisozima, anticuerpos naturales e inmunes, actividad bactericida y antioxidante. Se normaliza la actividad proteolítica, se disminuye el contenido de los productos de oxidación de lípidos, se modifica la acción procoagulante y anticoagulante. Las modificaciones descritas de elementos formes y de plasma son más pronunciadas en la sangre circulante después de AUSAF, RESAF, FIS (ultravioleta y láser).

Se ha demostrado, que FIS estimula la respuesta inmune del organismo, activa los mecanismos inespecíficos de la inmunidad antiinfecciosa e intensificación de la actividad bactericida del suero de la sangre a través del sistema de complemento, proteína C-reactiva y aumentando el contenido de IgA, IgM e IgG en el suero de la sangre. Existen estudios sobre el efecto de impulsar la inmunidad celular. Bajo la influencia de irradiación se aumenta la actividad fagocítica de los macrófagos. Se disminuye la concentración de microbios en el exudado en la cavidad abdominal de los pacientes con peritonitis, se reduce la inflamación, se mejora la microcirculación (N.Gamaleya, 1991).

El efecto inmunológico puede ser explicado por la normalización de los enlaces intercelulares en la subpoblación de linfocitos T y aumento de la cantidad de células inmunes en la sangre. Además el aumento de la actividad de los linfocitos B fortalece la



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

respuesta inmune, reduce el grado de intoxicación y como consecuencia mejora la condición general de los pacientes (V.Sergievskiy, 1991).

La fotohemoterapia mejora las propiedades reológicas de la sangre, aumenta la fluidez y activa la función de transporte lo que se manifiesta con el aumento del nivel de oxígeno, la disminución de la presión parcial de dióxido de carbono y, al final, eliminación de hipoxia. El aumento del nivel de oxígeno mejora el metabolismo de los tejidos del organismo. Además, la irradiación UV y láser activa la síntesis de ATP y la formación de energía en las células (A. Krjuk, 1986). En cardiología se ha demostrado que los procedimientos tienen un efecto analgésico, aumentan de una forma fidedigna la tolerancia física, alargan los períodos de remisión.

Por otro lado, se demostró la reducción de la capacidad de agregación de plaquetas y la activación de la fibrinólisis, lo que se traduce en la velocidad del flujo de la sangre periférica en los tejidos aumentando su oxigenación. Vasodilatación y el desbloqueo de los capilares y colaterales mejora el suministro de nutrientes a los tejidos y normaliza la función de las células nerviosas (N.Kapshidze, 1993).

Hay evidencias que la fotohemoterapia permite aumentar la concentración de los antibióticos y algunos otros medicamentos en focos de inflamación. Se sabe, que debido a edema la circulación de sangre local puede estar gravemente alterado en las áreas de inflamación, por ejemplo, en los riñones. Se ha demostrado, que la concentración de antibióticos en el riñón sano es aproximadamente 10 veces mayor que en un riñón inflamado. El rayo láser ayuda a aumentar la concentración de los antibióticos en las zonas alteradas. Estudios similares muestran efectos favorables de la irradiación de sangre para aumentar la concentración de los antibióticos administrados en la glándula prostática inflamada.

La mejoría de la microcirculación después fotohemoterapia fue detectada en todas las estructuras del sistema nervioso central. Este efecto ha sido más pronunciado en el sistema vascular del hipotálamo. Los capilares del hipotálamo se destacan por su alta permeabilidad para las proteínas macromoleculares. FIS puede aumentar la actividad funcional del hipotálamo y de todo el sistema límbico, lo cual puede causar la activación de energía, metabolismo, sistema inmunológico y respuestas vegetativas, movilización de las reservas de adaptación del organismo.

