

 **Biblioteca digital**

Incluye **e-Book** y **44 VIDEOS**

Diagnóstico por imágenes en **PEDIATRÍA** *de Caffey*

13era edición

Brian D. Coley

Editores asociados

Jonathan R. Dillman

Donald P. Frush

Marta Hernanz-Schulman

Lisa H. Hutchison

Geetika Khanna

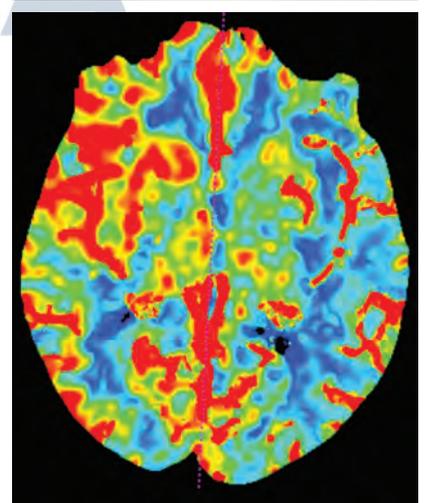
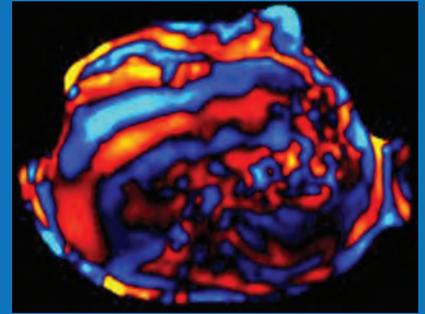
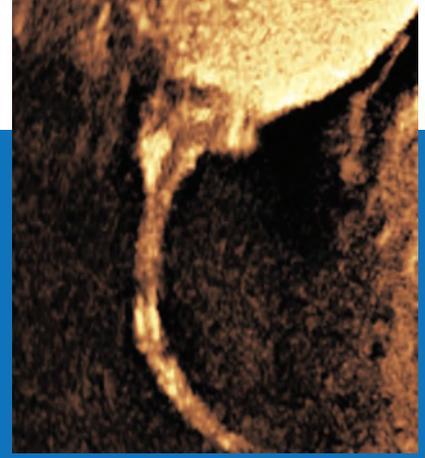
Arthur B. Meyers

Beverley Newman

Ashok Panigrahy

Cynthia K. Rigsby

TOMO 1



44
VIDEOS


AMOLCA

DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES EN PEDIATRÍA DE *CAFFEY*

13ª EDICIÓN

Editor en jefe

BRIAN D. COLEY, MD

Radiólogo en jefe
Cátedra Frederic N. Silverman de Radiología Pediátrica
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Profesor
Departamentos de Radiología y Pediatría
Facultad de Medicina de la Universidad de Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Cotraducción y revisión clínica de la edición en español

Dr. Heberto Enrique Reyes Barrios

Médico imagenólogo
Hospital Vargas de Caracas
Caracas-Venezuela

Traducción:

Lic. María Fernanda Díaz

Lic. Elisa Mora



Editores Asociados

Jonathan R. Dillman, MD, MSc

Profesor asociado
Jefe de investigación asociado
Director médico, Centro de investigación de imagen
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Facultad de Medicina de la Universidad de Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Donald P. Frush, MD, FACR, FAAP

Profesor de Radiología y Pediatría
Centro Médico de la Universidad de Duke
Durham, Carolina del Norte

Marta Hernanz-Schulman, MD, FAAP, FACR

Profesora de Radiología y Pediatría
Departamentos de Radiología y Ciencias Radiológicas
Centro Médico de la Universidad de Vanderbilt
Vicepresidenta de Radiología en Pediatría
Directora médica, Diagnóstico por imagen
Monroe Carell Jr. Children's Hospital at Vanderbilt
Nashville, Tennessee

Lisa H. Hutchison, MD, FAAP, FACR

Directora de Pediatría radiológica
Alliance Radiology
Overland Park Regional Medical Center
Overland Park, Kansas

Geetika Khanna, MD, MS

Profesora de Radiología
Instituto Mallinckrodt de Radiología
Jefa de Radiología
St. Louis Children's Hospital
Facultad de Medicina de la Universidad de Washington
St. Louis, Missouri

Arthur B. Meyers, MD

Departamento de Radiología
Nemours Children's Health System
Nemours Children's Hospital
Profesor de Radiología asociado
Facultad de Medicina de la Universidad de Florida Central
Profesor clínico asociado de Radiología
Pediátrica
Colegio de Medicina del Estado de Florida
Orlando, Florida

Beverly Newman, BSc, MB BCh

Profesor de Radiología
Departamento de Radiología
Lucile Packard Children's Hospital
Universidad Stanford
Stanford, California

Ashok Panigrahy, MD

Profesor
Jefe de Radiología
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Vicepresidente, Investigación de imágenes clínicas y traslacionales
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Cynthia K. Rigsby, MD, FACR

Radióloga pediatra
Departamento de Imagenología Médica
Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of Chicago
Profesora
Departamentos de Radiología y Pediatría
Facultad de Medicina Feinberg de la Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

AMOLCA

Colaboradores

Wael Abdalla, MD

Profesor asistente
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Kalie Adler, DO

Radiólogo diagnóstico
Kansas City, Missouri

Prachi P. Agarwal, MD

Profesor clínico
División de Radiología Cardiorádica
Departamento de Radiología
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan

Tahani M. Ahmad, MD

Personal de Radiología Pediátrica y
Neurorradiología
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
IWK Health Center
Profesor asistente
Departamento de Imagenología Médica
Universidad Dalhousie
Halifax, Nova Scotia, Canadá

Evelyn Y. Anthony, MD

Profesora de Radiología y Pediatría
Departamento de Ciencias Radiológicas
Facultad de Medicina Wake Forest
Winston-Salem, Carolina del Norte

Cristopher G. Anton, MD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Cincinnati, Ohio

Sudha A. Anupindi, MD

Director de Gastroenterología Pediátrica e
Imagenología Hepática
Profesor asociado de Radiología
División de Imagenología Corporal,
Departamento de Radiología
The Children's Hospital of Philadelphia
Facultad de Medicina Perelman de la
Universidad de Pensilvania
Philadelphia, Pennsylvania

Kimberly E. Applegate, MD

Jefe de la División de Radiología Pediátrica
Departamento de Radiología
Universidad de Kentucky
Lexington, Kentucky

Lauren W. Averill, MD

Nemours Children's Health System
Profesor asociado de Radiología y Pediatría
Sidney Kimmel Medical College of Thomas
Jefferson University
Philadelphia, Pennsylvania

E. Michel Azouz, MD, FRCPC

Radiólogo pediatra
Departamento de Imagenología Médica
Montreal Children's Hospital
Montreal, Quebec, Canadá

Paul Babyn, MDCM

Jefe
Departamento de Imagenología Médica
Universidad de Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canadá

Patrick N. Bacon, MD

Radiólogo pediatra
TRA MINW
Tacoma, Washington

D. Gregory Bates, MD

Profesor clínico
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina y Salud Pública de la
Universidad del Estado de Ohio
Radiólogo pediatra
Nationwide Children's Hospital
Columbus, Ohio

Gerald G. Behr, MD

Médico adjunto asociado
Departamento de Radiología
Memorial Sloan Kettering Cancer Center
Nueva York, Nueva York

Ellen Cecilia Benya, MD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Larry A. Binkovitz, MD

Profesor asociado
Departamento de Radiología Diagnóstica
Mayo Clinic
Rochester, Minnesota

Susan Blaser, MD

Personal neurorradiológico
División de Neurorradiología Pediátrica
The Hospital for Sick Children
Toronto, Ontario, Canadá

Stefan Blumi, PhD

Director, *New Imaging Technology Lab*
Departamento de Radiología
Children's Hospital Los Angeles
Profesor asociado de Investigación,
Radiología e Ingeniería Biomédica
Universidad del Sur de California
Los Angeles, California

Timothy N. Booth, MD

Profesor
Departamento de Radiología y
Otorrinolaringología
Children's Medical Center
University of Texas Southwestern Medical
Center
Dallas, Texas

Brandon P. Brown, MD

Profesor asistente
Departamento de Radiología y Ciencias
Imagenológicas
Riley Hospital for Children at Indiana
University Health
Facultad de Medicina de la Universidad de
Indiana
Indianapolis, Indiana

Dorothy Bulas, MD

Profesor de Pediatría y Radiología
Departamento de Imagenología
Diagnóstica y Radiología
Children's National Health Systems
Washington, DC

Angela Byrne, MD

Departamento de Radiología
Children's Hospital of Columbia Británica
Vancouver, Columbia Británica, Canadá

Joseph A. Camarda, MD

Cardiólogo pediatra
Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago
Profesor asistente
División de Cardiología
Departamento de Pediatría
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Christopher I. Cassady, MD

Departamento de Radiología Pediátrica EB
Singleton
Texas Children's Hospital
Houston, Texas

Kim M. Cecil, PhD

Profesor y espectroscopista de MR
Centro de Investigación de Radiología e
Imagen
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Cincinnati, Ohio

Rafael C. Ceschin, PhD

Profesor asistente
Departamento de Radiología
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Departamento de Informática Biomédica
Facultad de Medicina de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Frandics P. Chan, MD, PhD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Universidad Stanford Medical Center
Stanford, California

Teresa Chapman, MD

Director, MRI fetal
Departamento de Radiología
Seattle Children's Hospital
Profesor
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina de la Universidad de
Washington
Seattle, Washington

**Govind B. Chavhan, MBBS, MD, DABR,
DNB**

Personal de radiología
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
The Hospital for Sick Children
Profesor asociado
Imagenología Médica
Universidad de Toronto
Toronto, Ontario, Canadá

Katrina F. Chu, MD

Miembro de Radiología Clínica
Hospital General de Massachusetts
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Winnie C. W. Chu, MD

Profesor
Departamento de Imagenología y
Radiología Intervencionista
Universidad de Hong Kong de La China
Hong Kong, China

Harris L. Cohen, MD

Profesor y presidente
Departamento de Radiología
Profesor
Departamento de Pediatría y Obstetricia y
Ginecología
Centro de Ciencias de la Salud, Universidad
de Tennessee
Jefe de Radiología
Le Bonheur Children's Hospital
Memphis, Tennessee

Moungnyan Cox, MD

Miembro de Neurorradiología
Hospital de la Universidad de Pennsylvania
Philadelphia, Pennsylvania

J.A. Gordon Culham, MD, FRCPC

Departamento de Radiología
BC Children's Hospital
Profesor
Departamento de Radiología
Universidad de la Columbia Británica
Vancouver, Columbia Británica, Canadá

**Alan Daneman, BSc, MBBCh, FRCPC,
FRANZCR**

Profesor
Departamento de Imagenología Médica
Universidad de Toronto
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
The Hospital for Sick Children
Toronto, Ontario, Canadá

Kassa Darge, MD, PhD

Profesor de Radiología y Cirugía
Facultad de Medicina Perelman
Universidad de Pennsylvania
Jefe de Radiología
Departamento de Radiología
Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Joseph T. Davis, BSc, MD

Instructor médico de Radiología
Centro Médico de la Universidad de Duke
Durham, Carolina del Norte

R. Andrew deFreitas, MD

División de Cardiología Pediátrica
*Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago*
Profesor asistente
Departamento de Pediatría
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Katyucia De Macedo Rodrigues, MD

Investigadora
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Investigadora
Departamento de Radiología
A.A. Martinos Center
Hospital General de Massachusetts
Boston, Massachusetts

Jonathan R. Dillman, MD, MSc

Profesor asociado
Jefe de Investigación asociado
Director Médico, Centro de Investigación
Imagenológica
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Facultad de Medicina de la Universidad de
Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Lincoln O. Diniz, MD, MPH

Profesor asistente
Norton Children's Hospital
Louisville, Kentucky

Laura Dinneen, MD

Profesora asistente de Radiología Pediátrica
Facultad de Medicina Universidad de
Missouri-Kansas City
Kansas City, Missouri

**Michael Ditchfield, BSc, MBBS, FRANZCR,
MD**

Jefe, Imagenología Pediátrica
Monash Health
Profesor
Imagenología Diagnóstica
Universidad Monash
Melbourne, Victoria, Australia

Mary T. Donofrio, MD

Profesor de Pediatría
Facultad de Medicina y Ciencias de la
Salud, Universidad George Washington
Director, Programa de Salud Fetal y
Programa de Atención Crítica
Children's National Health Institute
Children's National Health System
Washington, DC

Adam L. Dorfman, MD

Profesor clínico
Departamento de Pediatría y
Enfermedades Transmisibles
Departamento de Radiología
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan

Andrea Schwarz Doria, MD, PhD

Personal de Radiología/Científico sénior
Director de Investigación, Departamento
de Imagenología Diagnóstica
The Hospital for Sick Children
Profesor, vicepresidente asociado de
investigación (lesiones, reparación e
inflamación)
Departamento de Imagenología Médica
Universidad de Toronto
Toronto, Ontario, Canadá

Laura A. Drubach, MD

Profesor asistente
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Boston, Massachusetts

Josée Dubois, MD, FRCPC, MSc

Profesor
Departamento de Radiología,
Radiooncología y Medicina Nuclear
Universidad de Montreal
Montreal, Quebec, Canadá

Jerry Dwek, MD

Profesor clínico adjunto
Departamento de Radiología
Universidad de California en San Diego
San Diego, California

Wendy Drew Ellis, MD

Profesor asistente de Radiología y Ciencias
y Pediatría Radiológica
*Monroe Carell Jr. Children's Hospital at
Vanderbilt*
Nashville, Tennessee

Monica Epelman, MD

Vicepresidenta de Radiología
*Nemours Children's Health System
Nemours Children's Health*
Profesora de Radiología
Facultad de Medicina de la Universidad de
Florida Central
Orlando, Florida

Judy A. Estroff, MD

Jefa de División, Imagenología Fetal
Neonatal
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Profesora asociada
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Eric P. Eutsler, MD

Profesor asistente
Departamento de Radiología
Instituto de Radiología Mallinckrodt
Facultad de Medicina de la Universidad de
Washington
St. Louis, Missouri

Eric Faerber, MD, FACR

Departamento de Radiología
St. Christopher's Hospital for Children
Philadelphia, Pennsylvania

Nancy R. Fefferman, MD

Profesor asociado de Radiología
Vicepresidente de Educación
Jefe de Sección, Radiología Pediátrica
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina NYU
Nueva York, Nueva York

Mark Ferguson, MD

Profesor asistente
Seattle Children's Hospital
Universidad de Pennsylvania
Departamento de Radiología
Seattle, Washington

Tamara Feygin, MD

Profesora asociada de Radiología Clínica
Facultad de Medicina Perelman
Universidad de Pennsylvania
Personal neurorradiológico
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Kristin A. Fickenscher, MD

Profesora asociada
Departamento de Radiología
Children's Mercy Hospital
Universidad de Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

A, Michelle Fink, MRCP, FRCR, FRANZCR

Consultor honorario radiólogo
Departamento de Imagenología Médica
The Royal Children's Hospital
Melbourne, Victoria, Australia

Tyson R. Finlinson, DO

Universidad de Missouri-Kansas City
Kansas City, Missouri

Donald P. Frush, MD, FARC, FAAP

Profesor de Radiología y Pediatría
Centro Médico de la Universidad de Duke
Durham, Carolina del Norte

