

Niveles de Referencia para Diagnóstico según PUBMED: ¿es suficiente la información disponible?

Diagnostic Reference Levels according to PUBMED: is the information available sufficient?

Adlin López Díaz¹, Daniel Coiro da Silva², Dagoberto E. González López³, Jeniffer Garrido Reyes⁴,
Leonel A. Torres Aroche⁵ y Simone Kodlulovich Renha⁶

LÓPEZ, A.; COIRO DA S., D.; GONZÁLEZ, D.; GARRIDO, J.; TORRES, L.; KODLULOVICH, S. Niveles de Referencia para Diagnóstico según PUBMED: ¿es suficiente la información disponible? *J. health med. sci.*, 9(3):37-49, 2023.

RESUMEN: Los Niveles de Referencia para Diagnóstico (NRD) son una herramienta dinámica que gana cada vez una mayor importancia para la optimización de las exposiciones médicas. La disponibilidad de información científica es esencial en este proceso de optimización para Medicina Nuclear (MN) y Radiología Diagnóstica (RD). Este trabajo presenta un estudio de la disponibilidad de información sobre los NRD para MN y RD en la base PubMed, en los últimos 20 años, empleando diferentes palabras clave. Se analizó de forma crítica la información disponible, buscando los cambios principales que se han producido como tendencia en diferentes aspectos del establecimiento de los NRD. Se verificó un desbalance significativo en la disponibilidad de literatura científica en estas dos áreas, aunque se ha incrementado la información para equipos híbridos y de forma general para todas las tecnologías. Este desbalance se hace mayor para estudios de medicina nuclear en pediatría. Se observaron avances en la forma de recolectar datos, la manera de organizar la información y analizarla, en especial con la disponibilidad de sistemas de monitoreo de dosis. Se encontró que, en los estudios TC e intervencionismo, las agrupaciones por localización anatómica están siendo acotadas o restringidas, por indicaciones clínicas que tienen similitudes en los requisitos de calidad de imagen para el diagnóstico adecuado. Similarmente en MN se vislumbra la incorporación de la actividad por peso como NRD en las tecnologías híbridas y estudios pediátricos. Este estudio demuestra que, en general, la literatura científica disponible sobre los NRD es mucho más amplia para pacientes adultos. Se requiere más estudios pediátricos, especialmente en el área de MN.

PALABRAS CLAVE: niveles de referencia para diagnóstico, dosis de radiación, optimización.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de imágenes médicas, hoy indispensables en los escenarios clínicos, no sólo han aumentado la variedad de estudios y sus aplicaciones, sino también los niveles de exposición médica que pueden causar y, con ello, los efectos dañinos potenciales. Esta problemática se evidencia en la reciente publicación del Comité Científico de Efectos de las Fuentes de Radiación Atómica y las Radiaciones Ionizantes de las Naciones Unidas (conocida por sus siglas en inglés UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic

Radiation Sources and Effects of Ionizing Radiation) (UNSCEAR, 2022), que señala que, las exposiciones médicas constituyen la mayor causa de exposición humana a las fuentes no-naturales de radiación, con un valor de dosis efectiva per cápita anual de 0,57 mSv (excluyendo aplicaciones de radioterapia), valor inferior al reportado en 2008 de 0,65 mSv. Aunque se considera que esta diferencia está dentro de las incertidumbres y no constituye una evidencia de disminución real, sí expresa la tendencia de algunos procedimientos a la disminución de dosis por avances tecnológicos comprobados (nuevos detectores, modulación de dosis, algoritmos de reconstrucción avanzados, etc.) (Tulik M *et al.*, 2020; Lenga L *et al.*,

¹ Físico Médico, Profesor Titular, InSTEC, Universidad de la Habana, La Habana, Cuba (<https://orcid.org/0000-0002-1020-8775>).

² Físico Médico, Santa Casa de Misericórdia da Bahia, Bahia, Brasil (<https://orcid.org/0000-0002-2348-1893>).

³ Físico Médico, Hospital México. Caja Costarricense de Seguro Social, San José, Costa Rica (<https://orcid.org/0000-0002-0711-7899>).

⁴ Lic. Física Nuclear, Profesora Instructora del InSTEC, Universidad de la Habana, La Habana, Cuba (<https://orcid.org/0009-0008-2338-0604>).

⁵ Físico Médico, Investigador Titular, Centro de Isótopos (CENTIS). Mayabeque, Cuba (<https://orcid.org/0000-0002-5485-6352>).

⁶ Investigadora, Instituto de Radioproteção e Dosimetria RD, Rio de Janeiro, Brasil (<https://orcid.org/0000-0001-7956-6864>).

2019; Wulandari PI *et al.*, 2018), y el resultado de las iniciativas que se han desarrollado a nivel mundial a partir del “Llamado de Bonn a la acción” (IAEA and WHO, 2014).

En esta publicación se señala que, el 61,6% de esta dosis efectiva per cápita se debe a estudios de tomografía computada (TC) cuyo número total de estudios se incrementó un 80%, el 23% a radiología diagnóstica (RD), el 8% a radiología intervencionista (RI), el 7,2% a procedimientos de Medicina Nuclear (MN) y 0,2% de radiología dental (RDe) (UNSCEAR, 2022). A esto se adiciona que otros estudios recientes han evidenciado el efecto acumulativo de las dosis por exámenes recurrentes de esta tecnología; en los que la sumatoria de dosis en un sólo paciente por estudios diagnósticos de TC supera frecuentemente los 100 mSv (Frija G *et al.*, 2021; Brambilla M *et al.*, 2020; Rehani M *et al.*, 2019), contribuyendo a incrementar significativamente el riesgo de efectos radioinducidos. Se han incrementado también las dosis colectivas por RI del 1% a 8%, y por MN de 5% a 7% (UNSCEAR, 2022).

Por esta causa, la optimización de las exposiciones médicas se convierte en una prioridad, y con ello, el establecimiento y utilización adecuada de los niveles de referencia para diagnóstico (NRD), que se incluyen como requisito dentro de las Normas Básicas de Seguridad (IAEA Safety Standards GSR Part 3) como una herramienta de eficacia comprobada para la optimización. Sin embargo, a pesar de esto, los NRD no se han implementado en muchos países por diversas razones; entre las que destacan la falta de recursos humanos entrenados y motivados, la ausencia de regulaciones sobre el tema y/o el enfoque burocrático practicado por algunos organismos reguladores, así como la cooperación insuficiente entre las diferentes partes interesadas (Amador Z *et al.*, 2022; Damilakis J *et al.*, 2021; Muhogora W *et al.*, 2017).

En algunos países de América Latina y el Caribe, se han realizado iniciativas para determinar los niveles de referencia para diagnóstico (NRD), limitadas fundamentalmente a estudios de valores típicos y locales. Ninguno de los países de la región ha logrado establecerlos de forma sostenible y acorde con las recomendaciones internacionales (Renha SK *et al.*, 2022, Amador Z *et al.*, 2022).

Por esta causa, el proyecto RLA 6091 “Fortalecimiento de las capacidades en Física Médica para mejorar la calidad y seguridad de las prácticas

médicas”, ha incluido dentro de sus actividades, el desarrollo de documentos y acciones concretas para la implementación de los NRD a diferentes niveles en Latinoamérica, apoyado también por la Asociación Latinoamericana de Física Médica (ALFIM) (Renha SK *et al.*, 2022).

El establecimiento y aplicación de los NRD, en todos los casos y niveles, requiere de un grupo multidisciplinario comprometido y capacitados con respecto a la metodología a ser adoptada. Precisamente por ser una herramienta dinámica, el personal encargado de participar en cada etapa, en especial los físicos médicos, deben estar actualizados y con la información necesaria, tanto en los avances en la práctica clínica, como en los aspectos tecnológicos, para liderar y organizar adecuadamente las diferentes etapas del proceso, así como para identificar las posibles causas de las variaciones en la magnitud de las exposiciones típicas y poder optimizar los procedimientos de los pacientes adultos y pediátricos (Damilakis J *et al.*, 2023; Faj. D *et al.* 2023; Vaño E *et al.*, 2022). En este caso, disponer de literatura científica suficiente para favorecer el análisis de los datos y brindar experiencias anteriores, es un paso importante en el logro de los objetivos, así como para mantenerse actualizado de las particularidades y tendencias presentadas en cada caso.

