



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

APROXIMACION GENERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN NO-IONIZANTE



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

APROXIMACIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN NO-IONIZANTE

INTRODUCCION

Este documento explica la aproximación que ICNIRP usa para proporcionar recomendaciones en la protección contra exposición a las radiaciones no ionizantes (RNI) sirviendo tanto como una guía en la comprensión de los documentos de ICNIRP y para su futuro empleo. Se delimitan las actividades de ICNIRP, y se describen las relaciones con otros organismos consultivos y legislativos. Además, se explica la actual aproximación general de ICNIRP para la evaluación de los riesgos de la salud como una base en el desarrollo de recomendaciones para limitar la exposición.

Los asuntos tratados por ICNIRP están relacionados a la radiación óptica (ultravioleta, visible e infrarroja) incluyendo los láseres y los campos electromagnéticos (microondas, otros campos de radiofrecuencia y campos de muy baja frecuencias e incluso la campos estáticos eléctricos y magnéticos). Las exposiciones a ultrasonido e infrasonido también son consideradas.

EL PAPEL DE ICNIRP EN LA PROTECCION DE LAS RADIACIONES NO-IONIZANTES

ICNIRP es un grupo independiente de expertos establecidos para evaluar el estado del conocimiento acerca de los efectos de la RNI en la salud y el bienestar humanos, para proporcionar asesoría, basada científicamente, en la protección contra la radiación no-ionizante incluyendo la provisión de recomendaciones para limitar la exposición. Para otras aproximaciones de protección contra probables efectos dañinos de RNI, la evaluación de la literatura por parte de ICNIRP puede servir como un valioso aporte. ICNIRP es el sucesor del Comité Internacional de la Radiación Non-ionizante (INIRC) de la Asociación Internacional para Protección de la Radiación (IRPA) desde 1992, y todavía conserva una cercana asociación con este último.

ICNIRP, como un organismo científico consultivo internacional, no aborda temas sociales, económicos, o políticos. El número de miembros de ICNIRP está limitado por tiempo y a expertos que no estén asociados con empresas comerciales o industriales. Así, ICNIRP está libre de intereses comerciales.

ICNIRP es la organización no gubernamental formalmente reconocida en la protección contra las RNI por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Internacional de Trabajo (OIT), y la Unión Europea (EU). Mantiene una relación cercana y activa con otros organismos científicos y técnicos. Éstos incluyen la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC), el Comité Europeo en Estandarización Electrotécnica (CENELEC), las Acciones Europeas COST (Cooperación en el Campo de Ciencia y Tecnología, la Comisión Internacional en Iluminación (CIE), la Junta Gubernamental Americana de Higienistas e Industriales (ACGIH), la Organización Internacional de Estándares (ISO), la Comisión Internacional de Salud Ocupacional (ICOH), el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), y el Concejo Nacional Americano para Protección y Medición de la Radiación (NCRP). ICNIRP también entra en consulta con las sociedades nacionales IRPA para la protección contra la radiación.

ICNIRP continuamente monitorea y periódicamente lleva a cabo revisiones críticas de la literatura científica concernientes con las características físicas y fuentes de RNI y posibles efectos biológicos y adversos en la salud.

Haciendo esto, ICNIRP limita su vigilancia a la artículos e informes científicos originales publicados que generalmente están disponibles. ICNIRP realiza tal análisis científico crítico evaluando la relevancia y la calidad científica de cada informe. Para ayudar en este proceso continuo de revisión, ICNIRP ha formado varios Comités científicos



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

permanentes cuyos miembros incluyen a expertos adicionales. Además, la Comisión puede designar mas expertos como miembros consultores. ICNIRP puede verse como un almacén de información en los aspectos epidemiológicos, médicos, biológicos, físicos, y tecnológicos de RNI.

ICNIRP difunde información sobre temas específicos de importancia para la protección contra la RNI y formula su consejo por medio de revisiones científicas, actas de simposios científicos, declaraciones en temas específicos, recomendaciones para limitar la exposición, y guías prácticas de exposición ocupacional (en colaboración con OIT). Acorde con su colaboración con la OMS, ICNIRP contribuye con su consejo científico a este organismo.

ICNIRP reconoce que la aceptabilidad y adopción de un sistema completo de protección también requiere datos y evaluaciones basados en consideraciones sociales, económicas, y políticas. Es la visión de ICNIRP que estas materias son más apropiadas a las funciones de gobiernos nacionales y sus autoridades designadas. ICNIRP y otros organismos asesores científicos pueden, sin embargo, proveer información básica de relevancia para tales evaluaciones.

Considerando que ICNIRP proporciona información práctica general sobre niveles mensurables que se derivan de las restricciones básicas de exposición, ICNIRP reconoce la necesidad de mas recomendaciones técnicas en situaciones especiales de exposición. Esto requiere experiencia especializada en física e ingeniería para desarrollar mediciones prácticas para evaluar y/o facultar la evaluación cumpliendo con las recomendaciones ICNIRP para la exposición. Esto incluye asesoramiento en los principios y práctica de mediciones, diseño de equipamiento y/o protección para reducir la exposición, y, dónde sea apropiado, poner límites de emisión para tipos específicos de dispositivos. ICNIRP considera que estas materias son funciones apropiadas de organismos de

estándares técnicos nacionales, regionales e internacionales.

APROXIMACIÓN A LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA SALUD

Cualquier observación o estudio individual puede indicar la posibilidad de un riesgo de salud relacionada a una exposición específica. Sin embargo, la evaluación de riesgo requiere información de estudios que reúnan criterios de calidad como los listados en el Apéndice. La literatura revisada por pares normalmente proporciona la información para juzgar hasta que punto éstos reúnen los criterios. La evaluación de riesgos establecidos normalmente requiere la información consistente de varios estudios. ICNIRP, llevando a cabo sus revisiones críticas, monitorea la acumulación de nueva evidencia, conduciendo, cuando sea apropiado, la actualización de las evaluaciones de riesgo de la salud. Éstos se basan en la totalidad de la ciencia, no sólo en la información adicional. En algunos casos, por ejemplo cuando una cuestión específica o preocupación surge en el debate público, o cuando un estudio parece que tiene o se percibe que tendrá una influencia mayor en el estado de conocimiento, una declaración resumiendo la situación científica puede ser emitida por ICNIRP. Es importante reconocer que todas las evaluaciones son basadas en el conocimiento actual, y como tal estarán sujetas a la revisión a la luz de nueva evidencia probada.

