



Universidad de Valladolid

E.T.S.I. TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE
TELECOMUNICACIÓN, MENCIÓN EN SISTEMAS DE
TELECOMUNICACIONES

**Análisis de los campos
electromagnéticos aplicados
a la electromedicina para
diagnosticar y tratar
enfermedades**

AUTOR: RUBÉN BENITO SÁNCHEZ

TUTORES: BEATRIZ SAINZ DE ABAJO (Universidad de Valladolid)
DAVID FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ (Sanidad de Castilla y León)

**TÍTULO: Análisis de los campos electromagnéticos
aplicados a la electromedicina para diagnosticar y
tratar enfermedades**

AUTOR: Rubén Benito Sánchez

**TUTORES: Beatriz Sainz de Abajo
David Fernández Hernández**

**DEPARTAMENTO: Teoría de la Señal y Comunicaciones e
Ingeniería Telemática**

TRIBUNAL

Presidente: Miguel López Coronado

Secretario: Isabel de la Torre Díez

Vocal: Beatriz Sainz de Abajo

Suplente1: Carlos Gómez Peña

Suplente 2: Salvador Dueñas Carazo

FECHA: 13 de Febrero de 2017

CALIFICACIÓN:

RESUMEN

El desarrollo de la medicina, desde sus inicios, ha ido acompañada de instrumentos desde, los inicialmente básicos, a los actualmente sofisticados y con alto potencial asistencial.

Es un hecho el impacto de la tecnología aplicada en la práctica de la medicina, siendo esta, hoy en día, imprescindible en cualquier procedimiento asistencial de diagnóstico o de tratamiento de los pacientes. Estos instrumentos tecnológicos aplicados a medicina y a los cuidados de enfermería se denominan equipos electromédicos.

En la prestación asistencial que ofrece el Complejo Asistencial de Ávila, como conjunto de centros de atención especializada, el volumen de Recursos Electromédicos es muy significativo. Así como la existencia de instalaciones especiales, tales como quirófanos, paritorios, unidad de cuidados intensivos y de coronarios, radiología, etcétera. Todo ello, para el desarrollo de los procesos asistenciales.

A partir del inventario de equipos electromédicos del Complejo Asistencial de Ávila (2.200 equipos), se ha realizado una selección de aquellos que, en la parte aplicable al paciente, hacen uso del espectro electromagnético.

Tras la selección de los equipos electromédicos, se han estudiado en dos ámbitos:

- Primero, en el ámbito de aplicación (diagnóstico o tratamiento) y en la especialidad y subespecialidad médica.
- Segundo, en el ámbito del espectro electromagnético: zona de radiación (no ionizante, ionizante), rango (visible, ultrasónico, etc.), frecuencia y longitud de onda.

El estudio se desarrolla, principalmente, en este segundo ámbito del uso del espectro electromagnético por los equipos electromédicos. En definitiva, por la medicina para el diagnóstico y el tratamiento de los pacientes. Evidenciando que, el uso del espectro electromagnético es fundamental para el diagnóstico y tratamiento del paciente, y para gran parte de las especialidades médicas.

PALABRAS CLAVE

Diagnóstico, tratamiento, equipos electromédicos, espectro electromagnético.

ABSTRACT

The development of medicine, since its beginning, has been accompanied by instruments, from the basics at the beginning, to those currently sophisticated and with high health care potential.

It is a fact the impact of the technology applied in the practice of medicine, being this, nowadays, essential in any care procedure of diagnosis or treatment of patients. These technological instruments applied to medicine and to nursing care are called electromedical equipment.

In the assistance provided by the Ávila Care Complex, as a set of specialized care centers, the volume of Medical Resources is very significant. As well as the existence of special facilities, such as operating rooms, delivery rooms, intensive care and coronary unit, radiology...etc. All this thought for the development of care processes.

From the inventory of electromedical equipment of the Avila Healthcare Complex (2,200 units), a selection has been made of those that, in the part applicable to the patient, make use of the electromagnetic spectrum.

After the selection of the electromedical equipment, they have been studied in two areas:

- First, in the scope (diagnosis or treatment) and in the medical specialty and subspecialty.
- Second, in the field of the electromagnetic spectrum: radiation zone (non-ionizing, ionizing), range (visible, ultrasonic, etc.), frequency and wavelength.

The study is mainly developed in this second area of the use of the electromagnetic spectrum by electromedical equipment. In conclusion, it's used by medicine for the diagnosis and treatment of patients, evidencing that the use of the electromagnetic spectrum is fundamental for the diagnosis and treatment of the patient, and also for most of the medical specialties.

KEYWORDS

Diagnosis, treatment, electromedical equipment, electromagnetic spectrum.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar esta oportunidad para mencionar a las personas sin las cuales, no hubiese sido posible llegar hasta este momento. En primer lugar, quiero agradecerse a mi familia, sin la cual no hubiese sido posible llegar hasta aquí, ya que en todo momento me han ayudado a ver que las dificultades y problemas que me han ido surgiendo a lo largo de estos años, eran sólo eso y siempre tenían solución; gracias por hacerme ver la otra cara de la moneda. Su apoyo ha sido impagable, sobre todo en los momentos malos, confiando y dándome un empujón.

Por supuesto, a mis tutores del proyecto Beatriz Sainz de Abajo y David Fernández Hernández, porque su experiencia me ha servido para aprender en esta última etapa.

Por último, agradecer a Chema, ya que sin su ayuda no habría sido posible la realización de este proyecto.

Estos agradecimientos no sólo están dedicados a la realización de este trabajo, sino a toda una trayectoria académica y personal, porque todos ellos me han hecho crecer como persona.

Muchas gracias.

ÍNDICE

RESUMEN	6
PALABRAS CLAVE.....	6
ABSTRACT	7
KEYWORDS	7
AGRADECIMIENTOS	8
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE TABLAS	12
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1 DEFINICIÓN	13
1.1.1 EQUIPO ELECTROMÉDICO	13
1.1.2 ELECTROMEDICINA	14
1.2 FINALIDAD	14
Capítulo 2. METODOLOGÍA. EQUIPOS ELECTROMÉDICOS.....	15
2.1 ELECTRODOS	15
2.2 GENERADORES DE RADIOFRECUENCIA	16
2.3 GENERADORES DE MAGNETOTERAPIA	17
2.4 GENERADORES DE MICROONDAS	17
2.5 GENERADORES DE ONDA CORTA	18
2.6 GENERADORES DE ULTRASONIDOS	20
2.7 ESTIMULACIÓN DE NERVIOS ELÉCTRICOS TRANSCUTÁNEOS (TENS)	21
2.8 ELECTROANESTESIA	23
2.9 TERAPIA ELECTROCONVULSIVA (ECT)	24
2.10 MAGNETOTERAPIA	25
2.11 FUENTES DE LUZ HALÓGENA	26
2.12 FUENTES DE LUZ LED	27
2.13 FUENTES DE LUZ XENÓN	28
2.14 LÁMPARAS INFRARROJOS (FOTOTERAPIA INFRARROJOS)	29
2.15 FOTOTERÁPIA ULTRAVIOLETA	30
2.16 LÁMPARAS FOTOTERÁPIA	32
2.17 LÁMPARAS HENDIDURA	33
2.18 LÁMPARAS QUIRÚRGICAS	34
2.19 PULSIOXÍMETRO	35
2.20 ELECTROBISTURÍ	36
2.21 AUDIÓMETRO	38
2.22 ECÓGRAFO	39
2.23 ESPECTROFOTÓMETRO	46

2.23.1 BILIRRUBINÓMETRO	49
2.23.2 HEMOGLOBINÓMETRO.....	50
2.24 ELECTROMIÓGRAFO (EMG)	51
2.25 ELECTROENCEFALÓMETRO (EEG)	52
2.26 RADIOGRAFÍA.....	53
2.27 MAMÓGRAFO	55
2.28 DENSÍOMETRO OSEO.....	55
2.29 RESONANCIA MAGNÉTICA.....	56
2.30 TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA (TAC).....	58
2.31 OFTALMOSCOPIO BINOCULAR	60
2.32 BIÓMETRO ULTRASONICO	61
2.33 FRONTOFOCÓMETRO	62
2.34 REFRACTÓMETRO.....	63
2.35 QUERATÓMETRO	63
2.36 PAQUÍMETRO.....	64
2.37 DERMATOSCOPIO	64
2.38 FACOEMULSIFICADOR.....	65
2.39 IMPEDANCIÓMETRO	66
2.40 TOMOGRAFÍA POR COHERENCIA ÓPTICA (OCT)	67
2.41 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO	68
2.42 LASERTERAPIA.....	69
2.42.1 LÁSER YAG-Nd	69
2.42.2 LÁSER FEDL	70
2.42.3 LÁSER de He-Ne.....	70
2.42.4 LÁSER de argón	71
2.42.5 LÁSER de CO ₂	71
2.43 MICROSCOPIO	72
Capítulo 3. RESULTADOS	75
Capítulo 4. DISCUSIÓN.....	80
Capítulo 5. BIBLIOGRAFÍA	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de bloques simplificado de una unidad TENS alimentada por batería	22
Figura 2: Diagrama de bloques esquemático de un generador de electroanestesia	23
Figura 3: Diagrama de bloques de un espectrofotómetro de haz único	49
Figura 4: Diagrama de bloques de un TAC.....	59
Figura 5: Principio de funcionamiento de un TAC	60
Figura 6: Principio de funcionamiento de un impedanciómetro	67
Figura 7: Clasificación de los equipos electromédicos en el espectro electromagnético	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de electrodos.....	16
Tabla 2: Partes pequeñas (2D).....	43
Tabla 3: Abdominal (2D).....	43
Tabla 4: Array en fases (2D)3.....	44
Tabla 5: Endocavidad (2D).....	44
Tabla 6: Micro convex - tiempo real (4D).....	45
Tabla 7: Abdominal - tiempo real (4D).....	45
Tabla 8: Endocavidad - tiempo real (4D).....	45
Tabla 9: Partes pequeñas - tiempo real (4D).....	45
Tabla 10: Clasificación final de los equipos electromédicos analizados.....	76

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN

1.1.1 EQUIPO ELECTROMÉDICO

El artículo 3º del Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo, por el que se regulan los Productos Sanitarios, y los define como: cualquier instrumento, dispositivo, equipo, material u otro artículo, utilizado solo o en combinación, incluidos los programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en seres humanos con fines de:

- 1º. Diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad.
- 2º. Diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.
- 3º. Investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico.
- 4º. Regulación de la concepción.

Y que no ejerza la acción principal que se desee obtener en el interior o en la superficie del cuerpo humano por medios farmacológicos, inmunológicos ni metabólicos, pero a cuya función puedan contribuir tales medios.

El Real Decreto 414/1996, de 1 de marzo, que incorpora la reglamentación comunitaria 93/42/CE, sobre Productos Sanitarios.

Existen diferentes tipos de Productos Sanitarios y, entre ellos, los que se analizan en este TFG, los Equipos Electromédicos.

Los Equipos Electromédicos se definen como, Productos Sanitarios Activos No Implantables. Es decir, es un Producto Sanitario “Activo” porque utiliza una fuente de energía, y es “No Implantable” porque no queda depositado en el organismo; en el paciente. [2]

1.1.2 ELECTROMEDICINA

El proceso de producción de un hospital debe lograr, a través de una correcta planificación, la máxima utilización de los recursos asistenciales y de modo eficiente. Haciendo que, el nivel de organización y la estructura propia del hospital coincidan en esos dos objetivos.

Dentro de los recursos asistenciales, y con un peso específico cada vez mayor, se encuentran los Equipos Electromédicos o Productos Sanitarios Activos No Implantables (PSANI).

El impacto de la tecnología aplicada a la práctica médica, así como la relación diagnóstica y terapéutica que guarda con el paciente, da idea de lo importante que es el garantizar la fiabilidad, la seguridad y la disponibilidad de la misma en óptimas condiciones de uso, su adecuado mantenimiento y su correcto manejo por parte del personal sanitario. [2]

En la prestación asistencial que ofrece un hospital, como centro de atención especializada, el volumen de Equipos Electromédicos utilizados es muy significativo. Así como la existencia de instalaciones especiales, tales como Quirófanos, Paritorios, Unidad de Cuidados Intensivos, Radiología, etcétera. Todo ello, para el desarrollo de los procesos asistenciales.

Es el Departamento de Electromedicina en que tiene asignadas las competencias de gestión y asistencia técnica a los Equipos Electromédicos, así como de formación del personal sanitario en cuanto a su manejo, cuidado y medidas de seguridad a tomar.

1.2 FINALIDAD

Estos equipos se usan específicamente para el diagnóstico, el tratamiento o la rehabilitación de una enfermedad o lesión, ya sea solo o junto con accesorios, material fungible u otros equipos médicos.

El cuerpo humano tiene variables físicas y mecánicas que ayudan a comunicar los diferentes órganos entre sí. El diagnóstico nos sirve para “ver” esas variables (tomar medidas) y el tratamiento para corregir las anomalías de esas variables.

Capítulo 2. METODOLOGÍA. EQUIPOS ELECTROMÉDICOS

La bioinstrumentación aplica los fundamentos de la ciencia de la medición a la instrumentación biomédica. Enfatiza los principios comunes y los problemas únicos asociados con la realización de mediciones en sistemas vivos. Una variable fisiológica se origina a partir de un proceso molecular, celular o sistémico cuya naturaleza puede ser descrita por un evento mecánico, eléctrico, químico, óptico u otro. Una variable debe ser cuidadosamente especificada antes de ser medida. El sensor debe estar diseñado para minimizar la perturbación de la variable medida y su entorno, cumplir con los requisitos del sistema vivo y maximizar la relación señal-ruido, es decir, la claridad de la señal. La señal, típicamente después de convertirse en una forma eléctrica, se acondiciona a continuación utilizando procesamiento de señales lineal y no lineal, y se entrega a un dispositivo de salida apropiado. La bioinstrumentación incluye métodos para obtener mediciones invasivas y no invasivas del cuerpo humano, órganos, células y moléculas; Instrumentación electrónica, principios de procesamiento de señales analógicas y digitales y dispositivos de salida típicos. Incluye conceptos de medición tales como precisión, reproducibilidad, supresión de ruido, métodos de calibración y requisitos de seguridad. [5]

Comenzando por el inventario de equipos electromédicos existentes en el complejo asistencial de Ávila, se ha realizado una búsqueda bibliográfica, de normativa, de legislación y de directrices de dichos equipos, quedándonos con aquellos equipos electromédicos que usen las ondas electromagnéticas, bien sea para diagnóstico como para tratamiento.

2.1 ELECTRODOS

Los electrodos son dispositivos que convierten los potenciales iónicos en potenciales eléctricos.

A continuación adjuntamos una tabla con cada tipo de electrodo y el rango de frecuencias en el cual trabaja.

Tipo	Frecuencia de trabajo (Hz)
Electrodos de piel	0.05 - 150
Electrodos del cuero cabelludo	0.05 - 150
Electrodos de aguja	0 - 10000
Electrodos de lentes de contacto	0 - 50
Electrodo de Ph	0 - 1
Electrodo pCO2	0 - 2
Electrodo pO2	0 - 2

Tabla 1: Tipos de electrodos. [5]

Los electrodos se usan tanto para diagnóstico como para tratamiento, en muchas especialidades médicas.

2.2 GENERADORES DE RADIOFRECUENCIA

La radiofrecuencia (RF) es una de las herramientas disponibles para el manejo del dolor crónico; se utiliza desde principios del siglo XX, con diversidad de indicaciones y grado de éxito. Se le considera como un procedimiento percutáneo¹ de mínima invasión para pacientes que no responden apropiadamente al tratamiento convencional y se usa en gran medida a nivel internacional, sin embargo, la evidencia de su uso en nuestro país es escasa.

Mediante un equipo generador de RF se transmite una corriente eléctrica a través de la aguja, que presenta una punta activa, la cual calienta el tejido circundante y causa una lesión alrededor de la punta del electrodo. Este equipo facilita efectuar una prueba de estimulación sensorial y motora de gran utilidad para valorar el umbral sensorial y prevenir secuelas por denervación². Es una técnica neurolítica que usa calor para producir una destrucción tisular controlada (termocoagulación) y origina la reducción del dolor sin producir signos clínicos de lesión nerviosa.

¹ Procedimientos realizados mediante punción con aguja sin incisión previa de la piel. [3]

² Pérdida de la inervación nerviosa en una determinada estructura. Se utiliza el término habitualmente para referirse al músculo que ha perdido la inervación nerviosa debido a una lesión nerviosa que ha provocado la degeneración axonal.

Ofrece la oportunidad de propiciar una estimulación eléctrica que sirve como apoyo durante el uso de esta tecnología, ya que mediante la estimulación sensorial se confirma la proximidad al blanco y mediante la motora se confirma la distancia segura a las fibras motoras y así se evita una probable lesión. La estimulación sensorial se obtiene en un rango de 50 Hz y 0.5-1 V, y la estimulación motora en un rango de 2 Hz y 2 V. [6]

Se encuentra en la zona del espectro de radiofrecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes³.

Es una técnica in-vivo⁴, invasiva por vía cruenta⁵. Se usa para el tratamiento en rehabilitación en la subespecialidad de electroterapia.

2.3 GENERADORES DE MAGNETOTERAPIA

Mediante un equipo generador de RF se genera un campo prevalentemente magnético originado por frecuencias bajas. Se utiliza en Magnetoterapia.

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento.

La frecuencia aplicada no será superior a 100 Hz. Muchas aplicaciones se realizan a 50 Hz. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: Rehabilitación, en la subespecialidad de electroterapia.

2.4 GENERADORES DE MICROONDAS

Bajo el término de microondas se incluyen las radiaciones electromagnéticas incluidas en la banda de frecuencias que se extiende desde 300 MHz a los 3.000 GHz.

Las microondas se parecen, en muchos sentidos, a las ondas de radio, pero son más difíciles de generar, ya que se requieren dispositivos electrónicos

³ Constituyen la parte del espectro electromagnético cuya energía de los fotones es demasiado débil como para causar la ionización de átomos y moléculas, incluso a intensidades altas. En esta región del espectro encontramos a la radiación ultravioleta cercano, la luz visible, la radiación infrarroja, campos de microondas y radiofrecuencias, y por último los campos eléctricos y magnéticos estáticos.

⁴ Técnica in vivo: es aquella que se realiza sobre o dentro de un organismo vivo. [2]

⁵ Vía cruenta: Se entiende como el procedimiento que no se realiza por orificios naturales, sino que hace falta atravesar la piel.

especiales, como el magnetrón⁶. A diferencia de la onda corta, las microondas pueden focalizarse en forma de potentes radiaciones, sumamente direccionales. En su interacción con la materia, su energía puede ser reflejada, como ocurre cuando inciden sobre superficies metálicas, transmitida con poca pérdida de energía en medios transmisores, como el vidrio, o absorbida por la materia irradiada, lo que origina un aumento de temperatura en ésta.