Este trabajo tiene el objetivo de revisar la disponibilidad de información científica sobre los NRD en las diferentes áreas diagnósticas, que puedan servir como herramienta cognitiva para guiar, tanto en la fase del diseño y de la planificación del proceso, a diferentes escalas y alcances, como el análisis de los resultados y su implementación, teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales y la propia realidad de cada país.

MATERIAL Y MÉTODO

Con el objetivo de identificar la información científica disponible sobre los NRD en RD y MN, se realizó una búsqueda de los artículos de investigación en la base de datos PubMed, desde 1 de enero 2003 hasta la fecha 1 de junio del 2023. Los criterios de inclusión para la selección y análisis de artículos fueron:

1. Artículos publicados en los últimos 20 años disponibles en inglés y español.

2. Artículos directamente relacionados con el establecimiento de NDR en las diferentes escalas y/o aplicaciones, según los siguientes pasos:
 - 2.1. Selección de palabras clave y elaboración de la estrategia de búsqueda usando la biblioteca Cochrane, el motor de búsqueda de términos médicos (MeSH), incluyendo todos los términos relacionados, tales como: “nivel de referencia” “niveles de referencia de diagnóstico” “evaluación de dosis” “dosis en pacientes” “evaluación de dosis típicas” “exposiciones típicas en pacientes”. Para evitar la pérdida de estudios críticos, las palabras clave fueron elegidas cuidadosamente para permitir una búsqueda amplia y sensible.
 - 2.2. Eliminación de duplicados: Todos los artículos duplicados fueron eliminados dejando sólo uno, y en caso de múltiples publicaciones del mismo estudio sólo una fue incluida. Este proceso se realizó de forma manual.
 - 2.3. Selección por título (Nivel I): la selección fue basada únicamente en el título del artículo. Dos revisores ciegos (A.L. y D.C.) revisaron todos los títulos de los artículos y eliminaron aquellos que no estaban relacionados con los objetivos de investigación. En caso de dudas sobre la pertinencia del título, el artículo fue incluido en la revisión de resúmenes.
 - 2.4. Selección por resumen (Nivel II): dos revisores independientes (A.L. y D.C.) examinaron los resúmenes de todos los artículos seleccionados en el nivel I. Un tercer revisor (D.G.), resolvió los resultados contradictorios entre los dos primeros, cuya decisión se consideró definitiva.
 - 2.5. Revisión de texto completo (Nivel III): en este nivel se clasificó los artículos según la metodología descrita. Fueron revisados el texto completo de todos los resúmenes seleccionados en el nivel II. Después de conciliar los criterios estrictos, los trabajos completos fueron verificados por al menos uno de los revisores, confirmando la información del resumen, y clasificando los datos según la metodología prevista en estos materiales y métodos. Un segundo revisor, examinó el 10% de los trabajos, de forma cruzada, eligiendo al azar cualquier número asignado a los artículos revisados por el investigador asignado. En caso de discordancia, un tercer revisor fue consultado para tomar la decisión final. Ante la duda del primer revisor, se discutió el artículo entre los tres.
 - 2.6. Revisión de las referencias de los artículos seleccionados para garantizar que todos los artículos relevantes fueron evaluados (Nivel IV).
 - 2.7. Extracción y gestión de datos. En una hoja de cálculo de Excel (Excel 2016, Microsoft Office Professional Plus 2016), los revisores insertaron los siguientes datos de los artículos seleccionados:
 - Identificación: Año, Autor principal, Título.
 - Alcance: típico (NRD_T), local (NRD_L), nacional (NRD_N), regional o multicéntrico internacional (MCI), revisión (NRD_R), general (NRD_G). Adicionalmente, la clasificación por tipo de investigación: técnica (T), de optimización (O), de sistemas registro de dosis (SRD) y/o procesamiento de datos (P).
 - Tecnología: Radiodiagnóstico-RD (incluyendo dental), Mamografía, Intervencionismo no cardiovascular, Tomografía Computada-TC, Intervencionismo Cardiovascular, Medicina Nuclear. Si procede:
 - País.
 - Magnitudes referidas como NRD.
 - Población: Adulto, Pediatría.
 - Criterios de clasificación.
 - Indicaciones clínicas.
 - Métodos de colección de datos y de procesamiento.
- No se emplearon criterios exclusión.
- Fueron analizadas la disponibilidad de información para las diferentes etapas del proceso de obtención y establecimiento de los NRD para los diferentes estudios diagnósticos, observando sus particularidades, los cambios sufridos en la forma de recolectar los datos, las nuevas tendencias, y especialmente la disponibilidad de estudios en la región.
- La RD, incluye en muchos casos la mamografía, sin embargo, en este estudio se prefirió separar su análisis, para obtener una mejor visión de la disponibilidad bibliográfica. En el caso de la MN, se incluyeron todos los procedimientos, incluso los híbridos.

RESULTADOS

Tras la aplicación de la estrategia de búsqueda se obtuvieron 730 artículos, de los cuales se

eliminaron 84 trabajos en el nivel I, debido a textos completos que se encontraban en otro idioma (42), estudios duplicados (8), cartas al editor o respuestas (6), no relacionados directamente con NRD (7), investigaciones de equipos (13) y otras causas (8). En el segundo nivel (Nivel II), de los 646 artículos fueron eliminados 35, pues estos resúmenes no tenían relación directa con el establecimiento de los NRD, aunque se relacionaban con los niveles de exposición. Dentro de estos artículos excluidos se encuentran investigaciones sobre aspectos de gestión de calidad (6), análisis de riesgo (3), estudios de comparación de dosis típicas entre diferentes tecnologías para determinadas enfermedades (6), sistemas de registros y alertas (5) y otros (15).

La distribución temporal de los 611 estudios restantes se muestra en la Figura 1, donde se observa una tendencia al incremento del número de publicaciones, a excepción del 2020, lo que se podía deber a la epidemia de COVID-19.

La distribución por tecnología de los estudios sobre NRD, a diferentes escalas, se muestra en la Figura 2. La mayor parte de los trabajos tratan sobre TC, seguidos por RD, Intervencionismo no cardiovascular, Intervencionismo Cardiovascular, MN, Mamografía y AngioTC.

Los resultados de la clasificación de la información disponible en los artículos seleccionados por tecnología o especialidad diagnóstica, población y alcance, se muestran en la Tabla I.

DISCUSION

Del total de las publicaciones analizadas en el contexto de la revisión (611 artículos), sólo el 23% abordan el tema de los NRD en pediatría en las diferentes especialidades (ver Tabla I). Dentro de las especialidades de la radiología, destaca que un 32% de los artículos dedicados a la pediatría corresponden a TC, seguidos del intervencionismo cardiovascular con el 27%, el 24% en el caso de radiodiagnóstico convencional, 22% en intervencionismo y solamente 2% en MN. Por lo que no se observa la misma proporción que en el análisis total por especialidad (Figura 1), resultando desfavorable la disponibilidad de información sobre estudios pediátricos versus adultos.

