IMAGERIE MÉDICALE

DIRIGÉE PAR HENRI NAHUM

Sous la direction d'

OLIVIER VIGNAUX

IMAGERIE du cœur et des artères coronaires

Médecine-Sciences
Flammarion

Dans la collection « Imagerie médicale » sous la direction d'Henri NAHUM

Traité d'imagerie médicale, par H. Nahum
Imagerie pédiatrique et fœtale, par C. Adamsbaum
Imagerie thoracique de l'adulte, 3e édition, par PH. Grenier
Imagerie de l'appareil génito-urinaire, par O. Hélénon
Imagerie du foie, des voies biliaires, du pancréas et de la rate, 2e édition, par V. Vilgrain et Y. Menu
Imagerie ostéo-articulaire, par J.-D. Laredo, G. Morvan et M. Wybier
Imagerie du système nerveux : l'encéphale, par C. Marsault
Imagerie de la moelle et du rachis, par P. Halimi
Imagerie de l'oreille, par F. Veillon
Imagerie de la prostate, par F. Cornud, X. Belin et G. Fromont
Imagerie du SIDA, par H. Nahum
Imagerie et urgences, par J.-M. Bruel et F.-M. Lopez
Imagerie maxillo-faciale, par N. Martin-Duverneuil et J. Chiras
Imagerie de l'appareil digestif opéré, par M. Zins, A. Sauvanet

Dans d'autres collections

Échocardiographie transœsophagienne, par J. PH. Lesbre et CH. Tribouilloy
Échographie Doppler des cardiopathies valvulaires acquises, par J. PH. Lesbre et CH. Tribouilloy
Aide-mémoire de rythmologie, par R. Slama, G. Motté, A. Leenhardt et CL. Sebag
Les greffes cardiaques, par C. Cabrol, A. Pavie et I. Gandjbakhch
Cardiopathies valvulaires acquises, par J. Acar et CH. Acar
Atlas de poche d'échocardiographie transœsophagienne, par C. A. Greim et N. Roewer
Guide d'échographie cardiaque, par TH. Böhmeke et R. Doliva
L'ECG sans peine, par H. P. Schuster et H. J. Trappe
Les urgences cardiovasculaires, par PH. G. Steg
Pathologie cardiaque et vasculaire, par J. P. Bourdarias, P. Cacoub et PH. Bierling
Guide d'interprétation de la radiographie thoracique de l'enfant, par M. Hassan
Radiologie pédiatrique : de l'image au diagnostic, par K. D. Ebel (*traduction française sous la direction de* M. Hassan)
Les troubles du rythme cardiaque chez l'enfant, par J. Kachaner et E. Villain
L'éducation thérapeutique : application aux maladies cardiovasculaires, par P. Gibelin
Mesure des échanges gazeux à l'éffort – application à l'insuffisance cardiaque et respiratoire, par P. Gibelin

Traité de médecine, par P. Godeau, S. Herson, J.-C. Piette
Principes de médecine interne, par T. R. Harrison
La petite encyclopédie médicale Hamburger, par M. Leporrier
Dictionnaire de médecine Flammarion, 8e édition, sous la direction de S. Kernbaum
Dictionnaire français-anglais/anglais-français des termes médicaux et biologiques, et des médicaments, par G. S. Hill

Collection Imagerie médicale
dirigée par Henri NAHUM

Imagerie du cœur et des artères coronaires

sous la direction d'
Olivier Vignaux

Médecine-Sciences
Flammarion
87, quai Panhard et Levassor, 75013 Paris
http://www.medecine.flammarion.com

Direction éditoriale : Andrée Piekarski
Suivi éditorial : Evelyne Magne
Fabrication : Carine Weber
Couverture : Studio Flammarion

Pour recevoir le catalogue Flammarion Médecine-Sciences,
il suffit d'envoyer vos nom et adresse à

Flammarion Médecine-Sciences

87, quai Panhard et Levassor
75647 PARIS

Pour être informé(s) de nos **nouvelles parutions** et des événements
auquels nous participons, abonnez-vous gratuitement
à notre **Newsletter mensuelle** sur le site

http://www.medecine.flammarion.com

ISBN : 978-2-2570-0008-8

© 2008, Éditions Flammarion SA

Liste des collaborateurs

AGOSTINI DENIS, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Pôle d'Imagerie médicale, CHU Côte de Nacre, Caen.

AKKARI KAIS, Praticien hospitalier, Service de Radiologie et d'Imagerie cardiaque et vasculaire, Hôpital cardiologique, CHRU de Lille.