En medicina física, las microondas se utilizan como método de calentamiento profundo (diatermia⁷). La producción de calor se basa en el hecho de que las moléculas orgánicas y de agua vibran con gran energía (vibración forzada) al ser sometidas a microondas de determinada frecuencia. La fricción producida entre las moléculas en vibración genera rápidamente calor. [7]

Las frecuencias utilizada es de 2460 MHz.

Se encuentra en la zona del espectro de las microondas. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el tratamiento, en rehabilitación en la subespecialidad de electroterapia.

2.5 GENERADORES DE ONDA CORTA

La onda corta forma parte de la electroterapia de alta frecuencia, se sitúa en la gama de los 27.12 MHz, se han utilizado frecuencias próximas a la citada sin hallarse mayor utilidad terapéutica. La onda corta como toda electroterapia de alta frecuencia se ve libre de los efectos químicos y de estimulación muscular que afectan a la media y baja frecuencia. La onda corta es una radiación no ionizante que logra sus efectos debido a que logra un aumento de la temperatura en profundidad y a la intensidad del campo magnético que genera. Se usa para tratar la hipertermia⁸.

⁶ Magnetron: es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía electromagnética en forma de microondas.

⁷ Diatermia: consiste el calentamiento local de tejidos en una zona del cuerpo bajo la influencia de un fuerte campo magnético aplicando una corriente eléctrica de alta frecuencia, lo que contribuye a la relajación de los músculos y alivia la sensación de dolor. El calor que se produce incrementa el flujo sanguíneo y se puede utilizar en el tratamiento de los dolores profundos de las enfermedades reumáticas y artríticas (terapia por microondas). [3]

⁸ Hipertermia: es un aumento de la temperatura por encima del valor hipotalámico normal por fallo de los sistemas de evacuación de calor, esto es, una situación en la que la persona experimenta un

Tiene dos formas básicas de aplicación: Campo de condensador e Inducción.

- Onda corta por campo condensador:

La zona a tratar se sitúa entre dos electrodos que forman el par condensador, entre ambos se genera un campo, la polaridad varía 27.120.000 millones de veces por segundo generando en el dieléctrico (en este caso el paciente) una fuerza electromotriz que será la responsable del calentamiento debido al desplazamiento de los iones libres.

Los electrodos adoptan la forma de placas por lo general redondas y aisladas, con la posibilidad de que estén sean de diversos tamaños, de forma que conseguiremos un mayor calentamiento en la zona próxima a la placa de menor tamaño, o por igual cuando sean de idéntico diámetro. Los equipos modernos tienen un sistema de sintonización automática que se adapta a los tejidos a tratar teniendo en cuenta la resistencia que ofrecen según su contenido acuoso.

- Onda corta por inducción:

Colocando frente al electrodo condensador un cable arrollado se produce un campo magnético inductivo. Las unidades de inducción incluyen este cable arrollado en el tambor en el que se encuentra asimismo el electrodo capacitivo, el aspecto es más similar al de los clásicos radares, con un mono cabezal o con un triplete que permite adaptarse mejor a zonas como el hombro o la rodilla.

Aunque se han obtenido muy buenos resultados en aplicación por inducción y por campo condensador cada vez son menos los centros de rehabilitación que optan por este tipo de equipos frente a otros como los de Diatermia capacitiva a 1 MHz.

Los efectos son los de la termoterapia⁹ en general, el aumento de la temperatura provoca un aumento de la circulación, y ésta a su vez una elevación en la capacidad de regeneración de los tejidos. Por el simple hecho de la elevación de temperatura los tejidos pueden movilizarse mejor debido a la ganancia de elasticidad, por idéntico motivo la percepción del dolor disminuye,

aumento de la temperatura por encima de los límites normales, es decir, por encima de los 37'5 grados. Un caso de hipertermia es el golpe de calor. [3]

⁹ Terapia basada en la utilización del calor como ayuda en el tratamiento de una enfermedad.

reuniéndose de esta forma toda una serie de efectos muy útiles en rehabilitación.

Existen también unos efectos atérmicos que corresponden a la onda corta pulsátil, estos efectos fisiológicos mejoran la reabsorción de edemas¹⁰, disminuyen la inflamación y favorecen la regeneración de los tejidos, en definitiva un aumento importante del riego sanguíneo y una mejor oxigenación de los tejidos. [8]

Se encuentra en la zona del espectro de radiofrecuencias, concretamente en la zona de altas frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento en rehabilitación en la subespecialidad de electroterapia.

2.6 GENERADORES DE ULTRASONIDOS

El ultrasonido es usado como agente terapéutico para tratar distintas afecciones físicas, aprovechando los efectos que causa en el organismo; estas ondas son generadas por transductores piezoeléctricos¹¹ a partir de una señal periódica proveniente de un generador de ondas ultrasónicas, denominándose al conjunto completo generador-transductor 'equipo de terapia por ultrasonido'. [9]

El generador ultrasónico que cumple la función de producir una señal eléctrica con la frecuencia y potencia requerida para el funcionamiento adecuado del transductor piezoeléctrico. El oscilador entrega una señal entre los 20 kHz y los 40 kHz de acuerdo con la frecuencia de resonancia del transductor. [10]

Los transductores utilizados trabajan en el rango de frecuencias de 1 a 3 MHz, en régimen continuo y pulsado. [9]

El generador de ondas sonoras es capaz de producir en los tejidos del paciente dos efectos distintos: por una parte produce elevación de la temperatura de la zona de tratamiento y por otra parte, cambios mecánicos, denominados efectos no térmicos. Ambos generan aumento del metabolismo que induce cambios en

¹⁰ Hinchazón de cualquier parte del cuerpo debido a la retención de fluido en los espacios intercelulares de los tejidos. [3]

¹¹ El efecto piezoeléctrico consiste en el cambio de dimensión del cristal cuando se le aplica una carga eléctrica o la generación de una carga eléctrica cuando se le aplica una fuerza. Este efecto permite generar un movimiento mecánico en función de una señal eléctrica.

los tejidos. A su vez, el tratamiento con ultrasonidos se usa en conjunto con otras técnicas terapéuticas para lograr un tratamiento eficaz. [9]

Se encuentra en la zona del espectro de ultrasonidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento en rehabilitación en la subespecialidad de electroterapia.

2.7 ESTIMULACIÓN DE NERVIOS ELÉCTRICOS TRANSCUTÁNEOS (TENS)

La estimulación nerviosa eléctrica transcutánea (TENS) aplica pequeños impulsos eléctricos al sistema nervioso para aliviar el dolor. Es no invasivo y libre de drogas, comúnmente utilizado tanto para el dolor agudo a corto plazo como para el dolor crónico a largo plazo. Uno de los usos más comunes de la TENS es el dolor postoperatorio, que se desarrolla cerca del área de la incisión después de la cirugía. TENS permite una recuperación rápida y no tiene efectos secundarios en comparación con los medicamentos y la terapia física en el tratamiento del dolor postoperatorio. También se ha encontrado eficaz en el tratamiento del dolor asociado con la espalda, la rodilla, el hombro, el cuello y el músculo, así como muchos otros deportes y lesiones relacionadas con el trabajo, como el síndrome del túnel carpiano, RSI¹² y muchos otros problemas relacionados con ambientes de trabajo sedentarios de hoy en día.

¹² RSI: lesiones por esfuerzo repetitivo

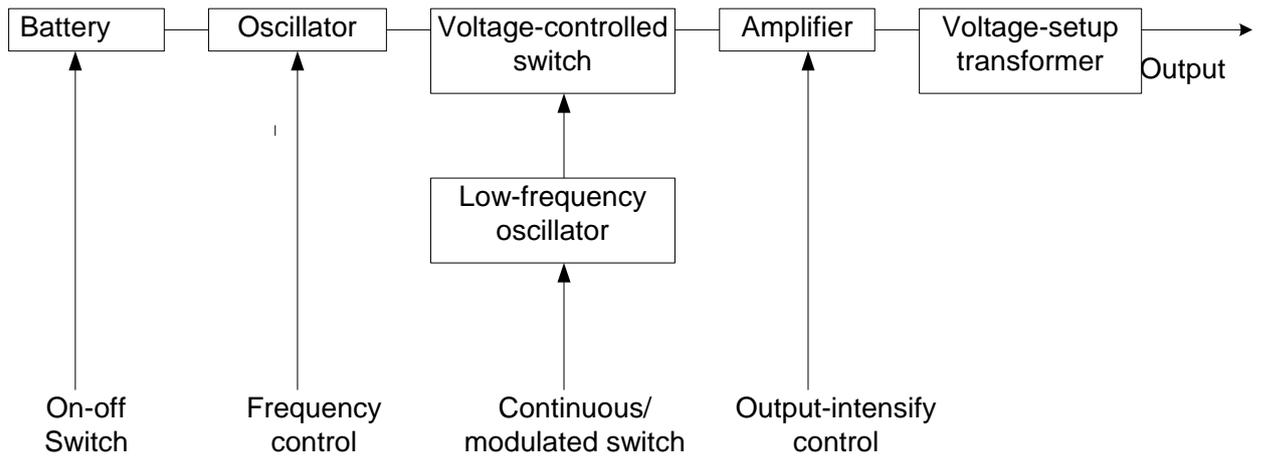


Figura 1: Diagrama de bloques simplificado de una unidad TENS alimentada por batería. [5]

Se utilizan dos o cuatro electrodos en TENS, y la colocación de los electrodos tiende a estar en el lugar del dolor o en un punto de presión. Los diferentes ajustes incluyen la frecuencia de la longitud de onda, el intermitente (flujo constante) o el estallido (impulsos cortos, repentinos de la electricidad), y anchura de pulso. El uso de TENS debe estar bajo la dirección de un médico, que por lo general predetermina estos parámetros de acuerdo con la condición del paciente.

Hay dos grupos principales de electrodos usados en TENS. Son electrodos de caucho de carbono y electrodos autoadhesivos. Los electrodos de caucho de carbono son los electrodos más comúnmente disponibles y son el método de menor costo utilizado para aplicar la terapia con TENS. Es necesario aplicar un gel eléctricamente conductor a la cara de estos electrodos, lo que los hace deslizantes y propensos a moverse sobre el cuerpo.

Los electrodos autoadhesivos también se denominan "electrodos pregelados". Están revestidos con un polímero adhesivo auto adherente que permite una fácil aplicación, comodidad y la libertad de movimiento necesaria para el uso prolongado en el hogar y en el móvil. No necesitan gel para aplicarse a la piel, que es una causa principal de irritación de la piel. Otro electrodo nuevo es el electrodo conductor de tela. Proporciona la comodidad de ser colocado dentro de la ropa. Normalmente los electrodos se colocan en el lugar del dolor o en un punto de presión.

Los dispositivos TENS producen formas de onda diferentes, la cual se elegirá en función del paciente: bifásica, cuadrada, rectangular, onda sinusoidal, triangular o en forma de espiga.

El ancho del pulso o duración es de $10 \sim 300 \mu\text{s}$, y la amplitud oscila entre la amplitud baja, que apenas puede ser detectada por el paciente a amplitudes breve-intensas de 1 mA a 100 mA según la comodidad de los pacientes. [5]

Dado que la frecuencia utilizada en el TENS se encuentra entre 1 y 120 Hz (dolor crónico 1-20 Hz, dolor agudo 80-120 Hz), nos encontramos en el rango del espectro de las ondas radioeléctricas, en la zona de bajas frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: Rehabilitación, en la subespecialidad de electroterapia, aplicando bajas frecuencias.

2.8 ELECTROANESTESIA

Un aparato de electroanestesia es un dispositivo usado para la inducción y el mantenimiento de la anestesia durante los procedimientos quirúrgicos por medio de la corriente eléctrica que es pasada a través de los electrodos fijados a la cabeza de un paciente.

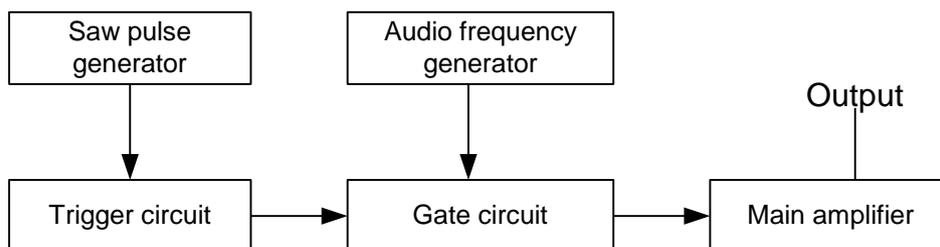


Figura 2: Diagrama de bloques esquemático de un generador de electroanestesia. [5]

La corriente se incrementa lentamente para lograr sedación, inmovilidad, pérdida de equilibrio y pérdida de conciencia de una manera controlada, permitiendo que una variedad de procedimientos se lleven a cabo con seguridad. Los niveles de corrientes eléctricas utilizados para la anestesia son

aproximadamente 100 veces mayores que los usados para electrosleep¹³, mientras que los niveles de corriente de la terapia con electroshock¹⁴ son 3 a 5 veces mayores que los usados para electroanestesia.

No existe forma de onda y método generalmente aceptados. Se pueden rectificar corrientes alternas, corrientes continuas interrumpidas, corrientes sinusoidales, ruido blanco, etc. La frecuencia oscila entre 100 Hz y más de 40 kHz dependiendo de la parte del cuerpo donde está involucrada la anestesia. Con una mayor frecuencia de separación se necesitan corrientes más altas para la anestesia. El valor medio más bajo de la corriente para la anestesia registrada es alrededor de 100 Hz. Por tanto, nos encontramos en el rango del espectro de las ondas de radiofrecuencia, en bajas y medias frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. [5]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento.

Estos aparatos se usan en quirófano.

2.9 TERAPIA ELECTROCONVULSIVA (ECT)

La terapia convulsiva fue experimentada por primera vez en la década de 1930 como un tratamiento para la esquizofrenia. Tal como se aplica actualmente, la ECT consiste en breves pero potentes estallidos de electricidad que se pasan a través del lóbulo frontal del cerebro con el propósito de instigar una convulsión cerebral general. ECT todavía se utiliza hoy en día como un tratamiento para los esquizofrénicos, aunque con poca frecuencia. En estos casos, se utiliza generalmente en pacientes que han sido resistentes a la terapia farmacológica y que tienen trastornos afectivos sustanciales (trastornos del estado de ánimo). El tratamiento, sin embargo, instiga efectos fisiológicos significativos, y por lo tanto plantea graves efectos secundarios físicos en ciertas circunstancias. La actividad convulsiva provoca la activación generalizada de las neuronas en el cerebro y en todo el cuerpo, causando convulsiones y frecuencia cardiaca y presión arterial sistólica, con picos de más de 200 mmHg. La presión intracraneal también aumenta debido al aumento del flujo sanguíneo craneal.

¹³ Electrosleep: Sueño inducido por el paso de una corriente de bajo voltaje controlada a través del cerebro. Puede utilizarse para fines terapéuticos, diagnósticos o experimentales.

¹⁴ Electroshock: Hace referencia a terapia electroconvulsiva.

Todo esto puede fatigar los vasos sanguíneos y conducir a una ruptura de la barrera hematoencefálica¹⁵, limitando así su uso en pacientes con enfermedad cerebrovascular, aneurisma cerebral o aórtico o enfermedad cardíaca. Después del tratamiento, los efectos secundarios comunes incluyen dolores de cabeza, náuseas y dolores musculares.

Dado que la frecuencia utilizada se encuentra en el rango entre 30 y 70 Hz, nos encontramos en el rango del espectro de las ondas radioeléctricas, en la zona de baja frecuencia más concretamente. El ancho del pulso es de 0.5 a 2 ms. La corriente de pico funciona en el rango de 0.6 a 1 A, y en cuanto a la duración del estímulo, el rango óptimo es de 3 a 5 s, pero depende de otros factores como el ancho de pulso, pico de corriente, frecuencia y carga total transferidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. [5]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: Psiquiatría¹⁶.

2.10 MAGNETOTERAPIA

Es la aplicación con fines terapéuticos de un campo prevalentemente magnético originado por frecuencias bajas.

La Magnetoterapia es una forma de fisioterapia que utiliza la energía electromagnética y es un tratamiento eficaz, seguro y no invasivo. Los campos magnéticos interactúan con las células favoreciendo la recuperación de las condiciones fisiológicas de equilibrio. Se indica en los casos en los que es necesario estimular la regeneración de los tejidos después de eventos lesivos de distinta naturaleza. Los campos electromagnéticos generados favorecen resultados seguros sin utilizar fármacos.

Para los tratamientos médicos empleamos campos magnéticos variables¹⁷ de baja frecuencia e intensidad, aunque en algún caso (magnetóforos) se usan dispositivos de intensidad constante. Esta variación determina las distintas formas del campo que hay que aplicar, que fundamentalmente pueden ser:

¹⁵ La barrera hematoencefálica es una barrera entre los vasos sanguíneos y el sistema nervioso central. La barrera impide que muchas sustancias tóxicas la atraviesen, al tiempo que permite el pasaje de nutrientes y oxígeno.

¹⁶ Psiquiatría: Rama de la medicina que se ocupa del estudio, diagnóstico y tratamiento de trastornos mentales. [3]

¹⁷ Campos magnéticos variables: aquellos campos cuya intensidad varía respecto al tiempo.

- En forma de onda sinusoidal
- En forma de impulsos (los más utilizados en terapéutica): sinusoidales, rectangulares, en onda “tres cuartos”, etc.

Por otra parte, la aplicación puede corresponder a una sola polaridad (norte o sur) u oscilar la polaridad entre norte y sur.

En cuanto a la intensidad, esta no superará los 100 gauss, aunque normalmente no se sobrepasan los 50 gauss, más que en determinados tratamientos.

La magnetoterapia regenera las células perjudicadas mejorando la cinética enzimática y repolariza las membranas celulares, por otro lado produce una acción anti stress y promueve una aceleración de todos los fenómenos reparadores con una acción directa bioregenerante, antiinflamatoria, antiedemática¹⁸, antálgica¹⁹ y sin efectos colaterales. [5]

La frecuencia aplicada no será superior a 100 Hz. Muchas aplicaciones se realizan a 50 Hz. Como vemos, utilizamos la banda de radiofrecuencias, en la zona de bajas frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: Rehabilitación.

2.11 FUENTES DE LUZ HALÓGENA

La lámpara halógena es una evolución de la lámpara incandescente con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como yodo o bromo).