Las secciones siguientes tratan de la naturaleza de efectos en la salud y cómo estos pueden relacionarse a la exposición. En las secciones subsecuentes, se presentan métodos para categorizar y evaluar los estudios, incluyendo cómo las conclusiones son bosquejadas a partir de la base de datos compilada y evaluada.

La naturaleza de los efectos en la salud.

La exposición a RNI puede causar diferentes efectos biológicos, con una variedad de



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

consecuencias para un ser humano. Los efectos biológicos pueden no tener alguna consecuencia adversa o beneficiosa conocida, otros efectos pueden producir condiciones patológicas (enfermedades), mientras aún otros efectos biológicos tienen consecuencias beneficiosas para una persona. Las molestias o incomodidades pueden no ser patológicas, pero si se confirman, pueden afectar el bienestar físico y mental de una persona y el efecto resultante debe ser considerado como un riesgo potencial para la salud. ICNIRP busca definir lo que se considera por efectos adversos en sus revisiones científicas específicas y recomendaciones. Se proporcionan los ejemplos en las Tablas 1 y 2. Para determinar si un efecto adverso está presente en una persona, es útil considerar las diferentes maneras de como los datos han sido obtenidos. Los resultados de pruebas (por ejemplo, el análisis químico de sangre) puede leerse fuera de un instrumento. Las señales son efectos que pueden ser observados por un médico u otro examinador, por ejemplo, un salpullido o inflamación. Los síntomas son los efectos que sólo experimenta el sujeto expuesto, ej., dolor, náusea, o fatiga. Un diagnóstico de enfermedad normalmente se basa en una combinación específica de tales criterios de valoración (endpoints).

Los efectos biológicos sin ninguna consecuencia adversa a la salud identificada no forman parte de la base para limitar la exposición a RNI. Sin embargo, ICNIRP reconoce que esa preocupación sobre otros efectos de salud no comprobados puede por sí misma afectar adversamente la salud de una persona, y que esto puede tratarse mejor proporcionando la información apropiada. Las evaluaciones científicas realizadas por ICNIRP y otros organismos científicos asesores podrían formar una base para tal información.

Si, en paralelo a los efectos adversos, efectos beneficiosos a la salud u otros beneficios están involucrados, se requerirá un juicio equilibrado acerca de cómo los límites de la exposición se

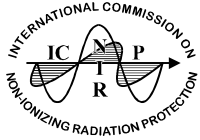
usaran en el proceso de políticas sociales para el tratamiento de los riesgos. Los beneficios pueden manifestarse tanto en un individuo como a nivel social, un ejemplo es la información llevada por los campos electromagnéticos para los servicios de radio y televisión. Sin embargo, tal equilibrio involucrará a menudo consideraciones sociales o económicas, este juicio lo realizarán mejor las autoridades nacionales.

Frecuentemente se propone a pregunta de si un parámetro biológico o fisiológico (como temperatura o tensión arterial) cae dentro del "rango normal". Las implicaciones de esto en términos de los efectos adversos en la salud dependerán del criterio particular de valoración (endpoint) bajo consideración y pueden variar entre las poblaciones y con el ambiente. Las recomendaciones de exposición desarrolladas por ICNIRP están orientadas a proteger contra los efectos de salud adversos de exposición a las RNI. Debido a que las consecuencias adversas de exposición a RNI pueden variar a través del rango entero desde insignificantes hasta llegar a amenazar la vida, se requiere un juicio equilibrado antes de decidir sobre las recomendaciones de exposición.

Exposición y Dosimetría

Un agente físico tiene que interactuar con el tejido objetivo para inducir un efecto biológico. El agente externo al cuerpo y los criterios de valoración (endpoints) biológicos son directamente mensurables, pero la interacción decisiva al objetivo normalmente no lo es. Es la naturaleza (por ejemplo, reacciones fotoquímicas o la inducción de una corriente eléctrica) y la eficacia de esta interacción que determina el efecto biológico. Por lo tanto, la cantidad biológicamente efectiva que representa la eficacia con la cual un cierto efecto biológico es inducido, necesita vincularse cuantitativamente con los campos o la radiación externa asociada.

De esto se deduce que diferentes tipos de efectos pueden asociarse a diferentes cantidades



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

biológicamente efectivas. Esto se ve claramente al comparar los efectos biológicos en las diferentes zonas del espectro de RNI. Además, dentro de una específica región espectral de RNI, diferentes efectos pueden también ser relacionados con diferentes cantidades biológicamente efectivas (Tablas 1 y 2). Una buena comprensión de la interacción fundamental y una correspondiente definición exacta de la cantidad biológicamente efectiva son necesarias cuando los resultados de los experimentos realizados con animales y experimentos in vitro son usados para evaluar posibles respuestas en los seres humanos.

Relaciones entre las cantidades biológicamente efectivas y efectos.

Según un modelo simple pero útil, un efecto biológico puede ser el resultado de uno de dos



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

Tabla 1. Mecanismos Relevantes de Interacción, efectos adversos, cantidades físicas biológicamente efectivas, y niveles de referencia usados en diferentes zonas del espectro óptico.