AZARINE ARSHID, Praticien hospitalier, Radiologie cardiovasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

BAMMERT ANTOINE, Ancien Praticien hospitalier, Institut du Thorax, CHU de Nantes.

BAUER FABRICE, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Charles-Nicolle, Rouen.

BEAUDOIN VINCENT, Ingénieur CEA, CYCERON Caen.

BECKER CHRISTOPH, Professeur, Service de Radiologie, University-Hospitals Grosshadern, Munich.

BEREGI JEAN-PAUL, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie et d'Imagerie cardiaque et vasculaire, Hôpital cardiologique, CHRU de Lille.

BERTRAND DAVID, Praticien hospitalier, Pôle d'Imagerie médicale, Hôpital Charles-Nicolle, Rouen.

BOCCARA FRANCK, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

BOGAERT JAN, Professeur, Service de Radiologie, UZ Gasthuisberg, Louvain, Belgique.

BOSCHAT JACQUES, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, CHU de Brest.

BOUSSEL LOÏC, Praticien hospitalo-universitaire, Service de Radiologie, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

BRUGUIÈRE ÉRIC, Interne des Hôpitaux, Service de Radiologie, Hôpital Cochin, Paris.

CASSET-SENON DANIÈLE, Docteur en sciences de la Vie, PHD Médecine nucléaire, CHU Trousseau, Tours.

CAUSSIN CHRISTOPHE, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Marie Lannelongue, Le Plessis Robinson.

CHABBERT VALÉRIE, Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU de Toulouse.

CLARENÇON FRÉDÉRIC, Interne des Hôpitaux, Service de Radiologie, Hôpital Cochin, Paris.

COHEN ARIEL, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

CROCHET DOMINIQUE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU Laennec, Nantes.

CROISILLE PIERRE, Maitre de Conférences des Universités, Service de Radiologie, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

DACHER JEAN-NICOLAS, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Pôle d'Imagerie médicale, Hôpital Charles-Nicolle, Rouen.

DAOUD BÉATRICE, Radiologue, Praticien attachée, Service de Radiologie, Hôpital Cochin, Paris.

DEMARIA ROLAND, Maître de conférence des Universités-Praticien hospitalier, Service de Chirurgie cardiovasculaire et thoracique, CHU Arnaud de Villeneuve, Montpellier.

DEUX JEAN-FRANÇOIS, Praticien hospitalo-universitaire, Service de Radiologie, Hôpital Henri-Mondor, Créteil.

DIDIER DOMINIQUE, Professeur, Département de Radiologie, Hôpital Cantonal Universitaire de Genève, Genève, Suisse.

DOUEK PHILIPPE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital cardiovasculaire Louis Pradel, Lyon.

DUBOC DENIS, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

DUFAITRE GHISLAINE, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

DUVAL ANTOINE, Interne des Hôpitaux, Service de Radiologie, Hôpital Cochin, Paris.

DYMARKOWSKI STEVEN, Professeur, Service de Radiologie, UZ Gasthuisberg, Louvain, Belgique.

EDERHY STÉPHANE, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

EL FERZLI JULIE, Radiologue, service de Radiologie, UZ Gasthuisberg, Louvain, Belgique.

EL NGHEOUI ZIAD, Praticien hospitalier, Service de Radiologie et d'Imagerie cardiaque et vasculaire, Hôpital cardiologique, CHRU de Lille.

FARAGGI MARC, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Département Physiologie, Explorations fonctionnelles et Radio-isotopes, Pôle Imagerie, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

FAUTH VIRGINIE, Interne, Service de Radiologie et d'Imagerie cardiaque et vasculaire, Hôpital cardiologique, CHRU de Lille.

FEIGNOUX JACQUES, Radiologue, Service de Radiologie, Centre Cardiologique du Nord, Saint-Denis.

FINET GÉRARD, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie interventionnelle, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

FOULQUIER JEAN-NOËL, Radiophysicien, Hôpital Lariboisière, Paris.

GAHIDE GERALD, Chef de Clinique, Service de Radiologie, Hôpital Arnaud de Villeneuve, CHU de Montpellier.

GAMONDES DELPHINE, Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

GAROT JÉRÔME, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Fédération de Cardiologie, Hôpital Henri Mondor, Créteil.