El filamento y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil. El vidrio se sustituye por un compuesto de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor (lo que permite lámparas de tamaño mucho menor, para potencias altas). Algunas de estas lámparas funcionan a baja tensión (por ejemplo 12 voltios), por lo que requieren de un transformador para su funcionamiento.

¹⁸ Antiedemática: permite una reabsorción más rápida de edemas.

¹⁹ Antálgica: Calma o elimina el dolor.

La lámpara halógena tiene un rendimiento un poco mejor que la incandescente (18,22 lm/W) y su vida útil se aumenta hasta las 2.000 y 4.000 horas de funcionamiento. [11]

Este tipo de fuente de luz utiliza el espectro visible, produciendo luz con una temperatura de color altamente efectiva, exactamente de 3000 °K. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el diagnóstico, en las especialidades médicas de otorrinolaringología²⁰ y en neumología²¹, en la subespecialidad de endoscopias.

2.12 FUENTES DE LUZ LED

Este tipo de lámparas usan LED (diodos emisores de luz) como fuente lumínica. Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de LEDS, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua, de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Los LEDS se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de LED tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas LED tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

La iluminación de propósito general necesita luz blanca. Los LEDS emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha, fuertemente coloreada. Para emitir luz blanca es preciso combinar LEDS de luz roja, verde y azul, o usar fósforo para convertir parte de la luz a otros colores.

El primer método, usa múltiples chips de LEDS, cada uno emitiendo una longitud de onda diferente en las proximidades, para formar el amplio espectro

²⁰ Otorrinolaringología: Rama de la medicina que se ocupa del oído, nariz y laringe y de sus enfermedades. [3]

²¹ Neumología: Rama de la medicina que se ocupa de los pulmones y de sus enfermedades. [3]

de luz blanca. La ventaja de este método es que la intensidad de cada LED puede ser ajustada para "afinar" el carácter de la luz emitida. La mayor desventaja es su alto costo de producción.

El segundo método, LED de fósforo convertido (pc-LED), usa un LED de corta longitud de onda (usualmente azul o ultravioleta) en combinación con el fósforo que absorbe una porción de la luz azul y emite un espectro más amplio de luz blanca (el mecanismo es similar a la forma de una lámpara fluorescente que emite luz blanca de un sistema de iluminación UV de fósforo). [12]

Este tipo de fuente de luz utiliza el espectro visible, produciendo luz con una temperatura de color altamente efectiva, exactamente de 5500 °K. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el diagnóstico, en la especialidad médica de otorrinolaringología.

2.13 FUENTES DE LUZ XENÓN

Estas lámparas, de alta eficiencia, contienen xenón en su quemador, construido en cristal de cuarzo de alta pureza, dadas las altas temperaturas que genera esta lámpara. El gas de xenón en la lámpara fría funciona como un aislante, que se convierte en conductor durante el proceso de ignición²², excitándolo durante unas décimas de segundos a alta frecuencia y alto voltaje (20.000 a 40.000V). Sus electrodos (con un ánodo de mayor grosor que el cátodo, ya que recibe mayor temperatura en la descarga) se encuentran opuestos a mínima distancia para mejorar el arco voltaico (2 a 9mm). Estas lámparas utilizan corriente continua para su funcionamiento, por lo que su equipo auxiliar debe contener un rectificador de tensión. La intensidad lumínica se puede controlar cambiando la potencia de la corriente. En contraste con la lámpara incandescente, esa variación no afecta la curva de distribución espectral ni su temperatura color, al igual que en toda lámpara de descarga de gases. Estas lámparas tienen menor eficiencia lumínica que las de halogenuros metálicos (entre 30 y 40lm/W). Al igual que la de halogenuros metálicos tiene una temperatura color de 6200°K, excelente rendimiento de color, espectro no

²² Ignición: ocurre cuando el calor que emite una reacción llega a ser suficiente como para sostener la reacción química.

continúo pero que cubre todas las longitudes de onda (380-720 nm) y constancia de color durante su vida útil. Se la usa en rangos que van de 50 a 10.000W de potencia. Las de potencia menor a 450 W tienen uso principalmente científico y técnico, por las posibilidades de fluorescencia que genera. [13]

Este tipo de fuente de luz utiliza el espectro visible, produciendo luz con una temperatura de color altamente efectiva, exactamente de 6200°K. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el diagnóstico, en endoscopias del sistema digestivo y en quirófanos.

2.14 LÁMPARAS INFRARROJOS (FOTOTERAPIA INFRARROJOS)

Las lámparas emisoras de infrarrojos están constituidas por filamentos de tungsteno (en ocasiones de carbono) dispuestos en una ampolla de cristal, que contiene gas inerte a baja presión, con su reflector correspondiente para mejorar la direccionalidad del haz. Este filamento se calienta hasta temperaturas de 1900 °C y emite una gran cantidad de infrarrojo proximal (760-1500 nm), además de abundante luz visible. [14]

Los rayos infrarrojos tienen mayor capacidad de penetración cuanto mayor sea su energía. Por eso, los infrarrojos largos apenas penetran en el organismo, absorbiéndose totalmente en la primera decima de milímetro de la superficie de la piel. En los infrarrojos de onda más corta (gama de 760 a 1500 nm), puede llegar el 20% de la radiación incidente a 1 mm de profundidad y el 5%, aproximadamente, a los 2 mm. En el caso más favorable, correspondientes a los infrarrojos de 1200 nm, llega una mínima cantidad de radiación hasta los 3 mm de la piel. [15]

La absorción de infrarrojo en las capas más superficiales de los seres vivos determina en ellas la producción de calor. En efecto, la energía propia de la radiación infrarroja no permite apenas la producción de efectos fotoquímicos, ni mucho menos de ionizaciones. Solo actúa aumentando la agitación térmica de las moléculas del absorbente y, por tanto, incrementando su grado de calor.

Desde el punto de vista médico, el efecto fundamental de la radiación infrarroja al absorberse es la producción de calor. [15]

Las lámparas de uso clínico constan de un pie con un vástago donde se acopla una base con varias lámparas que pueden funcionar conjuntamente, y que están situadas con cierta angulación para conseguir una concentración del calor producido por el foco. [15]

Los efectos que se producen son: [14]

- Disminución de la presión arterial, aumento de la frecuencia cardiaca y del ritmo respiratorio.
- Efecto antiinflamatorio, debido al mayor aporte de nutrientes y células defensivas, proporcionados por la hiperemia²³, que estimula el trofismo²⁴ celular e hístico.
- Aumento de la sudación, producido por el calor en la piel.
- Relajación muscular.
- Incremento de la disociación de la hemoglobina a nivel del tejido, que favorece la disponibilidad de oxígeno para el tejido que se está recuperando.
- Sedación y relajación generalizada de todo el organismo debido tanto a la acción del calor ligero sobre todas las terminaciones nerviosas como a la relajación muscular sistémica.
- Disminución del volumen y aumento de la concentración de la orina.

Como hemos visto anteriormente, nos encontramos en el rango del espectro de infrarrojos, en la longitud de onda de 760-1500 nm. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el tratamiento. Se usa para rehabilitación, en las cunas de fototerapia.

2.15 FOTOTERÁPIA ULTRAVIOLETA

Los aparatos productores de radiación ultravioleta por el sistema de lámpara constan de un filamento de wolframio y contienen en su interior una gota de

²³ Hiperemia: exceso de sangre en una parte del cuerpo; congestión. [3]

²⁴ Trofismo: se utiliza con frecuencia en el ámbito de la medicina para referirse a aquellas funciones del organismo que están vinculadas a la nutrición, el desarrollo y la conservación de un tejido.

mercurio. Cuando se conecta la lámpara, el filamento se pone incandescente y el calor así producido vaporiza el mercurio, consiguiéndose una emisión mixta procedente del filamento del wolframio y del vapor de mercurio. Estas lámparas producen radiación infrarroja, luminosa y ultravioleta, representando esta el 55% de la emisión. La radiación provoca en determinadas sustancias la emisión de radiación visible. Existe, pues, un intercambio energético por el cual esas sustancias absorben energía de la radiación no visible transformándola de modo específico en otra de mayor longitud de onda, correspondiente al espectro visible.

No toda la gama de ultravioletas tiene la misma importancia para la medicina. Existe un límite práctico para su utilización: la capacidad de atravesar el cristal de cuarzo, que es nula para las radiaciones de menos de 185 nm y no las hace utilizables en medicina. Las radiaciones ultravioleta para las que el cristal de cuarzo es transparente se dividieron en tres zonas: ultravioleta próximo o ultravioleta A (UVA), de 315-400 nm, ultravioleta medio o ultravioleta B (UVB), de 280-315 nm, y ultravioleta corto o ultravioleta C (UVC), de 185-280 nm. [15]

Se utilizan ciertas longitudes de onda ultravioleta para la fototerapia de enfermedades de la piel. En concreto, se utiliza una longitud de onda en torno a los 310-315 nm, con un pico de emisión en los 311 nm. [16] Esta banda de emisión pertenece al ultravioleta medio (UVB). Esto hace que se produzca el efecto fotoquímico, como la formación de vitaminas y la pigmentación. Debido a su mayor energía, esta radiación absorbe electrones de las orbitas externas de los átomos, redistribuye los átomos correspondientes de las moléculas en nuevas moléculas y facilita ciertas reacciones químicas (conversión de la provitamina D3 en vitamina D3 en las capas superficiales de la piel). [15]

Es efectivo también en el tratamiento de la psoriasis²⁵ y en el vitíligo²⁶, y que se produzca menos quemaduras al hallarse su longitud de onda lejos de los 280-300 nm, que es la longitud de onda responsable de las quemaduras solares. Por este motivo es eficaz en uso terapéutico. [16]

Se encuentra en la zona del espectro de ultravioleta. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

²⁵ Psoriasis: es una enfermedad de la piel que causa descamación e inflamación (dolor, hinchazón, calentamiento y coloración).

²⁶ Vitíligo: Enfermedad degenerativa cutánea que provoca la desaparición, por placas limitadas, de la pigmentación de la piel.

Es una técnica in-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento, en la especialidad médica de dermatología²⁷.

2.16 LÁMPARAS FOTOTERÁPIA

Aproximadamente un 40-60% de los recién nacidos a término, presentan ictericia²⁸ en los primeros días de vida. La ictericia, aparece cuando la bilirrubina sérica, está por encima de 6- 7 mg/dl. En el período neonatal precoz, la mayor parte de veces, se trata de un hecho fisiológico.

En el recién nacido, el problema ha generado preocupación porque las cifras altas de bilirrubina se han asociado a daño grave del sistema nervioso central.

[17]

Su progresión es cefalocaudal, comienza por la cara y se va extendiendo por el tronco y las extremidades conforme va aumentando los niveles de bilirrubina.

La fototerapia es una medida terapéutica en el tratamiento de la hiperbilirrubinemia neonatal (ictericia). A través de las lámparas de fototerapia, la bilirrubina absorbe la luz y se convierte en productos polarizados hidrosolubles que se excretan por las heces y la orina, sin necesidad de conjugación en el hígado.

Nos encontramos en el rango del espectro visible, ya que el tipo de luz que se usa es blanca, verde o azul. La más efectiva es la luz azul (cuya longitud de onda varía entre 450-475 nm), ya que penetra bien en la piel y es absorbida al máximo por la bilirrubina. [18]

Se producen 3 tipos de reacciones fotoquímicas:

- Isomerización²⁹ estructural: es la conversión de la bilirrubina en lumirrubina, la cual se excreta por la bilis y la orina. Se considera el mecanismo más importante de eliminación de la bilirrubina mediante fototerapia.

²⁷ Dermatología: Especialidad médica que se ocupa del diagnóstico y del tratamiento de enfermedades de la piel y de sus apéndices. [3]

²⁸ Ictericia: Coloración amarillenta de la piel y las mucosas que se produce por un aumento de bilirrubina en la sangre como resultado de ciertos trastornos hepáticos.

²⁹ Isomerización: Proceso mediante el cual un isómero se convierte en otro. [3]

- Fotoisomerización: el isómero de la bilirrubina se transforma en un isómero polar menos tóxico, el cual se difunde hasta la sangre y se excreta por la bilis sin conjugación.
- Fotooxidación: transforma la bilirrubina en pequeños productos polares que se excretan por la orina.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se utiliza para el tratamiento.

Se encuentra en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Se utiliza en la especialidad médica de pediatría³⁰, en la subespecialidad de neonatología³¹, en las cunas de fototerapia.

2.17 LÁMPARAS HENDIDURA

El biomicroscopio también conocido como lámpara de hendidura es un instrumento muy versátil en la práctica clínica. Su amplio rango de magnificación, su sistema de iluminación variable y sus ilimitados ángulos de observación lo hace un instrumento indispensable para la observación de las estructuras oculares. Indispensable para la evaluación de la adaptación de los lentes de contacto, es usado como una herramienta en el diagnóstico y monitoreo de las anomalías del segmento anterior y sus anexos oculares. El biomicroscopio nos permite adicionar algunos accesorios como son: un Tonómetro de Goldmann para medir la presión intraocular (PIO); un Lente de Ruby que es un lente planocóncavo que tiene un poder de 58 dioptrías (D) y lentes de +78 D y +90 D para realizar oftalmoscopia indirecta; y un lente de Goldmann de tres espejos (Gonioscopio), el cual nos permite evaluar el ángulo de la cámara anterior. Se puede montar una unidad de YAG (yttrio-aluminio-granate), láser el cual permite realizar capsulotomías³². También nos permiten el uso de cámaras fotográficas y video, lo que la convierte en una herramienta valiosa en la documentación de los registros del paciente.

³⁰ Pediatría: Rama de la medicina que se ocupa del cuidado y desarrollo de los niños y del estudio y tratamiento de sus enfermedades. [3]

³¹ Neonatología: Rama de la medicina que trata los trastornos del recién nacido desde el nacimiento hasta los primeros 28 días de vida. [3]

³² Capsulotomía con láser YAG abre realiza una pequeña abertura en la cápsula posterior opacificada para dejar libre el eje visual y aumentar la agudeza visual.

El biomicroscopio o lámpara de hendidura tiene dos componentes básicos: un microscopio (sistema de observación) y un sistema de iluminación (la lámpara propiamente dicha). El sistema de iluminación nos proporciona una fuente de luz precisa y variable, la cual también contiene filtros como azul de cobalto que se utiliza para aumentar el contraste de la fluoresceína, un filtro verde o luz anheritra (libre del color rojo) que tiene la finalidad de aumentar el contraste de los vasos sanguíneos y un filtro difusor que se utiliza para crear una dispersión homogénea de la luz sobre el segmento anterior del globo ocular. En el sistema de iluminación encontramos un espejo, que en algunos modelos puede ser rotatorio, controles para regular la altura, el ancho, y la posición de la hendidura. El microscopio o sistema de observación nos proporciona una imagen estereoscópica con diferentes poderes de magnificación. [19]

Como hemos visto antes, nos encontramos en el rango de frecuencias de la luz visible, siendo los más utilizados la luz verde (495-570 nm) y la luz azul (450-475 nm). Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el diagnóstico.

Se usa en la especialidad médica de oftalmología³³.

2.18 LÁMPARAS QUIRÚRGICAS

En trabajos de precisión como por ejemplo la cirugía, es fundamental distinguir con exactitud hasta donde llega una estructura y empieza otra vecina aunque sean de colores muy parecidos. Lamentablemente, no se puede disponer de luz solar óptima debido a múltiples factores como su limitado horario de disponibilidad, la necesidad de un ambiente aséptico³⁴, etc.

Para salvar estas dificultades se utilizan luces artificiales, las cuales, en general, suelen ser muy inferiores a la luz solar óptima. Debido a esto, no podremos distinguir correctamente los colores y no podemos determinar con precisión los límites de una estructura y los de su vecina si sus colores son muy parecidos.

³³ Oftalmología: Especialidad médica y quirúrgica que estudia el ojo, sus enfermedades y sus errores de refracción. [3]

³⁴ Un ambiente aséptico es aquel que está libre de contaminantes.

Estas lámparas, utilizan el espectro visible, ya que nuestros ojos sólo son sensibles a una pequeña parte del espectro de radiación electromagnética emitido por el Sol, la llamada luz visible, que es la radiación electromagnética de longitud de onda comprendida entre 380 y 750 nm. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. [20]

Estas lámparas, pueden ser de tres tipos: halógenas, xenón o LED.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el tratamiento. Utilizada en quirófanos.

2.19 PULSIOXÍMETRO

El pulsioxímetro (Sp.O₂, SAT.O₂) es un aparato que sirve para medir la saturación de oxígeno en sangre y la frecuencia cardíaca midiendo la absorción de luz a determinadas longitudes de onda. El pulsioxímetro es muy útil para personas con EPOC³⁵ (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), asma y otras enfermedades pulmonares.

El pulsioxímetro es un aparato en forma de pinza que se coloca en el dedo del paciente. Tiene un emisor de luz y un sensor que recoge la misma, en la parte en la que se apoya la yema del dedo. El funcionamiento se basa en el supuesto de que la hemoglobina existe en dos formas principales en la sangre: la hemoglobina oxigenada (oxihemoglobina) y la hemoglobina desoxigenada (desoxihemoglobina). El pulsioxímetro se sirve de diferentes longitudes de onda de la luz para diferenciarlas en función de sus propiedades. [21]

La oxihemoglobina y la desoxihemoglobina son dos moléculas distintas que absorben y reflejan distintas longitudes de onda de luz. La oxihemoglobina absorbe la luz del espectro infrarrojo, y transmite las longitudes de onda del espectro rojo a través de ella; por el contrario, la desoxihemoglobina absorbe la luz del espectro rojo, y deja pasar las del infrarrojo. El espectrofotómetro del pulsioxímetro emite luz en el espectro rojo (660 nm) y en el infrarrojo (940 nm). Los dos tipos de ondas se transmiten a través de un lecho vascular pulsátil y se detectan en el extremo opuesto con un foto detector (que también podría captar la luz reflejada y no la recibida, en cuyo caso se situaría en el mismo extremo

³⁵ EPOC: es un trastorno pulmonar que se caracteriza por la existencia de una obstrucción de las vías respiratorias.

de emisión), midiendo la cantidad de luz de cada longitud de onda recibida y transmitiendo la información a un ordenador mediante un impulso eléctrico. El procesador calcula, para cada longitud de onda, la diferencia entre la luz emitida y la recibida, indicándonos la cantidad de luz que ha absorbido la sangre pulsátil. [22]

En una persona sana la concentración de oxígeno en la sangre debe ser superior al 95%. En cambio, en aquellos casos en los que los niveles de oxígenos son bajos, menos del 90%, se produce hipoxemia³⁶. Uno de los principales síntomas de la hipoxemia es la falta de aire, siempre y cuando ésta aparezca sin causa aparente. [21]

El pulsioxímetro, por tanto, mide la absorción relativa de luz roja a 660 nm y de luz infrarroja a 940 nm. Por tanto, como hemos visto, utiliza el rango del espectro visible y el infrarrojo. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Estos aparatos se usan en muchas especialidades médicas.