Andre Dietz Furtado, MD

Profesor Asistente
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Asvin M. Ganapathi, MD

Departamento de Cirugía
Centro Médico de la Universidad de Duke
Durham, Carolina del Norte

Michael S. Gee, MD, PhD

Jefe de Radiología Pediátrica
Hospital General de Massachusetts
Profesor asociado de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Maryam Ghadimi Mahani, MD

Profesora asistente clínico
División de Radiología Pediátrica y
Cardiorrástica
Departamento de Radiología
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan

Hyun Woo Goo, MD, PhD

Departamento de Radiología e
Investigación
Instituto de Radiología
Asam Medical Center
Universidad de Ulsan Facultad de Medicina
Seúl, Corea del Sur

P. Ellen Grant, MD

Profesora asistente
Departamento de Radiología
Director
Neuroimagen Fetal Neonatal y Ciencia del
Desarrollo, Medicina Neonatal
Children Hospital Boston
Boston, Massachusetts

J. Damien Grattan-Smith, MBBS

Departamento de Radiología
Children's Healthcare of Atlanta
Atlanta, Georgia

S. Bruce Greenberg, MD

Profesor de Radiología y Pediatría
Departamento de Cirugía
Universidad de Arkansas, Ciencias Médicas
Little Rock, Arkansas

Mary-Louise C. Greer, MBBS

Radiólogo pediátrico
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
The Hospital for Sick Children
Profesor asistente
Departamento de Imagenología Médica
Universidad de Toronto
Durham, Carolina del Norte

R. Paul Guillerman, MD

Profesor
Departamento de Radiología
Baylor College of Medicine
Houston, Texas

Matthew R. Hammer, MD

Profesor asistente
Departamento de Radiología Pediátrica
*Children's Health and UT Southwestern
Medical Center*
Dallas, Texas

James René Herlong, MD

Jefe de División, Cardiología Pediátrica
Sanger Heart and Vascular Institute
Charlotte, Carolina del Norte

Marta Hernanz-Schulman, MD, FAAP, FACR

Profesora de Radiología y Pediatría
Departamento de Radiología y Ciencias
Radiológicas
Centro Médico de la Universidad de
Vanderbilt
Vicepresidente de Radiología en Pediatría
Director Médico de Diagnóstico por
Imágenes
*Monroe Carell Jr. Children's Hospital at
Vanderbilt*
Nashville, Tennessee

Melissa A. Hilmen, MD

Profesora asistente
División de Radiología Pediátrica
Departamento de Radiología y Ciencias
Radiológicas
Monroe Carell Jr. Children's Hospital
Centro Médico de la Universidad de
Vanderbilt
Universidad Vanderbilt
Nashville, Tennessee

Ross Holwerda, MD

Departamento de Radiología
Universidad de Missouri-Kansas City
Kansas City, Missouri

Nazia Husain, MBBS, MPH

División de Cardiología Pediátrica
Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of Chicago
Profesora asistente
Departamento de Pediatría
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Lisa H. Hutchison, MD, FAAP, FACR

División de Radiología Pediátrica
Alliance Radiology
Overland Park Regional Medical Center
Overland Park, Kansas

Celso Hygino da Cruz Jr., MD, PhD

CDPI/DASA, Americas Medical City
Rio de Janeiro, Brasil

Andrew Johansen, MD

Departamento de Radiología
Children's Mercy Hospital
Universidad de Missouri-Kansas City
Kansas City, Missouri

Joyce T. Johnson, MD

Profesora asistente
Departamento de Pediatría
Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of Chicago
Chicago, Illinois

J. Herman Kan, MD

Jefe de Sección, Imagenología
Musculoesquelética
Departamento de Radiología Pediátrica E.B.
Singleton
Texas Children's Hospital
Profesor asociado
Baylor College of Medicine
Houston, Texas

Yassine Kanaan, MD

Médico tratante
Departamento de Pediatría
Texas Scottish rite Hospital for Children
Dallas, Texas

Ronald J. Kanter, MD

Director, Electrofisiología
Nicklaus Children's Hospital
Miami, Florida

Boaz Karmazyn, MD

Profesor de Radiología
Departamento de Radiología y Ciencias
Imagenológicas
Riley Hospital for Children in Indiana
University Health
Facultad de Medicina de la Universidad de
Indiana
Indianapolis, Indiana

Sue Creviston Kaste, DO

Miembro numerario
Departamento de Imagenología
Diagnóstica y Oncología
St. Jude Children's Research Hospital
Profesor titular
Departamento de Radiología
Centro de Ciencias de la Salud de la
Universidad de Tennessee
Memphis, Tennessee

Travis H. Kauffman, DO

Departamento de Radiología
Universidad de Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

Geetika Khanna, MD, MS

Profesora de Radiología
Instituto de Radiología Mallinckrodt
Radiologista en jefe
St. Louis Children's Hospital
Facultad de Medicina de la Universidad de
Washington
St. Louis, Missouri

Amy B. Kolbe, MD

Profesora asistente
Departamento de Radiología
Clínica Mayo
Rochester, Minnesota

Korgün Koral, MD, MBA

Profesor
Director de Neurorradiología Pediátrica y
MRI Pediátrica
Cohen Children's Medical Center
Facultad de Medicina Donald y Barbara
Zucker School en Hofstra/Northwell
Hempstead, Nueva York

Steven Kraus, MD

Personal de radiología
Jefe de División, Fluoroscopia
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Profesor asociado de Radiología y Pediatría
Facultad de Medicina de la Universidad de
Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Rajesh Krishnamurthy, MD

Radiólogo en jefe
Nationwide Children's Hospital
Profesor clínico de Radiología
Universidad del Estado de Ohio
Columbus, Ohio

Ramkumar Krishnamurthy, PhD

Físico MRI
Departamento de Radiología
Nationwide Children's Hospital
Columbus, Ohio

Ralph S. Lachman, MD

Profesor clínico
Universidad Stanford
Stanford, California
Profesor emérito
Director asociado
Registro Internacional de Displasia
Esquelética
UCLA
Los Angeles, California

Hollie A. Lai, MD

CHOC Children's
Departamento de Radiología
Orange, California

Brooke S. Lampl, DO

Profesor asistente clínico de Radiología
Director interino de cosección, Radiología
Pediátrica
Imaging Institute, Cleveland Clinic
Cleveland, Ohio

Tal Laor, MD

Profesor
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Boston, Massachusetts

Bernard F. Laya, MD, DO

Director de Radiología
Instituto de Radiología
St. Luke's Medical Center-Global City
Taguig City, Filipinas;
Profesor de Radiología y decano asociado
St. Luke's College of Medicine - WHQM
Quezon City, Filipinas

James Leach, MD

Profesor de Radiología
Departamento de Radiología e
Imagenología Médica
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Facultad de Medicina de la Universidad de
Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Henrique M. Lederman, MD, PhD

Profesor sénior de Radiología
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
Facultad Paulista de Medicina
Universidad Federal de Sao Paulo
(UNIFESP)
Jefe, División de Imagenología Diagnóstica
Pediatric Oncology Institute, GRAACC
Sao Paulo, Brasil

Edward Y. Lee, MD

Jefe, División de Imagenología Torácica
Profesor asociado
Departamentos de Radiología y Medicina
División Pulmonar
Boston Children's Hospital
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Simon Lee, MD

Profesor asistente
Departamentos de Pediatría y Cardiología
Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of Chicago
Chicago, Illinois

Andrew J. Lodge, MD

Profesor asistente, Cirugía
Profesor asistente, Pediatría
Centro Médico de la Universidad de Duke
Durham, Carolina del Norte

Joseph V. Loeb, DO

Residente de Radiología
Departamento de Radiología
Universidad de Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

Jimmy C. Lu, MD

Profesor clínico asociado
Departamento de Pediatría y
Enfermedades Transmisibles
Departamento de Radiología
Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan

Karen Lyons, MD

Profesora asistente de Radiología
Arkansas Children's Hospital
Little Rock, Arkansas

Alexis B. Rothenberg Maddocks, MD

Profesor asistente de Radiología
Morgan Stanley Children's Hospital
Centro Médico de la Universidad de
Columbia
Nueva York, Nueva York

John B. Mawson, MB, ChB

Director, Departamento de Radiología
BC Children's Hospital
Profesor asistente
Departamento de Radiología
Universidad de la Columbia Británica
Vancouver, Columbia Británica, Canadá

M. Beth McCarville, MD

Miembro
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
St. Jude Children's Research Hospital
Memphis, Tennessee

Amie M. McPherson, MD

Director asociado
Departamento de Ciencias Radiológicas
Wake Forest Baptist Medical Center
Winston-Salem, Carolina del Norte

James S. Meyer, MD

Profesor asociado de Radiología
Facultad de Medicina de la Universidad de
Pennsylvania
Jefe de Radiología asociado
Departamento de Radiología
Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Arthur B. Meyers, MD

Departamento de Radiología
Nemours Children's Health System
Nemours Children's Hospital
Profesor asistente de Radiología
Facultad de Medicina de la Universidad de
Florida Central
Profesor Clínico asociado de Radiología
Pediátrica
Colegio de Medicina del Estado de Florida
Orlando, Florida

Stephen F. Miller, MD

Departamento de Radiología
Le Bonheur Children's Hospital
Profesor asociado
Departamento de Radiología
Centro de Ciencias de la Salud de la
Universidad de Tennessee
Memphis, Tennessee

Grace S. Mitchell, MD, MBA

Departamento de Radiología
Children's Mercy Kansas City
Profesor asociado
Universidad de Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

Karen K. Moeller, MD

Director de Neurorradiología
Norton Children's Hospital
Louisville, Kentucky

Kevin R. Moore, MD

Vicepresidente de Radiología
Director de Imagenología MR
Departamento de Imagenología Médica
Primary Children's Medical Center
Profesor de Radiología asociado adjunto
Departamento de Radiología
Universidad de Utah
Salt Lake City, Utah

Srikala Narayanan, MD

Profesor asistente
Departamento de Radiología Pediátrica
Children's Hospital of Pittsburgh
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Oscar M. Navarro, MD

Profesor asociado
Departamento de Imagenología Médica
Universidad de Toronto
Director del Programa de Becas
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
The Hospital for Sick Children
Toronto, Ontario, Canadá

Josephine M. Ndolo, MBChB, MMed

Miembro Clínico en Radiología Pediátrica
Departamento de Radiología y Ciencias
Radiológicas
Centro Médico de la Universidad de
Vanderbilt
Monroe Carell Jr. Children's Hospital at Vanderbilt
Nashville, Tennessee

Marvin D. Nelson Jr., MD

Presidente, Departamento de Radiología
Children's Hospital Los Angeles
Profesor
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina USC Keck
Los Angeles, California

Beverley Newman, MD

Profesor de Radiología
Departamento de Radiología
Lucile Packard Children's Hospital
Universidad Stanford
Stanford, California

David B. Nielsen, MD

Profesor asistente
Universidad de Missouri, Kansas City
Radiólogo pediátrico
Children's Mercy Hospital and Clinics
Kansas City, Missouri

Kay North, DO

Departamento de Radiología
Children's Mercy Hospital
Kansas City, Missouri

Julie Currie O'Donovan, MD

Radiólogo pediátrico
Departamento de Radiología
Nationwide Children's Hospital
Columbus, Ohio

Erin K. Opfer, MD

Radiólogo pediátrico
Profesor asistente
Departamento de Radiología Pediátrica
Children's Mercy Hospital and Clinics
Kansas City, Missouri

Robert C. Orth, MD, MPH, PhD

Profesor asistente
Departamento de Radiología Pediátrica
Texas Children's Hospital
Houston, Texas

Randolph Otto, MD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Seattle Children's Hospital
Facultad de Medicina de la Universidad de
Washington
Seattle, Washington

Deepa R. Pai, MD, MHSA

Jefe asociado de Cuidados Críticos
Departamento de Radiología
Children's Hospitals and Clinics of Minnesota
Minneapolis, Minnesota

Harriet J. Paltiel, MD

Radiólogo
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Profesor asociado
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Ashok Panigrahy, MD

Profesor
Radiólogo en jefe
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Vicepresidente, Investigación de Imágenes
Clínicas y Traslacionales
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Angira Patel, MD

Profesora asistente
Departamento de Pediatría
*Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago*
Chicago, Illinois

Amanda M. Perak, MD

Miembro
Departamento de Medicina Preventiva
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Instructora
División de Cardiología
*Ann & Robert H. Laurie Children's Hospital of
Chicago*
Chicago, Illinois

Daniel J. Podberesky, MD

Radiólogo en jefe
Departamento de Radiología
Neumours Children's Health System
Profesor asistente de Radiología
*University of Central Florida and Florida State
University Colleges of Medicine*
Orlando, Florida

Avrum N. Pollock, MD, FRCPC

Profesor de Radiología Clínica
Departamento de Radiología
División de Neurorradiología
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Andrada R. Popescu, MD

Médico
Departamento de Imagenología Médica
*Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago*
Profesor asistente
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Tina Young Poussaint, MD

Neurorradióloga asistente
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Profesora de Radiología
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Sanjay P. Prabhu, MBBS, FRCR

Director, Laboratorio Avanzado de Análisis
de Imágenes
Personal pediátrico, neurorradiólogo
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Profesor asistente de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Sumit Pruthi, MD

Profesor asociado
Departamento de Radiología y Pediatría
Jefe, Neurorradiología Pediátrica
*Monroe Carell Jr. Children's Hospital at
Vanderbilt*
Nashville, Tennessee

Anand Dorai Raju, MD

Profesor asistente
Departamento de Radiología
Le Bonheur Children's Hospital
Centro de Ciencias de la Salud de la
Universidad de Tennessee
Memphis, Tennessee

Brian Reilly, RT(R)

Especialista en imagenología 3D
Departamento de Imagenología Médica
*Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago*
Chicago, Illinois

Ricardo Restrepo, MD

Jefe de la Sección de Radiología
Intervencionista
Departamento de Radiología
Niklaus Children's Hospital
Profesor voluntario
Departamento de Radiología
Universidad Internacional de Florida
Miami, Florida

John F. Rhodes, MD

Director
Centro de Cardiopatía Congénita y
Pediátrica/Cardiología Intervencionista
Congénita del Adulto
Universidad de Medicina de Carolina del
Sur
Charleston, South Carolina

Cynthia K. Rigsby, MD, FARC

Radiólogo pediátrico
Departamento de Imagenología Médica
*Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago*
Profesor
Departamento de Radiología y Pediatría
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Douglas C. Rivard, DO

Profesor asistente
Departamento de Radiología
Children's Mercy Hospital and Clinics
Kansas City, Missouri

Michael Rivkin, MD

Codirector, Accidente Cerebrovascular y
Centro Cerebrovascular
Servicio de Neurología de Cuidados
Intensivos
Departamento de Neurología
Boston Children's Hospital
Profesor asociado
Departamento de Neurología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

**Ashley James Robinson, MB, ChB, FRCR,
FRCPC**

Profesor asociado de Radiología Clínica
Departamento de Radiología
Well Cornell Medical College
Nueva York, Nueva York
Vicepresidente, Radiología
Sidra Medical and Research Center
Doha, Qatar