GARRIGOUX PIERRE, Ancien Chef de clinique-Assistant, Ancien Praticien hospitalier, Radiologie cardiovasculaire, Hôpital Saint Antoine et Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

GAUBERT JEAN-YVES, Praticien hospitalier, Service de Radiologie générale, CHU la Timone, Marseille, France.

GAXOTTE VIRGINIA, Praticien hospitalier, Service de Radiologie et d'Imagerie cardiaque et vasculaire, Hôpital cardiologique, CHRU de Lille.

GHAZZAR-PIERQUET NADIA, Médecin nucléaire, Département Physiologie, Explorations fonctionnelles et Radio-isotopes, Pôle Imagerie, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

GHOSTINE SAÏD, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Marie Lannelongue, Le Plessis Robinson.

GILARD MARTINE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, CHU de Brest.

GUÉRET PASCAL, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Fédération de Cardiologie, Hôpital Henri Mondor, Créteil.

GUILLEVIN LOÏC, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Médecine interne, Hôpital Cochin, Paris.

HABIB YACOUB, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Marie Lannelongue, Le Plessis Robinson.

HABIS MICHEL, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Marie Lannelongue, Le Plessis Robinson.

HADDOUR NABILA, Praticien attachée, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

HAGÈGE ALBERT ALAIN, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Pôle cardiologique, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

HAMON MICHÈLE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU Côte de Nacre, Caen.

HELIAS JACQUES, Praticien hospitalier, Médecine nucléaire, CHU de Nantes.

HUCHET VIRGINIE, Ingénieur CEA, Service hopitalier Frédéric Joliot, Orsay.

ISERIN LAURENCE, Praticien hospitalier, Unité des Cardiopathies congénitales de l'Adulte, Pôle cardiovasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

JACQUIER ALEXIS, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU La Timone, Marseille.

JANOWER SANDRA, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

JOURDAN GUILLAUME, Chef de Clinique, Service de Radiologie, Hôpital Henri-Mondor, Créteil.

KOBEITER HICHAM, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Henri-Mondor, Créteil.

LABEYRIE MARC-ANTOINE, Interne des Hôpitaux, Service de Radiologie, Hôpital Cochin, Paris.

LAFITTE STÉPHANE, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Haut-Lévêque, Bordeaux.

LAISSY JEAN-PIERRE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Bichat, Paris.

LANCELIN BERNARD, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Marie Lannelongue, Le Plessis Robinson.

LANGLARD JEAN-MARC, Praticien hospitalier, Institut du Thorax, CHU de Nantes.

LEGULUDEC DOMINIQUE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Médecine nucléaire, Hôpital Bichat, Paris.

LIONS CHRISTOPHE, Praticien hospitalier, Service de Radiologie et d'Imagerie cardiaque et vasculaire, Hôpital cardiologique, CHRU de Lille.

LUCIANI ALAIN, Maître de Conférences des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Henri-Mondor, Créteil.

MACIA JEAN-CHRISTOPHE, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie A, CHU Arnaud de Villeneuve, Montpellier.

MANRIQUE ALAIN, Docteur en Médecine nucléaire, CYCERON, Caen.

MANZO-SILBERMAN STÉPHANE, Chef de Clinique-Assistant, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

MARMURSZTEJN JULIEN, Chef de Clinique-Assistant, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

MAUNOURY CHRISTOPHE, Médecin nucléaire, Département Physiologie, Explorations fonctionnelles et Radio-isotopes, Pôle Imagerie, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

MESSIKA-ZEITOUN DAVID, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Bichat, Paris.

MEULEMAN CATHERINE, Cardiologue ACCA, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

MEUNE CHRISTOPHE, Maître de Conférences des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

MOULIN GUY, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU La Timone, Marseille.

MOUSSEAUX ÉLIE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Radiologie cardiovasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

PAGNOUX CHRISTIAN, Praticien hospitalier, Service de Médecine interne, Hôpital Cochin, Paris.

PAUL JEAN-FRANÇOIS, Radiologue, Service de Radiologie, Centre Médico-chirurgical Marie Lannelongue, Le Plessis-Robinson.

PESENTI-ROSSI DAVID, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital Marie Lannelongue, Le Plessis-Robinson.

PIGNEUR FRÉDERIC, Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Henri-Mondor, Créteil.

QANADLI SALAH DINE, Professeur, Service de Radiodiagnostic et de Radiologie interventionnelle, Centre des maladies cardiovasculaires et métaboliques, CHU-Université de Lausanne, Suisse.

RAHMOUNI ALAIN, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Henri-Mondor, Créteil.