2.20 ELECTROBISTURÍ

Es un equipo electrónico capaz de transformar la energía eléctrica en calor con el fin de coagular, cortar o eliminar tejido blando mediante el empleo de corrientes de alta frecuencia, ya que estas no interfieren con los procesos nerviosos y sólo producen calor.

Su funcionamiento se basa en hacer circular corriente de alta frecuencia e intensidad moderada o elevada entre 2 electrodos aplicados al cuerpo. Esta corriente generará calor en el sitio deseado, destruyendo tejido (cortando) y/o coagulando pequeños vasos.

Al entregarse calor al tejido celular, se incrementa la temperatura de las células ocurriendo: desnaturalización de proteínas y evaporación de líquidos intra y extra celular.

Está compuesta por una serie de unidades individuales que en conjunto conforman un circuito eléctrico: la corriente debe fluir desde un generador hasta

³⁶ Hipoxemia: es una disminución anormal de la presión parcial de oxígeno en la sangre arterial por debajo de 80 mmHg.

un electrodo activo, a través del tejido, y volver al generador vía electrodo de dispersión inactivo.

Tienen dos modos de funcionamiento: bipolar y monopolar.

El modo de funcionamiento bipolar se usa para coagulación. Este modo se puede configurar, a su vez, en tres modos: precise, standard y macro. Todos ellos funcionan a una frecuencia de 470 KHz con forma de onda sinusoidal.

El modo monopolar cuenta con dos modos de funcionamiento: corte y coagulación.

El modo corte, a su vez, se puede configurar en tres modos:

- low (funciona a una frecuencia de 390 KHz con forma de onda sinusoidal. Es similar al modo pure excepto que el máximo voltaje está limitado a un valor inferior);
- pure (funciona a una frecuencia de 390 KHz con forma de onda sinusoidal);
- blend (funciona a una frecuencia de 390 KHz con ráfagas de onda sinusoidal, recurrentes a intervalos de 27 KHz).

Por otro lado, el modo coagulación se puede configurar a su vez en tres modos:

- desiccate (funciona a una frecuencia de 240 KHz repetida a 39 KHz. La duración del ciclo es del 8%);
- fulgurate (funciona a una frecuencia de 390 KHz con ráfagas amortiguadas sinusoidales con una frecuencia de repetición de 57 KHz en 300 ohmios);
- spray (funciona a una frecuencia de 390 KHz con ráfagas amortiguadas sinusoidales con una repetición aleatoria en torno a 28 KHz, frecuencias incluidas desde 21 KHz <math>f < 35\text{KHz}</math>). [5]

Es una técnica In-vivo, invasivo por vía cruenta. Se usa para el tratamiento.

Como hemos visto antes, nos encontramos en el rango del espectro de las ondas radioeléctricas, en la zona de altas frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Estos aparatos se usan en muchas especialidades médicas, pero uso común es en la subespecialidad en quirófanos, aunque también se usan en consultas externas y en endoscopias.

2.21 AUDIÓMETRO

La audiometría se utiliza para evaluar las patologías auditivas con el fin de proporcionar información diagnóstica.

El audiómetro es un instrumento de tecnología digital y diseño ultra compacto que permite realizar audiometrías tonales por vía aérea, por vía ósea y logaudiometrías (audiometría verbal) con micrófono o grabador. Se utiliza para realizar test audiométricos completos y específicos. Permite determinar el nivel auditivo de un paciente en cada uno de sus oídos. [23]

El audiómetro es un generador de tonos puros y ruidos dentro de una gama de frecuencias e intensidades. Para evaluar la sensibilidad, una serie de estallidos de 0,5 s de estímulos de una sola frecuencia se presentan al sujeto a través de auriculares calibrados usados en la cabeza. Se pide al sujeto que responda (levantando manualmente o empujando los botones) cada vez que se oye un pitido, aunque esté débil. La prueba de tonos puros se realiza por separado para cada oreja y para frecuencias de 20 a 20000 Hz. El atenuador audiométrico se ajusta hasta que la persona responda correctamente al 50% de los pitidos de la prueba presentados. El paso de incremento más pequeño en el atenuador es normalmente de 5 dB. El umbral (50% de respuestas correctas) se registra en el audiograma usando un "o" (rojo) para el oído derecho y un "x" (azul) para el oído izquierdo. La señal de prueba pasa a través del oído externo, el oído medio y el oído interno y es procesada posteriormente por el sistema auditivo central. Cualquier pérdida auditiva medida puede deberse a la patología de una o más partes del oído. [5]

Nos encontramos en el rango del espectro audible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica In-vivo, invasivo por vía natural. Se usa para el diagnóstico

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: Otorrinolaringología.

2.22 ECÓGRAFO

Es un aparato que permite, mediante la emisión de ultrasonidos y la detección de los ecos producidos al atravesar el organismo, mostrar en la pantalla de un osciloscopio una imagen de la estructura orgánica estudiada.

Los transductores aplican un impulso de ultrasonidos, las estructuras que son atravesadas por estas ondas oponen resistencia al paso del sonido (impedancia sónica³⁷), de manera parecida al comportamiento de la luz ante un espejo, provocando la producción de reflexiones (ecos) que son detectados por los mismos transductores, dando lugar en él una corriente eléctrica, la cual es registrada y analizada por computadoras para obtener la imagen en pantalla, vídeo o papel. Los generadores ultrasónicos utilizados en ecografía suelen emitir impulsos de una duración aproximada de 1 microsegundo o varios separados por pausas de 1 milisegundo. [24]

Al igual que ocurría con las radiaciones electromagnéticas, la frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales: al aumentar la frecuencia del ultrasonido, disminuye la longitud de onda. El ultrasonido de alta frecuencia (baja longitud de onda, o de onda corta) proporciona mejor resolución espacial, pero tiene menos capacidad de penetración. Así, los transductores de alta frecuencia, hasta 15 MHz, se emplean para exámenes ecográficos de estructuras superficiales y pequeñas, como por ejemplo el ojo. Los transductores de frecuencia más baja, alrededor de 2'5 MHz, se emplean en exámenes ecográficos abdominales.

Otra característica del ultrasonido en medicina es que está diseñado para ser altamente colimado³⁸ y direccional, por lo que puede dar mejores imágenes. En general se considera que conforme aumenta la frecuencia del ultrasonido, se reduce su dispersión desde la fuente productora y da mejores imágenes.

En medicina diagnóstica se usan dos tipos de ultrasonidos: de onda continua y de onda pulsátil: en el primero, durante la emisión de la onda continua el dispositivo generador de ultrasonido, el transductor, vibra de forma continua, es el método utilizado en exámenes del corazón fetal y del flujo sanguíneo por el

³⁷ Impedancia sónica: resistencia al paso del sonido.

³⁸ Se dice que un haz de luz está colimado si la divergencia del vector de Poynting correspondiente es nula. El flujo de la energía es unidireccional, de modo que cada rayo del haz puede considerarse paralelo a cualquier otro.

método Doppler; en el segundo, se utiliza la técnica del pulso-eco: se emite un pulso de ultrasonidos y la onda reflejada, el eco, la recibe el mismo transductor después de un corto periodo de tiempo. En esta última modalidad el frontal del transductor vibra rápidamente sólo unos ciclos, por lo general de 3 a 5, y permanece después en reposo durante un periodo más largo antes de emitir el impulso siguiente. El ultrasonido pulsátil es el más utilizado en medicina.

La representación en forma de onda del ultrasonido es similar a la de los rayos X, con las excepciones de que la velocidad es variable y depende del medio en el que se transmita; y, la amplitud es proporcional a la intensidad con la que se genere el ultrasonido. [25]

Existen varios tipos de ecografía: [15]

- Ecografía A (o ecografía de amplitud): Aunque no se utiliza en la actualidad, fue el primer sistema de examen ecográfico. Se empleó en su momento en especial para exámenes cerebrales, y constituye la base técnica del Scan B, el más usado en la actualidad.

En la ecografía A, el emisor ultrasónico permanece fijo. El impulso emitido por el transductor se reflejará parcialmente en cada obstáculo encontrado. Como el haz ultrasónico que incide en estos obstáculos posee cada vez menor intensidad (por incidir a mayor profundidad), los impulsos reflejados tendrán también, a igual de otros factores, intensidades sucesivamente menores.

Para limitar en lo posible este fenómeno, las unidades disponían de un compensador de ganancia, el cual amplificaba el eco recibido en relación a su profundidad.

La ecografía A solo proporciona una información unidimensional de las estructuras encontradas por el haz en concreto: a) la profundidad de las estructuras que devuelven los ecos; b) las distancias entre las diversas superficies internas que devuelven los ecos, y c) la intensidad de la reflexión del haz ultrasonoro. Sin embargo, no proporciona información de imagen de la zona estudiada.

- Ecografía B (ecografía 2D): En esta ecografía obtenemos una imagen bidimensional de la zona estudiada. Cuando el haz ultrasónico reflejado incide sobre el transductor, éste produce un impulso eléctrico que se aplica al sistema de control de brillo del punto luminoso en una pantalla

de osciloscopio, de modo que a mayor intensidad del impulso ultrasónico reflejado, más intenso será el brillo del punto luminoso correspondiente. A diferencia del Scan A, el transductor se mueve realizando un “barrido” en dirección transversal a la propagación de los ultrasonidos. El sistema de deflexión vertical del osciloscopio está acoplado al transductor, de modo que, según que la posición de éste sea más alta o más baja, los puntos luminosos aparecerán sobre una línea mayor o menor altura, correspondiendo a su situación espacial. De esta forma, en la pantalla del osciloscopio irá apareciendo progresivamente la imagen de la estructura de la zona explorada.

Uno de los avances más interesantes del Scan B ha sido la denominada técnica de estudios en tiempo real (real time). Para dichos estudios se precisa disponer de transductores que trabajen a gran velocidad; pueden ser mecánicos o electrónicos, prefiriéndose en la actualidad los últimos, los cuales proporcionan cada vez una mayor calidad de imagen.

- Ecografía T-M: Esta técnica se emplea para hacer un registro gráfico de la movilidad de determinadas estructuras respecto al tiempo. El fundamento de la técnica consiste en proyectar un fino haz de ultrasonidos sobre el objeto en movimiento (por ejemplo sobre una válvula cardiaca a través de un espacio intercostal). Como el transductor permanece fijo, la recepción del eco procedente del objeto se traducirá, en principio, por un único punto en la pantalla del osciloscopio.

Ahora bien, en el osciloscopio, el sistema de deflexión horizontal está controlado, como en las técnicas A y B, por una tensión en diente de sierra que hace que las distancias en horizontal de los puntos luminosos de la pantalla sean proporcionales a la profundidad a la que se encuentra la estructura estudiada. El sistema de deflexión vertical, por su parte, se controla por una tensión proporcional al tiempo (otro diente de sierra), de modo que el punto luminoso se encuentra, en sentido vertical, tanto más bajo cuanto mayor sea el tiempo que ha tardado en producirse. De esta forma, se obtiene una representación gráfica de la posición del obstáculo a lo largo del tiempo, quedando representadas las distintas distancias en sentido horizontal, y en sentido vertical y de arriba abajo el factor tiempo.

Este tipo de ecografía se ha revelado de extraordinario valor para el estudio del funcionalismo cardiaco, pues permite realizar estudios cualitativos y cuantitativos del movimiento de las válvulas, con imágenes muy demostrativas de su movimiento de apertura y cierre, así como de la función de las cavidades cardiacas.

- Ecografía Doppler: Este tipo de ecografía aprovecha la propiedad del efecto doppler. Si el haz de ultrasonidos se refleja en una superficie inmóvil, la frecuencia del haz reflejado será igual al del haz incidente. Pero si la superficie se mueve, la frecuencia del ultrasonido reflejado aumentará cuando el objeto se acerque y disminuirá cuando se aleje. Esta propiedad se utiliza para medir la velocidad de la sangre en los vasos sanguíneos. Para ello se realiza la emisión sobre un vaso sanguíneo (donde circula sangra a una velocidad v), y formando un cierto ángulo α , de un haz ultrasónico de frecuencia fija f que se refleja en los glóbulos rojos de la sangre con una variación de frecuencia Fd , ya que se produce un cambio de frecuencia del haz incidente, cuya detección permite calcular la velocidad v de la sangre del vaso.

$$Fd = \frac{2 f v}{c \cos \alpha}$$

Examinando esta fórmula se aprecia que la variación de la frecuencia será tanto mayor cuanto mayor sea el ángulo α entre el haz ultrasónico y el vaso; de hecho será tanto mayor cuanto más agudo sea el ángulo (mayor valor del coseno), y, al contrario, tanto menor cuanto más próximo esté a los 90° , siendo nulo a este ángulo de incidencia (es decir, al situar el transductor perpendicular al vaso, no se detectará variación de frecuencia).

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro de la radiofrecuencia. El método utilizado es el ultrasonido (se llama así a cualquier sonido que tiene una frecuencia mayor de 20 KHz). Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Estos aparatos se usan en la siguientes especialidades médicas: urología³⁹ (con subespecialidad en ecografía), obstetricia⁴⁰ y ginecología⁴¹ (con subespecialidad en ecografía), oftalmología, cardiología⁴², reumatología⁴³, medicina interna, cirugía y radiodiagnóstico⁴⁴.

Tipos de sondas utilizadas en ecografía con su correspondiente uso de frecuencias:

- Partes pequeñas (2D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Partes pequeñas	3-18
Vasícula periférica del pecho	4-18
Pediatría	3-18
Muscoesqueleto	3-18
Vasícula periférica	3-8
Obstetricia	3-8

Tabla 2: Partes pequeñas (2D). [26]

- Abdominal (2D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Abdomen	1-8
Obstetricia	1-8
Ginecología	1-8
Pediatría	1-8
Urología	1-8

Tabla 3: Abdominal (2D). [26]

³⁹ Urología: Rama de la medicina que se ocupa del estudio, diagnóstico y tratamiento de enfermedades del aparato urinario del hombre y de las mujeres, y de los órganos genitales del hombre.

⁴⁰ Obstetricia: Rama de la medicina que trata principalmente el desarrollo del embarazo, el parto y los fenómenos posteriores al alumbramiento hasta la involución completa del útero. [3]

⁴¹ Ginecología: Especialidad médico-quirúrgica que se ocupa de los trastornos de la mujer, incluyendo los órganos y el tracto genital, la endocrinología y la fisiología reproductiva. [3]

⁴² Cardiología: Rama de la medicina que se ocupa del diagnóstico y del tratamiento de las cardiopatías. [3]

⁴³ Reumatología: Estudio del diagnóstico y tratamiento de los estados reumáticos. [3]

⁴⁴ Radiodiagnóstico: Tiene por objetivo la obtención de una imagen, de una zona o del cuerpo completo, del paciente para el diagnóstico por imagen, a partir de la emisión exterior al paciente, haciendo uso de: campo magnético (resonancia magnética), ultrasonidos (ecografía) o rayos X (radiografía).

- Array en fases (2D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Partes pequeñas	4-10
Cardiología	1-10
Pediatría	1-10
Obstetricia	1-5
Abdomen	1-5
Neurología	1-5

Tabla 4: Array en fases (2D). [26]

- Endocavidad (2D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Obstetricia	4-9
Ginecología	4-9
Urología	4-9

Tabla 5: Endocavidad (2D). [26]

- Micro convex – tiempo real (4D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Abdomen	3-9
Partes pequeñas	3-9
Cardiología	3-9
Obstetricia	3-9
Pediatría	3-9

Tabla 6: Micro convex - tiempo real (4D). [26]

- Abdominal – tiempo real (4D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Abdomen	1-8
Obstetricia	1-8
Ginecología	1-8
Pediatría	2-8
Urología	2-8

Tabla 7: Abdominal - tiempo real (4D). [26]

- Endocavidad – tiempo real (4D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Ginecología	4-13
Urología	4-13
Obstetricia	4-13

Tabla 8: Endocavidad - tiempo real (4D). [26]

- Partes pequeñas – tiempo real (4D)

ESPECIALIDAD	FRECUENCIA (MHz)
Partes pequeñas	4-18
Vasícula periférica del pecho	4-18
Pediatría	4-18
Muscosqueleto	4-18

Tabla 9: Partes pequeñas - tiempo real (4D). [26]

2.23 ESPECTROFOTÓMETRO

La fotometría se basa en mediciones de energía electromagnética emitida, absorbida o transmitida bajo condiciones controladas. La espectrofotometría es un tipo de fotometría comúnmente utilizada para determinar la concentración de moléculas absorbentes de luz en una solución. La espectrofotometría se basa en el uso de mediciones de intensidad de luz en una longitud de onda particular o una porción discreta de longitudes de onda para determinar la concentración de las moléculas deseadas en solución por la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas deseadas. Esto se lleva a cabo mediante el espectrofotómetro.