Generales, revisión y estudios multicéntricos:

La información general sobre los NRD es amplia (32 publicaciones). Los aspectos legislativos, las recomendaciones internacionales para su estudio e implementación, su papel en la optimización, las metodologías empleadas a diferentes niveles, están ampliamente documentados en la literatura. Como ejemplo de este tipo de documentos, se puede citar el Reporte de Protección Radiológica 195 sobre los Niveles de Referencia para Diagnóstico en imágenes de Rayos X, de la Comisión Europea (EC RP 195, 2021). Este documento presenta el estatus de la temática en los países miembros, proporcionando información significativa de los países

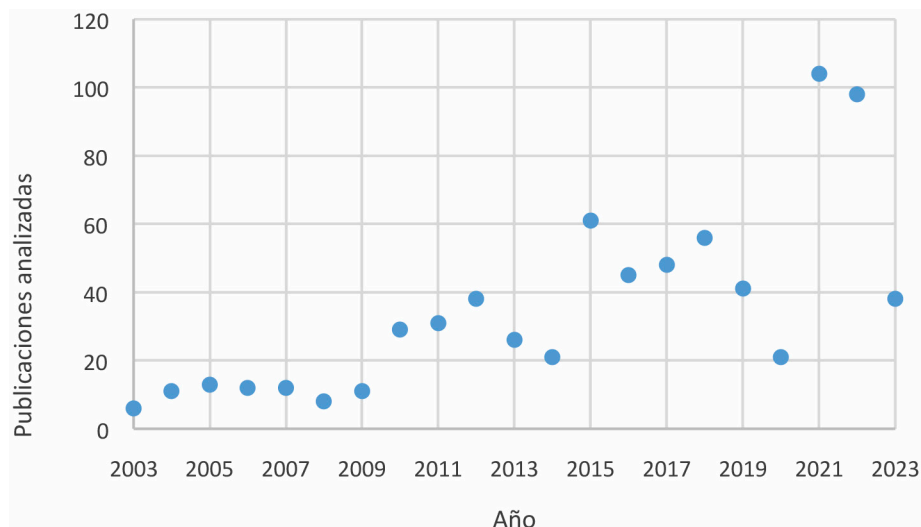


Figura 1. Publicaciones anuales sobre Niveles de Referencia para Diagnóstico.

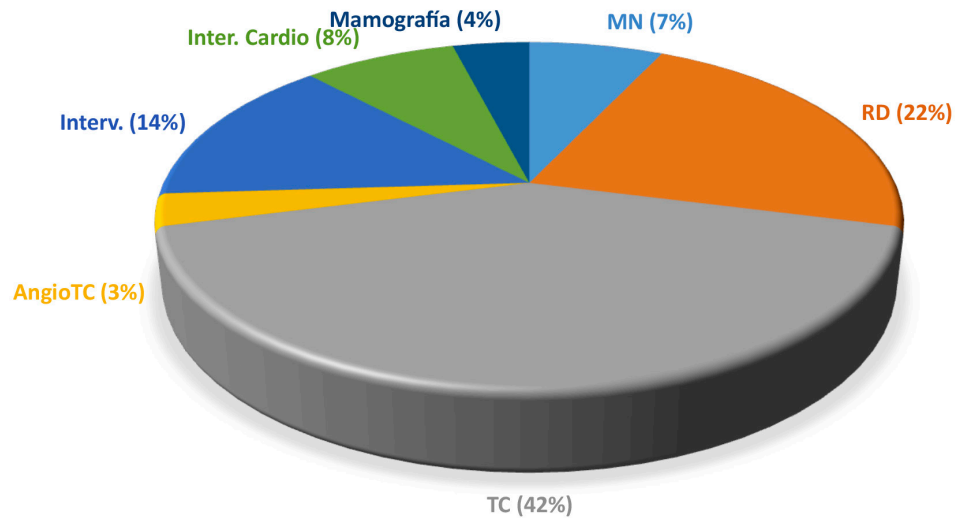


Figura 2. Distribución por procedimiento diagnóstico de las publicaciones analizadas en el contexto de la investigación. TC- Tomografía computada, AngioTC- Angiografía por Tomografía Computada, Interv.-Intervencionismo no cardiovascular, Interv. Cardio- Intervencionismo Cardiovascular, MN- Medicina Nuclear, RD- Radiodiagnóstico.

Tabla I. Resumen de la clasificación de los diferentes estudios, teniendo en cuenta la especialidad, la población, el alcance y/o el tema básico de la investigación (elaboración propia).

| Clasificación | General | TC | | Interv. | | Interv. Cardio. | | RD | | MN | | Mamo | Angio CT |
|---------------|---------|---------|-----|---------|-----|-----------------|-----|---------|-----|---------|-----|---------|----------|
| | | Adultos | Ped | Adultos | Ped | Adultos | Ped | Adultos | Ped | Adultos | Ped | Adultos | Adultos |
| MCI | 1 | 9 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | | 1 | |
| General | 32 | 5 | 5 | 3 | | 1 | | | | 3 | 1 | 1 | 2 |
| Revisión | 3 | 12 | 4 | 4 | | 2 | | 7 | | 2 | | 3 | 1 |
| Típicos | | 36 | 19 | 26 | 7 | 15 | 6 | 25 | 12 | 8 | | 4 | 6 |
| Locales | | 48 | 20 | 20 | 7 | 11 | 3 | 32 | 12 | 6 | 3 | 9 | 1 |
| Nacionales | | 40 | 17 | 21 | 2 | 10 | 2 | 27 | 7 | 17 | 2 | 13 | 8 |
| Inv Tec | 1 | 30 | 12 | 9 | 3 | 6 | 2 | 12 | 4 | 2 | | 4 | 1 |
| SRD | 3 | 14 | | | 1 | 2 | | 2 | | | | 1 | 1 |
| Optimización | 6 | 11 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 10 | | 3 | | 2 | 1 |

Nota: TC-Tomografía Computada, Interv.-Intervencionismo no cardiovascular, Interv. Cardio- Intervencionismo Cardiovascular, RD-Radiodiagnóstico, MN-Medicina Nuclear, Mamo- Mamografía, AngioTC- Angiografía por Tomografía Computada; MCI-regional o multicéntrico internacional, Inv. Tec.- Investigación Técnica, SRD- Sistema de Registro de Dosis

de la región y describiendo las fallas más importantes observadas en los estudios. Se reportan otros artículos importantes a nivel multinacional como el publicado en *Physica Medica* por Faj D. *et al* (2023), que presenta los resultados de un proyecto del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre los NRD nacionales en 26 países de Europa y Asia; incluyendo información sobre cómo fueron obtenidos para los diferentes procedimientos diag-

nósticos. Una referencia indispensable en este tema es el documento 135 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, sobre NRD (ICRP 135, 2017), que constituye un documento metodológico completo y sencillo.

En general, estas publicaciones señalan la importancia de los NRD en la práctica médica, recogen recomendaciones sobre su obtención, establecimien-

to y utilización, haciendo énfasis en la dinámica que los debe caracterizar. Abogan, de forma creciente, por la particularización de los procedimientos diagnósticos por indicaciones clínicas que tengan similitudes en la calidad de imagen que demandan, facilitando su comparación y optimización (Faj D. *et al.*, 2023; Damakis J. *et al.*, 2023; ACR-AAPM-SPR, 2022; Thomas P., 2022; Roch P. *et al.*, 2021; Vano E. *et al.*, 2020).

Se señala también que, de forma general existe un largo camino por andar en muchos países, en especial en América Latina y el Caribe, donde su uso es inadecuado, por diferentes causas, entre las que se numeran: falta de conciencia y cultura de los profesionales y las sociedades relacionadas con el papel de los NRD en la optimización y en la protección radiológica, la necesidad de mayor cooperación entre los diferentes actores, de educación y entrenamiento, el papel dinámico de las regulaciones y la cohesión de los procesos de auditoría (Renha S.K. *et al.*, 2023; Amador Z. *et al.*, 2022).

Se explica el rol protagónico de los físicos médicos clínicamente cualificados en el proceso de establecimiento de los NRD, señalándose su ausencia como una de las limitaciones al desarrollo de los NRD en los servicios RD y MN (Faj D. *et al.*, 2023; Damakis J. *et al.*, 2023; Vaño E. *et al.*, 2020).

Los artículos que versan acerca de las recomendaciones generales para el establecimiento de NRD en las especialidades diagnósticas de forma particular (ver Tabla I), son mayoritarios para TC, entre los que destacan los publicados por Granata C. *et al.*, 2019 y Roch P. *et al.*, 2018. En este acápite se destacan también las publicaciones destinadas al establecimiento de NRD en equipos híbridos en MN para adultos como los de Amador Z. *et al.* 2022 y Salvatori M. *et al.*, 2019.

Los estudios multicéntricos revisados muestran la TC como prioridad de investigación (ejemplos: Cadavid L. *et al.*, 2023; Almén A. *et al.*, 2020; Bos D. *et al.*, 2022; Celier D. *et al.*, 2020; Vassileva J. *et al.*, 2015). Se subrayan también otros estudios multicéntricos de RD como los de Celier D. *et al.*, 2020 y Almén A. *et al.*, 2020; en intervencionismo cardiovascular los de Feghali J.A. *et al.*, 2023 y Ubeda *et al.*, 2022, mientras que en no cardiovascular los trabajos de Opitz M. *et al.*, 2023, Schegerer A.A. *et al.*, 2022.