Zona del espectro óptico	Mecanismos relevantes de interacción	Efectos adversos	Cantidades físicas biológicamente efectivas	Exposición, niveles de referencia
Radiación ultravioleta UVA, UVB, UVC (180 a 400 nm)	Alteraciones fotoquímicas de moléculas biológicamente activas, como DNA, lípidos y proteínas.	Eritema aguda, queratitis, conjuntivitis, cataratas, fotoretinitis, envejecimiento acelerado de la piel, cáncer de piel.	Fluidez y acción de la exposición radiante ponderada	Exposición radiante en piel o cornea.
Radiación visible (380 a 600 nm)	Alteraciones fotoquímicas de moléculas biológicas en la retina.	Fotoretinitis (riesgo por luz azul)	Exposición radiante retinal ponderada por la acción del espectro	Duración de la exposición y radiación
Radiación visible e infrarroja cercana (IRA) (400 a 1400 nm)	Activación o inactivación térmica Fotocoagulación	Daño térmico: quemaduras en la piel y en la retina. Desnaturalización térmica de las proteínas. Coagulación/necrosis de los tejidos	Irradiación, exposición radiante y volumen absorbente (spot size) en el lugar del tejido.	Duración de la exposición y radiación
Radiación infrarroja media (IRB) e infrarroja media (IRC) (3um a 1mm)	Activación o inactivación térmica. Coagulación	Daño térmico: quemaduras en la piel y en la cornea, cataratas. Desnaturalización térmica de proteínas. Coagulación/necrosis de los tejidos.	Irradiación, exposición radiante y volumen absorbente (spot size) en el tejido situado	Exposición radiante e irradiación en la piel o la cornea.
Radiación láser (180 nm a 1mm)	Duración de la exposición fotoquímica, fototérmica, fotoacústica < 100μs. Duración de la exposición fotoablativa < 100ns. Formación de plasma o burbuja (cambio de fase). Efectos ópticos no-lineales.	Daños en tejidos. Quemaduras en la piel. Quemaduras oculares. Vaporización del tejido.	Exposición radiante e irradiación.	Duración de la exposición radiante e irradiación en la piel o cornea.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

Tabla 2. Mecanismos Relevantes de Interacción, efectos adversos, cantidades físicas biológicamente efectivas, y niveles de referencia usados en diferentes zonas del espectro electromagnético.

Zona del espectro RNI	Mecanismos relevantes de Interacción	Efectos adversos	Cantidades físicas biológicamente efectivas	Exposición, niveles de referencia
Campos eléctricos estáticos	Cargas eléctricas superficiales	Molestia de los efectos superficiales, shock.	Intensidad de campo eléctrico externo.	Intensidad de campo eléctrico.
Campos magnéticos estáticos	Inducción de campos eléctricos en fluidos en movimiento y tejidos.	Efectos en el sistema cardiovascular y en el sistema nervioso central.	Densidad de flujo magnético externo	Densidad de flujo magnético.
Campos eléctricos variables en el tiempo (hasta 10 MHz)	Cargas eléctricas superficiales	Molestia de los efectos superficiales, electro-shock y quemaduras.	Intensidad de campo eléctrico externo.	Intensidad de campo eléctrico.
	Inducción de campos eléctricos y corrientes	Estimulación de células nerviosas y musculares; efectos en las funciones del sistema nervioso	Intensidad de campo eléctrico o densidad de corriente.	Intensidad de campo eléctrico.
Campos magnéticos variables en el tiempo (hasta 10 MHz)	Inducción de campos eléctricos y corrientes	Estimulación de las células nerviosas y musculares; efectos en las funciones del sistema nervioso	Tejido expuesto a intensidad de campo eléctrico o densidad de corriente en los tejidos.	Densidad de flujo magnético.
Campos electromagnéticos(100 kHz a 300GHz)	Inducción de campos eléctricos y corrientes; absorción de energía dentro del cuerpo > 10 GHz: Absorción superficial de energía. Pulsos < 30μs, 300 MHz a 6 GHz, propagación de onda termo-acústica	Excesivo calentamiento, electro-shock y quemaduras.	Tasa de absorción específica de energía.	Intensidad de campo eléctrico, Intensidad de campo magnético; densidad de potencia.
		Excesivo calentamiento, electro-shock y quemaduras	Densidad de potencia.	Densidad de potencia.
		Molestias por los efectos audibles de microondas	Absorción específica de energía.	Densidad de potencia pico.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

procesos: determinístico o estocástico. Con el primero, la magnitud del efecto se relaciona con el nivel de exposición, y se puede definirse un umbral.

Un proceso estocástico, por otro lado, es uno, dónde la exposición determina la probabilidad de la ocurrencia de un evento (un efecto biológico) pero no la magnitud del efecto. En principio, esta distinción requiere una comprensión del mecanismo fundamental. Así, una distinción importante es que algunas respuestas tienen un umbral (es decir, una mínima cantidad biológicamente efectiva tiene que ser aplicada para que ocurra un efecto) y otras no. Adicionalmente, diferentes procesos de reparación y protección pueden eliminar o mitigar substancialmente cualquier efecto de la exposición. Tales procesos pueden ocurrir a nivel molecular, celular, orgánico, o del organismo entero.

Cuando caracterizamos los efectos y sus relaciones temporales a la exposición, es importante dilucidar claramente el significado de los términos usados.

Los efectos adversos que se han establecido mas claramente en humanos como consecuencia de exposiciones a RNI son aquellos desarrollados inmediatamente después de un periodo de exposición corta. Esto está en contraste con efectos que sólo pueden aparecer después de un periodo de exposición largo y/o un retraso largo.

Un aspecto fundamental de cualquier estudio que investiga un efecto potencial adverso en la salud es la fiabilidad de la evaluación de la exposición. Una falta de conocimiento sobre el mecanismo básico (consiguientemente una inapropiada identificación de la cantidad biológicamente efectiva) constituye un problema central de la fiabilidad. Incluso en circunstancias dónde la cantidad biológicamente efectiva se ha identificado, una dosimetría fiable puede ser difícil o imposible. Por ejemplo, en experimentos con animales, aunque la exposición externa puede medirse adecuadamente, hay dificultades prácticas al relacionar esta a la cantidad biológicamente efectiva.

Otro aspecto importante de la fiabilidad de la evaluación de la exposición es la exactitud de los

datos de la exposición. Esto se vuelve de importancia crítica al determinar las relaciones cuantitativas entre la exposición y efecto. En este proceso, es importante la determinación de factores geométricos relacionados a la exposición de órganos específicos (como el ojo, piel, cerebro, o extremidades). En los estudios epidemiológicos, hay a menudo una dificultad estableciendo el historial total de exposición de un individuo, y por consiguiente se usan a menudo substitutos para la exposición.

Al igual que la exposición, el efecto biológico necesita ser determinado adecuadamente; es decir, debe estar basado en criterios objetivos bien definidos. Un efecto biológico puede cuantificarse de varias formas, y así pueden establecerse diferentes relaciones con la exposición. Por ejemplo, uno puede medir el grado de un efecto mostrado por un individuo, el porcentaje de individuos que responde dependiendo de la cantidad biológicamente efectiva, o los riesgos relativos comparando grupos con diferentes niveles de exposición. Estas medidas difieren importantemente en la manera que ellas contribuyen a la evaluación de riesgo. Dependiente de la calidad de la evaluación de la exposición, estos pueden ser también de uso limitado para la evaluación numérica de la relación entre la exposición y riesgo.