Los componentes del espectrofotómetro de haz único incluyen una fuente de luz, un monocromador, una cubeta, un detector y un dispositivo de lectura. [5]

Fuente de luz

El propósito de la fuente de luz en un espectrofotómetro es proporcionar luz incidente de suficiente intensidad a la muestra. La longitud de onda y la intensidad de la luz incidente deseada determina qué fuente de luz utilizar. La fuente más común de sustancias que absorben radiación en las regiones visible, cercana al infrarrojo y cerca del ultravioleta, es un filamento de tungsteno encerrado en vidrio. Estas distinciones entre el espectro se hacen ya que la sílice, utilizada para fabricar cubetas, transmite luz de manera efectiva a longitudes de onda mayores de 220 nm. Para aumentar la vida útil del filamento de tungsteno, generalmente hay yodo de baja presión o vapor de bromo en el bulbo. La bombilla de tungsteno no suministra suficiente energía radiante para mediciones por debajo de 320 nm. Las lámparas de alta presión de hidrógeno o de deuterio son suficientes para mediciones en la región ultravioleta cercana. A las longitudes de onda inferiores, la emisión ya no es continua. Dos ventajas que las lámparas de deuterio tienen es que producen alrededor de tres veces la intensidad luminosa de las lámparas de hidrógeno y tienen una vida útil más larga. Las lámparas de vapor de mercurio de arco de xenón o de alta presión proporcionan altos niveles de iluminación ultravioleta continua. Estas lámparas pueden requerir aislamiento térmico con o sin refrigeración auxiliar para

proteger los componentes circundantes ya que se calientan durante el funcionamiento. [5]

Monocromador

Un monocromador es un sistema para aislar energía radiante de una longitud de onda deseada. El término monocromador se refiere al dispositivo de dispersión y a las ranuras y componentes asociados utilizados para aislar la longitud de onda deseada. Un monocromador comúnmente utilizado en espectrofotómetros utiliza prismas o rejillas de difracción. Ambos componentes separan la luz blanca en un espectro del que se puede elegir la longitud de onda deseada. Un prisma separa la luz blanca en un espectro continuo por refracción. A medida que la luz blanca pasa a través del prisma, las longitudes de onda más cortas son refractadas, o dobladas, más que longitudes de onda más largas. Aunque las longitudes de onda más largas están más juntas que las longitudes de onda más cortas, ya que la refracción no es lineal, con los componentes apropiados, se puede aislar una banda estrecha o el espectro deseado. Una rejilla de difracción separa la luz blanca, tal como la producida por un filamento de tungsteno, en un espectro lineal continuo. Las rejillas de difracción utilizadas en los espectrofotómetros consisten en muchas líneas paralelas estrechamente espaciadas sobre un sustrato tal como el vidrio cubierto con una aleación de aluminio pulido o aleación de aluminio y cobre. Cuando la radiación golpea la rejilla, los rayos de luz se doblan alrededor de los bordes afilados de las líneas paralelas estrechamente espaciadas. La cantidad de flexión depende de la longitud de onda de la luz. Se produce un pequeño espectro para cada línea de la rejilla. Frentes de onda se forman como las ondas de luz pasar más allá de las esquinas. Los frentes de onda que están en fase cuando se cruzan se refuerzan entre sí, mientras que los frentes de onda que están fuera de fase se anulan, dejando un espectro completo desde el cual escoger una banda estrecha de longitudes de onda o longitud de onda particular. [5]

Cubeta

La espectrofotometría determina la absorción de las moléculas deseadas (el soluto) en un disolvente. Una cubeta, también denominada célula de absorción, contiene el soluto y el disolvente. Las cubetas pueden ser redondas, cuadradas o rectangulares y tener una trayectoria de luz de longitud constante, generalmente 1 cm. Para las mediciones realizadas en el rango visual (por encima de 340 nm), los tubos de ensayo cilíndricos son suficientemente precisos. Están hechos de tubos de vidrio, no son perfectamente redondos o pulidos, y contienen aberraciones superficiales. Para mediciones inferiores a 340 nm, se requieren cubetas cuadradas o rectangulares de cuarzo o sílice, que estén libres de aberraciones ópticas. [5]

Detector y dispositivo de lectura

Hay dos requisitos para un detector de energía radiante en un espectrofotómetro. El detector fotosensible debe tener una respuesta lineal y ser lo suficientemente sensible en la parte del espectro en la que está siendo utilizado. Los dispositivos más comunes usados para detectar la cantidad de energía radiante que sale de la cubeta incluyen células de capa de barrera, conjuntos de fotodiodos y tubos fotomultiplicadores. Estos dispositivos convierten la energía electromagnética en energía eléctrica, que luego se puede medir.

Un dispositivo de lectura muestra la energía eléctrica del detector en algún tipo de escala, tal como absorbancia⁴⁵ o transmitancia⁴⁶. Los dos tipos de dispositivos de lectura son el sistema de lectura directa y el sistema de punto nulo. En un medidor de lectura directa, existe una relación lineal entre miliamperios y porcentaje de transmitancia y una relación de registro entre milivoltios y absorbancia. Esta característica hace que los sistemas de lectura directa sean rápidos y sencillos. En un sistema de punto nulo, el medidor es calibrado (puesto a cero) por un potenciómetro. En un sistema de punto nulo, la

⁴⁵ Absorbancia: se define como la relación (logarítmica) entre la intensidad de la luz que incide sobre una muestra y la intensidad de esa misma luz que es transmitida a través de esa muestra.

⁴⁶ Transmitancia: se define como la fracción de luz incidente, a una longitud de onda especificada, que pasa a través de una muestra.

absorbancia, la transmitancia o cualquier otra escala arbitraria se ajusta a la escala del potenciómetro. [5]

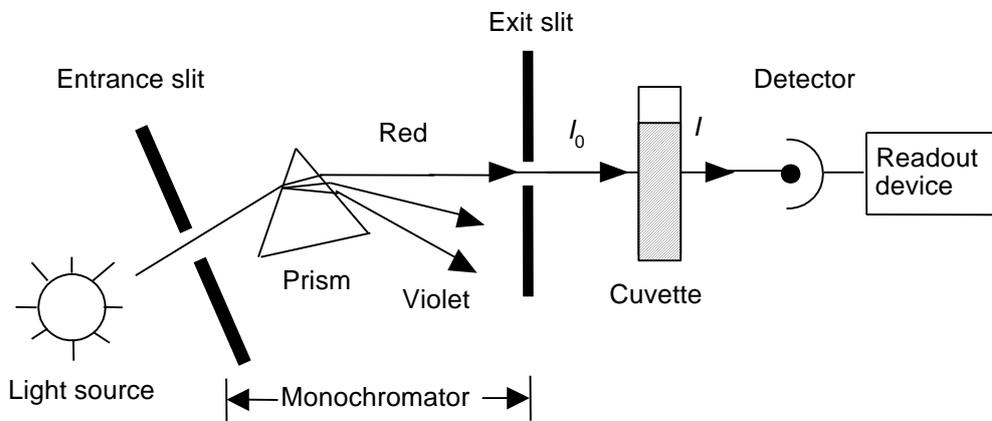


Figura 3: Diagrama de bloques de un espectrofotómetro de haz único. [5]

2.23.1 BILIRRUBINÓMETRO

Los glóbulos rojos se reemplazan aproximadamente cada 100 días, lo que significa que cada día se reemplaza un uno por ciento de los glóbulos rojos del cuerpo, que se producen en la médula ósea. La bilirrubina es el residuo resultante de la eliminación de los glóbulos rojos viejos. [5]

La hemoglobina consta de cuatro subunidades. Cada subunidad tiene una cadena de proteínas, también conocida como globina, y una molécula de hemo, la cual se compone de un solo átomo de hierro y porfirina, una molécula en forma de anillo a la que está unido el átomo de hierro. Cuando un glóbulo rojo es destruido, el cuerpo recicla el hierro. La molécula en forma de anillo es tóxica y, por consiguiente, se descompone en bilirrubina. La bilirrubina no conjugada se produce en el bazo cuando se descompone la porfirina. La bilirrubina no conjugada entra en el torrente sanguíneo y viaja al hígado donde se convierte en bilirrubina conjugada y posteriormente se excreta. [5]

La bilirrubina no conjugada se produce cuando se destruyen los glóbulos rojos. Los niveles anormalmente altos de bilirrubina conjugada en el torrente sanguíneo resultan de una enfermedad hepática y pueden convertir los blancos de los ojos de una persona en amarillo así como su piel. Esta condición se conoce como ictericia. La ictericia neonatal, un problema común que ocurre después del nacimiento, es el resultado de los anticuerpos de la madre

atacando los glóbulos rojos del bebé. En general, se pueden tomar muestras de sangre y usarlas para medir la concentración de bilirrubina cuando se diagnostica enfermedad hepática y/o biliar. [5]

Este medidor es un espectrofotómetro digital y manual. En un extremo tiene un dispositivo sobre la piel, generalmente en la región frontal. Ejerciendo una presión suave se produce la activación de un tubo de xenón, el cual emite un haz de luz que viaja a través de filamentos de fibra óptica y llega a la piel, transiluminando el tejido subcutáneo. El haz de luz reflejado vuelve por otro sistema de fibras ópticas al módulo espectrofotométrico, donde es dividido en dos espectros por un espejo dicróico⁴⁷. Uno de los haces pasa a través de un filtro azul y el otro por un filtro verde. Con este proceso se elimina la contribución de la hemoglobina en el resultado final. Por último, el estímulo luminoso es transformado en señal eléctrica que traducida en una cifra, se lee en la ventana del instrumento. [26]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: pediatría.

2.23.2 HEMOGLOBINÓMETRO

Para medir la hemoglobina, primero debe convertirse en cianmethemoglobina. Los glóbulos rojos se lisan con un detergente no iónico. Se añaden cianuro de potasio y ferricianuro de potasio para convertir todas las formas de hemoglobina, excepto la sulfo-hemoglobina, en cianmethemoglobina. Se añaden cianuro de potasio y ferricianuro de potasio para reducir el pH y acelerar la reacción. La solución se examina a continuación por luz a 540 nm usando un espectrofotómetro (hemoglobinómetro).

Si los niveles altos de sulfohemoglobina están presentes, los niveles de la hemoglobina serán levemente subestimados. Por ejemplo, un nivel de sulfohemoglobina de 5% a una concentración de 15 g/dl de hemoglobina dará una medida de hemoglobina de 14,8 g/dl.

⁴⁷ Espejo dicróico: materiales capaces de dividir un haz de luz policromática en diversos haces monocromáticos con distintas longitudes de onda.

Los errores ocurren si la prueba se lee antes de que toda la carboxihemoglobina se convierta en cianmethemoglobina. Carboxihemoglobina está presente en altos niveles en los fumadores pesados. Un error máximo del 20% ocurriría si el nivel de carboxihemoglobina fuera 6%. Este error se evita esperando un periodo de tiempo más largo antes de colocar la muestra en el espectrofotómetro. [5]

Es una técnica In-vitro⁴⁸. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: hematología⁴⁹, en la subespecialidad de hematimetría⁵⁰.

2.24 ELECTROMIÓGRAFO (EMG)

La electromiografía se utiliza para detectar trastornos musculares primarios junto con anomalías musculares causadas por otras enfermedades del sistema, como la disfunción nerviosa. El uso del electromiógrafo para estudiar la función muscular también se utiliza en diversos campos como la cinesiología⁵¹, la psicología y la medicina de rehabilitación.

Al colocar los electrodos en un músculo esquelético, podemos monitorear la actividad eléctrica del músculo. Los dos tipos principales de electrodos para medir las señales electromagnéticas de los músculos son los electrodos de superficie y los electrodos insertados. El tipo insertado incluye además electrodos de aguja y electrodos de alambre. La selección del tipo de electrodo depende de la aplicación particular y de la conveniencia de uso.

El electrodo de superficie consiste en discos de plata que se adhieren a la piel. Se coloca gel o pasta salina entre el electrodo y la piel para mejorar el contacto eléctrico. Las desventajas de los electrodos superficiales son que no pueden detectar con eficacia la señal de los músculos profundamente debajo de la piel

⁴⁸ Una medida in vitro es aquella que se realiza fuera del organismo. [2]

⁴⁹ Hematología: Rama de la medicina que se ocupa del diagnóstico y del tratamiento de las enfermedades de la sangre y de los tejidos hematopoyéticos. [3]

⁵⁰ Hematimetría: Recuento compuesto por una determinación de hemoglobina, un hematocrito, un recuento de eritocitos, un recuento de linfocitos y un recuento de linfocitos diferencial. Denominado también RECUESTO SANGUÍNEO COMPLETO. [3]

⁵¹ Cinesiología: Disciplina que estudia la actividad muscular del cuerpo humano.

y que debido a la selectividad pobre, no pueden eliminar la conversación cruzada de los músculos adyacentes.

Los electrodos de aguja tienen un área de captación relativamente más pequeña y, por lo tanto, son más adecuados para detectar potenciales individuales de unidades de motor. Los electrodos de aguja pueden ser reubicados en el músculo después de que se insertan.

Podemos obtener la señal EMG simplemente colocando un electrodo de superficie sobre la piel que envuelve el músculo o aplicando un electrodo insertado en el músculo. Un electrodo de referencia, usualmente un electrodo de superficie, se coloca en un sitio con asociación eléctrica mínima con el sitio insertado. El inconveniente de esta configuración monopolar es que detecta no sólo la señal del músculo de interés, sino también señales no deseadas alrededor del músculo de interés.

En la configuración bipolar, dos electrodos con una pequeña distancia entre sí se colocan en el músculo para captar las señales locales dentro del músculo de interés. Un amplificador diferencial amplifica las señales recogidas de los dos electrodos con respecto a la señal captada por un electrodo de referencia. Debido a que las señales de interferencia de una fuente distante son esencialmente iguales en magnitud y fase que las detectadas por los dos electrodos, la capacidad de rechazo de modo común del amplificador diferencial elimina las señales no deseadas. [5]

Es una técnica In-vivo. Puede ser no invasivo o invasivo por vía cruenta, dependiendo del tipo de electrodo utilizado. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de radiofrecuencias, más concretamente en bajas frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

2.25 ELECTROENCEFALÓMETRO (EEG)

El electroencefalograma (EEG) proporciona información sobre la salud y la función del cerebro mediante la detección de impulsos eléctricos en el cerebro.

EEG puede ayudar a diagnosticar afecciones como epilepsia⁵², tumores cerebrales, lesiones cerebrales, parálisis cerebral, apoplejía⁵³, enfermedad renal o muerte cerebral y ayuda a los médicos a encontrar la causa de problemas como dolores de cabeza, debilidad, apagones o mareos.

Se mide a partir de electrodos pegados en localizaciones estándar en el cuero cabelludo como se muestra en la Figura 10. El EEG es típicamente de 100 μV en amplitud con una respuesta de frecuencia de 0,5 a 80 Hz. Dieciséis canales se registran generalmente simultáneamente. [5]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro de radiofrecuencias, más concretamente en bajas frecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

2.26 RADIOGRAFÍA

Una radiografía es una técnica diagnóstica radiológica de forma digital en una base de datos. La imagen se obtiene al exponer al receptor de imagen radiográfica a una fuente de radiación de alta energía (rayos X). Al interponer un objeto entre la fuente de radiación y el receptor, las partes más densas aparecen con diferentes tonos dentro de una escala de grises.

Un equipo de rayos X está compuesto por distintas partes:

- Cabezal: es aquí donde se van a generar los rayos X. sus componentes principales son el circuito de baja y alta tensión y el tubo de rayos X. el circuito de baja tensión funciona como reductor, ya que disminuye el voltaje de corriente, mientras que el de alta tensión es considerado un amplificador, ya que sube el voltaje de la corriente. El tubo de rayos X presenta un ánodo y un cátodo. El cátodo tiene una copa focalizadora con un filamento de molibdeno y otro de tungsteno. Su función es centralizar los electrones que se van a generar, y enfocarlos hacia el ánodo.

⁵² Epilepsia: Enfermedad del sistema nervioso, debida a la aparición de actividad eléctrica anormal en la corteza cerebral, que provoca ataques repentinos caracterizados por convulsiones violentas y pérdida del conocimiento.

⁵³ Apoplejía: Síndrome neurológico de aparición brusca que comporta la suspensión de la actividad cerebral y un cierto grado de parálisis muscular; es debido a un trastorno vascular del cerebro, como una embolia, una hemorragia o una trombosis.

- Brazo articulado.
- Soporte: une o fija el equipo de rayos X.
- Panel de control: nos permite prender/apagar el equipo y modificar algunas variables de exposición.
- Reguladores de voltaje: permite mantener más o menos constante la actividad de corriente que le llega al equipo.

El equipo recibe electricidad desde el enchufe; esta corriente alterna de 220 V es recibida por el transformador de baja tensión que es reductor, el cual baja el voltaje a 5 o 10 V, lo que produce incandescencia del filamento, generando la liberación de electrones. Estos son centralizados por la copa focalizadora de molibdeno, quedándose en el filamento de tungsteno.

Cuando el equipo se dispara, se activa el circuito de alta tensión, el cual va a generar un aumento del voltaje a 70 Kv. Al ser tan grande la diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo, los electrones salen disparados al ánodo, los cuales chocan contra una barra de tungsteno, generándose los rayos X (el haz útil de rayos X va a ser solo del 1%, ya que el resto se disipa en forma de calor). El lugar donde chocan los electrones es el punto focal. Lo ideal es que este punto sea lo más pequeño posible. Los rayos X generados pasan por un filtro, el cual va a eliminar las longitudes de onda más larga, ya que las longitudes de onda corta son más penetrantes. Después pasan por un diafragma, el cual es un dispositivo plomado que permite centralizar más la radiación (ya que los rayos X tienden a ser muy divergentes), además de por un cono focalizador, el cual disminuye la divergencia de los rayos.

Entonces, los fotones⁵⁴ de rayos X que atraviesan al paciente se transforman en luz cuando impactan en el material de la pantalla, generando una imagen.

[27]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los rayos X. Concretamente se usan longitudes de onda de 1 a 10 nm. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: radiodiagnóstico.

⁵⁴ Fotón es una partícula de luz que se propaga por el vacío. Es portadora de todas aquellas formas de radiación electromagnética, entre las que se incluyen los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz infrarroja, las ondas de radio, las microondas, entre otras.

2.27 MAMÓGRAFO

El mamógrafo se utiliza para el estudio de la glándula mamaria. Esto se conoce con el nombre de radiografía mamaria, mamografía o senografía. Desde el punto de vista radiológico importa destacar que la mama tiene, en su contenido, tejido glandular y grasa, y no hueso, pues la pared costal queda posterior a ella. El problema físico es entonces el de conseguir las mejores condiciones técnicas para diferenciar estos dos componentes.

Para ello, al hablar de la absorción de radiación, son las radiaciones menos energéticas las que mostraban más diferencia de absorción entre la grasa y el agua (que tiene una absorción como las partes blandas). Por ello para la mamografía es conveniente utilizar radiaciones de bajo kilovoltaje (de 25 a 35 kV). Aparte de esto, se utiliza el ánodo de molibdeno, en vez de emplear el de tungsteno, ya que, la radiación X emitida presenta, además del espectro continuo, la radiación característica, que de este modo reforzaba notablemente la intensidad de la gama de longitudes de onda utilizadas, ya que se consigue utilizar un haz que hasta cierto punto se comporta como si fuera monocromático, dando un mejor contraste de las estructuras mamarias. La longitud de onda empleada por el mamógrafo es de 1-10 nm.

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los rayos X. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones ionizantes⁵⁵. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: radiodiagnóstico.

2.28 DENSIÓMETRO OSEO

Uno de los temas de mayor interés en patología ósea es la determinación cuantitativa del calcio óseo. La densitometría ósea es una forma mejorada de

⁵⁵ Son ondas de frecuencia extremadamente elevadas (ultravioleta lejano, rayos X, rayos gamma). Los fotones de estas radiaciones contienen energía suficiente como para producir la ionización (conversión de átomos o partes de moléculas en iones con carga eléctrica positiva o negativa) mediante la ruptura de los enlaces atómicos que mantienen unidas las moléculas en la célula. Estas radiaciones son altamente energéticas y producen efectos nocivos sobre los tejidos

tecnología de rayos X que se utiliza para medir la pérdida ósea. También se puede realizar con ultrasonidos o con isótopos radiactivos.