Los artículos que versan acerca de las recomendaciones generales para el establecimiento de

NRD en las especialidades diagnósticas de forma particular (ver Tabla I), son mayoritarios para TC, entre los que destacan los publicados por Granata C. *et al.*, 2019 y Roch P. *et al.*, 2018. En este acápite se destacan también las publicaciones destinadas al establecimiento de NRD en equipos híbridos en MN para adultos como los de Amador Z. *et al.* 2022 y Salvatori M. *et al.*, 2019.

Los estudios multicéntricos revisados muestran la TC como prioridad de investigación (ejemplos: Cadavid L. *et al.*, 2023; Almén A. *et al.*, 2020; Bos D. *et al.*, 2022; Celier D. *et al.*, 2020; Vassileva J. *et al.*, 2015). Se subrayan también otros estudios multicéntricos de RD como los de Celier D. *et al.*, 2020 y Almén A. *et al.*, 2020; en intervencionismo cardiovascular los de Feghali J.A. *et al.*, 2023 y Ubeda *et al.*, 2022, mientras que en no cardiovascular los trabajos de Opitz M. *et al.*, 2023, Schegerer A.A. *et al.*, 2022.

En estos tres tipos de publicaciones generales por procedimientos analizadas, se observa una falta de información en pediatría para todos los tipos de procedimientos de RD y en especial de MN, donde se encontró un sólo artículo sobre el tema en PubMed (Vali R. *et al.*, 2021); aunque puede considerarse que se incluyen dentro de los documentos que abordan los aspectos generales.

Las métricas empleadas para los NRD han sufrido poco cambio en los últimos años. En caso de la MN, se reporta de forma más frecuente la utilización de la actividad administrada por kg de peso, especialmente en las tecnologías híbridas (Amador Z.H. *et al.*, 2022; Alnaaimi M.A. *et al.*, 2022). En TC, se evidencia la consolidación creciente del Estimado de Dosis por Tamaño o Espesor Específico (por las siglas en inglés de Size-Specific Dose Estimates, SSDE, expresado en mGy, recomendado por Asociación Americana de Física Médica, AAPM) (AAPM, 2011) que se calcula a través del espesor efectivo del paciente o diámetro agua-equivalente. La bibliografía sugiere que la utilización de este último parámetro puede proporcionar información adicional importante para la optimización (Yassen A-BB *et al.*, 2021; Rajaraman V. *et al.*, 2020).

La revisión bibliográfica realizada por Wu-landari PI *et al.* (2018) señaló que existen un número limitado de estudios NRD pediátricos, la mayoría en TC, y que sólo unos pocos países han desarrollado encuestas nacionales sobre la temática, adoptando

los resultados de otros países. Esta conclusión se apoya también en los resultados obtenidos por el proyecto EUCLID (EC RP 195, 2021). Sin embargo, esta situación deberá cambiar en los próximos años, debido a las nuevas iniciativas (Renha SK *et al.*, 2022) y/o recomendaciones internacionales (IAEA Safety Standards GSR Part 3, 2018; EC Radiation Protection 185, 2018; ACR-AAPM-SPR 2022), consolidando la información referente a los estudios pediátricos, como, por ejemplo, los trabajos de Cadauid L. *et al.*, 2023; Aboul M.S. *et al.*, 2023; Ubeda C. *et al.*, 2022; Célier D. *et al.*, 2020; etc.

Se puntualiza sobre el análisis de los NRD en pediatría, que en los últimos años se ha observado un cambio en la manera de agrupar los pacientes, promoviendo los grupos de peso (ver Tabla II), a excepción de los estudios de cabeza donde son agrupados por edad (ICRP 135, 2017; EC PR 185, 2018).

Otro aspecto que muestra diferencias en la literatura, es el número de estudios de cada modalidad, necesarios para obtener los niveles típicos de exposición. La ICRP 135 (2017) recomienda un mínimo de 20 pacientes para radiografía y MN, 30 pacientes para fluoroscopia y TC, un número mayor para intervencionismo (si existe mucha variabilidad en los procedimientos) y 50 pacientes para mamografía (ICRP 135, 2017). Sin embargo, debe tenerse en cuenta, la importancia de agrupar correctamente los pacientes para un determinado procedimiento y de tener una estadística confiable que garantice la veracidad de los resultados. Para algunos estudios, por su nivel de complejidad y/o baja disponibilidad, puede ser difícil coleccionar la cantidad de datos recomendada. En estos casos, si los resultados expresan poca variación dentro de la muestra, se pueden emplear los valores obtenidos como guía.

san poca variación dentro de la muestra, se pueden emplear los valores obtenidos como guía.

Sobre los Niveles de Referencia y sus diferentes alcances

La literatura disponible sobre NRD en sus diferentes alcances (típicos, locales, nacionales, etc.), es satisfactoria. Esta sirve como referencia tanto para la comparación de resultados, como para guiar el proceso metodológico. La composición por procedimientos es favorable para TC, que posee una amplia información bibliográfica a todos los niveles, incluso sobre técnicas específicas como AngioTC, planificación de radioterapia, etc. (ver Tabla I).

Se verifica la poca disponibilidad de información sobre los NRD en MN, especialmente pediátricos, pues se encontraron solamente dos referencias de estudios nacionales en Kuwait (Alnaaimi M.A. *et al.*, 2022) e Irlanda del Norte (Gray L. *et al.*, 2008). Estos resultados coinciden en proporción con los encontrados en el proyecto EUCLID (EC 195, 2021), que sólo halló cinco países con NRD en MN pediátrica, y cuatro en radiología intervencionista, concluyendo que los NRD en MN, así como los procedimientos cardiovasculares y de intervencionismo, requieren una mayor atención y promoción, especialmente en imágenes pediátricas. Además, en este documento se recomendó incluir en los proyectos futuros la estandarización de la administración de radiofármacos en cámaras gamma y en tecnologías híbridas. Sin embargo, a pesar de pocas publicaciones sobre los NRD en medicina nuclear pediátrica, se han realizado importantes acciones internacionales para la optimización de dosis en niños. Como ejemplo, se puede mencionar la Primera Iniciativa Global en MN, la cual realizó estudios de niveles típicos de exposición en 29 países, para evaluar el cumplimiento de las guías establecidas por varias sociedades internacionales y que generó recomendaciones para la estandarización de las dosis a administrar, con la participación de más de 13 organizaciones nacionales e internacionales involucradas (Fahey F. *et al.*, 2016).

Tabla II. Agrupación por rangos de edad o peso propuestas por la ICRP y la CE para establecer NRD en pediatría (elaboración propia).

| ICRP (ICRP, 2007b) | Otras fuentes (EC PR 185, 2018) (ICRP 135, 2017) |
|--------------------|--|
| Exámenes de cuerpo | Exámenes de cabeza |
| Edad <1 año | p <5 kg. 0 -< 3 meses |
| 1≤ e <5 años | 5≤ p <10 kg 3 meses -< 1 años |
| 5≤ e <10 años | 10≤ p <30 kg 1-< 6 años |
| 10≤ e <15 años | 30≤ p <50 kg ≥ 6 años |
| | 50≤ p <80 kg |

En los últimos 10 años, se observó un aumento de estudios dedicados a los NRD en intervencionismo no vascular y cardiovascular, tanto en adultos como pediátricos, incrementándose la agrupación por indicaciones clínicas y la complejidad de los procedimientos, como ejemplos ilustrativos se encuentran los trabajos de Feghali J.A. *et al.*, 2023;

Opitz M. *et al.*, 2022; Ubeda C. y cols, 2022 y Opitz M. *et al.*, 2021.