Joshua D. Robinson, MD

Cardiólogo pediátrico
*Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital of
Chicago*
Profesor asistente
División de Cardiología
Departamento de Pediatría y Radiología
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Chicago, Illinois

Diana P. Rodriguez, MD

Profesor asistente Clínico
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina y Salud Pública
The Universidad del Estado de Ohio
Departamento de Radiología
Nationwide Children's Hospital
Columbus, Ohio

Nancy Rollins, MD

Directora médico
Departamento de Radiología
Children's Medical Center
Profesora
Departamento de Radiología
Centro Médico Southwestern de la
Universidad de Texas
Dallas, Texas

Arlene A. Rozzelle, MD

Profesora asociada
Departamento de Cirugía
Facultad de Medicina de la Universidad de
Wayne State
Jefe, Departamento de Cirugía Plástica y
Reconstructiva
Children's Hospital of Michigan
Director, CHM Leporino/Anomalías
Craneofaciales
Directora del programa, Equipo de
Anomalías Vasculares de CHM
Children's Hospital of Michigan
Detroit, Michigan

Gauravi K. Sabharwal, MD
Departamento de Radiología
Henry Ford Hospital
Detroit, Michigan

Erica K. Schallert, MD
Profesora asistente
Departamento de Radiología
Baylor College of Medicine
Departamento de Radiología Pediátrica
Texas Children's Hospital
Houston, Texas

Andrew H. Schapiro, MD
Profesor asistente
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Cincinnati, Ohio

David N. Schidlow, MD
Profesor asistente de Pediatría
Facultad de Medicina y Ciencias de la
Salud, Universidad George Washington
Cardiología Pediátrica y Fetal
Children's National Heart Institute
Children's National Heart System
Washington, DC

Vincent J. Schmithorst, PhD
Profesor asistente
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Erin Simon Schwartz, MD
Profesor asistente
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina Perelman
Universidad de Pennsylvania
Director Clínico
The Lurie Family Foundations' MEG Imaging
Center
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Jayne M. Seekins, MD
Profesor asistente clínico
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina de la Universidad de
Stanford
Stanford, California

Sabah Servaes, MD
Profesor asociado
Departamento de Radiología
Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Anuradha S. Shenoy-Bhangle, MD
Instructor
Facultad de Medicina de Harvard
Personal de Radiología
Departamento de Imagenología
Abdominal
Beth Israel Deaconess Medical Center
Boston, Massachusetts

Elizabeth F. Sheybani, MD
West Country Radiology Group
St. Louis, Missouri

Anna Shifrin, MD
Personal neurorradiológico
Directora de Neurorradiología
Departamento de Radiología
Winchester Hospital
Winchester, Massachusetts

Richard M. Shore, MD
Director de Sección, Radiología General y
Medicina Nuclear
Profesor de Radiología
Facultad de Medicina Feinberg de la
Universidad Northwestern
Children's Memorial Hospital
Chicago, Illinois

Sudha P. Singh, MD
Profesora asistente
Departamento de Radiología y Ciencias
Radiológicas
Universidad Vanderbilt
Nashville, Tennessee

Carlos J. Sivit, MD
Vicepresidente sénior
Departamento de Radiología
Hospitales Universitarios de Cleveland
Profesor de Radiología y Pediatría
Facultad de Medicina *Case Western Reserve*
Cleveland, Ohio

Thomas L. Slovis, MD
Profesor emérito
Departamento de Radiología y Pediatría
Facultad de Medicina de la Universidad de
Wayne State
Detroit, Michigan

Ethan A. Smith, MD
Profesor asociado
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Facultad de Medicina de la Universidad de
Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Jordan Smith, DO
Departamento de Radiología
Universidad de Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

Sally J. Smith, DO
Radióloga pediatra
Departamento de Radiología
Nationwide Children's Hospital
Profesor asistente
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de Estado
de Ohio
Columbus, Ohio

Susan Sotardi, MD, MS
Miembro de Neurorradiología
Departamento de Neurorradiología
Hospital General de Massachusetts
Boston, Massachusetts

Vera H. Sperling, MD
Profesora asistente
Departamento de Radiología
Children's Hospital of Pittsburgh of UPMC
Pittsburgh, Pennsylvania

Stephanie E. Spottswood, MD, MSPH
Profesora de Radiología y Pediatría
Departamento de Radiología y Ciencias
Radiológicas
Centro Médico de la Universidad de
Vanderbilt
Jefe, Medicina Nuclear Pediátrica
Monroe Carell Jr. Children's Hospital at
Medicine
Nashville, Tennessee

A. Luana Stanescu, MD
Profesora asistente
Departamento de Radiología
Seattle Children's Hospital
Facultad de Medicina de la Universidad de
Washington
Seattle, Washington

Lisa States, MD
Profesora asociado
Departamento de Radiología
The Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Peter J. Strouse, MD, FACR
Profesor y director
Sección de Radiología Pediátrica
Departamento de Radiología
Sistema de Salud Universidad de Michigan
Ann Arbor, Michigan

Subramanian Subramanian, MD
Profesor asistente
Departamento de Radiología
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Children's Hospital of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Benita Tamrazi, MD
Profesora asistente
Departamento de Radiología
Children's Hospital Los Angeles
Los Angeles, California

George A. Taylor, MD
Radiólogo en jefe emérito
Departamento de Radiología
Boston Children's Hospital
Profesor emérito de Radiología (Pediatría)
Departamento de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Mahesh M. Thapa, MD
Profesor asociado
Departamento de Radiología
Seattle Children's Hospital
Seattle, Washington

Jean A. Tkach, PhD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Universidad de Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Jason F. Tobler, MD

Radiólogo Pediatra
Departamento de Radiología
Children's Mercy Kansas City
Kansas City, Missouri

Alexander J. Towbin, MD

Jefe asociado, Operaciones Clínicas e
Informática Radiológica
Profesor asociado
Cincinnati Children's Hospital
Cincinnati, Ohio

Shreyas Vasanawala, MD, PhD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Universidad Stanford
Stanford, California

Arastoo Vossough, MD PhD

Profesor asociado
Departamento de Radiología
Universidad de Pennsylvania
Children's Hospital of Philadelphia
Philadelphia, Pennsylvania

Robert G. Wells, MD

Radiólogo pediátrico
Milwaukee Radiologists Ltd.
Milwaukee, Wisconsin

Joshua D. Wermers, DO

Departamento de Radiología Diagnóstica
Universidad de Missouri, Kansas City
Kansas City, Missouri

Hollie C. West, MD

Profesora asistente adjunto
Departamento de Radiología
Cincinnati Children's Hospital Medical Center
Facultad de Medicina de la Universidad de
Cincinnati
Cincinnati, Ohio

Sjirk J. Westra, MD

Radiólogo pediatra
Departamento de Radiología
Hospital General de Massachusetts
Profesor asistente de Radiología
Facultad de Medicina de Harvard
Boston, Massachusetts

Elysa Widjaja, MD, MPH

Neuroradiólogo pediátrico
Departamento de Imagenología
Diagnóstica
Hospital for Sick Children
Profesor asistente
Universidad de Toronto
Toronto, Ontario, Canadá

Peter Wunningham, MD

Miembro de Radiología del *Children's Mercy*
Hospital
Universidad de Missouri-Kansas City
Kansas City, Missouri

Jessica L. Wisnowski, PhD

Profesora asistente
Departamento de Radiología
Children's Hospital Los Angeles
Facultad de Medicina Keck
Universidad del Sur de California
Los Angeles, California

Ali Yikilmaz, MD

Jefe, Departamento de Radiología
Goztepe Research and Training Hospital
Istanbul Medeniyet University
Estambul, Turquía

Giulio Zuccoli, MD

Profesor
Departamento de Radiología
Director de Neuroradiología pediátrica
Children's Hospital of Pittsburgh
Centro Médico de la Universidad de
Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania

Evan J. Zucker, MD

Profesor asistente clínico de Radiología
Departamento de Radiología
Lucile Packard Children's Hospital
Facultad de Medicina de la Universidad de
Stanford
Stanford, California



AMOLCA

Prólogo

¡Un libro. Un libro! ¡Una cosa tan maravillosa, y especialmente, un libro sobre radiología pediátrica! En los días del internet y acceso aleatorio al aprendizaje, todavía existe un lugar importante para un texto completo, tal como *Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging*.

En 1945, John Caffey escribió y editó la primera edición de este texto, llamado entonces *Caffey's Pediatric X-Ray Diagnosis*. El texto de Caffey marcó el comienzo de la infancia y especialidad de la radiología pediátrica. Estaba meticulosamente ilustrado con casos del trabajo de Caffey en el Hospital de niños en la ciudad de Nueva York. El libro fue cuidadosamente referenciado. En ese momento fue una guía completa para cualquier cosa que podría ser diagnosticada o evaluada con radiografías en los niños. El énfasis se colocó en la anatomía radiológica normal-normal, las variantes normales, y el desarrollo normal. El libro era una ayuda invaluable a cualquiera que interpretara radiografías en los niños. Ayudó a establecer la especialidad de la radiología pediátrica ¡estábamos en un gran momento!

La primera edición de Caffey de 1945 no fue el primer libro de texto en radiología pediátrica. Unas pocas décadas antes, en 1910, Morgan Rotch publicó *Living Anatomy and Pathology: The Diagnosis of Diseases of Early Life by the Roentgen Method*. Mientras que, sin duda, este fue beneficioso para los profesionales de la radiología en aquel momento, la utilidad limitada de las radiografías de antes se ilustra a lo largo del texto. Otros textos tempranos se publicaron en Alemania. El propio Caffey publicó una sección de 160 páginas en radiología pediátrica en la *Golden's Looseleaf Radiology* en 1941 titulado "*Roentgen Diagnosis in Infants and Children*". Este esfuerzo fue claramente un precursor para una 1ª edición mucho más grande y completa de *Caffey's Pediatric X-Ray Diagnosis*. Existen muy pocas copias de este "pre-Caffey".

Mirando hacia atrás al pre-Caffey y a la 1ª edición subsecuente de la *Caffey's Pediatric X-Ray Diagnosis*, uno obtiene un sentido de la emoción contemporáneo con los beneficios de la radiografía y la interpretación cuidadosa de la imagen para mejorar el cuidado de la salud de los niños. La radiografía era integral a la medicina pediátrica. Evidentemente, uno se siente impresionado por la ausencia de cualquier discusión de abuso infantil – estos libros precedieron al artículo seminal de Caffey sobre este tema, publicado en 1946 en *The American Journal of Roentgenology and Radium Therapy*. La lectura cuidadosa de los textos no muestra nada relacionado al tópico del abuso infantil aunque indudablemente la mente de Caffey ya estaba girando con el reto de estos casos (los 6 casos en el artículo de 1946 se remontan a 1933).

Reconociendo el rápido avance de la medicina y la mejoría en la utilización siempre creciente de la radiografía, la fluoroscopia y las otras últimas modalidades imagenológicas, Caffey y sus colegas, los protegidos de Caffey, y eventualmente descendientes académicos distantes (que somos todos) que han editado edición tras edición del *Caffey's Pediatric X-Ray Diagnosis*, transformándose en *Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging* con la 10ª edición en el 2004. Con cada edición, fue incorporada nueva información acerca de la lesión y la enfermedad en los niños, se ilustraron mejores ejemplos de patologías, fueron actualizadas técnicas imagenológicas y de fotografía, y se introdujeron nuevas modalidades. El texto creció y creció. Con la 6ª edición, en 1972, el mismo se expandió a dos tomos. Con la 11ª edición, en 2008, ambos totalizaron 3.195 páginas (más un índice gigantesco) – un peso considerablemente bueno para el desarrollo de músculos, pero un desafío hacia el lector para consumir de principio a fin. Usted no llevó el *Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging*, sino que mantuvo varias copias a mano – en la sala de lectura, en su consultorio, en casa.

No obstante, el texto era una referencia exhaustiva. Si usted necesitaba buscar algo, estaba en el libro. Si usted leía el libro de principio a fin, sentía que nada le hacía falta. La escritura fue hecha por verdaderos expertos en las subespecialidades de radiología pediátrica. Muchos capítulos (p. ej., el capítulo de la médula ósea por Guillerman, los capítulos de la enfermedad metabólica ósea por Shore en la 11ª edición) son la mejor escritura que existe sobre los temas respectivos.

Con la 12ª edición, partes del libro migraron a ediciones online, incluyendo las referencias y algunas de las imágenes "menos esenciales". Para aquellos de nosotros que amamos los libros y la lectura, esto era un desarrollo problemático. Estar atado a una computadora y tener que iniciar una sección y encontrar esta información complementaria era algo agobiante. Este cambio, sin embargo, representó un compromiso inteligente entre el contenido y el tamaño y resaltó la mayoría de edad del *Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging*. Estas características online se han continuado con la 13ª edición.

Con la 13ª edición, el Dr. Coley y su equipo de nuevo ha fortalecido el texto, construyendo desde una base sólida de la 12ª edición y las subfundaciones de cada edición precedente. De nuevo, se ha reunido una asombrosa variedad de autores que traen una nueva y emocionante sangre al campo de la radiología pediátrica. De los 187 autores contribuyentes, 72 son nuevos en la 13ª edición. Los autores provienen de todo el mundo. La medicina, y especialmente la radiología pediátrica, continúan avanzando a un ritmo impresionante. Los textos nuevos reflejan esto—con información actualizada en nuevas modalidades, nuevas técnicas, y nuevas perspectivas en las viejas enfermedades. Se le ha dado atención particular a expandir el foco en la imagenología prenatal. Esto se combina bien con las discusiones de las condiciones embriológicas y neonatales. Se nota la atención adicional a la explosión y al uso variado de la MRI durante todo el texto. De hecho, la imagenología es mucho más compleja que en los días de Caffey, sin embargo, como con todas las ediciones previas, el texto actual mantiene un énfasis en la radiografía, que no debe pasarse por alto.

Saludos cordiales para el Dr. Coley y sus nueve editores asociados por un trabajo muy bien hecho. Armar un libro de texto completo de varios autores, varios editores y mantenerlo coherente, consistente y oportuno no es una tarea fácil. ¡Gracias!

El *Caffey's Pediatric Diagnostic Imaging* sigue siendo una referencia completa y un texto en radiología pediátrica. Si desea conocer más acerca de una entidad en radiología pediátrica, es aquí. Si usted quiere obtener cualquier cosa, puede empezar en la página 1 y leerlo hasta el final. Usted no sabe lo que no sabe. Si usted quiere saberlo todo, use este libro.

Peter J. Strouse, MD, FACR

*Profesor Colegiado de Radiología y Director del John F. Holt,
Sección de Radiología Pediátrica,
C.S. Mott Children's Hospital,
Departamento de Radiología,
Sistema de Salud de la Universidad de Michigan
Presidente, Sociedad de Radiología Pediátrica
Coeditor (de las Américas),
Radiología pediátrica*

Las limitaciones de espacio no permiten un reconocimiento adecuado aquí de todos aquellos a quienes se debe el crédito por la realización de este libro. Los exámenes roentgen que son su fundamento no se podrían haber realizado sin la colaboración de miles de pacientes—muchos débiles y con dolor; a todos ellos les estoy profundamente agradecido. Se han mantenido contactos clínicos íntimos y se han posibilitado exámenes colaterales esenciales mediante la colaboración sostenida de mis colegas—médicos tratantes y cirujanos, médicos residentes y enfermeras. Tengo una profunda y sólida obligación con el Dr. Rustin McIntosh quien leyó todo el manuscrito; sus críticas y valiosas sugerencias son responsables de numerosas correcciones y mejoras en el texto. La simpática recepción dada a nuestros primeros esfuerzos por el Dr. Ross Golden siempre será recordada con gratitud, así como también su continuo consejo sabio y amistoso. Nos hemos beneficiado muy a menudo de la disciplina de la tabla de necropsia—de las disecciones instructivas de la Dra. Martha Wollstein, el Dr. Beryl Paige y la Dra. Dorothy Anderson.