Si la distribución de la exposición puede ser determinada para una población y la relación entre la exposición y riesgo del efecto adverso puede cuantificarse, luego, en principio, uno puede estimar el número de individuos que desarrollarán el efecto. Es este tipo de estimación (o, por ejemplo, una estimación del riesgo de los efectos adversos durante el tiempo de vida de una persona) que es el último objetivo de una evaluación de riesgo de salud.

Si ocurren varios efectos, puede ser posible clasificarlos según el nivel de la exposición al que cada uno comienza a ser relevante. El efecto crítico es el efecto adverso de salud establecido que es relevante en el nivel más bajo de exposición. En esta clasificación jerárquica de los efectos y definición de los efectos críticos, juicios adicionales basados en la



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

severidad de los efectos pueden, a veces, ser necesarios.

Evaluación de los datos

Jerarquía de los datos. Debido a que la evaluación de riesgo apunta finalmente a la salud humana, idealmente los datos deben ser derivados de estudios en seres humanos. La relación entre la exposición y ciertos efectos biológicos a corto plazo a veces puede evaluarse de los estudios de laboratorio en seres humanos, mientras que los datos para efectos a largo plazo solo pueden ser derivados de los estudios epidemiológicos. Sin embargo, a pesar de su relevancia directa, los resultados de estudios epidemiológicos no pueden, en sí mismos, proporcionar suficiente evidencia de las relaciones causales sin el apoyo de la credibilidad biológica o datos de soporte de estudios experimentales, especialmente cuando los riesgos sugeridos son pequeños.

Los experimentos con animales son valiosos en el análisis de los efectos y mecanismos biológicos, ya que involucran un organismo completo, incluyendo todas las reacciones in vivo relevantes - por lo menos para el caso de animales. Los experimentos a largo plazo en animales son útiles cuando se consideran posibles efectos adversos en la salud humana. Tales estudios también pueden ser útiles para clarificar si existe una relación causal. Los estudios in-vitro pueden proveer información detallada de los mecanismos biofísicos a nivel de interacciones moleculares, celulares o intercelulares.

Los resultados de los experimentos in-vitro y con animales necesitan ser interpretados cuidadosamente para ser extrapolados de forma útil a los seres humanos. Basados en la premisa que el mecanismo al nivel designado es el mismo en los modelos y en el cuerpo humano, las relaciones de exposición-efecto encontradas en el modelo pueden ajustarse para la aplicación a los humanos, usando la cantidad biológicamente efectiva. Por ejemplo, el daño infringido por la radiación óptica depende de quien es el blanco de la transmisión, y esta

transmisión (ya sea en el ojo o en la piel) puede variar significativamente entre un animal (por ejemplo, un ratón) y un ser humano. En general, los datos de soporte de estudios en seres humanos son importantes para una evaluación completa de la relevancia para la salud humana de los estudios realizados en animales.

Algunos informes clínicos, aunque fallan en cumplir el criterio de calidad dado anteriormente para los estudios de salud humana, no obstante pueden proporcionar información complementaria. Los informes anecdóticos, no proveen una base para la evaluación de riesgo, debido a su inherente escaso control y posible parcialidad de observación. Estos pueden, sin embargo, proveer una indicación de la necesidad de investigación o consejo.

La selección de estudios. El uso del criterio de selección orientado a la calidad para la literatura a ser evaluada y métodos claros y transparentes para su evaluación añaden la confianza de que los resultados y conclusiones de la evaluación de los riesgos de la salud son válidos y pueden considerarse para evaluar posibles riesgos a la salud productos de la exposición a RNI.

La evaluación normalmente se basa en artículos e informes originales revisados por pares y publicados. Los informes técnicos a veces también pueden ser aceptables, por ejemplo, para los detalles de evaluación de la exposición. En esta literatura, se dan normalmente descripciones de métodos con suficiente detalle para determinar si se tomaron las precauciones razonables para cumplir los requisitos dados en el Apéndice, y asegurar que otros investigadores puedan repetir los estudios. En principio, estudios bien-diseñados y bien-conducidos deben publicarse sin tener en cuenta el resultado, porque los resultados negativos son tan útiles como los estudios positivos cuando consideramos la literatura global. En la práctica, éste no siempre es el caso, y la posibilidad de tal parcialidad en las publicaciones debe ser considerada.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

El proceso de la evaluación. El proceso de evaluación usado por ICNIRP consiste de tres pasos. Es inevitable que partes de este proceso sean una cuestión de juicio científico, y que detalles del proceso pueden variar dependiendo del asunto al que se dirige. Por lo tanto, la descripción siguiente proporciona pautas globales, no reglas estrictas.

Los tres pasos son los siguientes:

- Evaluar estudios individuales en términos de su relevancia en los efectos de la salud y la calidad de los métodos usados. Los criterios descritos en el Apéndice pueden usarse como una guía en esta evaluación, y puede resultar en la exclusión definitiva de algunos estudios, o la asignación de pesos diferentes a los estudios, dependiendo de su calidad metodológica. Tales juicios deben ser hechos a la luz de la hipótesis a ser evaluada, ya que la capacidad de un estudio a contribuir a esta evaluación puede variar dependiendo de la hipótesis.
- Para cada efecto de salud evaluado, se requiere una revisión de toda la información relevante. Al principio, esta revisión normalmente se hace separadamente para los estudios epidemiológicos, para los estudios de laboratorio en seres humanos, para estudios en animales y para estudios in-vitro, con separaciones adicionales como sean apropiadas para la hipótesis.
- Finalmente, los resultados de estos pasos necesitan ser combinados en una evaluación global incluyendo una evaluación de consistencia de datos en seres humanos, datos en animales y datos in-vitro.

Los Comités Permanentes de ICNIRP, con el apoyo de miembros consultores cuando sean apropiados, normalmente realiza los dos pasos de este proceso, mientras la Comisión Completa en colaboración con los Comités Permanentes realiza el último paso.