Se observa también un incremento de información científica sobre los NRD de países de diferentes regiones del mundo. Aunque la mayoría sigue siendo de Europa existe un impulso importante, en los últimos años, en otros continentes (ver Figura 3). En cuanto África y Oriente Medio disponen de datos de 26 países, Latinoamérica dispone solamente de 7 países (Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México y Perú); aunque en la actualidad se desarrollan iniciativas promovidas por algunos organismos/organizaciones internacionales, entidades y sociedades científicas, que esperamos brinden frutos en futuro cercano (Cadavid L. *et al.*, 2023; Renha S.K. *et al.*, 2023; Ubeda C. y cols, 2022)

Sobre los NRD en Optimización e Investigación, impacto de los SRD

En esta búsqueda, un total de 157 artículos abordan estas temáticas (ver Tabla I). En ellos se

constató la participación y el apoyo de los fabricantes, así como de grupos de investigación y desarrollo en todas las líneas diagnósticas, con el objetivo de implementar y validar diversas alternativas que favorezcan la optimización de las exposiciones médicas y el papel de los NRD en la práctica médica.

La literatura muestra de forma consistente, cómo el establecimiento y utilización correcta de los NRD ha confirmado ser una herramienta eficaz en el proceso de optimización de los procedimientos de RD y MN. Se pueden ver como ejemplos los estudios de Thomas P., 2022; C. Ubeda y col., 2022, J. Damilakis and J. Vassileva, 2021; Abe K. *et al.*, 2020 y E.M. Alkhybari *et al.*, 2018.

Por otro lado, se encuentra evidencia inequívoca de que es posible disminuir significativamente las dosis para el paciente, incluso hasta el 50% de su magnitud, sin comprometer la calidad diagnóstica de la imagen en las diferentes modalidades. Se apunta a nuevos NRD con una mayor claridad de la relación entre los requisitos de calidad de las imágenes con las indicaciones clínicas y el objetivo del

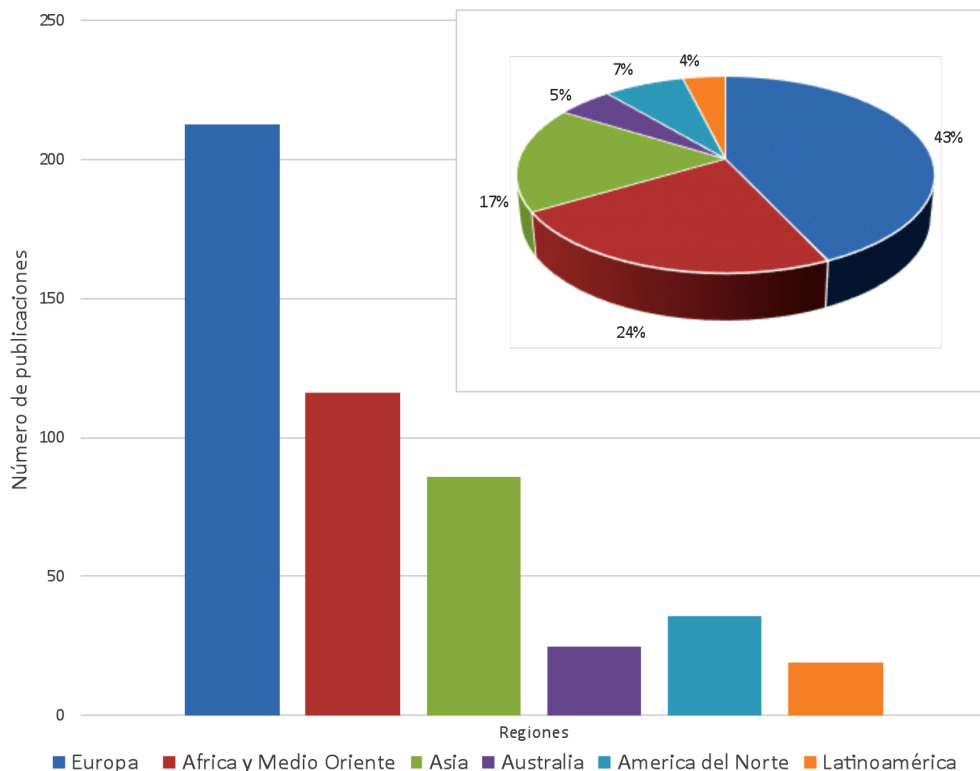


Figura 3. Distribución de las publicaciones analizadas en el contexto de la investigación por región geográfica.

estudio; entre los que destacan Tulik M. *et al.*, 2020; Lenga L. *et al.* 2019; Jensen C.T. *et al.*, 2019 y Gros-ser O.S. *et al.*, 2019.

También se muestra ampliamente el papel de los Sistemas de Registro de Dosis establecidos formalmente, o a nivel de investigación (“hecho en casa”), para la generación de los NRD a diferentes instancias. Se exponen de forma explícita en 24 estudios prospectivos y retrospectivos, brindando información sobre su desempeño, posibles fallas y aspectos vitales, entre los que se señalan Vaño E. y col, 2022; Bos D. *et al.*, 2022; Gerasia R. *et al.*, 2022 y Liang C.R. *et al.*, 2017.

Sobre los aspectos metodológicos

El establecimiento de niveles de referencia típicos, locales, nacionales y/o regionales requieren del empleo de métodos y procedimientos, así como de estrategias dependientes del nivel de su implementación, que se sustentan en el alcance de cada uno de ellos (Damakis J., *et al.*, 2021, ICRP 135; 2017; EC PR 195, 2021). La literatura coincide ampliamente en que, para la estimación de estos valores, se deben organizar grupos de trabajo multidisciplinarios, adecuadamente capacitados, que consideren las recomendaciones de organismos internacionales y/o nacionales. El diseño, aplicación y análisis de encuestas que, evalúen datos o informaciones de estudios colectados en muestras representativas de pacientes, donde las etapas y requisitos se establecen claramente durante el diseño, incluidos los mecanismos de aseguramiento y control de calidad de los datos e informaciones obtenidas. Dentro de este proceso es vital, establecer los mecanismos por los cuales se prevé y garantiza el establecimiento de los NRD generados, así como su observancia y revisión periódica, como proceso dinámico y de mejora continua (Damakis J. *et al.*, 2023; Faj D. *et al.*, 2023; Amador Z. *et al.*, 2022, Vano E. *et al.*, 2020).

Limitaciones de este estudio:

Este estudio se restringió a la base de datos PubMed y presupone que, la información que recogió y analizó, es representativa de la literatura disponible a nivel mundial, situación que es suficiente para el objetivo principal del trabajo, pero no es concluyente como una revisión sistemática. Se adiciona a esto las limitaciones de idioma que se acotó al inglés y español, idiomas más empleados en el área por la comunidad de países y grupos profesionales.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que, excepto para determinados procedimientos, existe abundante literatura científica sobre los NRD en adultos, para los diferentes alcances (típicos, locales, etc.), que permiten su utilización metodológica y práctica. Sin embargo, en el caso de los estudios pediátricos se requieren mayores esfuerzos, a todos los niveles y en la mayoría de los procedimientos, especialmente con vistas al uso de las indicaciones clínicas como vía de agrupación más recomendable para la optimización. Se espera que este trabajo estimule y apoye a los lectores a contribuir al establecimiento de los NRD en sus diferentes escenarios.

ABSTRACT: Diagnostic Reference Levels (DRLs) are a dynamic tool that is gaining more and more importance for the optimization of medical exposures. The availability of scientific information is essential in this optimization process for Nuclear Medicine (NM) and Diagnostic Radiology (DR). This work presents a revision of the information's availability about DRL in the PubMed database, in the last 20 years, using different search combinations. The available information was critically analyzed, looking for the main changes that have occurred as a trend in different aspects of the establishment of the NRD. A significant disparity in the amount of information between the two areas on the subject was verified, although there has been an increase of available scientific papers for hybrid equipment, and in general for all technologies. The disparity becomes greater for NM studies in pediatrics population. The way to collect data, the mode to organize the information and analyze it, has also undergone changes, mainly with radiation dose management systems. In CT and interventional studies, the grouping by anatomical locations is being constrained or modulated by clinical indications with analogous image quality requirements for proper diagnosis. Something similar happens in MN, where the incorporation of activity/patient's weight is envisioned as NRD for hybrid technologies and pediatric studies. In general, the study showed that, the scientific paper's availability about DRL for adult population are much wider. More pediatric studies on these subjects are needed, especially in NM.