Se envía un haz delgado e invisible de dosis baja de rayos X con dos picos de energía distintos a través de los huesos que son examinados. Un pico es absorbido principalmente por el tejido blando y el otro por el tejido óseo. La cantidad de tejido blando puede sustraerse del total y lo que resta es la densidad mineral ósea del paciente. La longitud de onda empleada es de 1-10 nm. [28]

Sirve para el diagnóstico de osteoporosis⁵⁶, midiendo un hueso específico, o más, usualmente de la columna vertebral, cadera, antebrazo. La densidad de esos huesos es comparada con un valor promedio basado en edad, sexo, tamaño. La comparación de resultados se usa para determinar el riesgo de fracturas y el estado de osteoporosis en un individuo. La osteoporosis incluye una pérdida gradual de calcio, así como cambios estructurales, provocando que los huesos pierdan grosor, se vuelvan más frágiles y con mayor probabilidad de quebrarse. [29]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los rayos X. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: radiodiagnóstico.

2.29 RESONANCIA MAGNÉTICA

Una imagen por resonancia magnética (IRM), también conocida como tomografía por resonancia magnética (TRM) o imagen por resonancia magnética nuclear (IRMN) es un método para producir imágenes muy detalladas de los órganos y tejidos a lo largo del cuerpo. Este método se caracteriza por no usar radiaciones ionizantes, lo que evita efectos nocivos a la salud. Este método utiliza un poderoso campo magnético y ondas de radiofrecuencia, siendo un método no invasivo.

Para realizar una resonancia magnética, el paciente es ubicado adentro de la máquina de resonancia magnética, el cual está formado por un gran imán con

⁵⁶ Osteoporosis: Enfermedad ósea que se caracteriza por una disminución de la densidad del tejido óseo y tiene como consecuencia una fragilidad exagerada de los huesos.

forma de anillo que suele tener un túnel en el centro. Los pacientes se ubican en una camilla que se desliza hacia el interior del túnel.

Una vez dentro, el paciente es expuesto a poderosos campos magnéticos con el objetivo de excitar los núcleos de uno de los tres isótopos del hidrogeno. La intensidad del campo magnético que se utiliza para la obtención de imágenes médicas en IRM oscila entre 0,012 y 2 Teslas. Los imanes para producir ese campo magnético pueden ser permanentes, resistivos, superconductivos o mixtos. Los imanes que producen campos magnéticos altos, a partir de 0,5 T, son superconductivos.

Los protones magnetizados en el campo magnético, en estado de relajación, adquieren dos orientaciones: de baja (paralelos) y alta energía (antiparalelos). En una pequeña proporción, predominan los protones de orientación paralela o de baja energía, formándose en la muestra un vector de magnetización neto, orientado en la dirección del campo magnético. En esta situación, los protones están en estado de magnetización y relajación. Cuanto más intenso es el campo magnético, mayor es la proporción de paralelos sobre antiparalelos, y el vector neto es mayor.

Como únicamente se puede medir magnetización en el plano transversal, la muestra es expuesta a pulsos de radiofrecuencia, junto a gradientes de campo magnético variables, que inclinan el vector de magnetización del volumen seleccionado hacia el plano transversal. La radiofrecuencia es devuelta en forma de señal eléctrica oscilante, generalmente en forma de eco. Para la obtención de estas señales de eco puede ser necesaria la aplicación de uno o más pulsos de refase de radiofrecuencia, o bien de gradientes. Junto a los pulsos de radiofrecuencia es necesaria la aplicación de gradientes de campo magnético para la localización y codificación espacial de la señal. En IRM, es necesario repetir estos ciclos 64, 128, 256, 512 o 1024 veces. Estas señales, codificadas en fase y frecuencia mediante gradientes, se utilizan para formar la imagen. La amplitud del eco se reflejará en el menor o mayor brillo de la imagen final. [30]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro de radiofrecuencias. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Este aparato se usa en muchas especialidades médicas.

2.30 TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTERIZADA (TAC)

La tomografía axial computada (TAC) o también conocida como tomografía computada (TC), es un método de diagnóstico médico, que permite observar el interior del cuerpo humano, a través de cortes milimétricos transversales al eje cefalo-caudal, mediante la utilización de los rayos X. [31]

Principio de funcionamiento:

La obtención de imágenes se realiza a través de un tubo de rayos X. En la tomografía lineal convencional, los rayos X realizan un barrido de todo el grosor del cuerpo, consiguiéndose la imagen deseada por el movimiento conjunto del foco de rayos X y de la placa, que borra y desdibuja los planos inferiores y superiores al plano deseado. La cantidad de radiación que recibe el paciente en este estudio, es grande y la nitidez de la imagen se resiente por las imágenes de barrido.

La obtención de imágenes en el equipo de TC viene dada por un tubo emisor de un haz de rayos X que está enfrentado con suma precisión a una columna de detectores. Ambos, es decir el bloque tubo-detectores, se moverán sincrónicamente para ir girando siempre enfrentados y de esta forma se obtendrán las distintas proyecciones del objeto.

Cada detector tendrá un canal por el cual enviará las señales recibidas de cada uno de los detectores en cada proyección, y a partir de ellas reconstruye la imagen, pero siempre quedarán archivadas en la memoria del ordenador o en el disco magnético de donde podrán ser extraídas siempre que se desee.

Por tanto los detectores convierten la señal de radiación en una señal electrónica de respuesta o “señal analógica” (sí o no, es decir, hay pulso o no hay pulso) que a su vez se convierte en “señal digital” por medio de una conversión analógico-digital (si hay señal se obtiene como resultado 1 y si no hay señal el resultado es 0).

Este proceso de conversión lo realiza el computador para poder así trabajar con las medidas recibidas en un sistema binario, que es el que utilizan los ordenadores.

La imagen reconstruida puede ser almacenada pudiendo visualizarla cada vez que se desee. También puede ser impresa en una placa convencional a través de una impresora láser conectada al monitor de visualización. [32]

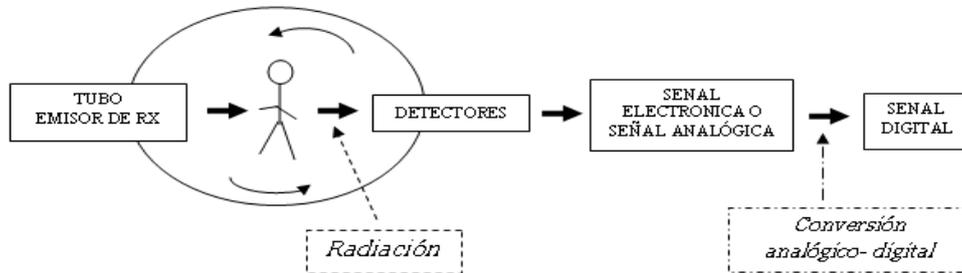


Figura 4: Diagrama de bloques de un TAC. [32]

Los principios básicos de cómo se produce una imagen en un TAC, pueden explicarse con facilidad si se elige el equipo más simple, compuesto por un haz de rayos X finamente colimado y un único detector.

La fuente de rayos X y el detector están conectados de forma que tiene un movimiento sincrónico. Cuando el conjunto fuente de rayos X-detector realiza un barrido o traslación a través del paciente, las estructuras internas del sujeto atenúan el haz en función de la densidad y del número atómico de los tejidos de la zona.

La intensidad de radiación se detecta en función de este patrón y se crea un perfil de intensidades o proyección. Al final de un barrido, el conjunto fuente-detector gira y comienza un segundo barrido. Durante este barrido, la señal del detector vuelve a ser proporcional a la atenuación del haz provocada por las estructuras atómicas internas, y se obtiene una segunda proyección.

Si se repite muchas veces el proceso se obtendrán una gran cantidad de proyecciones. Esas proyecciones no se visualizan, sino que se almacenan de forma numérica en el ordenador. El procesado de los datos que realiza el ordenador supone la superposición efectiva de cada proyección para reconstruir la estructura anatómica correspondiente a ese corte. [31]

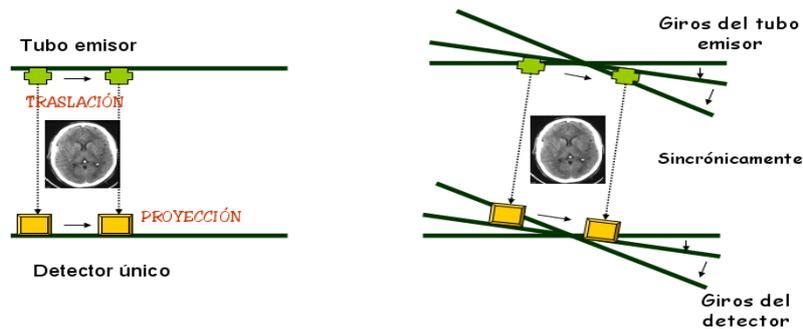


Figura 5: Principio de funcionamiento de un TAC. [32]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro de los rayos X. Concretamente se usan longitudes de onda de 1 a 10 nm. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: radiodiagnóstico.

2.31 OFTALMOSCOPIO BINOCULAR

La oftalmoscopia se utiliza para inspeccionar el interior del ojo. Permite la visualización del disco óptico, vasos, retina, coroides⁵⁷ y medios oculares. Para tal fin se utiliza el oftalmoscopio. Utiliza el método de la oftalmoscopia indirecta. La oftalmoscopia indirecta se realiza generalmente por medio de un oftalmoscopio binocular que dirige la luz hacia el ojo del paciente. La imagen formada por los rayos emergentes se observa por medio de una lente convexa colocada delante de este ojo. La oftalmoscopia indirecta con dilatación pupilar y esclerótica⁵⁸ permite el examen de todo el fondo.

El máximo poder de resolución de la oftalmoscopia indirecta es de aproximadamente 200 μm y pequeñas hemorragias o microaneurismas⁵⁹ no se pueden ver. Sin embargo, la imagen estereoscópica permite la detección y evaluación de elevaciones mínimas de la retina sensorial y del epitelio pigmentario de retina no evidentes con el oftalmoscopio directo. Estas imágenes también permiten la única visión directa de la red viva de los vasos

⁵⁷ Coroides: capa de vasos sanguíneos detrás de la retina

⁵⁸ Esclerótica: parte blanda del ojo.

⁵⁹ Las microaneurismas se localizan en la capa nuclear interna de la retina, se observan como pequeños puntos rojos, redondeados, con bordes lisos bien definidos. Miden entre 15 y 125 micras

sanguíneos y pueden ayudar a diagnosticar la aterosclerosis⁶⁰, la hipertensión y otros trastornos sistémicos y oculares específicos. [5]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Estos aparatos se usan en la siguiente especialidad médica: oftalmología.

2.32 BIÓMETRO ULTRASONICO

Es un aparato que nos permite conocer la longitud axial (AXL) del globo ocular. Nos encontramos en el rango del espectro de los ultrasonidos.

En esta biometría, ya sea de contacto o de inmersión, el biómetro emite un haz de ultrasonidos que se envía al interior del ojo mediante una sonda, a una frecuencia de 13 MHz. Este haz se propaga de manera uniforme a través de los tejidos oculares, sufriendo fenómenos de reflexión y refracción al pasar de un medio a otro. Cuando tiene lugar este paso entre dos medios con distinto índice de refracción se produce un registro onda-pico o deflexión (eco), que en el ojo humano normal corresponde el primero a la córnea, seguido de la cápsula anterior del cristalino, de la cápsula posterior del cristalino y el último corresponde a retina. Al final, lo que obtenemos es una imagen bidimensional de las estructuras del ojo cuya suma total de espacios es la longitud axial (AXL).

La velocidad del ultrasonido varía en los distintos medios y, como ya hemos dicho anteriormente, los picos se producen justamente en esos cambios de medio, ya que la velocidad de propagación es diferente en cada uno de ellos. Aplicando las fórmulas fundamentales de la física (Espacio = Velocidad x tiempo), obtenemos el espacio que ha recorrido el ultrasonido, aunque hay que considerar que la onda hace un recorrido de ida y vuelta, con lo que la fórmula a aplicar será:

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} \times \text{tiempo}/2$$

Es importante saber que la sonda debe estar bien colocada sobre la córnea del paciente, ya que el ángulo de incidencia afecta de manera importante a la

⁶⁰ Aterosclerosis: oclusión de las venas retinarias.

medida de la longitud axial. Porque cuando la onda choca perpendicularmente todo el eco se refleja, mientras que si choca de manera oblicua parte del eco reflejado se aleja.

En la biometría de contacto, la sonda se coloca directamente sobre la córnea del paciente en la que previamente habremos instilado algún anestésico tópico. La presión que ejerzamos sobre la córnea no puede ser grande, ya que una presión excesiva provocará una disminución de la longitud axial al estar, mecánicamente, aplanando la córnea y, por tanto, disminuyendo el espesor corneal y la profundidad de la cámara anterior.

En la biometría de inmersión, se coloca sobre la córnea del paciente una cápsula en la que se instila suero y en la que se introduce la sonda biométrica, con lo que se evita el contacto con la córnea. También requiere la instilación de anestésico para que la copa-cápsula no moleste. [33]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los ultrasonidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: oftalmología.

2.33 FRONTOFOCÓMETRO

El frontofocómetro (también llamado lensómetro) es un instrumento óptico para la determinación del centro óptico y medición de la potencia (dioptría⁶¹) de una lente oftálmica, así como de la dirección del cilindro. Dispone de unas plumillas para marcar el centro óptico y la dirección del eje.

Se utiliza para marcar las lentes oftálmicas antes de realizar su tallado, acorde con la montura. [34]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los ultrasonidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: oftalmología.

⁶¹ Unidad de medida que expresa el grado de defecto visual de un ojo en dioptría.

2.34 REFRACTÓMETRO

Un refractómetro es un aparato destinado a medir el índice de refracción de un medio material. Se basan en la medida del llamado ángulo crítico o ángulo límite o en la medida del desplazamiento de una imagen.

Se denomina ángulo crítico, o ángulo límite, al ángulo de refracción en un determinado medio material cuando el ángulo de incidencia de la radiación es de 90° respecto de la recta perpendicular a la interfaz de separación entre un medio material de índice de refracción conocido, generalmente el aire, y el medio material de índice de refracción desconocido. [35]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los ultrasonidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: oftalmología.

2.35 QUERATÓMETRO

Un queratómetro es un aparato que se utiliza para determinar los parámetros de la córnea, tales como la medida de sus radios de curvatura de sus superficies. Este aparato tiene forma de cañón, por donde se proyecta la luz que va a parar al ojo del paciente.

Su funcionamiento básico es el siguiente: con el paciente colocado mirando de frente al óptico por la mirilla del queratómetro, un rayo de luz viaja por el aparato hasta reflejarse de una manera determinada en un espejo convexo⁶², y esta reflexión es la que nos dará la curvatura de los ejes principales de la córnea. [36]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico.

Se encuentra en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: oftalmología.

⁶² Espejo convexo: es un espejo cuya superficie reflectante es curva con la deformación hacia afuera.

2.36 PAQUÍMETRO

Un paquímetro es un aparato que, colocándolo suavemente en la parte frontal del ojo (la córnea), nos permite medir el espesor corneal⁶³, cuyo valor medio es de 540-560 μm , variando en las diferentes zonas de la córnea donde se mida. Consiste en la técnica de medición del grosor de la córnea en distintos puntos de la superficie de la misma.

Para ello utiliza los ultrasonidos, basándose en el mismo fundamento que la biometría ultrasónica. La sonda trabaja a 12 MHz. [37]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro de los ultrasonidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: oftalmología.

2.37 DERMATOSCOPIO

La dermatoscopia, también llamada microscopía de epiluminiscencia, microscopía de luz refleja o simplemente epiluminiscencia, es una técnica no invasiva de diagnóstico en dermatología, que mediante un instrumento óptico, llamado dermatoscopio, permite examinar mejor las lesiones por debajo de la superficie cutánea amplificando in-vivo la imagen sospechosa una vez eliminados los fenómenos de refracción y reflexión de la luz sobre la piel.

El dermatoscopio convencional es un estereomicroscopio o microscopio manual pues es un instrumento dotado de un sistema óptico de amplificación de imagen (lentes de aumento) y una fuente de luz convencional o polarizada. Para disminuir la reflexión o refracción de la luz por parte de la epidermis⁶⁴ se usa una interfase líquida (agua, aceite o alcohol) lo que permite ver estructuras anatómicas de la epidermis o de la dermis papilar que no son visibles a simple vista. Usando luz polarizada igualmente es posible obtener la visualización de estructuras anatómicas debajo de la superficie sin necesidad de la interfase líquida o de poner el instrumento en contacto con la piel. Cuando el dermatoscopio se acopla a un sistema informático que permite el control digital

⁶³ El espesor corneal es la distancia entre el endotelio y el epitelio.

⁶⁴ Epidermis: Se trata de un concepto de la anatomía que hace referencia al tejido ectodérmico que recubre la superficie corporal. Está formado por sucesivas capas de células que se superponen.

de lesiones pigmentadas, se denomina microscopía de epiluminiscencia digitalizada con el cual se obtiene imágenes tridimensionales. [38]

Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico. Se encuentra en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en la siguiente especialidad médica: dermatología.

2.38 FACOEMULSIFICADOR

La facoemulsificación es una técnica quirúrgica muy utilizada en la actualidad para la operación de cataratas. [39]

El aparato utilizado para realizar la operación es el facoemulsificador. Este, consta en su punta por un transductor basado en el principio piezoeléctrico. El material piezoeléctrico del transductor varía su espesor, cuando es excitado eléctricamente, a una frecuencia de 38 KHz. [40]

Esta técnica consta de los siguientes pasos:

- Entrada al ojo: a través de una pequeña incisión de tipo autosellante (la mayoría de las veces no necesita suturas) que posee un diámetro de 2,8 a 3,2 mm. Últimamente se están desarrollando técnicas de facoemulsificación usando incisiones menores (1.5mm / 2.0mm).
- Apertura de la cápsula del cristalino: la membrana externa que envuelve al cristalino (cápsula del cristalino) es abierta cuidadosamente por su cara anterior. Luego a través de esta abertura y dentro de esa “bolsa capsular” se realizará la fragmentación y aspiración del cristalino afectado de catarata.
- Facoemulsificación: se realiza con una sonda ultrasónica equipada con una aguja hueca de titanio de 0,9 mm de diámetro, la cual vibra longitudinalmente de atrás para adelante entre 30.000 y 60.000 veces por segundo (30 a 60 kHz), actuando así como un cincel o escoplo sobre el cristalino fragmentándolo en partículas (facoemulsificación), que son aspiradas al mismo tiempo a través del conducto de la sonda de ultrasonidos.
- Colocación de la lente intraocular: luego de la facoemulsificación se introduce una lente intraocular plegable (bien con pinzas o con

inyectores especiales que no requieren ampliar la incisión realizada), que se despliega dentro del “saco capsular”, y se finaliza la cirugía sin necesidad de suturas. [39]

Es una técnica invasiva por vía natural. Se encuentra en la zona del espectro de los ultrasonidos. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Se utiliza en la especialidad médica de oftalmología.