A ninguno, sin embargo, debo más que a mis leales compañeros de trabajo en el departamento roentgen del *Hospital de Niños*—Edgar

Watts, Cecelia Peck, Moira Shannon, Mary Fennel y Mary Jean Cadman—por su manejo cuidadoso con los pacientes, laboriosidad inagotable y habilidad técnica superlativa. La Sra. Cadman escribió el manuscrito; le agradezco la rápida finalización de una tarea espinosa. Los dibujos son el trabajo de Alfred Feinberg, y ellos reflejan su rica experiencia en la ilustración médica.

La fase final en la preparación del manuscrito se entristeció con la muerte del Sr. H. A. Simons, Presidente de *Year Book Publishers*. Su entusiasmo estimulante y generosidad fueron indispensables para la finalización del libro durante estos años de guerra sin resolver. Su muerte fue una gran pérdida. La tarea de la publicación ha caído en las manos capaces y pacientes del Sr. Paul Perles y Sra. Anabel Ireland Janssen.

John Caffey
Hospital de Niños
Nueva York, 32
Junio 10, 1945



Prefacio

Un pequeño número de textos valiosos e influyentes han sobrevivido a sus creadores, evolucionando a lo largo de los años gracias a los esfuerzos de nuevos autores y editores. *The Principles and Practice of Medicine* del Sr. William Osler, fue publicado desde 1892 a 2001; *Early Diagnosis of the Acute Abdomen* del Sr. Vincent Zachary, actualmente en su edición 22, apareció primero en 1921; otros venerables textos que todavía se están publicando incluyen: *Principles of Internal Medicine*, de Harrison (1950), *Textbook of Pediatrics* de Nelson (1945), y *The Pharmacological Basis of Therapeutics* de Goodman y Gilman (1941). *Pediatric Diagnostic Imaging* de Caffey (originalmente *Pediatric X-Ray Diagnosis* de Caffey durante las primeras nueve ediciones), es el libro de texto más largo publicado continuamente en la subespecialidad, y ha demostrado su valor durante siete décadas.

Este libro comienza como una labor de amor de John Caffey en una era sin computadoras, imágenes digitales, o PubMed. Cada capítulo fue dictado meticulosamente, mecanografiado, corregido, y vuelto a mecanografiar. Cada radiografía fue seleccionada cuidadosamente del propio archivo de enseñanza del Dr. Caffey en el Hospital de Niños en la ciudad de Nueva York. El Dr. Caffey, inicialmente se formó como pediatra, fue un médico perspicaz, quien destacó que los hallazgos radiográficos eran solo una parte de la evaluación diagnóstica; la adecuada atención al paciente requería la integración de la historia, examen físico, data de laboratorio, e imagenología. A pesar del gran esfuerzo involucrado, él fue el único autor de las primeras cuatro ediciones.

Con la quinta edición de 1967, el excompañero de Caffey, el Dr. Frederic N. Silverman, del Hospital de Niños de Cincinnati, participó en la preparación del texto, y continuó como un coeditor de la sexta y la séptima edición. Con la muerte del Dr. Caffey en 1978, Silverman se convirtió en el único editor de la octava edición en 1985. Con el tiempo, el Dr. Silverman añadió autores y expandió las secciones. El Dr. Jerald P. Kuhn se unió a Silverman como coautor con la novena edición de 1993, y luego lo sucedió como editor. Para la décima edición de 2003, el Dr. Kuhn añadió a los Dres. Jack O. Haller y Thomas L. Slovis como coautores, dos figuras importantes en educación de radiología pediátrica. El Dr. Slovis condujo la producción de la onceava edición, que tiene una modernización significativa del texto y las figuras. Esta adición tenía ocho editores asociados supervisando subsecciones del texto, reflejando la creciente complejidad y experiencia requerida en la prestación de cuidados de imágenes pediátricas. La doceava edición fue la primera en estar disponible electrónicamente, con imágenes expandidas y contenido de video. Se agregaron nuevos editores asociados para brindar la mejor experiencia posible. Esto ha continuado con la decimotercera edición actual, con contenidos actualizados que reflejan los cambios en el campo.

Teniendo en cuenta la manera en que ahora accedemos a la información y al contenido educativo, es justo preguntarse si libros como éste siguen siendo relevantes. Claramente, tengo un punto de vista

sesgado. La calidad de la información recuperada en línea a menudo no está clara, y gran parte de ese contenido está condensado y truncado, dejando de lado importantes detalles y asociaciones. Creo que la prosa bien construida de un autor con conocimiento experto y experiencia práctica en el mundo real, junto con imágenes ilustrativas, sigue siendo una forma poderosa y eficiente de transmitir información y facilitar el aprendizaje. Las listas de hechos y los contenidos en viñeta no pueden transmitir conceptos y síntesis más complejos. No importa cuál sea el medio, el contenido cuenta, y libros como éste tienen un contenido tremendamente valioso.

Aun así, a medida que aprendemos más sobre la ciencia de la educación, ¿cuál es el mejor método para presentar información a los alumnos jóvenes y mayores? Existe un debate continuo sobre el mejor medio para difundir contenido complejo y completo. Los libros son fáciles de utilizar, ellos son familiares. Es sencillo pasar de una sección a otra, retroceder unas pocas páginas sin perder su lugar, tomar notas en los márgenes. Los libros también pueden ser pesados y engorrosos. Son costosos de fabricar. Los formatos electrónicos también tienen sus pros y sus contras. Una computadora o tableta portátiles y livianas logran contener miles de libros de información. Posibilita la manipulación de las imágenes como en la práctica real. El video y las animaciones pueden aumentar la experiencia de aprendizaje. Es posible acceder a los textos en línea desde cualquier lugar con una conexión a Internet. La longitud del contenido no debe ser dictada por las limitaciones físicas de la página. Sin embargo, el tamaño de la pantalla determina y limita de alguna manera la cantidad y el método de la información que se muestra. Moverse de un lado a otro entre las secciones de contenido podría ser incómodo.

La decimotercera edición refleja esta tensión. Existe un libro en físico, pero también hay una presencia en línea y electrónica. El contenido adicional está disponible online para complementar el volumen impreso y con la finalidad de permitir a aquellos que prefieren los medios electrónicos tomar ventaja del material en una forma alternativa.

Quisiera agradecer al equipo de Elsevier, comenzando con Robin Carter, el editor de adquisiciones que todavía cree en la importancia de obras como ésta. Ann Anderson es nuestra especialista en desarrollo de contenidos, entre las que se incluyen muchas de las tareas que me impulsaron a realizar este libro. Stephanie Turza es nuestra gerente de proyectos, que con calma mantuvo el libro en movimiento. Nuestro diseñador Renee Duenow y nuestro comprador de arte Nichole Beard ayudó a crear la apariencia del libro, y el productor multimedia Vinod Kothaparamath hizo posible el contenido en línea. Y por supuesto, gracias a los autores y editores quienes compartieron su tiempo y experiencia para hacer posible esta edición.

Brian D. Coley, MD

Contenido

Tomo 1

SECCIÓN 1

Efectos de radiación y seguridad

1. Efectos biológicos de la radiación, riesgos y protección radiológica en imagenología médica en niños, 1
Joseph T. Davis y Donald P. Frush
2. Seguridad de la resonancia magnética, 8
Ramkumar Krishnamurthy y Jean A. Tkach
3. Complicaciones de los medios de contraste, 17
Gauravi K. Sabharwal

SECCIÓN 2

Cabeza y cuello

PARTE 1 Órbita, 22

4. Embriología, anatomía, hallazgos normales y técnicas imagenológicas, 22
Srikala Narayanan, Eric Faerber y Andre Dietz Furtado
5. Anomalías prenatales, congénitas y neonatales, 27
Ashley James Robinson, Angela Byrne y Susan Blaser
6. Infección e inflamación de la órbita, 38
Benita Tamrazi
7. Neoplasia orbitaria, 44
Tamara Feygin y Avrum N. Pollock

PARTE 2 Nariz y senos paranasales, 57

8. Nariz y cavidades nasales, 57
Diana P. Rodriguez

PARTE 3 Oído y hueso temporal, 72

9. Embriología, anatomía, hallazgos normales y técnicas imagenológicas, 72
Korgün Koral
10. Anomalías congénitas y neonatales, 77
Timothy N. Booth
11. Infección e inflamación, 85
Timothy N. Booth
12. Neoplasia, 93
Korgün Koral

PARTE 4 Cuello, 97

13. Embriología y anatomía del cuello, 97
Wael Abdalla y Vera R. Sperling

14. Anomalías prenatales, congénitas y neonatales, 105
Anna Shifrin y Tamara Feygin

15. Infección e inflamación, 116
Tyson R. Finlinson, Grace S. Mitchell y Lisa H. Hutchison

16. Neoplasia, 122
Karen K. Moeller

PARTE 5 Tiroides y paratiroides, 130

17. Tiroides y paratiroides, 130
Hollie A. Lai

SECCIÓN 3 Neurorradiología

PARTE 1 Cráneo y cara, 143

18. Embriología, anatomía, hallazgos normales y técnicas imagenológicas, 143
Thomas L. Slovis, Kristin A. Fickenscher y Andrew Johansen
19. Imagenología prenatal, 158
Ashley James Robinson, Susan Blaser y A. Michelle Fink
20. Craneosinostosis, síndromes craneofaciales selectos y otras anomalías del cráneo, 162
Jason F. Tobler, Thomas L. Slovis y Arlene A. Rozzelle
21. Neoplasmas, neoplasma parecido a lesiones e infecciones del cráneo, 181
Travis H. Kauffman, David B. Nielsen y Thomas L. Slovis

PARTE 2 Mandíbula, 191

22. La mandíbula, 191
Laura Dinneen y Thomas L. Slovis

PARTE 3 Trauma craneal y facial, 202

23. Lesiones traumáticas del cráneo y la cara, 202
Erin K. Opfer y Thomas L. Slovis

PARTE 4 Cerebro, 211

24. Embriología y desarrollo cerebral, 211
Marvin D. Nelson Jr.
25. Espectroscopia por resonancia magnética y tomografía por emisión de positrones, 218
Andre Dietz Furtado, Celso Hygino da Cruz Jr., Wael Abdalla, Stefan Bluml y Ashok Panigrahy
26. Imagenología por resonancia magnética ponderada en difusión: principios e implementación en escenarios clínicos y de investigación, 226
Jessica L. Wisnowski, Rafael C. Ceschin y Vincent J. Schmithorst

- 27.** Imágenes por resonancia magnética funcional, 233
James Leach
- 28.** Imagenología de perfusión y magnetoencefalografía, 238
Arastoo Vossough
- 29.** Imagenología prenatal, 245
Dorothy Bulas
- 30.** Lesión cerebral neonatal, 251
Andre Dietz Furtado, Jessica L. Wisnowski y Ashok Panigrahy
- 31.** Malformaciones congénitas del cerebro, 266
Nancy Rollins
- 32.** Hidrocefalia, 290
Giulio Zuccoli y Subramanian Subramanian
- 33.** Trastornos metabólicos y neurodegenerativos heredados, 299
Giulio Zuccoli y Kim M. Cecil
- 34.** Infección e inflamación, 323
Alexis B. Rothenberg Maddocks y Avrum N. Pollock
- 35.** Neoplasmas cerebrales pediátricos, 346
Sanjay P. Prabhu y Tina Young Poussaint
- 36.** Trastornos cerebrovasculares, 358
Jordan Smith, Ross Holwerda y Lisa H. Hutchison
- 37.** Accidente cerebrovascular pediátrico, 364
Susan Sotardi, Michael Rivkin, Katyucia De Macedo Rodrigues y P. Ellen Grant
- 38.** Neuroimagenología en la epilepsia pediátrica, 374
Elysa Widjaja
- 39.** Trauma, 382
Joshua D. Wermers y Lisa H. Hutchison
- PARTE 5 Columna vertebral y médula espinal, 393**
- 40.** Embriología, anatomía y hallazgos normales, 393
Peter Winningham y Lisa H. Hutchison
- 41.** Técnicas imagenológicas de la médula espinal, 397
Sumit Pruthi y Lisa H. Hutchison
- 42.** Imagenología prenatal, 401
Erin Simon Schwartz
- 43.** Anomalías congénitas de la columna, 408
Kevin R. Moore
- 44.** Infecciones de la columna y la médula espinal, 419
Alexis B. Rothenberg Maddocks y Avrum N. Pollock
- 45.** Tumor espinal y condiciones parecidas a tumor, 428
Lisa H. Hutchison y Kalie Adler
- 46.** Lesiones vasculares, 437
Joseph V. Loeb, Lisa H. Hutchison y Kay North
- 47.** Trauma, 441
Peter Winningham y Lisa H. Hutchison

SECCIÓN 4 Sistema respiratorio

PARTE 1 Vista general, 447

- 48.** Embriología, anatomía y fisiopatología del pulmón neonatal, 447
Beverley Newman
- 49.** Técnicas imagenológicas, 457
Hyun Woo Goo, Laura A. Drubach y Edward Y. Lee
- 50.** Imagenología e intervención prenatal, 468
Dorothy Bulas

PARTE 2 Vía aérea, 476

- 51.** Enfermedad de la vía aérea superior, 476
Bernard F. Laya y Edward Y. Lee
- 52.** Enfermedad de la gran vía aérea inferior, 486
Edward Y. Lee

PARTE 3 Pulmones, 495

- 53.** Anomalías congénitas del pulmón, 495
Monica Epelman, Edward Y. Lee y Beverley Newman
- 54.** Infección pulmonar, 513
Sjirk J. Westra, Ali Yikilmaz y Edward Y. Lee
- 55.** Neoplasia, 527
Winnie C. W. Chu, Monica Epelman y Edward Y. Lee
- 56.** Enfermedad pulmonar difusa, 538
Evan J. Zucker y Edward Y. Lee
- 57.** Manifestaciones pulmonares de la enfermedad sistémica, 547
Julie Currie O'Donovan y Beverley Newman

PARTE 4 Mediastino, 558

- 58.** El mediastino, 558
Gerald G. Behr, Ricardo Restrepo y Edward Y. Lee

PARTE 5 Pared torácica, pleura y diafragma, 571

- 59.** La pared torácica, 571
Ricardo Restrepo y Edward Y. Lee
- 60.** La pleura, 582
Ricardo Restrepo y Edward Y. Lee
- 61.** El diafragma, 587
Ricardo Restrepo y Edward Y. Lee

SECCIÓN 5 Corazón y grandes vasos

PARTE 1 Vista general, 593

- 62.** Embriología introductoria, 593
James René Herlong
- 63.** Anatomía cardiovascular y abordaje segmentario a la imagenología de la enfermedad cardíaca congénita, 597
Rajesh Krishnamurthy