KEYWORDS: reference levels for diagnosis, radiation dose, optimization.

BIBLIOGRAFÍA

American Association of Physicists in Medicine. Size-specific dose estimate (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. AAPM Task Group 204, 2011. Disponible en: <https://www.aapm.org/pubs/reports/?s=204&submit=submit>.

- Abe, K.; Hosono, M.; Igarashi, T.; Iimori, T.; Ishiguro, M.; Ito, T.; Nagahata, T.; Tsushima, H.; Watanabe, H. The 2020 national diagnostic reference levels for nuclear medicine in Japan. *Annals of Nuclear Medicine* (2020) 34: 799-806 <https://doi.org/10.1007/s12149-020-01512-4>
- Aboul, M.S.; Attalla, E.M.; Amer, H.H.; Fathy, M.M. Assessment of diagnostic reference levels for paediatric cardiac computed tomography in accordance with European guidelines. *Radiation and Environmental Biophysics* (2023) 62: 331-338. <https://doi.org/10.1007/s00411-023-01031-6>
- ACR-AAPM-SPR Practice Parameter for Diagnostic Reference Levels and achievable doses in Medical X-Ray Imaging (Diagnostic). Collaborative Committee. Revised 2022. (descargado 22/junio/2023) disponible en <https://www.aapm.org/pub/ACRAAPM/Collaboration.asp>
- Alnaaimi, M.A.; Alduaij, M.A.; Shenawy, F.A.; Algaily, M.M.; Mohammedzein, T.S.; Alkandri, F.A.; Shaban, M.O. and Alenezi, S.A. National Diagnostic Reference Levels for Nuclear Medicine in Kuwait. *Journal Of Nuclear Medicine Technology*. March 2022; 50(1): 54-59. <https://doi.org/10.2967/jnmt.121.262175>
- Almén, A.; Guðjónsdóttir, J.; Heimland, N.; Højgaard, B.; Waltenburg, H.; Widmark, A. Paediatric diagnostic reference levels for common radiological examinations using the European guidelines. *Br J Radiol*. 2022 Feb 1;95(1130): 20210700. <https://doi.org/10.1259/bjr.20210700>.
- Alqahtani, S.; Soliman, K.; Alotaibi, S.; Alnofaie, K.; Alahmari, A.; Alyahya, F.; Abdullaha, A.; Alharbi, R. Analysis of Local Diagnostic Reference Levels for Pediatric Patients Undergoing 18F-FDG PET/CT Imaging for Oncology. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 2023, 11, 2144-2155 <https://www.scirp.org/journal/jamp>
- Amador, Z.H.; López, A.; Torres, L.A. Reference levels for diagnosis in nuclear medicine and hybrid imaging. Review and update. *Nucleus* 2022; 72: 1-12. [Consultado: 28/1/2023] Disponible en: <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3906>
- Bebbington, N.A.; Haddock, B.T.; Bertilsson, H.; Hippelainen, E.; Husby, E.M.; Tunninen, V. A Nordic survey of CT doses in hybrid PET/CT and SPECT/CT examinations. *EJNMMI Physics*. 2019; 6(24): 2-16. <https://doi.org/10.1186/s40658-019-0266-7>.
- Bos, D.; Yu, S.; Luong, J.; Chu, P.; Wang, Y.; Einstein, A.J.; Starkey, J.; Delman, B.N.; Duong, P.T.; Das, M.; Schindera, S.; Goode, A.R.; MacLeod, F.; Wetter, A.; Neill, R.; Lee, R.K.; Roehm, J.; Seibert, J.A.; Cervantes, L.F.; Kasraie, N.; Pike, P.; Pahwa, A.; Jeukens, C.R.L.P.N.; Smith-Bindman, R. Diagnostic reference levels and median doses for common clinical indications of CT: findings from an international registry. *Eur Radiol*. 2022 Mar; 32(3): 1971-1982. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08266-1> . Epub 2021 Oct 13.
- Brambilla, M.; Vassileva, J.; Kuchcinska, A.; Rehani, M. (2020) Multinational data on cumulative radiation exposure of patients from recurrent radiological procedures: call for action. *Eur Radiol* (2020) 30: 2493-25012.
- Cadavid, L.; Karout, L.; Mannudeep, K.; Morgado, F.; Londoño, M.A.; Pérez, L.; Galeano, M.; Montaña, M.; Wesley, L.; Almanza, J.; Pacheco, W.; Gómez, L.; Moscatelli, A.; Muglia, V.; Kiipper, F.; Lucena, R.; Bernardo, M.; Ugas, C. Setting up regional diagnostic reference levels for pediatric computed tomography in Latin America: preliminary results, challenges and the work a head. *Pediatric Radiology* 2023 <https://doi.org/10.1007/s00247-023-05676-9>
- Céliier, D.; Roch, P.; Etard, C.; Ducou, Le Pointe; Brisse, H.J. Multicentre survey on patient dose in paediatric imaging and proposal for updated diagnostic reference levels for France. Part 2: plain radiography and diagnostic fluoroscopy. *Radiol*. 2020 Feb; 30(2): 1182-1190. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06406-2>
- Céliier, D.; Roch, P.; Etard, C.; Ducou Le Pointe, H.; Brisse. Multicentre survey on patient dose in paediatric imaging and proposal for updated diagnostic reference levels for France. Part 1: computed tomography. *Eur Radiol*. 2020 Feb; 30(2): 1156-1165. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06405-3>. Epub 2019 Sep 5.
- Jensen, C.T.; Morgan, E.; Telesmanich, Nicolaus, A. Wagner-Bartak Xinming, Liu.; John, Rong; Janio, Szklaruk *et al*. Based Iterative Reconstruction evaluation of Abdominal CT Image Quality Using a New Version of Vendor-Specific Model-. *J Comput Assist Tomogr*. 2017 January; 41(1): 67-74.
- Damilakis, J.; Frija, G.; Brkljacic, B.; Vaño, E.; Loose, R.; Paulo, G.; Brat, H.; Tsapaki, V. On behalf of the European Society of Radiology. How to establish and use local diagnostic reference levels: an ESR EuroSafe Imaging expert statement. *Insights into Imaging* (2023) 14:27. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01369-x>
- Damilakis, J.; Vassileva, J. The growing potential of diagnostic reference levels as a dynamic tool for dose optimization. *Physica Medica*. 2021 [consultado 10/07/2021]; 1-3. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.03.018>.
- David, L.R.; Ravichandran, S.; Uzun, B.; Kadavigere, R.; Uzun Ozsahin, D. Systematic Review on Diagnostic Reference Levels for Computed Tomography Examinations in Radiation Therapy Planning Diagnostics (Basel). 2023 Mar 11; 13(6): 1072. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061072>.
- Dawd, J.E.; Ozsahin, D.U.; Ozsahin, I. A Review of Diagnostic Reference Levels in Computed Tomography. *Curr Med Imaging*. 2022; 18(6): 623-632. <https://doi.org/10.2174/1573405617666210913093839>.
- EC Radiation Protection 195. (EUCLID) European Study on Clinical Diagnostic Reference Levels for X-ray Medical Imaging. Directorate-General for Energy. *European Commission* 2021. (EC Tender Contract N° ENER/2017/NUCL/SI2.759174) ISBN 978-92-76-28565-6.
- EC Radiation Protection 185: European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging N° 185. 2018. ISSN 2315-2826. (last accessed 1 July 2023) https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/rp_185.pdf
- Fahey, F.; Hee-Seung, H.; Chiti, A.; Choi, Y.Y.; Huang, G.; Lassmann, M.; Laurin, N.; Mut, F.; Nuñez-Miller, R.; O’Keeffe, D.; Pradhan, P.; Scott, A.M.; Song, S.; Soni, N.; Uchiyama, M.; Luis Vargas, L. Standardization of Administered Activities in Pediatric Nuclear Medicine:

- A Report of the First Nuclear Medicine Global Initiative Project, Part 2-Current Standards and the Path Toward Global Standardization. *J Nucl Med* 2016; 57: 1148-1157 DOI: <https://doi.org/10.2967/jnumed.115.169714>
- Faj, D.; Edyvean, S.; Lajunen, A.; Katukhov, A.; Vassileva, J. Establishment and utilization of diagnostic reference levels in medical imaging: Results from a survey and consultation under the IAEA technical cooperation programme in Europe and Central Asia. *Phys Med*. 2023 Apr; 108: 102565. (<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2023.102565>).
- Feghali, J.A.; Delépierre, J.; Belac, O.C.; Dabin, J.; Deleu, M.; De Monte, F.; Dobric, M(6).; Gallagher, A.; Hadid-Beurrier, L.; Henry, P.; Hršak, H.; Kiernan, T.; Kumar, R.; Knežević, Ž.; Maccia, C.; Majer, M.; Malchair, F.; Noble, S.; Obrad, D.; Sans Merce, M.; Sideris, G.; Simantirakis, G.; Spaulding, C.; Tarantini, G.; Van Ngoc Ty, C. Patient exposure dose in interventional cardiology per clinical and technical complexity levels. Part 1: results of the VERIDIC project. *Acta Radiol*. 2023 Jan; 64(1): 108-118. doi: 10.1177/02841851211061438.
- Frija, G.; Damilakis, J.; Graciano, P.; Loose, R.; Vano, E. Cumulative effective dose from recurrent CT examinations in Europe: proposal for clinical guidance based on an ESR EuroSafe Imaging survey. *Eur Radiol* (2021) 31: 5514-5523 <https://doi.org/10.1007/s00330-021-07696-1>
- Garba, I.; Zarb, F.; McEntee, M.F.; Fabri, S.G. Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: A systematic review. *Radiography* (Lond). 2021 May; 27(2): 673-681. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.08.011> . Epub 2020 Sep 15.
- Garba, I.; Engel-Hills, P.; Davidson, F.; Ismail, A. Radiation dose management system in computed tomography procedures: a systematic review. *Radiat Prot Dosimetry*. 2023 Apr 19: ncad124. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad124> . Online ahead of print.
- Gerasia, R.; Cannataci, C.; Gallo, G.S.; Tafaro, C.; Maruzzelli, L.; Cortis, K.; Miraglia, R. Local diagnostic reference level in pediatric retrograde wedge portography interventional procedures using a dose monitoring software at a transplantation institute. *Radiat Prot Dosimetry*. 2022 Feb 18; 198(1-2): 100-108. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab194>.
- Granata, C.; Sorantin, E.; Seuri, R.; Owens, CM. European Society of Paediatric Radiology Computed Tomography and Dose Task Force: European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging. *Pediatr Radiol*. 2019 May; 49(5): 702-705. <https://doi.org/10.1007/s00247-019-04346-z>. Epub 2019 Feb 19.
- Gray, L.; Torreggiani, W.; O'Reilly, G. Br J Radiol. Paediatric diagnostic reference levels in nuclear medicine imaging in Ireland. 2008 Nov; 81(971): 918-9 <https://doi.org/10.1259/bjrl/22537486>
- Grosser, O.S.; Ruf, J.; Kupitz, D.; Czuczawara, D.; Loewenthal, D.; Thormann, M. Iterative CT reconstruction in abdominal low-dose CT used for hybrid SPECT-CT applications: effect on image quality, image noise, detectability, and reader's confidence. *Acta Radiologica Open*. 2019 [consulta 10/07/2021]; 8(6):1-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/2058460119856266>.
- Hayashi, S.; Takenaka, M.; Hosono, M.; Nishida, T. Radiation exposure during image-guided endoscopic procedures: The next quality indicator for endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *World J Clin Cases*. 2018 Dec 26;6(16): 1087-1093. <http://dx.doi.org/10.12998/wjcc.v6.i16.1087>.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (2018). *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*. IAEA Safety Standards GSR Part 3, Viena: International Atomic Energy Agency.
- IAEA and WHO (2014) Bonn call for action: 10 actions to improve radiation protection in medicine in the next decade (Vienna: International Atomic Energy Agency and Geneva, World Health Organization) (available at: <https://www.who.int/publications/m/item/bonn-call-for-action>)
- International Commission Radiological Protection. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. Publication 135. Ann. ICRP(46):1, SAGE, 2017. ICRP 46(1) <https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20135>
- Kaasalainen, T.; Ekholm, M.; Siiskonen, T.; Kortensniemi, M. Dental cone beam CT: An updated review. *Phys Med*. 2021 Aug; 88:193-217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.007>.
- Liang, C.R.; Chen, P.X.H.; Kapur, J.; Ong, M.K.L.; Quek, S.T.; Kapur, S.C. Establishment of institutional diagnostic reference level for computed tomography with automated dose-tracking software. *J Med Radiat Sci*. 2017 Jun; 64(2): 82-89. <https://doi.org/10.1002/jmrs.210>
- Lenga, L.; Leithner, D.; Peterke, J.L.; Moritz, H. Albrecht, Tomas Gudauskas, Tommaso D'Angelo *et al*. Comparison of Radiation Dose and Image Quality of Contrast Enhanced Dual-Source CT of the Chest: Single-Versus Dual Energy and Second-Versus Third Generation Technology. *American Journal of Roentgenology* 2019; 212: 741-747.
- Muhogora, W.; Rehani, M.M. Review of the current status of radiation protection in diagnostic radiology in Africa. *J Med Imaging* (Bellingham). 2017 Jul; 4(3): 031202. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.4.3.031202>.
- Opitz, M.; Bos, D.; Deuschl, C.; Radbruch, A.; Zensen, S.; Sirin, S.; Forsting, M.; Bechrakis, N.; Biewald, E.; Bornfeld, N.; Ketteler, P.; Timmermann, B.; Stuschke, M.; Guberina, M.; Wetter, A.; Göricke, S.; Guberina, N. Estimation of radiation exposure of children undergoing superselective intra-arterial chemotherapy for retinoblastoma treatment: assessment of local diagnostic reference levels as a function of age, sex, and interventional success. *Neuroradiology*. 2021 Mar; 63(3): 391-398. <https://doi.org/10.1007/s00234-020-02540-7>.
- Opitz, M.; Zensen, S.; Bos, D.; Wetter, A.; Kleinschnitz, C.; Usler, E.; Jabbarli, R.; Sure, U.; Radbruch, A.; Li, Y.; Dörner, N.; Forsting, M.; Deuschl, C.; Guberina, N. Radiation exposure in the intra-arterial nimodipine therapy of subarachnoid hemorrhage related cerebral vasospasm. *J Radiol Prot*. 2022 Jan 18; 42(1). <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac32a2>.
- Opitz, M.; Zenk, C.; Zensen, S.; Bos, D.; Li, Y.; Styczen, H.; Oppong, M.D.; Jabbarli, R.; Hagenacker, T.;