2.39 IMPEDANCIÓMETRO

La impedancia acústica se puede definir como la dificultad que tiene el movimiento vibratorio para atravesar el oído medio. Existen diversos componentes que dificultan el paso del movimiento vibratorio en su camino hacia el oído interno. El conjunto de estas resistencias forma la impedancia acústica. [41]

El impedanciómetro es un aparato con el cual se mide la función del mecanismo auditivo periférico. Mediante el aumento o disminución de la presión en el conducto auditivo externo, permite medir en la membrana timpánica los cambios de flujo de energía a través del oído medio. Con el impedanciómetro o timpanómetro se mide la distensibilidad del sistema del tímpano y los huesecillos mediante el reflejo en el tímpano de un eco acústico mediante una sonda que obtura el conducto auditivo externo y que incluye tres canales diferentes: [41]

- El primero permite variar la presión aplicada en la cara externa del tímpano. Esta variación es posible gracias a una bomba que insufla o extrae el aire del conducto auditivo externo. La presión se mide en decaPascal o en milímetros de agua. ($1\text{daPa}=1,02\text{ mm H}_2\text{O}$).
- El segundo está conectado a un altavoz, que emite un sonido de intensidad conocida a una frecuencia fija (226 Hz).
- El tercero está conectado a un micrófono. Mide el nivel acústico del conducto auditivo externo. A partir de este nivel (que corresponde a la onda acústica residual, reflejada en el tímpano), filtrado en relación al tono de sonda, el aparato calcula la distensibilidad gracias a un voltímetro o medida de resorte (Figura 6).

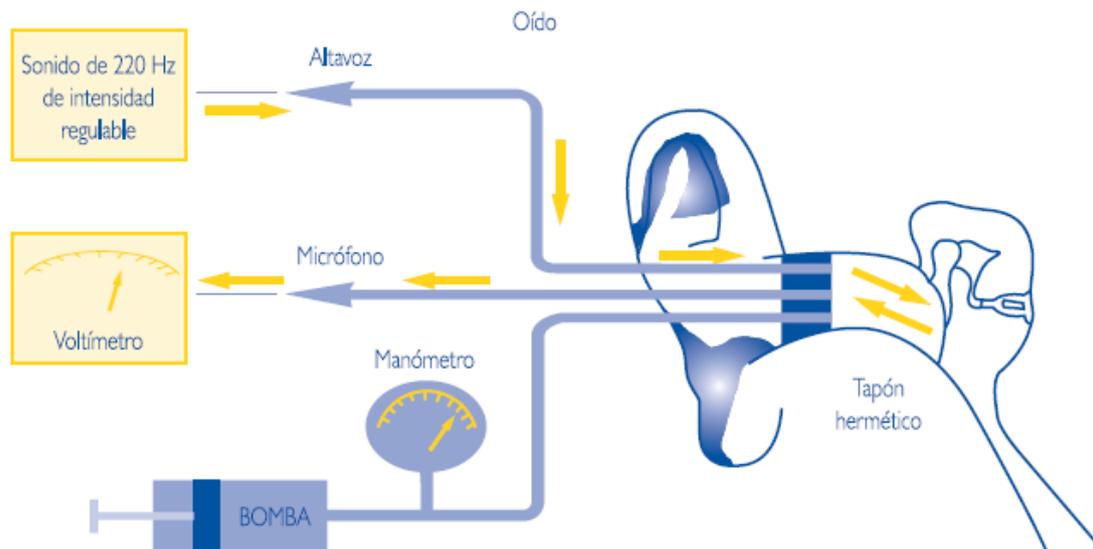


Figura 6: Principio de funcionamiento de un impedanciómetro. [41]

La sonda debe ser insertada de manera perfectamente hermética en el conducto auditivo externo ya que si existen fugas no se podrá realizar. La prueba se inicia con una sobrepresión de + 200 mm de agua en el conducto auditivo externo. A continuación se va disminuyendo lentamente la presión de forma automática hasta los -400 mm de agua. Se registran las variaciones según la presión. [41]

Se encuentra en la zona audible del espectro. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Es una técnica in-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico, en la especialidad médica de otorrinolaringología.

2.40 TOMOGRAFÍA POR COHERENCIA ÓPTICA (OCT)

La Tomografía de Coherencia Óptica (OCT) es una técnica de exploración útil para el estudio de la retina y del nervio óptico. Su principal avance consiste en la posibilidad de obtener imágenes de gran resolución, tanto de la superficie de la retina como de sus diferentes capas. El tratamiento informático de las imágenes permite obtener imágenes tridimensionales de la retina. Esta tecnología se basa en un principio óptico complejo denominado interferometría, que utiliza una fuente de luz infrarroja que penetra en los tejidos oculares y se divide en varios haces de luz. Uno de ellos penetra en la retina y otro es

captado por un espejo de referencia. En su trayectoria de regreso, ambos haces chocan entre sí generando unas “interferencias” que al ser captadas por un detector se traducen en una imagen en color que representa e indica el grosor de las de los tejidos estudiados. Los colores fríos, como el azul o el negro, se correlacionan con tejidos de menor grosor y los colores cálidos, como el rojo o blanco, con tejidos más gruesos. El estudio del grosor de las diferentes capas de la retina puede ser útil para el diagnóstico y seguimiento de diferentes enfermedades oftalmológicas. [42]

Nos encontramos en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

Es una técnica in-vivo, no invasiva. Se usa para el diagnóstico, en la especialidad médica de oftalmología.

2.41 POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO

Es una prueba de audiodiagnóstico. Se entiende por potencial evocado auditivo la respuesta neuroeléctrica del sistema auditivo (desde el nervio auditivo hasta el tubérculo cuadrigémino inferior, situado en el tronco encefálico) ante un estímulo sonoro. El estudio de estos potenciales evocados es de gran interés clínico ya que permite diagnosticar, por comparación con las respuestas consideradas normales, diversas patologías o disfunciones del aparato auditivo y las vías nerviosas, como la hipoacusia neonatal⁶⁵.

Para la realización de esta prueba no es necesaria la colaboración directa del paciente, pero sí es preciso que esté tranquilo y relajado. La realización de este examen no conlleva ningún tipo de riesgo.

Para la aplicación del estímulo utilizamos auriculares de inserción con tips desechables, adaptados a la edad del paciente y al tamaño de su conducto auditivo, los cuales reducen el ruido ambiente. El estímulo utilizado es el llamado click, que es un sonido muy breve con un espectro de frecuencias muy amplio. De este modo exploramos el espectro frecuencial de 250 a 16000 Hz.

⁶⁵ Hipoacusia neonatal: La hipoacusia neonatal es una deficiencia debida a la pérdida o anomalía del sistema auditivo que tiene como consecuencia inmediata la discapacidad para oír, implicando así un déficit en el acceso al lenguaje oral, lo que lo convierte en un importante problema de salud por las repercusiones que tiene en el desarrollo emocional, académico y social del niño.

Cada onda estimula una parte concreta de la vía auditiva, por lo que la ausencia o presencia de las mismas, así como el estudio de sus latencias, nos proporciona una importante información sobre el lugar donde se localiza la causa de cada hipoacusia. [4]

Se encuentra en la zona audible del espectro. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Es una técnica in-vivo, no invasivo. Se usa para el diagnóstico, en la especialidad médica de otorrinolaringología.

2.42 LASERTERAPIA

Describiremos las principales unidades de laserterapia empleadas en la práctica médica. Veremos los láseres empleados en terapéutica médica o en cirugía según la naturaleza del material emisor. Es una técnica In-vivo, no invasivo. Se usa para el tratamiento.

2.42.1 LÁSER YAG-Nd

Es un tipo de láser sólido, atendiendo a la naturaleza del material emisor. YAG son las iniciales de granate de aluminio e itrio (es decir, un cristal emisor semejante a las piedras preciosas), y el neodimio actúa como elemento metaestable⁶⁶, emisor de láser. La emisión se realiza a impulsos, a una longitud de onda de 1060 nm, por tanto, dentro de la gama de los infrarrojos.

Este laser se utiliza ampliamente en cirugía, en especial debido a que puede aplicarse mediante fibra óptica, lo que lo hace muy útil en aplicaciones cavitarias (tráquea, esófago, estómago, etc). [15]

Estamos en la zona del infrarrojo. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

⁶⁶ La metaestabilidad es la propiedad que exhibe un sistema con varios estados de equilibrio, cuando permanece en un estado de equilibrio débilmente estable durante un considerable período de tiempo. Sin embargo, bajo la acción de perturbaciones externas dichos sistemas exhiben una evolución temporal hacia un estado de equilibrio fuertemente estable.

2.42.2 LÁSER FEDL

Es un tipo de láser líquido, atendiendo a la naturaleza del material emisor. En este tipo de láseres, la sustancia emisora se encuentra disuelta en alcohol o en disolventes análogos. Su interés reside en que puede regular la frecuencia de emisión controlando la concentración de la disolución.

También es llamado láser canela. Emite a una longitud de onda de 577 nm, en la gama de amarillo, que no será absorbido significativamente por la piel, pero sí por los vasos sanguíneos de la lesión, ya que esta longitud de onda corresponde al máximo de absorción de la oxihemoglobina. [15]

Estamos en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Se emplea para aplicaciones dermatológicas, especialmente hemangiomas⁶⁷.

2.42.3 LÁSER de He-Ne

El láser de helio-neón es un láser de gas perteneciente al tipo de átomos neutros. El emisor es un tubo resistente con He a una presión de 1 mm Hg y Ne a 0.1 mm Hg. Para su excitación se hace pasar por su interior una corriente continua de varios kilovoltios. Los electrones así acelerados, al chocar con los átomos de helio, los excitan. Por su parte, cuando algún átomo de helio choca con un átomo de neón, le comunica su exceso de energía, quedando desexcitado el de helio y excitado el de neón.

Por su parte, el átomo de neón excitado se desexcita fácilmente por el fenómeno de la emisión estimulada⁶⁸ (por radiaciones producidas en el interior del tubo), emitiendo una radiación laser de 632.8 nm, es decir, dentro de la gama del rojo. La producción de radiación laser por el He-Ne tiene dos características de interés. Por una parte, hacen de sustancia activa dos átomos, el helio y el neón, debido a que el helio tiene gran facilidad de excitarse al paso de la corriente y de comunicar esa excitación al neón, mientras que este al desexcitarse emite radiación en la gama del rojo, que es

⁶⁷ Un hemangioma es una neoplasia, generalmente benigna, de los vasos sanguíneos caracterizada por la aparición de un gran número de vasos normales y anormales sobre la piel u otros órganos internos.

⁶⁸ Emisión estimulada: un fotón puede estimular la caída de un electrón a un nivel inferior si tiene una energía igual a la diferencia entre los dos niveles, en ese caso se emitirá un segundo fotón idéntico al que ha inducido la transición.

muy útil para aplicaciones médicas con fines terapéuticos. Por otra parte, su emisión es continua, proporcionando un aporte continuo de energía que se emite, también de modo constante, en forma de radiación láser (calor y luz visible). [15]

Estamos en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en quirófanos, en la especialidad médica de otorrinolaringología.

2.42.4 LÁSER de argón

El láser de argón es un láser de gas perteneciente al tipo de átomos ionizados. Se basa en que ciertos átomos no son excitables en estado normal (como ocurre con el argón), pero sí cuando están ionizados. Por eso se requiere la presencia de un dispositivo que produzca la ionización previa antes de someter el gas al mecanismo de excitación-desexcitación para la producción del láser. El proceso desprende calor, por lo que se precisa una adecuada refrigeración de aire o de agua. Emite a una longitud de onda de 465 y 514 nm (luz verde). Este tipo de láser es de especial utilidad en oftalmología y en dermatología. [15]

Estamos en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes.

2.42.5 LÁSER de CO_2

El láser de CO_2 es un láser de gas perteneciente al tipo de láseres moleculares. El emisor es una molécula. La emisión láser se basa en la variación del nivel energético de su estado electrónico fundamental, con un proceso de excitación y desexcitación, que conduce a una emisión continua de radiación láser a una longitud de onda de 10600 nm, es decir, en la gama del infrarrojo.

Las unidades láser de CO_2 pueden ser de gran potencia (hasta 100 o 150 W) con fin quirúrgico; actualmente se están haciendo de menos potencia (en torno a 10 W) para tratamientos médicos. Como su absorción se realiza muy selectivamente por el agua, tienen un efecto muy específico de corte,

volatilización o coagulación, lo que los hace muy adecuados para su empleo quirúrgico como laser-bisturí. [15]

Estamos en la zona del espectro infrarrojo. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Este aparato se usa en quirófanos, en la especialidad médica de otorrinolaringología.

2.43 MICROSCOPIO

El microscopio es un instrumento que permite observar objetos que son demasiado pequeños para ser observados a simple vista. Como regla general, cuanto mayor sea la ampliación⁶⁹, mayor será la resolución⁷⁰. La resolución de una lente es una función de cómo se configura y la longitud de onda de la luz que se pasa a través de la lente.

$$resolución = \frac{0.61\lambda}{n \sin \alpha}$$

Donde λ es la longitud de onda de la luz iluminadora, n es el índice de refracción del medio entre el objetivo y la muestra, y el valor $n \sin \alpha$ se conoce como apertura numérica.

Hay tres maneras de mejorar la resolución. Una es usar longitudes de onda de luz más cortas. Esto se hace típicamente usando filtros. El trabajo se realiza generalmente en el rango de luz visible para que la imagen se puede ver directamente con el ojo humano. Dado que la longitud de onda más corta de la luz visible es azul, casi todos los microscopios han incorporado un filtro azul, que a menudo se conoce como filtro de luz natural. Sin embargo, el ojo humano tiene una sensibilidad máxima al verde y ya que los especímenes contienen varios colores, la resolución de una imagen varía típicamente entre 0,2 a 0,35 μm dependiendo del color de la fuente de luz. [5]

Para la iluminación, el microscopio puede usar lámparas halógenas, xenón o LED.

⁶⁹ La ampliación se refiere al tamaño de la imagen en comparación con el objeto original y se expresa normalmente como mm.

⁷⁰ La resolución determina si los objetos pequeños que están cerca pueden distinguirse como objetos separados.

Estamos en la zona del espectro visible. Por lo tanto, nos encontramos en la zona de radiaciones no ionizantes. Se pueden usar tanto para diagnóstico como para tratamiento. Los microscopios utilizados para diagnóstico se utilizan en laboratorio para análisis clínicos, mientras que los usados para tratamiento se utilizan en quirófanos y consultas, en la especialidad médica de otorrinolaringología.

Capítulo 3. RESULTADOS

Después de analizar los equipos electromédicos que usan ondas/señales electromagnéticas, en los centros sanitarios y, particularmente en el Hospital Nuestra Señora de Sonsoles ubicado en la provincia de Ávila, nos disponemos a realizar una clasificación de los mismos atendiendo a las siguientes características:

- Especialidad / Subespecialidad clínica.
- Si el aparato es de diagnóstico / tratamiento; D / T.
- Metodología tecnológica.
- Frecuencia utilizada.
- Longitud de onda empleada.
- Tipo de radiación (Ionizante / No ionizante).