Asimismo, los efectos terapéuticos son:

- 1) Corrección de la inmunidad celular y humoral
- 2) Aumento de la resistencia no específica del organismo



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

- 3) Mejoramiento de propiedades reológicas de la sangre y mejoramiento de microcirculación
- 4) Regulación del potencial hemostático de la sangre
- 5) Dilatación de vasos sanguíneos
- 6) Disminución de hipoxia en tejidos
- 7) Normalización del equilibrio ácido-alcalino y de la función de transporte de oxígeno en la sangre
- 8) Normalización de la actividad proteolítica
- 9) Aumento de la actividad antioxidante de la sangre
- 10) Estimulación de hemopoyesis
- 11) Estimulación de sistemas intracelulares de reparación de ADN en caso de alteraciones por radiaciones ionizantes
- 12) Normalización del metabolismo de carbohidratos, lípidos, proteínas, normalización del metabolismo energético
- 13) Normalización y estimulación de procesos regenerativos
- 14) Acción antiarrítmica
- 15) Acción antiinflamatoria
- 16) Acción de desintoxicación
- 17) Acción antialérgica
- 18) Acción analgésica
- 19) Acción bioestimulante

Los efectos mencionados se obtienen de la fotomodificación de sangre realizada con rayos UV de lámparas de cuarzo-mercurio (239-578 nm) y con irradiación de láser helio-neón (632.8 nm).

Investigaciones han definido que la tendencia de acción terapéutica de la fotohemoterapia depende de la régimen (característica espectral y energética) de la irradiación óptica y de la cantidad de la sangre fotomodificada. En consecuencia de esto se puede hablar de regímenes bioeficientes de la fotohemoterapia que permiten obtener un efecto terapéutico esperado (A.Marcheko, I.Dutkevich, 1993).

Asimismo, para una aplicación más eficiente de la fotohemoterapia en la práctica clínica se debe tomar en cuenta la relación entre el régimen aplicado (espectro y dosis de irradiación) y el carácter de modificaciones de indicadores de la homeostasis (efecto terapéutico). Amplio espectro de la irradiación óptica (240-700 nm) provoca una acción estimulante moderada en todos los mecanismos de la homeostasis. Un efecto similar se obtiene por la irradiación de láser helio-neón. Luz visible (400-600 nm) mejora las



propiedades reológicas de la sangre y su saturación con el oxígeno, activa la parte celular de la inmunidad, normaliza el potencial hemostático de la sangre. Rayos ultravioletas de 280-400 nm estimula inmunidad celular, normaliza del equilibrio ácido-alcalino de la sangre y sus propiedades reológicas, disminuye potencial hemostático de la sangre, permite obtener un efecto antiinflamatorio y desintoxicante, mejora la microcirculación (Tab. 1).

Tabla 1. Efectos Terapéuticos en función de características de irradiación

Régimen	Efectos Terapéuticos	Gráfico del espectro
I	Longitud de onda 350-700 nm (máximum en el área de 540 - 590 nm). Elevación de la resistencia no específica del organismo humano; mejora de la microcirculación; efecto antiinflamatorio.	
II	310 - 700 nm (máximum en el área de 360 - 590 nm). Normalización del equilibrio ácido-alcalino y del contenido de gases en la sangre, propiedades reológicas circulatorias de la sangre. Efecto pronunciado antiinflamatorio y de desintoxicación.	
III	290 - 600 nm (máximum en el área de 360 nm). Activación de hemopoyesis y estimulación de las defensas inmunológicas. Efecto corto de corrección del equilibrio ácido-alcalino y de la función de transporte de gases en la sangre.	

V. INDICACIONES PRINCIPALES (como método complementario y como el tratamiento principal)

a. Tratamiento

Síndromes en caso de diferentes enfermedades:

1. *Procesos inflamatorios crónicos y agudos de deferente localización (específicos y no específicos). Flegmones y abscesos (después de tratamiento quirúrgico).*
2. *Complicaciones inflamatorias (incluido infecciosas) después de operaciones, traumas y diferentes enfermedades.*
3. *Intoxicaciones exógenas y endógenas (por causa de diferentes enfermedades). En caso de endotoxicosis subcompensada o descompensada obligatoriamente con los métodos de hemocorrección extracorporeal.*