- Forsting, M.; Wanke, I.; Deuschl, C. Radiation dose and fluoroscopy time of aneurysm coiling in patients with unruptured and ruptured intracranial aneurysms as a function of aneurysm size, location, and patient age. *Neuroradiology*. 2023 Mar; 65(3): 637-644. <https://doi.org/10.1007/s00234-022-03092-8>.
- Paulo, G.; Damilakis, J.; Tsapaki, V.; Schegerer, A.A.; Repussard, J.; Jaschke, W.; Frijia, G. and European Society of Radiology. Diagnostic Reference Levels based on clinical indications in computed tomography: a literature review. *Insights into Imaging* (2020) 11: 96 <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00899-y>.
- Paulo, G.; Bartal, G.; Vano, E. Radiation Dose of Patients in Fluoroscopically Guided Interventions: an Update. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021 Jun; 44(6): 842-848. <https://doi.org/10.1007/s00270-020-02667-3>. Epub 2020 Oct 9.
- Priyanka, Kadavigere, R.; Sukumar, S.; Pendem, S.; Diagnostic reference levels for computed tomography examinations in pediatric population - A systematic review. *J Cancer Res Ther*. 2021 Jul-Sep; 17(4): 845-852. https://doi.org/10.4103/jcrt.JCRT_945_20.
- Rajaraman, V.; Ponnusamy, M.; Halanaik, D. Size specific dose estimate (SSDE) for estimating patient dose from CT used in myocardial perfusion SPECT/CT. *Asia Ocean J Nucl Med Biol*. 2020; 8(1); 58-63. <https://doi.org/10.22038/aojnmb.2019.40863.1276>
- Rehani, M.M.; Yang, K.; Melick, E.R. *et al*. Patients undergoing recurrent CT scans: assessing the magnitude. *Eur Radiol* (2019) 30: 1828-1836
- Renha, S.K.; Torres, L.A.; Velez, G.; Knoll, P.; Tsapaki, V. IAEA RLA 6091: Enhancing capacity building of medical physicist in Latin America and Caribbean. *Medical Physics International Journal* 2022;10(2): 338-344.
- Roch, P.; Célier, D.; Dessaud, C.; Etard, C.; Rehani, M.M. Long-term experience and analysis of data on diagnostic reference levels: the good, the bad, and the ugly. *Eur Radiol*. 2020 Feb; 30(2): 1127-1136. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06422-2>. Epub 2019 Sep 16.
- Roch, P.; Célier, D.; Dessaud, C.; Etard, C. Using diagnostic reference levels to evaluate the improvement of patient dose optimisation and the influence of recent technologies in radiography and computed tomography. *Eur J Radiol*. 2018 Jan; 98: 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.11.002>. Epub 2017 Nov 7.
- Salvatori, M.; Rizzo, A.; Rovera, G.; Indovina, L.; Schillaci, O. Radiation Dose in Nuclear Medicine: the hybrid imaging. *La radiología médica*, junio 2019. <https://doi.org/10.1007/s11547-019-00989-y>
- Sánchez, R.M.; Siiskonen, T.; Vaño, E. Current status of diagnostic reference levels in interventional cardiology. *J Radiol Prot*. 2022 Dec 14; 42(4). <https://doi.org/10.1088/1361-6498/aca2b3>.
- Satharasinghe, D.; Jeyasingam, J.; Wanninayake, WMNMB; Pallewatte, A. Pediatric diagnostic reference levels in computed tomography: a systematic review. *J Radiol Prot*. 2021 Jan 4. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/abd840>.
- Schegerer, A.A.; Frijia, G.; Paulo, G.; Jaschke, W.; Tsapaki, V.; Repussard, J.; Damilakis, J. Radiation dose and diagnostic reference levels for four interventional radiology procedures: results of the prospective European multicenter survey EUCLID. *Eur Radiol*. 2021 Dec; 31(12): 9346-9360. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08029-y>.
- Thomas, P. National diagnostic reference levels: What they are, why we need them and what's next. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2022 Mar; 66(2): 208-214. <https://dx.doi.org/10.1111/1754-9485.13375>.
- Tulik, M.; Tulik, P.; Kowalska, T. On the optimization of bone SPECT/CT in terms of image quality and radiation dose. *J Appl Clin Med Phys*. 2020; 21(11): 237-46. <https://dx.doi.org/10.1002/acm2.13069>.
- Tuthill, E.; O'Hour, L.; O'Donohoe, M.; Panci, S.; Gilligan, P.; Campion, D.; Trenti, R.; Fox, E.; Catania, D.; Rainford, L. Investigation of reference levels and radiation dose associated with abdominal EVAR (endovascular aneurysm repair) procedures across several European Centres. *Eur Radiol*. 2017 Nov; 27(11): 4846-4856. <https://dx.doi.org/10.1007/s00330-017-4791-2>. Epub 2017 May 18.
- Ubeda, C.; Vano, E.; Perez, M.D.; Jiménez, P.; Ramirez, R.; Nader, A.; Azcurra, P.; Damsky, J.; Capdevila, S.; Oliveira, M.; Albuquerque, J.; Bocamino, R.; Schelin, H.; Yagui, A.; Aguirre, D.; Riquelme, N.; Cardenas, L.; Álvarez, A.; Mosquera, W.; Arias, F.; Gutierrez, R.; De la Mora, R.; Rivera, T.; Zapata, J.; Araujo, P.; Chiesa, P. Setting up regional diagnostic reference levels for pediatric interventional cardiology in Latin America and the Caribbean countries: preliminary results and identified challenges. *J Radiol Prot*. 2022 Sep 15; 42(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6498/ac87b7>.
- United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiations Source UNSCEAR (2022), Effects and Risks of Ionizing Radiation 2022. Report to the General Assembly with Scientific, vol. I. Annexes A. Evaluation of medical exposure to ionizing radiation (New York: United Nations).
- Vali, R.; Alessio, A.; Balza, R.; Lise, Borgwardt4; Zvi, Bar-Sever5; Czachowski, M.; Jehanno, N.; Kurch, L.; Pandit-Taskar, N.; Parisi, M.; Piccardo, A.; Seghers, V.; Shulkin, B.L.; Zucchetta, P.; and Lim, R. SNMMI Procedure Standard/EANM Practice Guideline on Pediatric 18F-FDG PET/CT for Oncology 1.0. *The Journal Of Nuclear Medicine* January 2021; 62(1): 99-110. <https://doi.org/10.2967/jnumed.120.254110>
- Vaño, E.; Fernández, J.M.; Ten, J.I.; Sanchez, R.M. Benefits and limitations for the use of radiation dose management systems in medical imaging. Practical experience in a university hospital. *Br J Radiol*. 2022 May 1; 95(1133): 20211340. <https://doi.org/10.1259/bjr.20211340>.
- Vaño, E.; Frijia, G.; Stiller, W.; Efstathopoulos, E.; Granata, C.; Loose, R.; Paulo, G.; Pekarovic, D.; Sjöberg, J.; Donoso-Bach, L.; European Society of Radiology (ESR). Harmonisation of imaging dosimetry in clinical practice: practical approaches and guidance from the ESR EuroSafe Imaging initiative. *Insights Imaging*. 2020 Mar 30; 11(1): 54. <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00859-6>.
- Vassileva, J.; Rehani, M.; Kostova-Lefterova, D.; Al-Naemi, H.M.; Al Suwaidi, J.S.; Arandjic, D.(6), Bashier, E.H.; Kodlulovich Renha, S.; El-Nachef, L.; Aguilar, J.G.;

- Gershan, V.(11); Gershkevitsh, E.(12); Gruppetta, E.; Hustuc, A.; Jauhari, A.; Kharita, M.H.; Khelassi-Toutaoui, N.; Khosravi, H.R.; Khoury, H.; Kralik, I.; Mahere, S.; Mazuoliene, J.; Mora, P.; Muhogora, W.; Muthuvelu, P.; Nikodemova, D.; Novak, L.; Pallewatte, A.; Pekarovič, D.; Shaaban, M.; Shelly, E.; Stepanyan, K.; Thelsy, N.; Visrutaratna, P.; Zaman, A. A study to establish international diagnostic reference levels for paediatric computed tomography. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015 Jul; 165(1-4): 70-80. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncv116>. Epub 2015 Apr 1.
- Verfaillie, G.; Franck, C.; De Crop, A.; Beels, L.; D'Asseler, Y.; Bacher, K. A systematic review and meta-analysis on the radiation dose of computed tomography in hybrid nuclear medicine imaging. *EJNMMI Physics* (2023) 10: 32 <https://doi.org/10.1186/s40658-023-00553-8>
- Wulandari, P.I.; Talumantak, K.B.; Iffah, M.; Ryangga, D.; Ariwidiastuti, CI.; Triningsih, T. Diagnostic Reference Levels: A Review. *JMSCR* 2018, 06 (12): 508-514. <https://dx.doi.org/10.18535/jmscr/v6i12.80>
- Yassen, A-BB; Radzi, YMD; Almohiy, H.M.; Kohli, A.; Rawashdeh, M. Strategies to improve CT dose optimization for hybrid PET/CT imaging. *Open Journal of Medical Imaging*. 2021; 11: 48-57. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/ojmi>.

Autor para correspondencia:

Adlin López Díaz

Avenida Salvador Allende No 1110, e/ Ave Rancho Boyeros e Infanta, Quinta de los Molinos, Plaza de la Revolución, La Habana

E-mail: adlinlopez2607@gmail.com

Recibido: 07 de Julio, 2023

Aceptado: 28 de Agosto, 2023