PARTE 2 Técnicas imagenológicas, 611

- 64.** Ecocardiografía pediátrica, 611
James René Herlong
- 65.** Radiografía de tórax en la enfermedad cardiovascular pediátrica, 613
J. A. Gordon Culham y John B. Mawson
- 66.** Angiografía por tomografía computarizada cardiotorácica pediátrica, 617
Elizabeth F. Sheybani y Donald P. Frush
- 67.** Imagenología por resonancia magnética para la enfermedad cardíaca congénita, 625
Elizabeth F. Sheybani
- 68.** Cateterización y electrofisiología cardíaca pediátrica, 629
John F. Rhodes y Ronald J. Kanter
- 69.** Consideraciones quirúrgicas para la enfermedad cardíaca congénita, 637
Asvin M. Ganapathi y Andrew J. Lodge
- 70.** Imagenología y terapia prenatal de la enfermedad cardíaca congénita, 642
David N. Schidlow y Mary T. Donofrio

PARTE 3 Anomalías congénitas y cardiovasculares, 652

- 71.** Conexiones anormales venosas pulmonares y sistémicas, 652
Joyce T. Johnson, Angira Patel, Brian Reilly y Cynthia K. Rigsby
- 72.** Derivaciones sistémicas a arterias pulmonares, 657
Joseph A. Camarda, Joshua D. Robinson y Cynthia K. Rigsby
- 73.** Lesiones del corazón izquierdo, 664
Amanda M. Perak, Brian Reilly, Joshua D. Robinson y Cynthia K. Rigsby
- 74.** Lesiones del corazón derecho, 672
Nazia Husain, R. Andrew deFreitas, Cynthia K. Rigsby y Andrada R. Popescu
- 75.** Anomalías conotruncales, 678
Maryam Ghadimi Mahani, Prachi P. Agarwal, Jimmy C. Lu y Adam L. Dorfman
- 76.** Anomalías congénitas de las grandes arterias torácicas, 689
Simon Lee
- 77.** Enfermedad de la arteria coronaria en los niños, 697
Simon Lee
- 78.** Síndromes y anomalías cromosómicas, 708
Beverley Newman, Alexander J. Towbin y Frandics P. Chan

PARTE 4 Anomalías cardiovasculares adquiridas, 723

- 79.** Enfermedades miocárdicas, endocárdicas y pericárdicas, 723
Randolph Otto, A. Luana Stanescu y Mark Ferguson
- 80.** Tumores cardíacos y pericárdicos, 733
Karen Lyons y S. Bruce Greenberg

- 81.** Afectación cardiovascular por enfermedades sistémicas, 737
Beverley Newman, Alexander J. Towbin y Frandics P. Chan
- 82.** Enfermedades adquiridas de los grandes vasos torácicos, 745
Cynthia K. Rigsby y Frandics P. Chan

Tomo 2**SECCIÓN 6 Sistema gastrointestinal****PARTE 1 Vista general, 751**

- 83.** Embriología, anatomía y hallazgos normales, 751
Amie M. McPherson y Evelyn Y. Anthony
- 84.** Técnicas de imagenología, 761
Marta Hernanz-Schulman, Lisa States y Shreyas Vasanawala
- 85.** Imagenología prenatal gastrointestinal y hepatobiliar, 777
Christopher I. Cassady
- 86.** La pared abdominal y la cavidad peritoneal, 789
Katrina F. Chu y Michael S. Gee

PARTE 2 Sistema hepatobiliar, 810

- 87.** Anomalías hepatobiliares congénitas, 810
Govind B. Chavhan
- 88.** Enfermedades adquiridas del tracto biliar, 816
Govind B. Chavhan
- 89.** Enfermedad parenquimatosa del hígado, 822
Moungnyan Cox, Monica Epelman y Daniel J. Podberesky
- 90.** Causas infecciosas de la enfermedad del hígado, 830
Melissa A. Hilmes
- 91.** Neoplasia, 838
Josée Dubois y Michael Ditchfield
- 92.** Anomalías vasculares del hígado, 851
Douglas C. Rivard y Patrick N. Bacon
- 93.** Trasplantes de hígado en niños, 862
Douglas C. Rivard y Geetika Khanna

PARTE 3 Bazo, 873

- 94.** El bazo, 873
Josephine M. Ndolo, Stephanie E. Spottswood y Marta Hernanz-Schulman

PARTE 4 Páncreas, 887

- 95.** El páncreas, 887
Anuradha S. Shenoy-Bhangle, Sudha A. Anupindi y Michael S. Gee

PARTE 5 Esófago, 901

- 96.** Anomalías congénitas y neonatales, 901
Wendy Drew Ellis
- 97.** Trastornos de deglución, 911
Steven Kraus, Jayne M. Seekins y Henrique M. Lederman

- 98.** Trastornos esofágicos adquiridos, 917
Alexander J. Towbin y Lincoln O. Diniz

PARTE 6 Estómago, 929

- 99.** Anomalías congénitas y neonatales del estómago, 929
Nancy R. Fefferman, Sudha P. Singh, y Marta Hernanz-Schulman
- 100.** Estenosis hipertrófica pilórica, 935
Marta Hernanz-Schulman
- 101.** Trastornos adquiridos, 945
Ellen Cecilia Benya

PARTE 7 Duodeno e intestino delgado, 953

- 102.** Duodeno e intestino delgado: anomalías congénitas y neonatales, 953
Marta Hernanz-Schulman
- 103.** Anomalías adquiridas, 979
Marta Hernanz-Schulman
- 104.** Lesiones adquiridas del intestino delgado, 988
Mary-Louise C. Greer

PARTE 8 Colon, 1008

- 105.** Trastornos congénitos y neonatales, 1008
Marta Hernanz-Schulman
- 106.** Enfermedades inflamatorias e infecciosas, 1024
Mary-Louise C. Greer y Tahani M. Ahmad
- 107.** Intususcepción, 1040
Kimberly E. Applegate y Marta Hernanz-Schulman
- 108.** Tumores y condiciones parecidas a tumor, 1050
M. Beth McCarville
- 109.** Trauma abdominal, 1058
George A. Taylor y Carlos J. Sivit

SECCIÓN 7

Sistema genitourinario

PARTE 1 Vista general, 1065

- 110.** Embriología, anatomía y variantes de los riñones y el tracto genitourinario, 1065
Sally J. Smith, Brooke S. Lampl y Jonathan R. Dillman
- 111.** Técnicas imagenológicas, 1076
Amy B. Kolbe, Larry A. Binkovitz, M. Beth McCarville, and J. Damien Grattan-Smith
- 112.** Imagenología e intervencionismo prenatal, 1087
Teresa Chapman y Judy A. Estroff

PARTE 2 Imagenología e intervención prenatal, 1096

- 113.** Anomalías congénitas y neonatales, 1096
Jonathan R. Dillman y Kassa Darge
- 114.** Anomalías adquiridas, 1111
Robert G. Wells

- 115.** Neoplasmas renales, 1118
Ethan A. Smith y D. Gregory Bates

- 116.** Condiciones vasculares, 1126
Robert G. Wells

- 117.** Insuficiencia renal y trasplante, 1133
Harriet J. Paltiel

PARTE 3 Tracto urinario inferior, 1139

- 118.** El uréter, 1139
Andrew H. Schapiro y Jonathan R. Dillman
- 119.** Reflujo vesicoureteral, 1148
Boaz Karmazyn y Brandon P. Brown
- 120.** Vejiga y uretra, 1157
Hollie C. West y Christopher G. Anton

PARTE 4 Suprarrenales y retroperitoneo, 1167

- 121.** Condiciones congénitas y neonatales, 1167
Oscar M. Navarro y Alan Daneman
- 122.** Condiciones adquiridas, 1172
Oscar M. Navarro y Alan Daneman

PARTE 5 Trauma, 1179

- 123.** Trauma genitourinario, 1179
George A. Taylor

PARTE 6 Órganos reproductores, 1185

- 124.** Trastornos del desarrollo sexual, 1185
Harris L. Cohen y Stephen F. Miller
- 125.** Anomalías del tracto genital masculino, 1193
Harris L. Cohen y Stephen F. Miller
- 126.** Anomalías del tracto genital femenino, 1201
Harris L. Cohen y Anand Dorai Raju
- 127.** Amenorrea y anomalías de la pubertad, 1212
Harris L. Cohen y Anand Dorai Raju

SECCIÓN 8

Sistema musculoesquelético

PARTE 1 Vista general, 1219

- 128.** Embriología, anatomía y hallazgos normales, 1219
J. Herman Kan y Peter J. Strouse
- 129.** Técnicas imagenológicas, 1237
Arthur B. Meyers y J. Herman Kan
- 130.** Imagenología musculoesquelética prenatal, 1239
Christopher I. Cassady

PARTE 2 Malformaciones congénitas, 1245

- 131.** Anomalías congénitas del hueso, 1245
J. Herman Kan y Tal Laor
- 132.** Displasias esqueléticas y trastornos cromosómicos selectos, 1258
Jerry Dwek y Ralph S. Lachman

PARTE 3 Trastornos en la alineación, 1296

- 133.** Trastornos de alineación, 1296
Matthew R. Hammer, Yassine Kanaan y Peter J. Strouse
- 134.** Escoliosis, 1309
Eric P. Eutsler, Arthur B. Meyers y Sumit Pruthi
- 135.** Displasia del desarrollo de la cadera, 1316
Sabah Servaes

PARTE 4 Artritis y otros trastornos inflamatorios, 1323

- 136.** Artritis y trastornos inflamatorios articulares diferenciales, 1323
Arthur B. Meyers, Andrea Schwarz Doria y Paul Babyn

PARTE 5 Infecciones, 1349

- 137.** Infecciones musculoesqueléticas, 1349
J. Herman Kan, Arthur B. Meyers y E. Michel Azouz

PARTE 6 Tumores y condiciones parecidas a tumor, 1365

- 138.** Tejido blando y tumores óseos, 1365
Mahesh M. Thapa, Sue Creviston Kaste y James S. Meyer

PARTE 7 Trastornos metabólicos y endocrinos, 1396

- 139.** Enfermedad metabólica ósea, 1396
Lauren W. Averill y Richard M. Shore
- 140.** Trastornos endocrinos, 1407
Eric P. Eutsler y Richard M. Shore

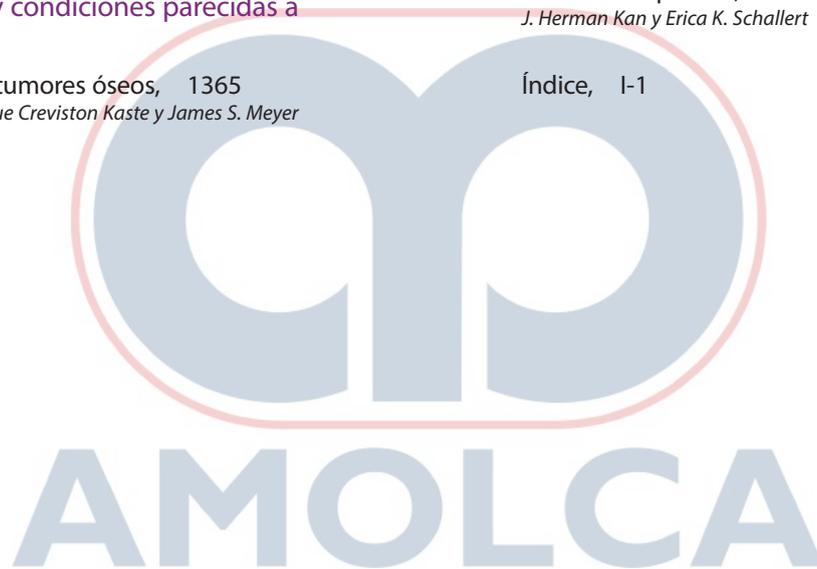
PARTE 8 Enfermedad sistémica, 1414

- 141.** Manifestaciones esqueléticas de la enfermedad sistémica, 1414
Robert C. Orth y R. Paul Guillerman

PARTE 9 Trauma, 1432

- 142.** Trauma esquelético, 1432
Deepa R. Pai y Peter J. Strouse
- 143.** Abuso infantil, 1454
Peter J. Strouse
- 144.** Medicina deportiva, 1464
J. Herman Kan y Erica K. Schallert

Índice, I-1



Contenidos en video

Capítulo 14 Anomalías prenatales, congénitas y neonatales

- Deglución fetal
- Deglución fetal normal

Capítulo 55 Neoplasia

- Carcinoma mucoepidermoide

Capítulo 67 Imagenología por resonancia magnética para la enfermedad cardíaca congénita

- Estenosis aórtica, sagital y coronal resuelta en el tiempo
- Coartación aórtica
- Estenosis aórtica

Capítulo 69 Consideraciones quirúrgicas para la enfermedad cardíaca congénita

- MRI cardíaca en un paciente con tetralogía de Fallot previamente reparada, vista 1
- MRI cardíaca en un paciente con tetralogía de Fallot previamente reparada, vista 2

Capítulo 73 Lesiones del corazón izquierdo

- Ventriculo izquierdo marginalmente hipoplásico para evaluar una reparación de ventriculo doble *versus* ventriculo único
- Válvula aórtica bicúspide en un paciente de 25 años con historia de coartación aórtica
- Válvula aórtica bicúspide en un paciente de 25 años con historia de coartación aórtica, mostrando el inflado hacia arriba de las valvas de la válvula aórtica y el chorro postestenótico turbulento
- Flujo sistólico vacío más allá de la coartación consistente con flujo turbulento a través de la coartación

Capítulo 75 Anomalías conotruncuales

- Tetralogía de Fallot, estatus post-reparación, estatus de remplazo valvular pospulmonar
- Tetralogía de Fallot, estatus post-reparación, estatus de remplazo valvular postranscatéter pulmonar
- Ventriculo derecho marcadamente dilatado con función sistólica general ligeramente deprimida
- Tracto de salida ventricular derecho dilatado con la pared anterior discinética en la región de parche transanular previo
- Flujo de ida y vuelta en la arteria pulmonar principal
- Hipertrofia del ventriculo derecho con arqueamiento del septo interventricular en el ventriculo izquierdo de presión más baja

- Aorta anterior e izquierda que surge del ventriculo morfológico derecho
- Desfase del chorro en la válvula pulmonar

Capítulo 78 Síndromes y anomalías cromosómicas

- Aorta tortuosa y arterias ilíacas con estenosis múltiples: infantes con el síndrome de Loey's Dietz
- Tortuosidad arterial difusa y estenosis múltiples
- Engrosamiento del miocardio del ventriculo derecho e izquierdo con cavidades ventriculares pequeñas: niña de 6 meses de nacida con características del síndrome de LEOPARD
- Espectro de anomalías anatómicas: neonata de 2 días de nacida con síndrome de Cantrell (patología de Cantrell)

Capítulo 79 Enfermedades miocárdicas, endocárdicas y pericárdicas

- Cardiomiopatía hipertrófica con engrosamiento asimétrico severo de la pared septal ventricular izquierda