4. *Estados de inmunodeficiencia en caso de diferentes enfermedades, intervenciones quirúrgicas, traumas, VIH.*
5. *Ulceras tróficas, retraso en la cicatrización de las heridas y consolidación de fracturas*
6. *Peritonitis*
7. *Sepsis.*

Enfermedades infecciosas:

8. *Hepatitis virales, herpes, micoplasmosis, clamidiasis, candidiasis, etc.*
9. *VIH*
10. *Tuberculosis*

Enfermedades autoinmunes y alérgicas

11. *Asma bronquial, tiroiditis de Hashimoto, tirotoxicosis, Mixedema primario, artritis reumatoidea, colitis pseudomembranosa, enfermedad de suero, alergia medicamentosa y otros tipos de alergias.*

Enfermedades del sistema cardiovascular:

12. *Enfermedad isquémica del corazón.*
13. *Infarto miocardio (periodo de recuperación)*
14. *Insuficiencia cerebrovascular.*
15. *Tromboangitis obliterante de las arterias de extremidades (aterosclerosis obliterante, endarteritis obliterante I-III fase).*
16. *Tromboflebitis crónicas y agudas y flebotrombosis de deferente localización.*
17. *Enfermedades de vasos linfáticos (linfostasis adquirida)*
18. *Varices de extremidades inferiores con alteraciones de trófica*

Enfermedades del sistema respiratorio:

19. *Asma bronquial,*
20. *Neumonía, bronquitis crónica*

Enfermedades del tracto gastrointestinal:

21. *Pancreatitis aguda y crónica (para disminuir la actividad proteolítica y lipolítica de la sangre)*
22. *Úlceras Gástricas y Duodenales crónicas y agudas,*
23. *Gastroduodenitis, Colitis*
24. *Pancreatitis*
25. *Colecistitis*

Enfermedades traumatológicas

26. *Osteomielitis*

Enfermedades dermatológicas



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

27. *Dermatosis, psoriasis, neurodermitis.*

28. *Furunculosis*

29. *Acné*

Enfermedades ginecológicas

30. *Síndrome de ovario poliquístico.*

31. *Quistes ováricos*

32. *Endometritis*

33. *Adnexitis*

34. *Procesos infecciosos crónicos por causa de micoplasmosis, clamidiasis, candidiasis*

35. *Infertilidad femenina por alteraciones de tubos de Falopio y por causas hormonales*

36. *Alteraciones de ciclo menstrual*

Enfermedades urológicas y andrológicas

37. *Infertilidad masculina autoinmune.*

38. *Pielonefritis crónica y aguda*

39. *Prostatitis*

Enfermedades endocrinológicas

40. *Diabetes mellitus*

41. *Tiroiditis*

42. *Hipotireosis*

Enfermedades otorrinolaringológicas

43. *Otitis crónica y aguda*

44. *Sinusitis crónica y aguda*

45. *Tonsilitis crónica*

46. *Condromicondritis*

47. *Sordera neurosensorial*

48. *Vestibulopatía*

49. *Rinitis, rinosinusopatía*

Otras enfermedades

50. *Efectos adversos en caso de quimioterapia y radioterapia*

51. *Enfermedades de dependencia de drogas*

52. *Enfermedad por quemaduras.*

b. Para Profilaxis y prevención:

1. *Complicaciones postoperatorias (tromboembolias, infecciosas).*

2. *Complicaciones postraumáticas (traumas de tórax, abdomen, extremidades).*



3. *Complicaciones infecciosas en pacientes con hemoblastosis.*
4. *Recidiva de úlcera gástrica y duodenal.*
5. *Recidiva de psoriasis, neurodermitis.*
6. *Recidiva de asma bronquial.*
7. *Reacciones adversas de radioterapia.*
8. *Inmunosupresión en caso de radioterapia y citostática.*

c. Fines no específicos

Período de rehabilitación después de enfermedades, operaciones y traumas graves.