La evaluación global. Primero se debe tomar la decisión si los datos considerados permiten la identificación de un riesgo a la exposición, es decir, un efecto de salud adverso que es causado por una

exposición a la RNI. Mediante esta identificación, el efecto llega a "establecerse" en el sentido usado en el próximo capítulo. A pesar del proceso de evaluación descrito anteriormente, pueden encontrarse todavía incertidumbres e inconsistencias en las evaluaciones comparativas de la literatura. Así, se reconoce que esta evaluación esta basada por lo menos en parte en juicios científicos. Varios esquemas y "criterios" existen para facilitar este proceso de juicio (Hill1965; IARC 1995).

Para una estimación real de riesgo en la población en general o en un grupo específico, los estudios seleccionados deben proporcionar información adicional, incluyendo:

- la definición de la cantidad biológicamente efectiva que puede variar con el órgano;
- la relación de exposición-efecto, e identificación de un umbral, si lo hay
- la distribución de la exposición e identificación de sub- poblaciones con alta exposición; y
- diferencias en las susceptibilidades dentro de una población.

Esta información en conjunto o en parte, en principio, forma el marco necesario para el desarrollo de consejo incluyendo las recomendaciones para limitar la exposición.

PRINCIPIOS DEL DESARROLLO DE RECOMENDACIONES PARA LIMITAR LA EXPOSICIÓN

Siguiendo la evaluación de la literatura (tal como se describe anteriormente), puede ser posible identificar efectos adversos en la salud humana relacionados a exposiciones a las RNI que son juzgadas como bien establecidas. La existencia de tales efectos establecidos de las RNI forma la base para las recomendaciones de exposición de ICNIRP. Las secciones siguientes tratan de la naturaleza de la exposición, los efectos, sus relaciones, los individuos que son protegidos, y el uso de factores de reducción en la determinación precisa de las recomendaciones.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

La naturaleza de las relaciones exposición-efecto

Idealmente, las recomendaciones para limitar la exposición a las RNI puede desarrollarse basadas en una relación cuantitativa entre la exposición y el efecto adverso. En muchos casos, tal relación cuantitativa puede tomar la forma de un umbral. Puede entonces ser posible establecer un nivel de exposición bajo el cual el efecto adverso puede evitarse.

Si los datos disponibles permiten la identificación de un efecto adverso, pero no la detección de un umbral, pueden emplearse otras estrategias de reducción de riesgo. El papel de ICNIRP como un cuerpo asesor científico sería analizar el riesgo en términos de los niveles de consecuencias que podrían cuantificarse. La aceptabilidad de tales riesgos sería, sin embargo, también basada en consideraciones sociales y económicas, y, como tal, caer fuera del alcance de ICNIRP. Las autoridades nacionales responsables del manejo del riesgo pueden proporcionar recomendaciones más extensas en estrategias para evitar los efectos o limitar el riesgo.

La naturaleza de los efectos

La identificación de un efecto inmediato es generalmente directa porque la relación causa y efecto puede ser fácilmente establecida. Además, las relaciones cuantitativas son fácilmente determinadas y validadas. Si un efecto adverso sigue a la exposición con un retraso considerable, su identificación requiere un juicio científico más difícil, especialmente en la ausencia de un mecanismo de interacción biofísico conocido. Además, incluso en el caso de un efecto adverso identificado (retrasado), las relaciones cuantitativas entre la exposición y efecto pueden ser difíciles de determinar, debido a la dificultad de determinar el modelo de la exposición retrospectivamente, y que la métrica de exposición aplicable puede no ser conocida.

En principio, las recomendaciones ICNIRP son fijadas para proteger contra los efectos críticos de exposición. En consecuencia, también ofrece protección contra todos los efectos que ocurren a

niveles de exposición más altos. Sin embargo, cuando el efecto crítico se relaciona a una definición específica de la cantidad biológicamente efectiva, otros efectos pueden ser críticos bajo otras definiciones de exposición. Ejemplos son la formulación de límites de exposición en términos Absorción de Energía Específica (SA), Tasa de Absorción Específica de Energía (SAR), la exposición blue-light, y la tasa de exposición de la retina.

Caracterización de la Exposición

Como se describió anteriormente, la cantidad biológicamente efectiva refleja la eficacia por la cual la exposición externa causa un cierto efecto biológico. Esta relación cuantitativa entre las exposiciones externas mensurables y el parámetro biológicamente efectivo de tejido designado es única para cada condición de exposición. Por consiguiente, para un nivel dado de exposición externa, cualquier cambio en la condición de la exposición puede afectar la eficacia de la interacción por la cual un cierto efecto biológico es inducido.

En algunas situaciones de exposición a RNI (como cuando se consideran los efectos superficiales), la cantidad biológicamente efectiva puede ser convenientemente y directamente evaluada midiendo las exposiciones externas. Éste generalmente es el caso para toda la radiación óptica y para la radiación de microondas a frecuencias mayores a 10 GHz, así como para los campos eléctricos de frecuencias bajas. Para exposiciones de campo magnético a bajas frecuencias o para los campos electromagnéticos de altas frecuencias, sin embargo, éste no es el caso. En tales casos se hace una estimación conservadora de los parámetros que reflejan la relación entre la cantidad biológicamente efectiva identificada y los niveles de exposición externa, más fáciles de ser medidos. Esto puede lograrse por modelamiento matemático y extrapolación de los resultados de investigaciones de laboratorio a frecuencias específicas, suponiendo el peor de los casos.

La estrategia general de ICNIRP es definir una restricción básica en términos de la cantidad



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

biológicamente efectiva, y luego, si es necesario, relacionar esta a los niveles de referencia expresados en términos de una exposición externa mensurable (por ejemplo, irradiación, densidad de potencia, e intensidad de campo). De esta manera, un nivel (el nivel de referencia) puede expresarse en términos de una medida externa de exposición. Esto permite el desarrollo de estrategias de restricciones de la exposición basadas en las restricciones básicas internas pero implementadas a través de niveles de referencia. El uso de niveles de referencia asegura el cumplimiento de las restricciones básicas en la exposición, dado que las relaciones entre ellos se ha desarrollado para situaciones de máxima absorción o condiciones de acoplamiento entre la radiación externa o campo y la persona expuesta (el peor de los casos). Si se excede el nivel de referencia, la restricción básica no necesariamente es excedida. Esto debe determinarse a través de una investigación más detallada. El procedimiento permite al investigador hacer las mediciones de la manera apropiada e interpretar los resultados usando su juicio profesional.