RAOUX FRANÇOIS, Cardiologue ACCA, Service de Cardiologie, Hôpital Saint-Antoine, Paris.

REDHEUIL ALBAN, Praticien hospitalier, Radiologie cardiovasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou, Paris.

RESTEN ARNAUD, Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Antoine Béclère, Clamart.

REVEL DIDIER, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

RIOUFOL GILLES, Praticien hospitalier, Service de Cardiologie interventionnelle, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

ROUSSEAU HERVÉ, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU de Toulouse.

ROUZET FRANÇOIS, Praticien hospitalo-universitaire, Service de Médecine nucléaire, Hôpital Bichat, Paris.

RUSINARU DAN, Cardiologue, Service de Cardiologie B, Hôpital Sud, Amiens.

SABLAYROLLES JEAN-LOUIS, Radiologue, Service de Radiologie, Centre Cardiologique du Nord, Saint-Denis.

SAEED MAYTHEM, Professeur, Département de Radiologie, Université de Californie, San Francisco, États-Unis.

SALENGRO EMMANUEL, Chef de Clinique-Assistant, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

SARDA LAURE, Maître de conférence des Universités-Praticien hospitalier, Service de Médecine nucléaire, Hôpital Bichat, Paris.

SERFATY JEAN-MICHEL, Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Bichat, Paris.

SILVERA STÉPHANE, Praticien hospitalier, Service de Radiologie A, Hôpital Cochin, Paris.

SIROL MARC, Chef de Clinique, Service de Radiologie, Hôpital Lariboisière, Paris.

SOMMER TORSTEN, Radiologue, Département de Radiologie, Université de Bonn, Allemagne.

SPAULDING CHRISTIAN, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

STAAT PATRICK, Cardiologue, Service de Cardiologie, Hôpital cardiologique et pneumologique Louis Pradel, Lyon.

STRACH KATHARINA, Radiologue, Département de Radiologie, Université de Bonn, Allemagne.

SYROTA ANDRÉ, Directeur général de l'INSERM, Service hopitalier Frédéric Joliot, Orsay.

TAYLOR ANDREW M., Radiologue, UCL Institute of Child Health and Great Ormond Street Hospital for Children, Londres, Angleterre.

TOUSSAINT JEAN-FRANÇOIS, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Pôle Imagerie, Hôpital Hôtel-Dieu, Paris.

TREBOSSEN RÉGINE, Ingénieur CEA, Service hopitalier Frédéric Joliot, Orsay.

TREUTENAERE JEAN MARC, Radiologue, Service de Radiologie, Centre cardiologique du Nord, Saint-Denis.

TRIBOUILLOY CHRISTOPHE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie B, Hôpital Sud, Amiens.

TRON CHRISTOPHE, Praticien hospitalier, Pôle d'Imagerie médicale, Hôpital Charles-Nicolle, Rouen.

VAHANIAN ALEC, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Groupe Hospitalier Bichat-Beaujon, Paris.

VERNHET HÉLÈNE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU Arnaud de Villeneuve, Montpellier.

VIALLON MAGALIE, Ingénieur d'application, Service de Radiologie, Hôpital Cantonal et Universitaire, Genève.

VIDAL VINCENT, MD, PhD, Radiologue, Service de Radiologie, CHU La Timone, Marseille.

VIGNAUX OLIVIER, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, Hôpital Cochin, Paris.

WEBER SIMON, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Cardiologie, Hôpital Cochin, Paris.

WILLOTEAUX SERGE, Professeur des Universités-Praticien hospitalier, Service de Radiologie, CHU d'Angers.

Sommaire

Éditorial, par H. Nahum

Préfaces, par les Professeurs C. Cabrol, Ph. Grenier, P. Guéret et H. Rousseau

Avant-propos, par O. Vignaux

PARTIE 1
TECHNIQUES

Chapitre 1 **Échocardiographie**
Échocardiographie-Doppler : méthode et standardisation, par S. Lafitte 3
Échocardiographie de stress, par A. Cohen, S. Ederhy, C. Meuleman, S. Janower, F. Raoux, G. Dufaitre, N. Haddour et F. Boccara 11
Nouvelles techniques
Échocardiographie de contraste, par S. Lafitte 21
Outil de quantification écho-Doppler de la fonction cardiaque : du Doppler tissulaire (DTI) à la déformation (*strain*), par Ch. Meune 27
Échocardiographie tridimensionnelle, par A.A. Hagège 31

Chapitre 2 **Coronarographie**, par S. Manzo-Silberman, E. Salengro et Ch. Spaulding 38