1. **Medicina estética** para mejorar el estado de salud en general, desintoxicación, normalización de sueño, mejoramiento de circulación sanguínea coronaria y periférica, trófica de tejidos, normalización y aumento de los indicadores de defensas no específicas del organismo, estimulación de hemopoyesis y procesos regenerativos, normalización de metabolismo mejoramiento significativo de propiedades reológicas de la sangre y microcirculación.
2. *Resfríos frecuentes.*
3. *Hiperlipidemías*
4. *Medicina deportiva para optimizar el período de recuperación.*
5. *Trabajos en condiciones extremas o con gran esfuerzo físico*

VI. CONTRAINDICACIONES

a. Absolutas

1. *Fotodermatitis y fotodermatosis*
2. *Porfiria*
3. *Pelagra*
4. *Anemias hemolíticas adquiridas*
5. *Agranulocitosis*
6. *Hemoblastosis en fase terminal*
7. *Sensibilidad elevada a rayos solares*
8. *Posibilidad de reacciones con hipoglicemia*
9. *Embarazo*

b. Relativas

1. *Síndrome de hipocoagulación*
2. *Intolerancia de inyecciones intravenosas (desmayos)*



3. *Tratamiento con medicamentos que son fotosensibilizadores facultativos (tetraciclina, sulfanilamida, griseofulvina, ácido paraaminosalicílico (PAS), hypothiazid, hormonas femeninas)*

Las complicaciones de FIS en general son similares a cualquier procedimiento intravenoso y dependen de buena técnica del personal médico. Entre complicaciones relacionadas con el método además de reacciones fototóxicas pueden haber reacciones pirógenas.

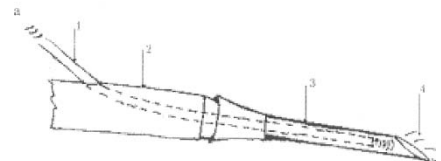
VII. MÉTODO DE FOTOMODIFICACIÓN INTRAVASCULAR DE LA SANGRE EN UNA VENA PERIFÉRICA

Sistema de perfusión estándar se llena con la solución isotónica de Cloruro de Sodio al 0.9%. Con aguja estéril hacen un orificio en la parte de goma del sistema e introducen la fibra óptica para que sobresalga del cono de conexión con aguja en 5 cm. La parte terminal de la fibra óptica se introduce a la aguja. Aguja se fija en el sistema. La punta de la fibra óptica tiene que estar a nivel del corte de la aguja sin sobresalir. Luego sin desconectar la aguja del sistema se realiza la venopunción de la vena cubital y se inicia la perfusión de la solución con la velocidad de 20-40 gotas por minuto para la aguja de 0.9 mm (G20) (Fig.9).

Al asegurar que la aguja está puesta correctamente conectan la fibra óptica con el adaptador y fijan la conexión con el esparadrapo en el antebrazo. La punta metálica del adaptador se conecta con el irradiador y se programa el equipo. En este momento en la piel en la proyección de aguja en la vena aparece un punto rojo de la luz. Durante todo el proceso de fotomodificación de la sangre debe haber perfusión de la solución isotónica. Al terminar la sesión primero se desconecta el adaptador del equipo y después se retira la fibra óptica. Inmediatamente se controla su integridad. La perfusión puede seguir según las indicaciones.

Las ventajas del método están en que la fotomodificación de la sangre se puede realizar conjuntamente con la terapia intravenosa. La fibra óptica está dentro de la aguja y constantemente se baña con la solución sin tener el contacto con la sangre. La irradiación se dirige a lo largo de la vena y se distribuye

Figura 9. FIS en la vena periférica





UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

uniformemente. La solución de perfusión siendo el medio transparente favorece a la irradiación. Al mismo tiempo la perfusión reduce el porcentaje de hematocrito en la distancia óptima para el contacto entre irradiación óptica y componentes de la sangre.