El uso de este procedimiento tiene varias ventajas:

- Las restricciones básicas (en términos de cantidades biológicamente efectivas) se relacionan estrechamente a los mecanismos biológicos, mientras
- los niveles de la referencia son más fáciles de evaluar, y, a través de más evaluaciones técnicas, más fácilmente relacionados a los niveles de emisión de las fuentes.

Además, las relaciones de dosimetría complicadas son a menudo evitadas en higiene ocupacional práctica.

Para expresar los niveles de referencia, ICNIRP se esfuerza por evitar variaciones en el tiempo y la frecuencia (o longitud de onda) que sean demasiado complejas o demasiado simplificadas y excesivamente restrictivas. Con la tecnología cambiante, pueden hacerse refinamientos en los niveles de referencia para ayudar a facilitar sus aplicación, siempre y cuando se cumpla con las

restricciones básicas. Para el éxito de esta estrategia, es importante que se haya demostrado la eficacia de la métrica de la exposición y que el mecanismo biológico sea aceptado como relevante para los efectos adversos en cuestión.

Los niveles de referencia por consiguiente se proporcionan estrictamente como una ayuda para la evaluación práctica de la exposición para determinar si las restricciones básicas posiblemente serán excedidas. ICNIRP recomienda el uso de niveles de referencia como una guía general para limitar la exposición de los trabajadores y del público en general.

La estrategia restricción básica- nivel de referencia depende de la comprensión del mecanismo de interacción y del apropiado desarrollo de relaciones de dosimetría. En algunas circunstancias, un efecto adverso puede identificarse, pero la limitación de la exposición sólo puede describirse en términos de la exposición externa. En tales casos, los niveles de referencia pueden ser usados para controlar directamente la exposición.

Dependiendo del mecanismo biofísico específico involucrado en el proceso de interacción, la condición de exposición relevante para el efecto biológico de la radiación no-ionizante puede cuantificarse ya sea en términos de los niveles instantáneos (o función dependiente del tiempo) del parámetro biológicamente efectivo o como su valor integrado en el tiempo. Ejemplos del uso del primero incluyen procesos de interacción que involucran el calentamiento del tejido (por ejemplo la tasa de absorción infrarroja) y el segundo caso tenemos procesos fotoquímicos (por ejemplo los efectos de luz azul y el eritema inducido de la radiación ultravioleta).

Las Tablas 1 y 2 resumen los mecanismos de interacción, los efectos adversos, las cantidades biológicamente efectivas, y los correspondientes parámetros de exposición externa, actualmente establecidos, a través de las diferentes zonas del espectro de las RNI.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

Personas que son protegidas

Diferentes grupos en una población pueden tener diferencias en su capacidad de tolerar una particular exposición a las RNI. Por ejemplo, niños, ancianos, y algunos enfermos crónicos podrían tener una menor tolerancia para una o más formas de exposición a las RNI que el resto de la población. Bajo tales circunstancias, puede ser útil o necesario desarrollar por separado recomendaciones para diferentes grupos dentro de la población general, pero puede ser más eficaz ajustar las recomendaciones para la población general e incluir tales grupos.

Algunas recomendaciones no pueden proporcionar adecuada protección para ciertos individuos sensibles ni para individuos normales expuestos a la vez a otros agentes que pueden exacerbar el efecto de la exposición a las RNI un ejemplo son los individuos fotosensibles. Donde se hubieran identificado tales situaciones, deberían ser desarrolladas recomendaciones apropiadas específicas dentro del contexto del conocimiento científico.

En algunas circunstancias, puede ser aconsejable distinguir entre los miembros del público en general e individuos expuestos como consecuencia de realizar sus tareas diarias (la exposición ocupacional). En sus recomendaciones de exposición, ICNIRP distingue la exposición ocupacional y pública en términos generales. Al aplicar las recomendaciones a situaciones específicas, la opinión de ICNIRP es que las autoridades relevantes en cada país deberían decidir si se aplican las recomendaciones para público en general o ocupacional, según las reglas o políticas (nacionales) existentes. Las condiciones ambientales también pueden influir en el efecto de exposición de cuerpo entero a radiación óptica o de RF.

Muchas formas de las RNI encuentran aplicación en la práctica médica, a menudo a niveles de exposición que son mucho mayores que aquellos a los que la población general podría exponerse. En el caso de pacientes que están sujetos a exposiciones a las RNI como parte de su tratamiento médico, ICNIRP

considera que la provisión de consejo en tales situaciones de exposición esta fuera del alcance de sus recomendaciones de exposición. Los pacientes seriamente enfermos podrían ser considerados como más vulnerable cuando son expuestos a RNI, pero las pautas de ICNIRP no consideran estas vulnerabilidades potenciales porque tales pacientes están bajo la dirección médica activa.

La distribución de los niveles de exposición y la fracción de la población que puede exponerse a cada nivel son factores importantes en relación a las recomendaciones de exposición para las RNI. A menudo hay pocos datos para tales distribuciones, pero dónde estas existen, pueden proporcionar una visión importante acerca del impacto social y económico de la aplicación de las recomendaciones para la exposición a las RNI.

El uso de factores de reducción

La identificación y cuantificación de varios efectos adversos a la salud y el bienestar de la exposición a las RNI son difíciles en el mejor de los casos, y tales juicios requieren gran experiencia y especialización. Las incertidumbres en el conocimiento se compensan por los factores de reducción, y en consecuencia las recomendaciones se colocaran debajo de los umbrales para efectos críticos. Algunos de los efectos inmediatos pueden cuantificarse con aceptable precisión, y la derivación de recomendaciones no requerirá una reducción sustancial debajo de los niveles umbral observados. Cuando la precisión y certeza de la relación entre la exposición y resultado adverso es muy baja, puede justificarse una reducción mayor. No hay ninguna base definida por determinar la magnitud precisa del factor de reducción, y la opción de la reducción es una cuestión de juicio científico. Como en todos los procedimientos, el establecimiento de factores de reducción debe estar libre de intereses comerciales.