Chapitre 3 **Médecine nucléaire**
Scintigraphie, par L. Sarda, F. Rouzet et D. Leguludec 45
Tomographie par émission de positons, par J. Marmursztejn, R. Trebossen, V. Huchet, A. Syrota et D. Duboc 57

Chapitre 4 **Scanner multicoupe**
Qualité de l'image, acquisition et dosimétrie, par A. Duval, J.-N. Foulquier et O. Vignaux 65
Post-traitement, par J.-L. Sablayrolles, J. Feignoux et J.M. Treutenaere 73
Limites, artéfacts et optimisation en scanner cardiaque, par J.-N. Dacher, D. Bertrand et Ch. Tron 83
Indications cliniques, développements et perspectives, par J.-P. Laissy et H. Rousseau 87

Chapitre 5 **Imagerie par résonance magnétique cardiaque**
Principes, protocoles et indications cliniques, par J.-N. Dacher, D. Bertrand, F. Bauer et A. Manrique 93
Contre-indications et précautions d'emploi (y compris stress pharmacologique), par E. Mousseaux, A. Redheuil, P. Garrigoux et A. Azarine 104
Perfusion myocardique, par S. Silvera et O. Vignaux 107
IRM de stress sous dobutamine, par K. Strach et T. Sommer 116
Imagerie de flux, par D. Didier 122
Développements et perspectives en IRM cardiaque, par M. Viallon et P. Croisille 130

PARTIE 2
CARDIOPATHIES ISCHÉMIQUES

Chapitre 6 **Introduction à l'imagerie des cardiopathies ischémiques**
Imagerie et maladie coronaire, par S. Weber ... 143
Rôle de l'imagerie en prévention cardiovasculaire, par J. F. Toussaint ... 146
Stratification du risque et score calcique, par S.D. Qanadli ... 153
Syndrome coronaire aigu : apport de l'imagerie scanner et IRM, par M.-A. Labeyrie, J. Marmursztejn, B. Daoud et O. Vignaux ... 158
Suivi du patient coronarien stable, par D. Duboc ... 166

Chapitre 7 **Imagerie des artères coronaires**
Scanner multicoupe
Lésions coronaires athéromateuses, par Ch. Becker et O. Vignaux ... 174
Lésions non athéromateuses des artères coronaires, par F. Clarençon et O. Vignaux ... 179
Scanner multicoupe et stents coronaires, par M. Gilard et J. Boschat ... 187
Pontages aortocoronaires, par G. Gahide, R. Demaria, J. C. Macia et H. Vernhet ... 190
IRM des artères coronaires, par J. Bogaert, O. Vignaux et S. Dymarkowski ... 197
Imagerie de la plaque d'athérome
Imagerie par résonance magnétique et scanner multicoupe, par M. Sirol ... 203
Échographie endocoronaire, par G. Finet et G. Rioufol ... 209
Imagerie quantitative de la sténose coronaire, par C. Caussin, S. Ghostine, D. Pesenti-Rossi, Y. Habib, M. Habis, J.F. Paul et B. Lancelin ... 214

Chapitre 8 **Ischémie et viabilité myocardique**
Échocardiographie, par A. Cohen, S. Ederhy, C. Meuleman, S. Janower, F. Raoux, G. Dufaitre, N. Haddour et F. Boccara ... 228
Scintigraphie, par N. Ghazzar-Pierquet, Ch. Maunoury et M. Faraggi ... 241
Tomographie par émission de positons, par D. Agostini, M. Hamon, V. Beaudoin et A. Manrique ... 248
Scanner multicoupe, par D. Gamondes, L. Boussel, P. Staat, P. Croisille, Ph. Douek et D. Revel ... 253
Imagerie par résonance magnétique, par J. Garot ... 259

Chapitre 9 **L'infarctus du myocarde et ses complications**
Échocardiographie, par P. Guéret ... 281
Scanner multicoupe, par B. Daoud et O. Vignaux ... 288
Imagerie par résonance magnétique, par A. Jacquier, P. Croisille, J.-Y. Gaubert, G. Moulin, V. Vidal, D. Revel et M. Saeed ... 293

PARTIE 3
CARDIOMYOPATHIES ET MYOCARDITES

Chapitre 10 **Myocardites**, par O. Vignaux ... 307

Chapitre 11 **Vascularites et maladies systémiques**, par Ch. Pagnoux, O. Vignaux et L. Guillevin ... 314