VIII. IRRADIACIÓN TRANSCUTÁNEA POR LÁSER (ITL)

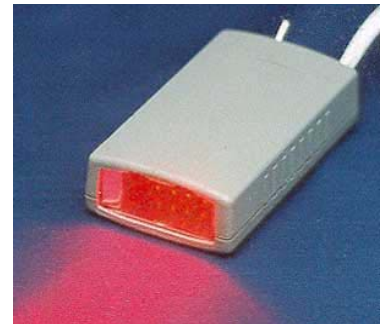
Además del método invasivo de la irradiación de sangre por láser existe también el método no invasivo que consiste en la irradiación transcutánea. Este método es relativamente simple que se ha introducido en uso después del desarrollo del láser de color rojo e infrarrojo con características determinadas. Se demostró que la irradiación con longitud de onda de 630-640 nm (632.8 nm), puede penetrar los tejidos en la profundidad de 2.5-5 cm, lo suficiente para llegar a los vasos sanguíneos.

Estudios recientes revelan que los efectos médicos de irradiación transcutánea por láser son similares o muy próximos a los efectos de la FIS por láser de la misma longitud de la onda. Se calcula que los resultados del tratamiento con potencia de 20 mW de la irradiación transcutánea equivalen a 1 mW de la irradiación intravenosa. La luz láser se aplica en la piel en la proyección de una vena o una arteria grande (vena cubital, arteria carótida o femoral, etc.) (Fig. 10).

La mayor ventaja de ITL es que este método de irradiación de la sangre no causa dolor. Otra cuestión importante es que la necesidad de una inyección intravenosa se elimina por completo. Esta es la razón por la que ITL tiene la mayor aceptación para el tratamiento de los niños. Puede también ser aplicada para el tratamiento de pacientes con pequeñas o poco diferenciadas venas o las venas profundas difíciles de encontrar.

Aun no existen suficientes estudios que comparen efectos biológicos y clínicos de la FIS por láser y ITL entre sí. G. Brill (1994) opina que los efectos de la terapia con láser depende del método de irradiación. A su juicio, que el término « irradiación transcutánea de la sangre por láser» no es correcta, ya que sólo se menciona la irradiación de sangre y no se toma en cuenta la irradiación de otros tejidos cercanos, incluyendo todas las capas de la piel (posiblemente los puntos de acupuntura), los nervios, ganglios linfáticos y vasos sanguíneos e incluso los músculos y los huesos. En el caso de la FIS la parte principal de la luz del láser es absorbida por la sangre, mientras que en caso de ITL sólo una parte menor puede llegar a la sangre. Por lo tanto, es mejor no sólo hablar de ITL, sino también especificar el área exacta de la irradiación.

Figura 10. Dispositivo para ITL





UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

IX. EXPERIENCIA DE APLICACIÓN DEL EQUIPO OVK-3 EN RUSIA* (DATOS DEL AÑO 2006)

- ✚ **Instituto de Emergencias** (San-Petersburgo) – desde 1996
- ✚ **Clínicas de la UEMS** (Samara) – desde 1993
- ✚ **Cátedra de Urología y Andrología de la AMP** (San Petersburgo) - desde 2002;
850 pacientes
- ✚ **Cátedra de Medicina de Emergencias de la AMP** (San Petersburgo) - desde 2003
- ✚ **Centro Regional de Prevención y Tratamiento de SIDA** (Volgograd) – desde 1995;
300 pacientes
- ✚ **Centro de Rehabilitación de pacientes endocrinológicos** (Piatigorsk) - desde 1997
- ✚ **Clínica de Asociación de Narcólogos** (San Petersburgo) – desde 2004;
315 pacientes, 2200 sesiones
- ✚ **Hospital №13** (Moscú) - desde 2005
- ✚ **Hospital Santa Elizabeth** (San Petersburgo) - desde 1995; 27,000 sesiones
- ✚ **Hospital № 38** (San Petersburgo) - desde 2005; 2,450 sesiones
- ✚ **Hospital Regional del Niño de Amur** (Blagoveschensk) – desde 2003;
728 sesiones, 121 paciente
- ✚ **Hospital distrital de Budyonnovsk** (Budyonnovsk) – desde 1998;
1208 pacientes, 7,222 sesiones
- ✚ **Hospital distrital de Akhtubinsk** (Akhtubinsk) – desde 1990;
900 pacientes, más de 6,000 sesiones
- ✚ **Policlínico de la empresa ferroviaria** (San Petersburgo) - desde 1993;
2,860 sesiones de FIS y 2,018 sesiones intrauterinas en 887 mujeres
- ✚ **Dispensario antituberculoso** (Vorónezh) - desde 1996