Capítulo 80 Tumores cardíacos y pericárdicos

- Fibroma cardíaco con síndrome de Gorlin

Capítulo 85 Imagenología prenatal gastrointestinal y hepatobiliar

- Obstrucción duodenal con hiperperistalsis

Capítulo 97 Trastornos de deglución

- Penetración laríngea
- Penetración laríngea con aspiración traqueal

Capítulo 100 Estenosis hipertrófica pilórica

- Barrido sonográfico para encontrar al canal antropilórico: barrido que termina en el píloro norma 100-1
- Barrido sonográfico para encontrar al canal antropilórico: barrido que termina en el píloro hipertrofiado anormal de HPS
- Apariencia transitoria del HPS durante la actividad peristáltica normal en un infante normal
- Paso de aire a través del canal pilórico anormal
- Cambios en la longitud y grosor del canal antropilórico anormal en tiempo real

Capítulo 102 Anormalidades congénitas y neonatales

- Evaluación UGI del duodeno
- Vólvulo del intestino medio
- Vólvulo del intestino medio
- Vólvulo crónico del intestino medio

Capítulo 104 Lesiones adquiridas del intestino delgado

- Síndrome de Crohn causando obstrucción parcial del intestino delgado
- Estrechez ileal en la enfermedad de Crohn

Capítulo 107 Intususcepción

- Peristalsis activa en la intususcepción transitoria del intestino delgado
- Reducción de aire de la intususcepción

Capítulo 112 Imagenología e intervencionismo prenatal

- Enfermedad del riñón poliquistico fetal autosómico recesivo

Capítulo 130 Imagenología musculoesquelética prenatal

- Síndrome de bandas amnióticas



1

Efectos biológicos de la radiación, riesgos y protección radiológica en imagenología médica en niños

Joseph T. Davis y Donald P. Frush

El diagnóstico imagenológico ha evolucionado desde técnicas sencillas como la radiografía tratada en la primera edición del *Caffey's Pediatric X-Ray Diagnosis* en 1945 a especialidades con numerosas modalidades y técnicas. Muchas de ellas emplean radiación ionizante y algunas, como la tomografía computarizada (CT) y la medicina nuclear, ocasionan altas dosis de radiación.¹ Por lo tanto la comunidad imagenológica (y nuestros colegas médicos) deben adherirse de forma conjunta a dos principios de la protección radiológica para nuestros pacientes: justificación (el estudio está garantizado) y optimización (utilizando la técnica apropiada). Por ejemplo, en el procesamiento de las imágenes es posible adecuar las sobreexposiciones en una computadora o empleando un estudio radiológico digital directo. La imagen puede ser ajustada para que aparezca como si esta hubiese sido obtenida utilizando las técnicas estándares, mientras que con tecnología de película radiográfica la imagen de la placa sería reconocida como si hubiera sido obtenida por sobreexposición (oscura) (Fig. 1.1). Sin responsabilidad por mostrar mediciones de dosis (como el índice de exposición disponible con radiografía digital), es difícil o imposible tener en cuenta las exposiciones del paciente en la práctica clínica. Además, la justificación potencialmente irresponsable y no informada de las imágenes médicas ocurre cuando las personas no están familiarizadas con los métodos con el fin de estimar una dosis de radiación efectiva durante los exámenes de CT en niños. Se espera una mayor responsabilidad por parte de la comunidad médica, puesto que deben tener en cuenta el uso de modalidades de imagen que exponen a los niños (así como a los adultos) a la radiación ionizante. Como tal, una comprensión básica de la biología de la radiación, incluidos los efectos biológicos, las dosis de radiación de varios tipos de exámenes por imágenes y los riesgos de la misma, es esencial para el imagenólogo pediatra. Un glosario de términos y descripciones de dosis se encuentra en el *addendum* al final de este capítulo.

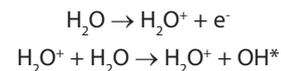
TENDENCIAS EN LA EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN MÉDICA EN NIÑOS

Alrededor de 4 mil millones de exámenes de imágenes empleando radiación ionizante (p. ej., radiografía, fluoroscopia/angiografía, CT y medicina nuclear) se realizan cada año alrededor del mundo.⁵ De manera corriente, en los Estados Unidos la imagenología médica representa un porcentaje significativo de la exposición anual a la radiación de la población.⁶ Las fuentes naturales o de fondo representan cerca del 50% de la exposición anual a la radiación en EUA y la radiación médica diagnóstica representa la mayor parte del resto, un aumento aproximado de 6 veces durante los últimos 30 años (Figs. 1.2A y B). La CT solo cuenta para casi el 25% de toda la exposición a la radiación en la población de los Estados Unidos.^{6,7} Existen muchas razones para el empleo creciente de la radiación en el diagnóstico médico y el uso de dicha radiación se basa en tomar buenas decisiones. Sin embargo, otros factores determinan su uso, incluida la medicina defensiva.

FISIOPATOLOGÍA DE LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN

Hall ha realizado una excelente revisión de radiobiología para el radiólogo.⁸ Los efectos biológicos de la radiación se deben principalmente al daño del ácido desoxirribonucleico (ADN). La partícula de rayos X, el fotón, cede su energía con el fin de producir una expulsión rápida

del electrón, que puede dañar el ADN de forma directa, pero que también logra interactuar con una molécula de agua para producir un radical libre (Fig. 1.3). Dicho radical es un átomo o molécula altamente reactivo con un electrón desapareado en la capa externa:



* el asterisco indica un radical libre.

Dos tercios del daño por rayos X se produce a través de radicales OH, lo que sugiere que algún día este componente del daño por radiación podría reducirse mediante el uso de radioprotectores químicos. El tema de los radioprotectores fue revisado en tiempo reciente.⁹

Los efectos biológicos de la radiación se deben principalmente al daño del ADN de doble cadena en oposición al daño de cadena única (véase Fig. 1.3). Las rupturas del ADN de cadena única se reparan de modo fácil y se presume que tienen un efecto insignificante. Las rupturas en ambas cadenas del ADN que están opuestas o separadas por unos pocos pares de bases son mucho más difíciles de reparar. Estas rupturas de doble cadena pueden causar efectos biológicos importantes que incluyen mutaciones genéticas, carcinogénesis y muerte celular. Las rupturas dicéntricas y fragmentadas resultan de manera característica en muerte celular, mientras que las reparaciones de la translocación no letales pudiesen causar un deterioro de la función celular, incluido el desarrollo de un oncogeno.⁸

El daño bioquímico y fisiológico producido por la radiación generalmente ocurre en cuestión de horas o días, pero el impacto de estos cambios, como la inducción del cáncer, puede tardar décadas en manifestarse. Este proceso carcinogénico tiene varios pasos. Las aberraciones en los cromosomas (p. ej., deleciones, translocaciones o aneuploidía) se producen por daño en el ADN. Debido a que estas células dañadas sobreviven, se convierten en "aberraciones estables" (algunas con transformación neoplásica), el primer paso hacia la carcinogénesis inducida por radiación. El segundo paso es la inmortalidad celular; es decir, la mayoría de las células cancerosas son descendientes de una única célula que originalmente sufrió una transformación neoplásica. El tercer paso es tumorigenicidad. La exposición a la radiación induce una inestabilidad genómica celular que se transmite a la progenie, Little la describió como "un persistente mejoramiento en la rata a la cual los cambios genéticos se producen en los descendientes de células irradiadas después de muchas generaciones de replicación... [este proceso] se ha denominado efecto no focalizado de la radiación, ya que el daño genómico ocurre en las células que en sí mismas no recibieron exposición directa a la radiación."¹⁰

La mayoría de los tumores en la niñez ocurren de modo esporádico, pero en el 10 al 15% de los casos, hay una fuerte asociación familiar y una base genética para la sensibilidad a la radiación. Las personas con ciertas enfermedades son especialmente sensibles a los cánceres inducidos por la radiación, aunque el mecanismo exacto no está claro (Cuadro 1.1).

TIPOS DE BIOEFECTOS DE LA RADIACIÓN

Los dos tipos de efectos biológicos de la radiación son los que se producen en los tejidos (también llamados *deterministas*) y los efectos estocásticos (aleatorios).

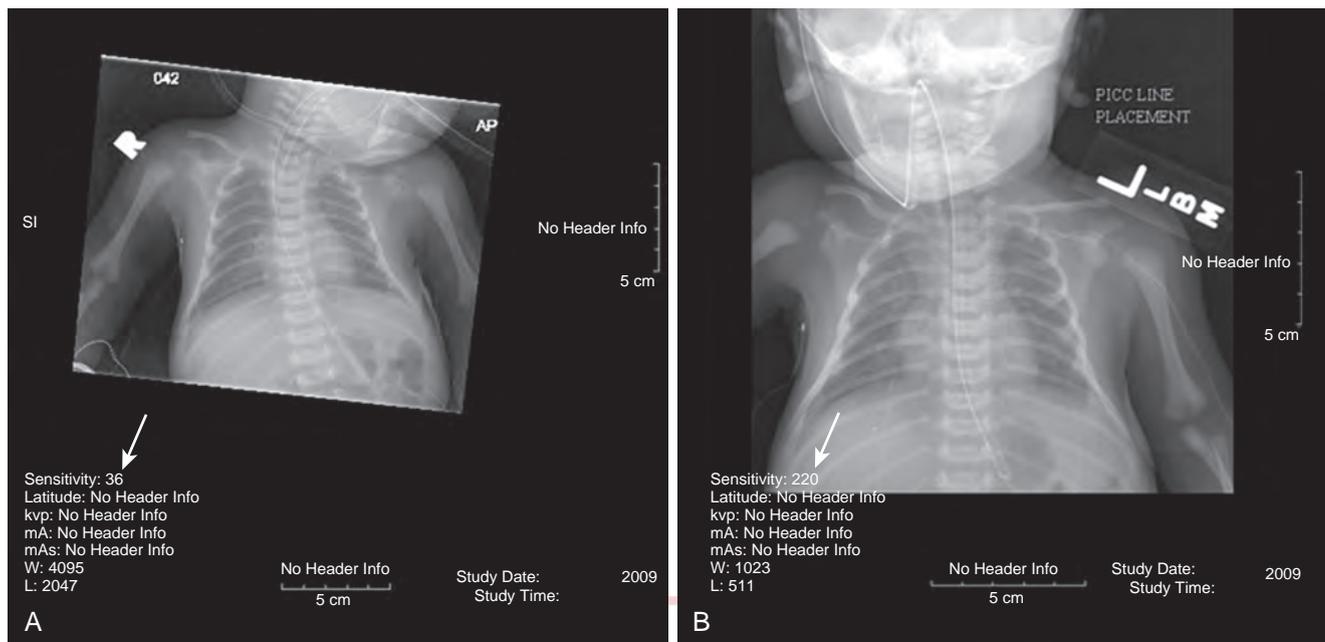


Figura 1.1. (A) La radiografía de tórax neonatal tiene un índice de exposición (valor “S” 36) (flecha) muy bajo, lo que indica una exposición a la radiación relativamente alta, lo que habría oscurecido esta imagen con tecnología de película radiográfica. Esta radiografía fue procesada para producir un contraste y brillo apropiados. (B) Después del ajuste a un índice de exposición más adecuado (valor “S” 220) (flecha). La calidad de imagen es muy similar. Se incluyó el brazo izquierdo porque la evaluación fue para la colocación percutánea del catéter central permanente. (De Grush DP. *Protección radiológica en niños sometidos a imágenes médicas*. En Daldrup-Link HE, Gooding CA, eds. *Essentials of Pediatric Radiology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. Usado con permiso).

CUADRO 1.1 Síndromes humanos hereditarios asociados a la sensibilidad de los rayos X

- Ataxia telangiectasia
- Síndrome nevoide de células basales
- Síndrome de Cockayne
- Síndrome de Down
- Anemia de Fanconi
- Síndrome de Gardner
- Síndrome de ruptura de Nijmegen
- Síndrome de Usher

De Hall EJ. *Radiobiology for the radiologist*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.

Los bioefectos tisulares se caracterizan por una dosis umbral y la gravedad del efecto depende de la dosis. Por ejemplo, las cataratas ocurren por encima de un umbral que los datos recientes sugieren cerca de 500 mGy.¹¹ La Tabla 1.1 muestra algunas de las dosis para efectos deterministas. En general, tales efectos de las dosis de diagnóstico por imágenes son raros en extremo. Se han informado excepciones con la tomografía computarizada de perfusión cerebral en adultos.¹² Los efectos deterministas tales como úlceras y quemaduras en la piel nunca deberían ocurrir a partir del diagnóstico imagenológico, pero a veces se observan con procedimientos de intervención relativamente largos.

Los efectos estocásticos son más preocupantes porque tienen el potencial de ocurrir a cualquier dosis y la gravedad del efecto es independiente de la misma. No existe un umbral con efectos estocásticos, pero la probabilidad de una secuela (p. ej., cáncer) aumenta con dosis crecientes.

TABLA 1.1 Tasas de dosis deterministas

Lesión en la piel	Umbral aproximado
Piel	
Eritema transitorio	200 rad (2 Gy)
Descamación en seco	1000 rad (10 Gy)
Descamación húmeda	1500 rad (15 Gy)
Depilación temporal	200 rad (2 Gy)
Depilación permanente	700 rad (7 Gy)
Efectos tardíos en el tejido	Más variable

De Hall EJ. *Radiobiology for the radiologist*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.

FETOS Y NIÑOS TIENEN MAYORES RIESGOS DE RADIACIÓN

Desde una perspectiva de salud pública, todas las radiaciones ionizantes, incluida la de las imágenes médicas, se consideran dañinas en potencia porque suponemos que no existe un umbral por debajo del cual la radiación es segura (es decir, no se producirán efectos nocivos). Este modelo de “umbral no lineal” se aplica a la exposición de la radiación a bajo nivel.^{13,14}

Los efectos de la radiación son mayores en tejidos y órganos de rápido desarrollo en fetos, infantes y niños pequeños. En el embarazo, los principales efectos biológicos de la muerte fetal, la restricción del crecimiento, las malformaciones orgánicas y los déficits cognitivos solo se observan con dosis muy superiores a las imágenes diagnósticas de rutina.¹⁵ El riesgo de desarrollar cáncer desde la exposición de un feto a la radiación es incierto; se pueden observar efectos potenciales con dosis uterinas que ocurren como resultado de exposiciones directas relativamente altas (p. ej., una tomografía computarizada de pelvis para una posible apendicitis). Ningún dato en humanos indica que los efectos genéticos sean el resultado de los niveles de diagnóstico de la radiación.