Algunos ejemplos de fuentes de incertidumbre sobre los niveles umbral de exposición-efecto incluyen la extrapolación de datos obtenidos con animales para efectos en seres humanos, diferencias en las reservas fisiológicas de diferentes personas con



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

correspondientes diferencias en la tolerancia, e incertidumbres estadísticas (límites de la confianza) en la función dosis-respuesta. Desde el punto de vista de ICNIRP, la incertidumbre en las mediciones usadas para implementar las recomendaciones es un problema más apropiado para las funciones de las organizaciones responsables del desarrollo de métodos de cumplimiento. Esto no es considerado en el establecimiento de los factores de reducción por parte de ICNIRP.

Debería notarse que el uso de los niveles de referencia puede, en muchos casos, resultar en reducciones adicionales ya que ellos sólo corresponden a las restricciones básicas bajo condiciones de máxima absorción o acoplamiento.

Aproximaciones para el manejo de riesgo

La aproximación de ICNIRP para proporcionar recomendaciones en la limitación de exposición a las RNI necesariamente requiere datos con base científica relacionados al establecimiento de efectos en la salud. En la ausencia de evidencia científica suficiente para la existencia de un efecto adverso en la salud sospechoso se requieren medidas de protección, hay varias aproximaciones para manejo de riesgo que ya han sido aplicadas. Estas aproximaciones generalmente se centran en reducir la exposición innecesaria a agentes sospechosos. Sin embargo, ICNIRP da énfasis a la necesidad de asegurar que la manera práctica en la cual tales planteamientos son aplicados no debe minar o ir en detrimento de las recomendaciones de exposición basadas científicamente.

ICNIRP hace notar el esclarecimiento concedido por la Comisión Europea (CEC 2000; Foster y col. 2000) en la aplicación práctica de tal aproximación, el Principio Precautorio. Por ejemplo, esto incluye el grado de ciencia en el cual el Principio se basa (requiriendo una evaluación de la investigación de riesgo), y la naturaleza provisional de las medidas a la espera de la adquisición de datos científicos ulteriores.

COMENTARIOS FINALES

Este documento describe la filosofía y la metodología general a través de la cual ICNIRP evalúa la literatura científica referente a posibles riesgos para la salud producidos por las radiaciones no ionizante, y los procedimientos por los cuales ICNIRP usa tales datos en la formulación de sus recomendaciones para exposiciones a radiaciones no-ionizantes. En la práctica, los pasos críticos en la aplicación de estos procedimientos generales pueden diferir a través del espectro de las radiaciones no-ionizantes. Varios pasos en estos procedimientos requieren de la opinión científica, por ejemplo, para revisar la literatura científica y determinar apropiados factores de reducción.

Este documento provee un marco general transparente para estos procedimientos. Descripciones de procedimientos y deliberaciones específicas para varios rangos de frecuencia o regiones de longitudes de onda y fuentes de información son difundidos por ICNIRP en sus revisiones científicas, recomendaciones, declaraciones, y guías prácticas. Por su independencia y estructura como se describe en este documento, ICNIRP también está bien posicionado para consultar ampliamente en estos asuntos.

Reconocimientos: El apoyo recibido por ICNIRP de parte de la Asociación Internacional para la Protección de la Radiación, la Organización Mundial de la Salud, y los Gobiernos Francés, Alemán, Coreano, y Suizo son reconocidos con gratitud.

REFERENCIAS

- Commission of the European Community. Communication on the Precautionary Principle. Brussels, February 2, 2000. Available at http://europa.eu.int/~dgs/health_consumer/~ibr/~pub/pub07_en.pdf,
- Food and Drug Administration. Good laboratory practice for non-clinical laboratory studies. Washington, DC: Food and Drug Administration, US Department of Health and Human Services; Fed Reg 21 CFR Ch: 1 (4-I-93 Edition), Part 58:245-258; 1993.
- Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. Risk management: Science and the Precautionary Principle. Science 288:979-981; 2000.
- Hill AB. The environment and disease: Association or causation? Proc R Soc Med 58:295-300; 1965.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks of humans: Preamble. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 1995.

National Toxicology Program. Specification for the conduct of studies to evaluate the toxic and carcinogenic potential of chemical, biological and physical agents in laboratory animals for the National Toxicology Program (NTP). Attachment 2. August 1992 (including modifications through 9/95). Available from: National Institute of Environmental Health Sciences, Environmental Toxicology Program, PO Box 12233, Research Triangle Park, NC 27709; 1992.

Rothman KJ, Greenland S. Modern epidemiology. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998.

APÉNDICE

Crterios para el diseo y evaluacin de estudios individuales.

Los siguientes criterios estn principalmente orientados para el uso cuando se disea, dirige y reporta un estudio individual. Por su naturaleza, estos criterios pueden tambin ser usados como una gua en la evaluacin de estudios. Debe tenerse presente, sin embargo, que informacin complementaria til puede ser obtenida tambin de estudios que no cumplen con estos criterios.

Los estudios epidemiolgicos

Las investigaciones de asociaciones entre los niveles de exposicin y efectos adversos en la salud en personas pueden utilizar tanto estudios de laboratorios de investigacin en seres humanos y estudios epidemiolgicos (para los estudios de laboratorio, ver ms adelante). Los estudios epidemiolgicos requieren el cumplimiento de varios criterios que efectivamente toman en cuenta y reducen el posible impacto de parcialidad, confusin, y posibilidad de variacin en la interpretacin de resultados. Se han dado recomendaciones en la conduccin de epidemiologa de alta calidad, por ejemplo, por Rothman y Greenland (1998). Se da un resumen a continuacin:

- El diseo del estudio debera intentar alcanzar la mxima eficiencia, tanto en el logro de los objetivos del estudio como en la utilizacin de

los recursos. Dependiendo de la naturaleza de las relaciones sospechosas entre la exposicin y efectos adversos en la salud, as como del objetivo especfico del estudio, mltiples diseos, como caso-control o cohorte, pueden ser apropiados.