Especialidad	Subespecialidad	D / T	Metodología	Frecuencia	Long. Onda	Radiación	Aparato
ANÁLISIS CLÍNICOS		D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	MICROSCOPIO BINOCULAR
CINESOLOGÍA/PSICOLOGÍA		D	RADIOFRECUENCIA	0,1-5 Hz	60 Mm-3 Gm	NO IONIZANTE	ELECTROMIOGRAFO
CIRUGÍA	CONSULTAS EXTERNAS / E	T	RADIOFRECUENCIA	390 KHz y 470 KHz	769,23 m y 638,3 m	NO IONIZANTE	ELECTROBISTURI
DERMATOLOGÍA		D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	DERMATOSCOPIO
DERMATOLOGÍA		T	ULTRAVIOLETA	952,38-967,74 THz	310-315 nm	NO IONIZANTE	FOTOTERAPIA ULTRAVIOLETA
DERMATOLOGÍA		T	ULTRAVIOLETA	952,38-967,74 THz	310-315	NO IONIZANTE	LAMPARA ULTRAVIOLETA
DERMATOLOGÍA		T	VISIBLE	519,93 THz	577 nm	NO IONIZANTE	LASER FEDL
DIGESTIVO	ENDOSCOPIAS	D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	FUENTE LUZ XENON 300W+HALOG.
HEMATOLOGÍA	HEMATIMETRÍA	D	FOTOMETRÍA	555,55 THz	540 nm	NO IONIZANTE	HEMOGLOBINOMETRO
NEUMOLOGÍA	ENDOSCOPIAS	D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	FUENTE LUZ HALÓGENA
OFTALMOLOGÍA		D	LASER	3 PHz	100 nm	NO IONIZANTE	TOMOGRAFIA COHERENCIA OPTICA (OCT)
OFTALMOLOGÍA		D	ULTRASONIDOS	>20000 Hz	>15 Km	NO IONIZANTE	FRONTOFOCOMETRO
OFTALMOLOGÍA		D	ULTRASONIDOS	>20000 Hz	>15 Km	NO IONIZANTE	REFRACTOMETRO
OFTALMOLOGÍA		D	ULTRASONIDOS	12 MHz	25 m	NO IONIZANTE	PAQUIMETRO
OFTALMOLOGÍA		D	ULTRASONIDOS	13 MHz	23,08 m	NO IONIZANTE	BIOMETRO Y SONDA BIOMETRICA
OFTALMOLOGÍA		D	ULTRASONIDOS	38 KHz	7894,74 m	NO IONIZANTE	FACOEMULSIFICADOR
OFTALMOLOGÍA		D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	OFTALMOSCOPIO BINOCULAR INDIRECTO
OFTALMOLOGÍA		D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	QUERATOMETRO
OFTALMOLOGÍA		D	VISIBLE	526,32-666,67 THz	450-570 nm	NO IONIZANTE	LAMPARA HENDIDURA
OFTALMOLOGÍA/DERMATOLOGÍA	QUIRÓFANOS	T	VISIBLE	645,16 THz y 583,66 THz	465 y 514 nm	NO IONIZANTE	LASER DE ARGÓN
OTORRINOLARINGOLOGÍA	QUIRÓFANOS	T	VISIBLE	474,08 THz	632,8 nm	NO IONIZANTE	LASER DE He-Ne
OTORRINOLARINGOLOGÍA		D	AUDIBLE	20 Hz-20KHz	15 Mm-15Km	NO IONIZANTE	AUDIOMETRO
OTORRINOLARINGOLOGÍA		D	AUDIBLE	226 Hz	1,33 Mm	NO IONIZANTE	IMPEDANCIOMETRO
OTORRINOLARINGOLOGÍA		D	AUDIBLE	250-16000 Hz	18750 m-1,2 Mm	NO IONIZANTE	POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO
OTORRINOLARINGOLOGÍA		D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	FUENTE LUZ HALÓGENA
OTORRINOLARINGOLOGÍA		D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	FUENTE LUZ LED
OTORRINOLARINGOLOGÍA		T	INFRARROJOS	28,3 THz	10600 nm	NO IONIZANTE	LASER CO2
OTORRINOLARINGOLOGÍA		T	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	MICROSCOPIO QUIRÚRGICO
PARITORIOS	PEDIATRÍA	T	INFRARROJOS	200-394,74 THz	760-1500 nm	NO IONIZANTE	CUNA FOTOTERAPIA INFRARROJOS
PEDIATRÍA	NEONATO	T	FOTOTERAPIA	631,58-666,67 THz	450-475 nm	NO IONIZANTE	CUNA FOTOTERAPIA ESPECTRO VISIBLE
PEDIATRÍA	NEONATO	T	FOTOTERAPIA	631,58-666,67 THz	450-475 nm	NO IONIZANTE	LAMPARA FOTOTERAPIA
PEDIATRÍA		D	FOTOMETRÍA	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	BILIRRUBINOMETRO
PSIQUIATRÍA		T	RADIOFRECUENCIA	30-70 Hz	4,28-10 Mm	NO IONIZANTE	TERAPIA ELECTROCONVULSIVA
RADIODIAGNÓSTICO		D	RAYOS X	30-300 PHz	1-10 nm	IONIZANTE	DENSITOMETRO OSEO
RADIODIAGNÓSTICO		D	RAYOS X	30-300 PHz	1-10 nm	IONIZANTE	EQUIPO DE RAYOS X (RADIOGRAFÍA)
RADIODIAGNÓSTICO		D	RAYOS X	30-300 PHz	1-10 nm	IONIZANTE	MAMOGRAFO
RADIODIAGNÓSTICO		D	RAYOS X	30-300 PHz	1-10 nm	IONIZANTE	T.A.C.MULTICORTE
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	INFRARROJOS	200-394,74 THz	760-1500 nm	NO IONIZANTE	LAMPARA INFRARROJOS
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	MICROONDAS	2460 MHz	0,12 m	NO IONIZANTE	GENERADOR MICROONDAS
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	ONDA CORTA	27,12 MHz	11,06 m	NO IONIZANTE	GENERADOR ONDA CORTA
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	RADIOFRECUENCIA	0,1-5 Hz (baja)/2-10 KHz (media)	60 Mm-3 Gm / 30-150 Km	NO IONIZANTE	GENERADOR RADIOFRECUENCIA
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	RADIOFRECUENCIA	1-120 Hz	2,5-300 Mm	NO IONIZANTE	TENS 2 CANALES
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	RADIOFRECUENCIA	50 Hz	6 Mm	NO IONIZANTE	GENERADOR MAGNETOTERAPIA
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	RADIOFRECUENCIA	50 Hz	6 Mm	NO IONIZANTE	MAGNETOTERAPIA
REHABILITACIÓN	ELECTROTERAPIA	T	ULTRASONIDOS	1-3 MHz	100-300 m	NO IONIZANTE	GENERADOR ULTRASONIDOS
varis especialidades		D	INFRARROJOS Y VISIBLE	454,54 THz y 319,15 THz	660 nm y 940 nm	NO IONIZANTE	PULSIOXMETRO
varis especialidades		D	ULTRASONIDOS	1-18 MHz	16,67-300 m	NO IONIZANTE	ECOGRAFO Y SONIDAS
	APLICACIONES CAVITARIA	T	INFRARROJOS	283,02 THz	1060 nm	NO IONIZANTE	LASER YAG-Nd
	QUIRÓFANOS	D	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	FUENTE LUZ XENON 300W.
	QUIRÓFANOS	T	RADIOFRECUENCIA	100 Hz-40KHz	7500 m-3 Mm	NO IONIZANTE	ELECTROANESTESIA
	QUIRÓFANOS	T	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	LAMPARA QUIRURGICA HALÓGENA
	QUIRÓFANOS	T	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	LAMPARA QUIRURGICA LEDS (2)
	QUIRÓFANOS	T	VISIBLE	400-789,47 THz	380-750 nm	NO IONIZANTE	LAMPARA QUIRURGICA XENON (2) + BOX CTRL.
		D	RADIOFRECUENCIA	0,1 Hz-300 GHz	1 mm- 3 Gm	NO IONIZANTE	RESONANCIA MAGNÉTICA
		D	RADIOFRECUENCIA	0,5-80 Hz	3750 Km-600 Mm	NO IONIZANTE	ELECTROENCEFALÓMETRO

Tabla 10: Clasificación final de los equipos electromédicos analizados

Aparte de esta clasificación, ubicaremos los aparatos electromédicos en el espectro electromagnético, de tal forma que echando una simple vista a la figura mostrada a continuación, nos hagamos una idea en que región actúa cada uno.

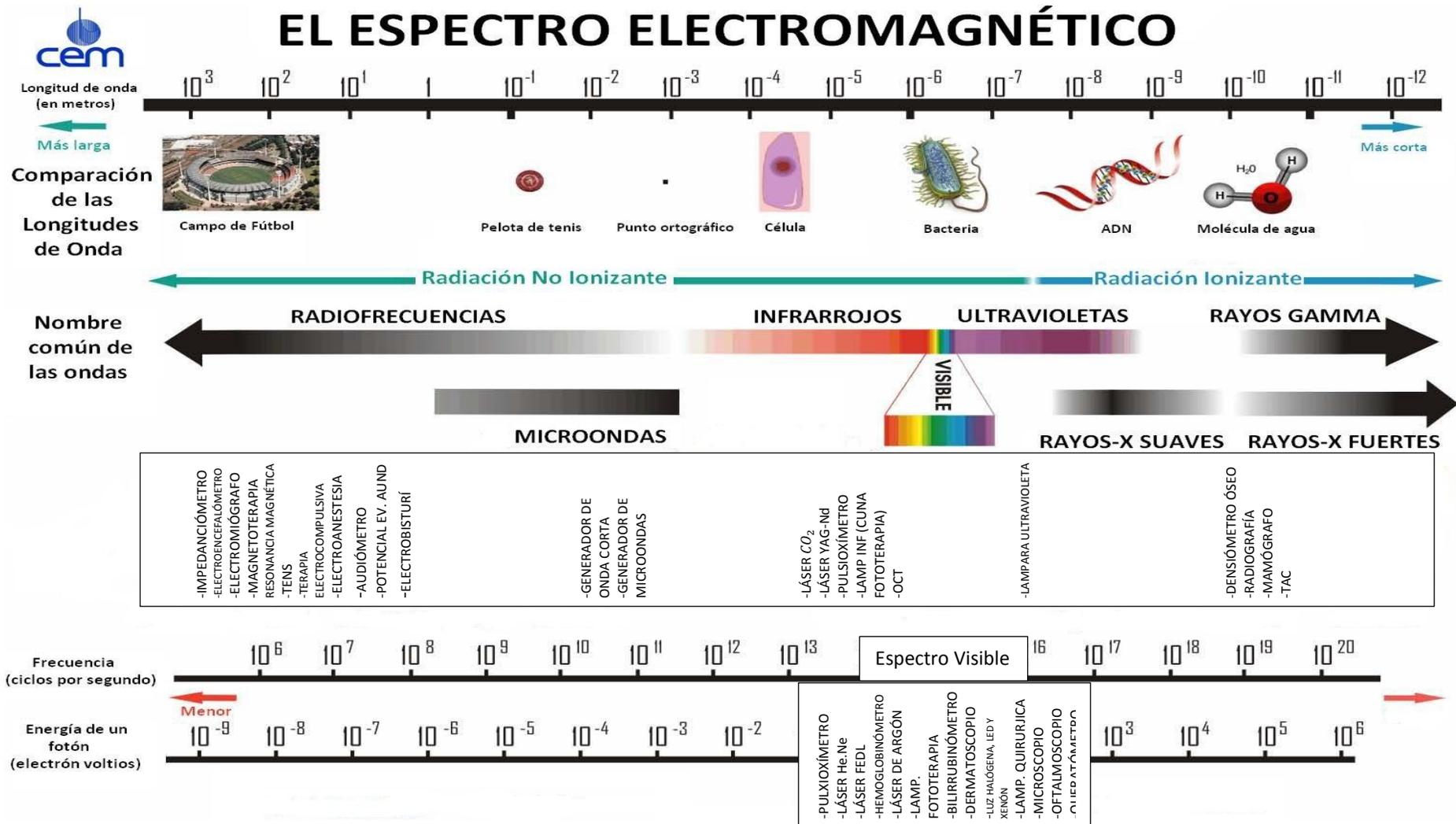


Figura 7: Clasificación de los equipos electromédicos en el espectro electromagnético. [1]

Tal y como podemos observar en la Figura anterior, el uso o aplicación del espectro electromagnético en los equipos electromagnéticos, como ondas de salida y de aplicación en el paciente para su diagnóstico y para su tratamiento, es muy amplio. La mayoría de los equipos electromédicos, tanto de diagnóstico como de tratamiento, se encuentran en la región de las ondas de radiofrecuencia y en el espectro visible y, en menor proporción, en la región de los infrarrojos. Como sabemos y hemos visto en la primera clasificación, todos ellos se encuentran en la región de radiación no ionizante, lo que no va a suponer en ningún efecto negativo para la salud.

Sin embargo, una minoría de equipos trabaja en la zona específica del espectro de las radiaciones ionizantes, las cuales sí que van a suponer un riesgo para la salud. Aunque, siempre, el beneficio para el paciente va a ser mayor que el perjuicio.

Capítulo 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el apartado anterior, evidencian que el uso del espectro electromagnético en el ámbito sanitario, a través de los equipos electromédicos, es muy importante e imprescindible para gran cantidad de los procedimientos asistenciales, tanto de diagnóstico como de terapia o tratamiento, y, con tendencia creciente, siendo estos equipos cada vez más eficientes.

Veamos un ejemplo de uso eficiente:

- Microscopio: La fuente de luz inicialmente era una bombilla incandescente, que ha ido evolucionando a: halógena, xenón y LED en la actualidad.

Por otra parte, el principio fundamental en medicina y, particularmente en la aplicación de equipos electromédicos para el diagnóstico y el tratamiento, se denomina principio ALARA. Es decir, que el beneficio sea mayor que el perjuicio para el paciente. Esto evidencia el uso preferente de radiaciones no ionizantes (no perjudiciales para la salud) frente al uso de radiaciones ionizantes, tal y como probamos en el capítulo anterior. A pesar de esto, hay un pequeño porcentaje de equipos electromédicos que usan radiaciones ionizantes, aunque hay que decir que su uso es imprescindible para el diagnóstico o tratamiento de ciertas enfermedades que, de otra forma no se podría realizar. Sin embargo, los niveles de seguridad se incrementan de forma muy significativa cuando se hace uso de estos aparatos.

Capítulo 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] medicar teoncología de: <http://medicarteoncologia.com/category/personal-de-salud/terapeutica-oncologica/radiacion-ionizante-terapeutica/>
- [2] Cromwell, L., Weibell, F.J., Pfeiffer, E.A., y Usselman, L.B, (1980), *INSTRUMENTACIÓN Y MEDIDAS BIOMÉDICAS*, Barcelona, España, Boixareu Editores.
- [3] Dox, I.G., Melloni, J., Eisner, G.M., y Melloni, J.L., (2005), *ILUSTRADO DICCIONARIO MÉDICO*, España, Madrid, MARBÁN LIBROS, S.L.
- [4] clinicaotorrino.es. En: <http://www.clinicaotorrino.es/informacion-pacientes-exploraciones/potenciales-evocados-auditivos-de-tronco-cerebral-peatc/>
- [5] Biomedical Engineering. (2001). University of Wisconsin-Madison.
- [6] Evidencia del uso clínico y terapéutico de la radiofrecuencia en dolor crónico. (s.f.). Boletín de Información Clínica Terapéutica de la Academia Nacional de Medicina, UNAM.
- [7] Pastor, JM., y Martínez, M. (s.f.). MICROONDAS. (s.f.).
- [8] Efisioterapia. (2006). ELECTROTERAPIA. ONDA CORTA. En: <http://www.efisioterapia.net/articulos/electroterapia-onda-corta>
- [9] Castillo, S., Cristancho, J., y Cristiano, J. (2007). MODELO FUNCIONAL DE UN EQUIPO GENERADOR DE ONDAS ULTRASÓNICAS PARA FISIOTERAPIA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Bucaramanga.
- [10] Macías, H., Mauledoux, M., y Aperador, W. (2012). Diseño y construcción de un generador ultrasónico para la evaluación de la erosión y corrosión por cavitación en recubrimientos duros. Rev. de la Facultad de Ingeniería, 27, 43.
- [11] Lámpara halógena. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 15 de Octubre de 2016 de https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_hal%C3%B3gena
- [12] Lámpara LED. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 24 de Diciembre de 2016 de https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_LED
- [13] Sirlin, E. LA FUENTES DE LUZ. (s.f.). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.
- [14] Sendra, F., y Martínez, M. (s.f.). RADIACION INFRARROJA.

[15] Zaragoza, J., (1992), *FÍSICA E INSTRUMENTACIÓN MÉDICAS*, Barcelona, España, Ediciones Científicas y Técnicas, S.A. – Muntaner, 262.

[16] Dummer, R. (2008). INFORMACIÓN PARA LOS PACIENTES QUE REALIZAN FOTOTERAPIA CON ULTRAVIOLETA (UV) EN SU DOMICILIO.

[17] Bravo, S., Esqué, G., Roda, R., Liarte, L., Tapia, V., y Aranda, C. (s.f.). CUIDADOS DE ENFERMERIA AL NIÑO CON FOTOTERAPIA. Servicio de Pediatría y Unidad de Neonatos del Hospital Universitari Arnau de Vilanova, Lleida.

[18] Ossorio, RM., Martín, N., Sánchez, C., Martínez, C., y Ribera, J. (2011). PROTOCOLO DE FOTOTERAPIA EN EL NEONATO. Complejo Hospitalario Universitario de Albacete.

[19] Rojas, R., y Lazon, P. BIOMICROSCOPIA: TÉCNICAS DE ILUMINACIÓN. (s.f.). Columna Internacional de IACLE.

[20] Calidad de las lámparas de cirugía Dr. Mach de:
www.mmservicom.com/Sobre%20la%20luz%20de%20lamparas%20Dr.%20Mach.pdf

[21] En: <http://www.quirumed.com/es/electromedicina/pulsioximetros>

[22] Pulsioximetría. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 20 de Julio de 2016 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Pulsioximetr%C3%ADa>

[23] Pardell, J. Audiómetro. (2016). Apuntes de electromedicina. Obtenido de <http://www.pardell.es/audiometro.html>

[24] El Ultrasonido En Urgencias de https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwibpY_X0e_RAhUBDxoKHeGwCIAQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fd.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F22038980%2F1640775404%2Fname%2FEI%2520ultrasonido%2520en%2520la%2520sala%2520de%2520urgencias.pdf&usg=AFQjCNE_wQ8KFo881dJHOS3ppdOC-3sxlw&sig2=ppClwQasH66xUi5ONPaeeA&bvm=bv.146073913,d.d2s

[25] ECOGRAFÍA DIAGNÓSTICA. https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwicjtCc0u_RAhVq1oMKHcQ_CSIQFggaMAA&url=https%3A%2F%2Fwebs.um.es%2Fmab%2Fmiwiki%2Flib%2Fexe%2Ffetch.php%3Fid%3Dlecciones%26cache%3Dcache%26media%3Dmama6.pdf&usg=AFQjCNFV7tgkptMSomOGqOGwDbHRk_GuUg&sig2=T99UXFty4Bmiuhkq4s_New&bvm=bv.146073913,d.d2s

- [26] General Electric Healthcare. <http://www3.gehealthcare.es/>
- [27] Equipos de Rayos X de www.fcs.uner.edu.ar/libros/archivos/ebooks/Otros/EquipoRx.pdf
- [28] radiologyinfo.com. En: <http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=dexa>
- [29] Densimetría ósea. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 9 de Noviembre de 2016 de https://es.wikipedia.org/wiki/Densitometr%C3%ADa_%C3%B3sea
- [30] TÉCNICA DE LA IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA. <https://es.scribd.com/document/51041614/TECNICA-DE-LA-IMAGEN-POR-RESONANCIA-MAGNETICA>
- [31] Corbo, DN. (2004). Tomografía Axial Computada. XIII Seminario de Ingeniería Biomédica. Facultades de Medicina e Ingeniería. Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- [32] PRINCIPIOS DE LA TOMOGRAFIA COMPUTERIZADA. (2009). Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía, 4, 1-5.
- [33] Cálculo de la potencia de lentes intraoculares. Gaceta Optica, de <https://es.scribd.com/doc/62239744/BIOMETRIA-1-Calculo-de-la-Potencia-de-LIOs>
- [34] Frontofocómetro. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Frontofoc%C3%B3metro>
- [35] Refractómetro. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 22 de Diciembre de 2015 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Refract%C3%B3metro>
- [36] En: <http://metodos.fam.cie.uva.es/ftao/optica/Practicas/segundo/InstrOptom/queratometro/queratometro.htm>
- [37] En: <http://www.clinicamenteria.es/pruebas-diagnosticas/paquimetria>
- [38] Dermatoscopia. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 10 de Septiembre de 2015 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Dermatoscopia>
- [39] Facoemulsificación. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 22 de Junio de 2013 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Facoemulsificaci%C3%B3n>
- [40] Hernández, JR. (2009). TÉCNICA DE FACOEMULSIFICACIÓN Y SUS VARIANTES DE CORTE MECÁNICO PREVIO DEL NÚCLEO CATAROSO: RESULTADOS OBTENIDOS. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Facultad de Ciencias Médicas “Finlay – Albarrán”. Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer, La Habana.

[41] Solanellas, J. (2003). Timpanometría. Impedancia auditiva: El impedanciómetro. ORL, Hospital Universitario de Valme, Sevilla.

[42] salud.mapfre.es. En: <https://www.salud.mapfre.es/pruebas-diagnosticas/ofthalmologicas-pruebas/tomografia-de-coherencia-optica/>