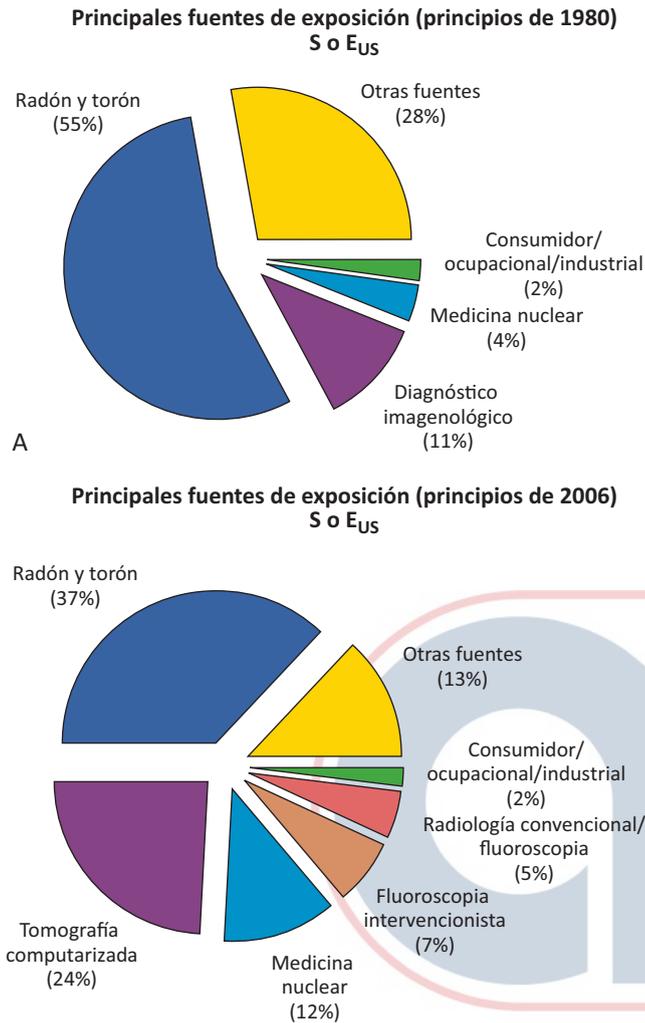


Figura 1.2. Todas las categorías de exposición para la dosis efectiva colectiva (%), principios de 1980 (A) y 2006 (B). (Datos del Consejo Nacional de Protección y Medición de Radiación, exposición a la radiación de la población de los Estados Unidos [Informe NCRP No. 160]. Bethesda, MD: Consejo Nacional de Protección y Medición de Radiación, 2009. Utilizado con autorización).

En comparación con los adultos de mediana edad, los niños son de 2 a 15 veces más sensibles a la carcinogénesis inducida por la radiación.^{16,17} Sin embargo, Shuryak *et al.* notaron recientemente que el riesgo de inducción del cáncer (mayor a edades más tempranas) debe ser balanceado con la promoción inducida por la radiación del daño premaligno (mayor en la mediana edad), que puede diferir para ciertos tipos de cáncer.¹⁸ Por lo tanto, los riesgos de cáncer podrían ser mayores en la población adulta de lo que de forma tradicional se cree.¹⁹

Los efectos de dosis bajas han sido descritos por Pierce y Preston, que estudiaron los datos de los sobrevivientes de la bomba atómica informados por la *Radiation Effects Research Foundation*.²⁰ Entre las personas que habían recibido dosificaciones de 0,005 a 0,2 sievert (500 mrad a 20 rad), 35.000 personas sobrevivieron y se desarrollaron 5.000 casos de cáncer. Los autores llegaron a las siguientes conclusiones: primero, el riesgo de cáncer sólido persiste por más de 50 años. En segundo lugar, hay un aumento de 10% sobre la tasa de cáncer esperada.²⁰ Los factores de riesgo de dosis baja se muestran en la Figura 1.4.

El aumento general del riesgo de cáncer en exceso para toda la población sugerido por la Comisión Internacional de Protección Radiológica ha generado el 5% por sievert para baja dosis y baja tasa de dosis. Este es un valor promedio; para los adultos en la edad

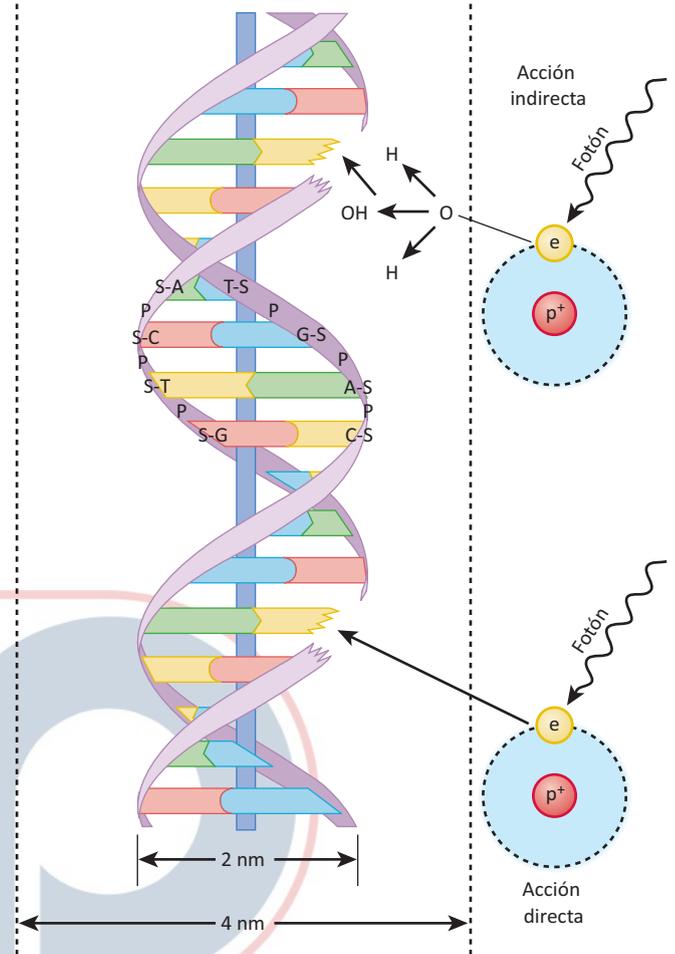


Figura 1.3. Acción directa e indirecta. Acción indirecta (parte superior de la figura), un electrón daña el ácido desoxirribonucleico (ADN). En la acción indirecta, el electrón secundario interactúa con una molécula de agua para producir un radical hidroxilo que luego daña el ADN, en este caso afecta a una sola cadena. (The Hall EJ. *Radiation biology for pediatric radiologist*. *Pediatr Radiol*. 2009; 39 [1]: S57-S64. Utilizado con permiso).

madura, el exceso de riesgo disminuye a solo 1% por sievert, mientras que en los niños, el exceso de riesgo puede ser tan alto como 16% por sievert para las niñas y los niños un 12%. La dosis femenina es más alta debido a la mayor incidencia de cánceres de mama y tiroides (Fig. 1.5). Los riesgos de radiación en la excelente imagenología diagnóstica de radiación de bajo nivel fueron analizados recientemente.²¹ Dos revisiones también fueron publicadas hace un corto tiempo por Linet *et al.* (e-Tabla 1.2).^{22,23} Tenemos una incertidumbre cautelosa sobre el riesgo de cáncer y la radiación de bajo nivel.^{24,25} Como Hricak *et al.* enuncian "En resumen, existe una evidencia epidemiológica razonable, aunque no definitiva, de que las dosis de órganos en el rango de 5 a 125 mSv resultan en un muy pequeño pero estadísticamente nonzero significativo incremento del riesgo de cáncer".²⁶

EXPOSICIONES A LA RADIACIÓN DE VARIAS MODALIDADES DE IMAGEN

Cuando se habla de la dosis de radiación, es importante establecer claramente si se considera la dosis de entrada, aquella para la piel, la de salida o la dosis de órgano (absorbida). Por ejemplo, puede existir una gran diferencia entre la dosis en la piel y la gonadal para la misma radiación incidente. (Los términos para la dosis y las comparaciones cuantitativas se proporcionan en el glosario, y las medidas de estas se proporcionan en el Cuadro 1.2.). "Dosis efectiva" es una

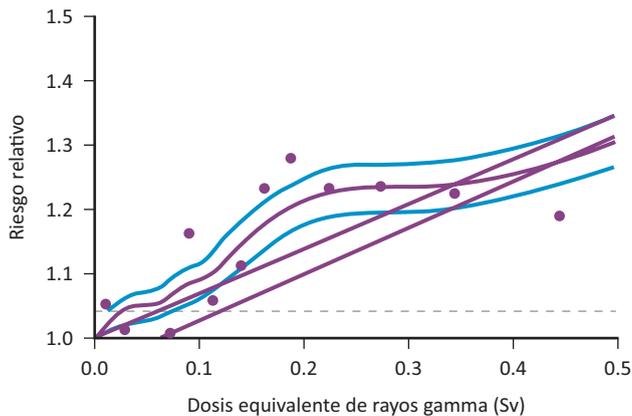


Figura 1.4. Riesgos estimados de baja dosis. Tasas de cáncer específicas por edad durante el período de seguimiento desde 1958 a 1994 en relación con las tasas para las personas sin exposición promediados durante el seguimiento por sexo y por edad en la exposición. La línea discontinua representa ± 1 error de desviación estándar para la curva lisa de color morado. La línea recta superior es la estimación de riesgo lineal calculada a partir del rango de 0 a 2 Sv. La segunda línea recta que comienza en 0.06 Sv es el límite superior de confianza del 95% para tal cantidad, (de Pierce DA, Preston DL. *Riesgos de cáncer relacionados con la radiación en dosis bajas entre los sobrevivientes de la bomba atómica. Radiat Res. 2000;154:178-186.*)

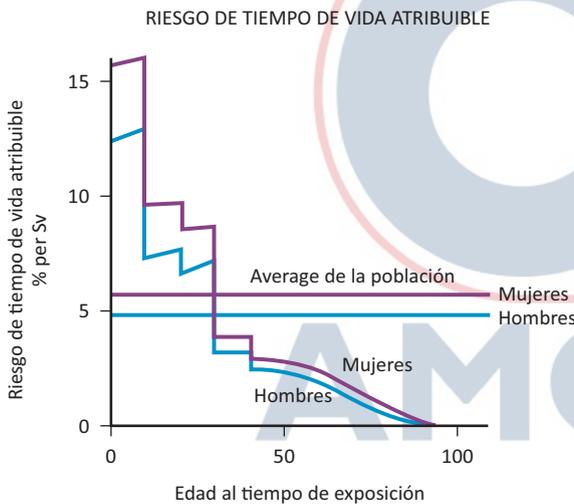


Figura 1.5. Riesgo de por vida de exceso de cáncer por sievert como una función de la edad en el momento de la exposición. Datos de sobrevivientes de la bomba atómica. Aunque el riesgo promedio para una población es de alrededor del 5% por sievert, el riesgo varía considerablemente con la edad; los niños son mucho más sensibles que los adultos. En edades menores, las niñas tienen mayor sensibilidad que los niños. (De Hall EJ. *Introducción a la sesión I. CT helicoidal y riesgo de cáncer Pediatr Radiol. 2002;32: 225-227.*)

medida de radiación que se usa ampliamente en las discusiones médicas en esa materia. Es utilizada de modo común porque es relativamente fácil de obtener y ofrece comparaciones brutas de estimaciones de dosis entre exámenes de diferentes regiones, así como distintas modalidades. Sin embargo, la aplicación de dosis efectiva en imágenes médicas podría ser problemática.^{27,28}

Las estimaciones publicadas para las dosis de radiación en adultos y niños incluyen las de Fahey *et al.* y Mettler *et al.*^{29,30} En resumen la dosis radiográfica varía desde una fracción de milisievert (en la evaluación de la extremidad) a dosis algo mayores de más de 1,0 mSv con la finalidad de exámenes más extensos, como una columna vertebral lumbar. Las dosis fluoroscópicas dependen en especial de parámetros técnicos, tiempo de fluoroscopia, filtros empleados,

CUADRO 1.2 Radiación Métricas

A. DOSIS ABSORBIDA—DOSIS DE RADIACIÓN ABSORBIDA (RAD), GRAY (GY)

- 1 Gy = 100 rad
- 1 cGy = 1 rad = 1000 mrad
- 1 mGy = 100 mrad

B. USO DE LA DOSIS ABSORBIDA EQUIVALENTE—RADIACIÓN EQUIVALENTE—HOMBRE (REM), SIEVERT (SV)

- 1 Sv = 100 rem
- 10 mSv = 1 rem = 1000 mrem
- 1 mSv = 100 mrem
- Rem = rad \times Factor de calidad γ
- Rem = rad \times 1
- Debido a que el factor de calidad para rayos x y rayos γ = 1, rad = rem

C. NUCLEAR MEDICINE

1. Unidad de radioactividad—becquerel (Bq)
Bq = 1 desintegración/s
2. Unidad de radioactividad—curie (Ci)
1 Ci = 3.7×10^{10} Bq (desintegración/s)
1 Ci = 2.2×10^{12} desintegración/min
10 mCi = 370 mBq

magnificación y velocidad de fotogramas, y pudiese variar ampliamente desde una cistografía de muy baja dosis hasta aquellas en decenas de milisieverts para procedimientos intervencionistas complejos. La CT puede administrar una dosis relativamente grande de radiación ionizante. El número de estos exámenes ha aumentado de forma rápida, y los individuos de hasta 15 años se someten a aproximadamente el 11% de todos los exámenes de CT.³¹ Más información reciente ha revelado que la dosis (CTDI, ver glosario) de CT en adultos es inferior a 1,0 mSv hasta 40 mSv.^{29,30} Las dosis de CT pediátricas típicas deben ser inferiores a 10 mSv,^{29,32} y con las tecnologías de reconstrucción repetitiva, una creciente fragmentación de los exámenes corporales se aproximan o se realizan en el rango submilisieverts. Los datos sobre las dosis de radiación de exámenes selectivos de imágenes pediátricas se encuentran en los Cuadros 1.3 y 1.4.

ESTRATEGIAS PARA OPTIMIZAR LAS DOSIS DE RADIACIÓN EN NIÑOS

Los principios fundamentales con la finalidad de proteger a los niños de la radiación durante la obtención de imágenes incluyen la justificación y la optimización. La justificación para un estudio puede ser difícil de definir, aunque las recomendaciones sumarias y los criterios de adecuación en la obtención de imágenes médicas están disponibles.³³ El posible uso de modalidades de imágenes que no dependen de la radiación ionizante, especialmente la resonancia magnética y la ecografía, es fundamental en las decisiones de la justificación.

Cuando un examen se considera justificado, la técnica de imágenes debe optimizarse. La reducción de la radiación no siempre es apropiada porque algunos exámenes requieren proyecciones múltiples y adicionales, mayor tiempo de fluoroscopia o magnificación, o un menor ruido de la imagen (que requiere una dosis más alta) con el fin de responder preguntas clínicas específicas. Aquí está implícito el principio “tan bajo como sea razonablemente posible”, que involucra el uso la cantidad de radiación necesaria para el diagnóstico y no más (o menos).