*Nota: La lista de establecimientos médicos de Rusia donde se utiliza el método de fotohemoterapia es muy extensa. Presente lista es un ejemplo de diferentes tipos de establecimientos médicos desde un policlínico hasta un instituto que utilizan el equipo OVK-3 por muchos años.

X. CONCLUSIÓN

La fotomodificación de sangre en actualidad es el método más frecuente entre los métodos no medicamentosos aplicados en la práctica médica en general. Esto se ha determinado por el desarrollo científico y tecnológico y consecuente mejoramiento de equipos y métodos de irradiación de sangre, invento de nuevos aparatos, más eficientes y



UNIVERSIDAD ESTATAL
MÉDICA DE SAMARA



CENTRO LATINOAMERICANO
DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
DE LA UEMS



Academia de Postgrado
de Medicina
de San-Petersburgo

seguros. Actualmente en países desarrollados se le da la preferencia a la fotomodificación intravascular (FIS) debido a lo que es económico, sencillo, fácil de aplicar y accesible para todos los establecimientos médicos. En Federación Rusa los equipos modernos para la FIS están en el “Registro Estatal de los equipos médicos importantísimos y vitalmente necesarios”. El uso de irradiadores intravasculares permite alcanzar nuevos horizontes en la calidad de atención médica, eficiencia y seguridad para el paciente optimizando los procesos de tratamiento y rehabilitación con énfasis en prevención en la época cuando los fármacos cada vez más presentan escasez de eficiencia y efectos adversos frecuentes y serios.

XI. BIBLIOGRAFÍA:

1. Dutkevich I., Marchenko A. “Nuevos métodos de fotohemoterapia”. San-Petersburgo, 1993.
2. Dutkevich I., Marchenko A. “Terapia por cuantos”. Libro “Medicina alternativa: métodos no medicamentosos”. San-Petersburgo- Arjanguelsk, 1994.
3. Karandashec V., Petujov E. “Irradiación ultravioleta de sangre”. Moscú, 1997
4. Marchenko A. “Fotomodificación intravascular de sangre en cirugía y afines”. San-Petersburgo, 1999.
5. Dutkevich I., Marchenko A. “Aparatos y métodos de fotohemoterapia”. San-Petersburgo, 2005.
6. Dutkevich I., Marchenko A. “Métodos de fotohemoterapia”. San-Petersburgo, 2007.
7. Moshkovska T., Mayberry, J. (2005). "It is time to test low level laser therapy in Great Britain". Postgraduate medical journal 81 (957): 436–441.
8. Meshalkin E., Sergievskiy V. “Application of Direct Laser Radiation in Experimental and Clinical Medicine”, Novosibirsk, 1981
9. Weber M.; Fussgänger-May T. (2007). "Intravenous laser blood irradiation". German Journal of Acupuncture and related Techniques 50 (3): 12–23.
10. Lee G., Ikeda R., Dwyer R., Hussein H., Dietrich P., Mason D. (1982). "Feasibility of intravascular laser irradiation for in vivo visualization and therapy of cardiocirculatory diseases". American heart journal 103 (6): 1076–7.
11. Schwartz S., Kaplan S., Stengle J., Stevenson F. (1952). "Ultraviolet Irradiation of Blood in Man". JAMA 149 (13): 1180–3.
12. "Ultraviolet Blood Irradiation Intravenous Treatment". CA: A Cancer Journal for Clinicians 20: 248. 1970.
13. Barrett S. (2010-06-23). "Index of Questionable Treatments". Quackwatch.
14. Harrington J., Li J. (1998). “Biomedical optics and lasers: diagnostics and treatment”, 1998, Beijing, China. Bellingham, Washington.