- La determinacin del tamao de muestra adecuado para una poblacin y la potencia estadstica debera estar basada en una evaluacin estadstica anterior.
- En los estudios cohorte, las poblaciones en estudio deberan definirse bien desde el inicio. Las hiptesis a ser investigadas deben ser explcitamente y claramente declaradas. La manera por la cual se determinan casos de salud adversa tambin deben declararse claramente, y la identificacin del caso debe ser independiente de la exposicin.
- En los estudios de caso-control, los controles deberan escogerse apropiadamente, tomando en cuenta el objetivo especfico del estudio. Esto permite al estudio minimizar el impacto de otros factores diferentes a aquellos que estn bajo estudio.
- Sin tener en cuenta el diseo del estudio, la minimizacin de la no-respuesta, la no-participacin, y el seguimiento incompleto es importante, tanto para lograr el tamao requerido de la muestra en estudio, y para minimizar la posibilidad de las no-respuestas selectivas (por ejemplo, relativas a la enfermedad y al estado de exposicin). Si las proporciones de respuesta son bajas, los resultados deberan acompaarse por un anlisis apropiado de los que no responden.
- Tanto en el diseo del estudio y en el anlisis, los investigadores deberan tener en cuenta la posibilidad de factores de confusin. Deberan reunirse datos sobre potenciales factores de confusin y anlisis estadsticos apropiados deben usarse para minimizar el efecto de confusin en las conclusiones.



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

- Los investigadores deberían describir la exposición tan precisamente como sea posible. Deberían reunirse datos sobre los diferentes niveles de exposición, su duración, y la localización temporal, y la medida de dosimetría utilizada debería ser identificada. Preferentemente, la evaluación de la exposición debería ser sobre una base individual. La exposición debería evaluarse independientemente del estado de salud adverso.
- A la luz de la complejidad del tema, los estudios deberían ser diseñados y deberían implementarse usando conocimientos de todas las disciplinas científicas apropiadas.
- Los métodos usados para el análisis estadístico deberían ser apropiados para el propósito del estudio, y deberían describirse claramente. Los autores deberían comunicar los datos básicos en que se fundan las conclusiones.
- Para permitir un análisis combinado de varios estudios en el futuro, deberían considerarse los medios apropiados que permitan esto, como el uso de encuestas, métodos, y reportes de datos estandarizados.

Los estudios de laboratorio

Recomendaciones detalladas en la conducción de investigación de laboratorios de alta calidad pueden ser encontradas en la buena práctica de laboratorio de la US Food and Drug Administration (FDA 1993) y en las especificaciones del Programa Nacional de Toxicología Americano (NTP 1992). Aquí, nosotros consideramos estudios de laboratorio de los efectos de las RNI en los seres humanos, animales y en los sistemas in-vitro.

Los puntos esenciales para la conducción de investigación de alta calidad son:

- Las técnicas experimentales, métodos, y condiciones deberían ser tan completamente objetivas como sea posible y basadas en los sistemas biológicos apropiados para los fenómenos estudiados. Para evitar la

parcialidad deben usarse, cuando sea apropiado, técnicas doble ciego, votación ciega o códigos. La sensibilidad del experimento debería ser la adecuada para asegurar una probabilidad razonable de que se podrá detectar un efecto, si existe.

- Las condiciones ambientales deberían medirse y registrarse periódicamente (por Ej., la temperatura, la humedad, la vibración, el sonido, así como los niveles de fondo de zonas apropiadas del espectro de las RNI). La exposición a las RNI en estudio debería ser completamente caracterizada y volver a medirse periódicamente. Cuando sea apropiado deben hacerse descripciones detalladas de la dosimetría.
- Todo el análisis de los datos debería ser completamente objetivo, sin ningún dato relevante excluido de la consideración y con un uso uniforme de métodos analíticos. Cuando los resultados son reportados como proporciones, los denominadores también deberían ser reportados o deberían estar disponibles para un análisis en profundidad.
- Los estudios deberían diseñarse con suficiente potencia estadística de modo puedan obtenerse resultados que demuestren un efecto de la variable relevante a un nivel alto de significancia estadística usando pruebas apropiadas. Si los estudios son no-positivos, también deberían demostrarse con la misma seguridad.
- Los resultados deberían ser cuantificables y susceptibles de confirmación por investigadores independientes. Preferentemente, los experimentos deberían repetirse y los datos ser confirmados independientemente, o los efectos aseverados deberían ser consistentes con los resultados de experimentos similares, para los cuales los sistemas biológicos involucrados son comparables. Las teorías (por Ej., para los mecanismos de interacción) deben hacer



INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION e.V.

predicciones suficientemente concretas para que estas puedan ser probadas experimentalmente.

- Los resultados deberían verse con respecto a principios científicos previamente aceptados antes de atribuirlos a principios nuevos. Hallazgos que apunten a relaciones no identificadas previamente deberían ser evaluados cuidadosamente y llevarse a cabo estudios adicionales adecuados antes que los hallazgos sean aceptados.
- Una indicación de la relevancia del modelo y del objeto de estudio para la salud humana aumentaría la utilidad de los resultados.
- En estudios experimentales en seres humanos, como en las pruebas clínicas o estudios de provocación, una buena práctica debería incluir criterios adecuados y bien descritos para la inclusión o exclusión de voluntarios, y adhesión a las reglas y limitaciones éticas pertinentes.

Adicionalmente, alguna información general puede encontrarse en:

- International Commission on Non-Ionizing Radiation. Guidelines on Limiting Exposure to Non-Ionizing Radiation and Statements on Special Applications- Un libro de referencia basado en las recomendaciones para limitar la exposición a las radiaciones no ionizantes y declaraciones sobre aplicaciones especiales. Matthes, R.; Bernhardt, J. H.; McKinlay, A. F. (eds.). La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No ionizantes. ISBN 3-9804789-6-3; 1999.
- International Commission on Non-Ionizing Radiation. Measurement of optical radiation hazards. Un libro de referencia basado en presentaciones dadas por expertos de la salud y seguridad en riesgos de la radiación óptica. Gaithersburg, Maryland, EE.UU. septiembre 1-3, 1998. Matthes, R.; Sliney, D.; DiDomenico, S.; Murray, P.; Wengraitis, S.; Phillips, R. (el eds.). La Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No

Ionizantes Comisión Internacional en Iluminación. ISBN 3-9804789-5-5; 1998.