La preparación del paciente y la programación del examen son primordiales. La planificación incluye la comunicación con el médico que ordena el examen, cuando es necesario clarificar las indicaciones de los estudios.³⁴ La comunicación también es importante antes y durante los exámenes fluoroscópicos y angiográficos para minimizar la fluoroscopia potencialmente no útil. El uso de personal debidamente capacitado y la participación con físicos médicos calificados, junto con las consideraciones de licencia, certificación y acreditación y revisiones de rutina de la función del equipo y los protocolos como

TABLA 1.3 Dosis de radiación a los niños por edad en el estudio diagnóstico

Examen *	Dosis (mSv) (por edad a la exposición [y])					
	0	1	5	10	15	Adulto
RADIOGRAFÍA †‡						
Cráneo AP	—	0.037	0.058	—	—	0.084
Cráneo LAP	—	0.025	0.031	—	—	0.041
Tórax PA	0.023	0.024	0.037	0.025	0.026	0.051
Abdomen AP	0.077	0.197	0.355	0.509	0.897	2.295
Pelvis AP	0.085	0.121	0.230	0.309	0.556	1.783
RADIOGRAFÍA DENTAL†						
Intraoral			0.008			0.011
Panorámico			0.015			0.015
PROCEDIMIENTO DE DIAGNÓSTICO FLUOROSCÓPICO †						
MCU	0.807	0.763	0.688	0.640	0.677	2.789
Trago de bario	0.645	0.589	0.303	0.760	0.581	1.632
Comida de bario	2.209	2.226	1.427	2.137	2.386	5.158
ASD oclusión cardíaca				3.88		5.158
PDA oclusión cardíaca				.021		
VSD oclusión cardíaca				12.1		
TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADAS						
Cerebro	2.3	2.2	1.9	2.0	2.2	1.9
Hueso facial/senos nasales	1.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9
Tórax	1.9	2.2	2.5	3.0	3.3	5.9
Abdomen entero	3.6	4.8	5.4	5.8	6.7	10.4
Columna	4.4	11.4	8	7.6	6.9	10.1

AP, anteroposterior; ASD, defecto del tabique auricular; LAT, lateral; MCU, cistouretrografía miccional; PA, posterolateral; PDA, conducto arterioso permeable; VSD, defecto del tabique ventricular.

* Las cantidades dosimétricas son todas dosis efectivas en milisieverts (mSv). † De Hart D, Hiller MC. Dosis a pacientes de exámenes médicos de rayos X en la revisión UK—2000. Chilton, Reino Unido: Consejo Nacional de Protección Radiológica 2007.

‡ De Hart D, Hiller MC. Dosis a pacientes de exámenes médicos de rayos X en la revisión UK—2002. Chilton, Reino Unido: Junta Nacional de Protección Radiológica; 2002.

De Galanski M, Nagel HD, Stamm G. Pediatric CT Exposure Práctica en la República Federal de Alemania—Resultados de una encuesta nacional en 2005/2006. Hannover, Alemania: Escuela de Medicina de Hannover. Las dosis de radiación se basan en una encuesta nacional alemana sobre CT multicorte. La dosis de radiación en cada categoría de grupo de edad es la dosis administrada a pacientes pediátricos recién nacidos (la categoría de 0 años), las edades >0-1 año (la categoría de 1 año), las edades de 2-5 años (la categoría de 5 años), las edades de 6-10 años (la categoría de 10 años), y las edades de 11-15 años (la categoría de 15 años).

parte del control y la evaluación de la calidad se están convirtiendo en componentes esperados de la protección radiológica en medicina.³⁵

Las estrategias de administración de dosis en imágenes radiográficas pediátricas incluyen: colimación, evaluación del número de proyecciones requeridas, consideración de la fuente al receptor y distancia paciente a receptor, protección cuando sea apropiado, uso de rejillas, filtro, atención a los factores de exposición y uso de técnicas de posprocesamiento. Las estrategias generales para proteger a los pacientes durante la radiografía se pueden encontrar en el material educativo de la Agencia Internacional de Energía Atómica.³⁶

Existen varias estrategias de administración de dosis para fluoroscopia y radiología intervencionista, incluidas las de la Agencia Internacional de Energía Atómica y la Alianza para la Seguridad de la Radiación en la Imagenología Pediátrica (*Image Gently Campaign*).^{37,39} Estas estrategias incluyen: evitar la superposición y la magnificación electrónica, la ubicación del intensificador de imagen antes de la activación fluoroscópica, uso de rejillas apropiadas y posicionamiento (p. ej., fuente a paciente y paciente a la distancia del intensificador), colimación y uso de filtros pediátricos específicos. Además, la última retención de imagen, fluoroscopia pulsada, almacenamiento de imágenes, captura

de video y alertas son parte de la optimización de exámenes destinados a los niños. La grabación de video durante los estudios puede proporcionar una revisión sin el empleo de una fluoroscopia adicional.

Se dispone de estrategias contemporáneas y optimización de exámenes con el fin de la administración de dosis de radiación en CT pediátrica, incluida la optimización del protocolo.^{40,43} Ajuste en los parámetros que son primariamente responsables para la dosis emitida—corriente de tubo (miliamperios), tiempo del ciclo del gantry en segundos, kilovoltaje máximo y la velocidad de la mesa: debe basarse en el tamaño del niño, la indicación del estudio, las exploraciones previas y la región examinada. Esfuerzos adicionales deberían incluir la minimización de los exámenes multifásicos, la longitud excesiva de escaneo y la superposición de regiones del estudio. La modulación de la corriente del tubo y de la dosis basada en el órgano (en la cual la corriente del tubo es reducida dentro de un arco y así disminuir la dosis de superficie a las estructuras anteriores como la mama cuando el paciente está en posición supina), tecnologías reconstructivas interactivas, kVp, rápida translación de la mesa, y fuente dual/tecnología de energía dual también han proporcionado oportunidades reales o potenciales con la finalidad de la reducción de la dosis, una mejor calidad de los exámenes o una combinación de ambos. El uso de blindaje en la región de exploración que por lo general se discute para el tejido mamario, está en debate.^{44,45} Existe un estudio disponible más detallado sobre la protección radiológica en niños sometidos a diagnóstico imagenológico.⁴⁶

COMUNICACIÓN DEL RIESGO DE RADIACIÓN

Dada la información existente sobre el riesgo de radiación médica, es importante, aunque tensa, la comunicación del mismo con los pacientes, sus familias y los proveedores de salud. Muchos médicos conocen el estudio de Pearce *et al.*, demostrando un exceso de cada caso de leucemia y tumor cerebral por cada 10.000 tomografías computarizadas de cráneo pediátrica.⁴⁷ Los problemas metodológicos limitaron las conclusiones extraídas; sin embargo, incluso si el riesgo reportado es exacto, cuando se realiza una tomografía computarizada en un entorno que cumpla con los criterios clínicos adecuados, los beneficios superan con creces los riesgos. De hecho, *no* realizar una tomografía computarizada clínicamente indicada debido a riesgos de radiación conlleva más daño que la exploración indicada en sí misma.⁴⁸

Como tal, los esfuerzos de educación son extremadamente importantes, en particular dado un mayor escrutinio y preocupación con respecto a la radiación médica y el riesgo de cáncer. Con estos fines, la *Image Gently Alliance*.^{49,50} ha sido una organización exitosa de educación y concientización para el uso informado de la radiación ionizante en las imágenes médicas en niños.

Las necesidades continuas incluyen más investigación basada en la evidencia y apoyo en la toma de decisiones con el fin de perfeccionar su utilización,⁵¹ mejores estimaciones de dosis,^{6,7} optimización continua de niveles de referencia de diagnóstico en imágenes pediátricas, alertas y notificación en equipos de imágenes,⁵² y monitorización de dosis para todas las modalidades y seguimiento de las mismas y proveedores de imágenes relevantes.⁵³

APÉNDICE: GLOSARIO Y DESCRIPCIÓN DE DOSIS

A medida que investigamos más a fondo los efectos de la radiación, es importante usar una definición precisa. Algunos de los términos más pertinentes se proporcionan en este glosario.⁸

Riesgo absoluto: El riesgo de un efecto adverso que es independiente de otras causas del mismo efecto sobre la salud.

Dosis absorbida (D): La energía impartida a la materia por unidad de masa por radiación ionizante en un punto específico. La unidad de dosis absorbida de *Système International* (SI) es joules por kilogramo (J/kg); el gray (Gy). La unidad especial previamente utilizada de dosis absorbida, el rad, se definió como una dosis de absorción de energía de 100 erg/g; 1 Gy = 100 rad.

ALARA (as low as reasonably achievable [tan bajo como sea razonablemente posible]): El principio de limitar la dosis de radiación administrada a las personas expuestas a niveles tan bajos como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales.

TABLA 1.4 Dosis de radiación eficaz típica de procedimientos radiológicos comunes en niños

Examen	Dosis efectiva típica por edad de exposición (mSv)				
	Recién nacido	1 año	5 años	10 años	Adulto
Radiografía de tórax	0.02				
Radiografía intraoral dental	0.005				
Ortopantomograma dental	0.01				
CT dental craneofacial cónico	<1				
CT de cráneo	6	3.7	2	2.2	2
CT de tórax	1.7	1.8	3	3.5	7
CT abdominal	5.3	4.2	3.7	3.7	7
FDG PET CT	15.3				
Tc-99m gammagrafía ósea	6				
Cistograma fluoroscópico	0.33				
Cardiología intervencionista pediátrica fluoroscópica	1 a 37				

Adaptado de la Organización Mundial de la Salud. Comunicación de los riesgos de radiación en imágenes pediátricas: información para apoyar las discusiones de atención médica sobre los beneficios y los riesgos. http://www.who.int/onizing_radiation/pub_meet/radiation-risks-pediatric-imaging/en/. Accedido el 21 de marzo de 2017

Radiación de fondo: La radiación en el entorno natural incluye los rayos cósmicos y la radiación de los elementos naturalmente radioactivos, que se encuentran fuera y dentro de los cuerpos humanos y animales. La radiación de fondo también se llama radiación natural. El término también significa radiación no relacionada con un experimento específico.

CTDI: Índice de dosis de tomografía computarizada, un índice de exposición a la radiación definido como la dosis promedio de una única adquisición de corte de CT de un protocolo determinado realizada en un dosímetro de cámara de lápiz estándar de 100 mm dentro de un phantom estándar.

Dosis efectiva: La dosis de radiación, que explica el hecho de que algunos tipos de radiación son más dañinos que otros y que algunas partes del cuerpo tienen mayor sensibilidad a la radiación que otras. Se define como la suma, sobre tejidos específicos, de los productos de la dosis equivalente en el tejido expuesto y los factores de ponderación para los mismos.

Exposición: La exposición se usa con más frecuencia en su sentido más general y no como la cantidad de radiación especialmente definida. Es una medida de la cantidad de radiación basada en su capacidad de ionizar el aire por el que pasa. La unidad de exposición especial previa utilizada, el roentgen (R), ha sido reemplazada por la unidad de exposición SI, coulombios por kilogramo (C/kg); 1 R = $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg (exactamente). La cantidad de exposición física puede ser reemplazada por la cantidad de aire kerma en el aire, en especial para la calibración de los instrumentos de monitoreo: 1 R = 10 mGy kerma de aire.

Radical libre: Fragmento de un átomo o molécula que contiene un electrón desapareado en la capa exterior y es muy reactivo.

Rayos gamma: radiación electromagnética de alta energía y longitud de onda corta (γ). La radiación gamma frecuentemente está en las emisiones α y β y siempre se acompaña de la fisión. Los rayos gamma son muy penetrantes y es mejor detenerlos o protegerse de ellos con materiales densos, como el plomo o el uranio empobrecido. Los rayos gamma son indistinguibles de los rayos X a excepción de su fuente: los rayos gamma se originan dentro del núcleo y los rayos X se originan fuera del núcleo.

Gray (Gy): El nombre especial para el SI inicial de la dosis absorbida (kerma) y la energía específica impartida igual a 1 J/kg. La unidad previa de la dosis absorbida, el rad, ha sido reemplazado por el gray: 1 Gy = 100 rad.

Efectos hereditarios de la radiación: Efectos de la radiación que pueden transferirse de padres a hijos; cualquier cambio en el material genético de las células sexuales causado por la radiación.

Kerma (energía cinética liberada por unidad de masa): Suma de las energías cinéticas iniciales de todas las partículas ionizantes cargadas liberadas por partículas ionizantes sin carga por unidad de masa de un material específico. La kerma se mide en la misma unidad que la dosis absorbida. La unidad SI de la kerma es joules por kilogramo (J/kg), y su nombre especial es el gray (Gy). La kerma puede citarse para cualquier material especificado en un punto en el espacio libre o en un medio absorbente.

Riesgo de por vida: El riesgo de morir por una causa particular durante todo el curso de la vida de una persona.

Lineal sin umbral (LNT): La teoría basada en una respuesta de dosis lineal que no puede suponer que ningún nivel de exposición a la radiación pudiese ser asumido como absolutamente seguro.

Rad: La antigua unidad de dosis absorbida, equivalente a una absorción de energía de 100 erg/g. Reemplazado por el gray (véase dosis absorbida).

Riesgo relativo: La situación en la que el riesgo de una enfermedad que es resultado de una lesión se expresa como un aumento porcentual de la tasa de aparición espontánea de esa enfermedad. El riesgo relativo está en contraste con el absoluto, donde el riesgo de una enfermedad como resultado de una lesión no depende de la tasa normal de ocurrencia de la misma.

Rem: Antigua unidad de dosis equivalente o efectiva. Es el producto de la dosis absorbida (en rads), el factor de ponderación de la radiación y el factor de ponderación del tejido; 1 rem = 0,01 Sv.

Roentgen (R): Unidad de exposición a radiaciones ionizantes que lleva el nombre de Wilhelm Röntgen, el científico alemán que descubrió los rayos X en 1895. Es esa cantidad de rayos gamma o rayos X requerida para producir iones que llevan una unidad electrostática de carga eléctrica (ya sea positivo o negativo) en 1 cm³ de aire seco en condiciones estándar.

Sievert (Sv): Unidad de dosis equivalente o dosis efectiva: 1 Sv = 100 rem.

Efecto estocástico: La probabilidad de que el efecto, en lugar de su severidad sea más bien una función de la dosis de radiación sin umbral. De manera más general, estocástico significa de naturaleza aleatoria.

Efecto de tejido (determinista): Un efecto con un umbral cuya severidad se eleva a medida que aumenta la dosis

PUNTOS CLAVE

- La radiación puede tener una acción directa sobre el ADN o funcionar de modo indirecto a través de radicales libres.
- En medicina, los efectos biológicos de la radiación son principalmente el resultado de rupturas del ADN de doble cadena.
- En las imágenes de diagnóstico, los efectos de la radiación son estocásticos, máxime la inducción del cáncer (frente a los efectos deterministas, como las quemaduras cutáneas observadas con dosis mucho más altas).
- Los tejidos fetales y de la infancia son más susceptibles a los efectos estocásticos de la radiación.
- Los principios clave para proteger a las personas de la radiación de diagnóstico son la justificación (solo realizar exámenes indicados) y la optimización (utilizar técnicas de examen apropiadas).
- Las medidas de dosis (p. ej., la exposición o las estimaciones de dosis) deben ser parte de la información del examen para cada modalidad que utiliza radiación ionizante.

LECTURAS SUGERIDAS

Fahey FH, Treves ST, Adelstein SJ. Minimizing and communicating radiation risk in pediatric nuclear medicine. *J Nucl Med*. 2011;52:1240–1251.

Frush DP. CT dose and risk estimates in children. *Pediatr Radiol*. 2011;41:483–487.

Hall EJ. Radiation biology for pediatric radiologists. *Pediatr Radiol*. 2009;39(1):S57–S64.

Hricak H, Brenner DJ, Adelstein SJ, et al. Managing radiation use in medical imaging: multifaceted challenge. *Radiology*. 2011;258:889–905.

Linet MS, Slovis TL, Miller DL, et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA Cancer J Clin*. 2012;62(2):75–100.

McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, et al. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? *Radiographics*. 2007;27:909–917.

1

REFERENCIAS

Para una lista de referencias completa, por favor visite <https://www.amolca.com>