Chapitre 12 **Cardiomyopathies**
Cardiomyopathies hypertrophiques, par K. Strach, J. Bogaert et T. Sommer ... 321
Cardiomyopathies dilatées, par V. Chabbert ... 327
Cardiomyopathies restrictives et rares ... 337
Cardiomyopathies restrictives, par O. Vignaux ... 337
Cardiomyopathies rares, par J. Marmursztejn et O. Vignaux ... 342
Cardiomyopathies arythmogènes du ventricule droit, par D. Crochet, A. Bammert, J.M. Langlard, D. Casset-Senon et J. Helias ... 343

PARTIE 4
IMAGERIE DES VALVULOPATHIES

Chapitre 13 **Échocardiographie des valves**, par Ch. Tribouilloy et D. Rusinaru 357

Chapitre 14 **Scanner des valves**, par J.-P. Laissy, D. Messika-Zeitoun, J.-M. Serfaty et A. Vahanian 383

Chapitre 15 **IRM des valves**, par J. Bogaert, J. El Ferzli, A.M. Taylor et S. Dymarkowski 390

PARTIE 5
AUTRES MALADIES CARDIAQUES

Chapitre 16 **Thrombi et masses en imagerie**, par J. F. Deux, G. Jourdan, H. Kobeiter, A. Luciani, J. Garot, F. Pigneur et A. Rahmouni 405

Chapitre 17 **Imagerie du péricarde**, par E. Bruguière 418

Chapitre 18 **Principales cardiopathies congénitales à l'âge adulte**, par E. Mousseaux et L. Iserin 438

Chapitre 19 **Scanner et IRM des artères pulmonaires**, par A. Resten 451

Chapitre 20 **Aorte thoracique**, par V. Fauth, Ch. Lions, V. Gaxotte, Z. El Ngheoui, K. Akkari, J.-P. Beregi et S. Willoteaux 470

PARTIE 6
CONCLUSION

Chapitre 21 **Stratégies et perspectives**, par O. Vignaux 485

Liste des principales abréviations utilisées 489

Index 491

La réalisation de l'iconographie en couleurs a été rendue possible grâce au soutien de Siemens, GE Healthcare, Philips et Guerbet.

Éditorial

Il y a vingt ans, à l'initiative du Docteur Andrée Piekarski, les éditions Flammarion Médecine-Sciences lançaient la collection « Imagerie Médicale ».

Les radiologues étaient alors dans l'éblouissement du bouleversement qu'avait subi leur spécialité avec l'apparition de ce que l'on appelait encore les « nouvelles technologies ». Inscrire ces « nouvelles technologies » dans la stratégie médicale, définir un arbre de décision, tel était l'objectif que s'était fixé la nouvelle collection Flammarion.

Depuis 1986, échographie, scanner et IRM sont entrés dans la routine quotidienne. L'éblouissement des radiologues ne s'est pas terni. Chaque année apporte de nouveaux perfectionnements, de nouvelles possibilités diagnostiques, de nouvelles indications : la tomodensitométrie haute résolution, la tomodensitométrie à acquisition volumique par balayage hélicoïdal, l'apparition d'une nouvelle génération de scanners multidétecteurs ont été de véritables révolutions successives ; l'imagerie interventionnelle a abouti à des succès thérapeutiques qu'on ne soupçonnait pas il y a vingt ans.

La collection « Imagerie Médicale » a accru ses ambitions. Plusieurs ouvrages récents sont de véritables sommes reflétant le travail de l'ensemble de la Radiologie de langue française et constituant une référence.

Malgré cela, et peut-être à cause même de cela, la collection continue à se vouloir évolutive, à se savoir et à se vouloir périssable.

HENRI NAHUM

Préface

Le traité rédigé par le Pr. O. Vignaux et ses collaborateurs réunit la somme des connaissances actuelles sur l'imagerie cardiaque. Enrichi d'une iconographie exceptionnelle, il décrit tout d'abord les procédés actuellement utilisés dans ce domaine ; l'échographie cardiaque et ses différentes variantes, la coronarographie, la scintigraphie, la tomographie par émission de positons, le scanner multicoupe, l'imagerie par résonance magnétique et l'imagerie fonctionnelle.

Pour chaque technique sont détaillés les principes, les indications et contre-indications, la préparation du malade, l'application de la méthode et ses règles qui doivent être rigoureuses, ses avantages et ses inconvénients. Enfin, les résultats que l'on peut en attendre selon ce qui est désiré, le tout abondamment illustré et suivi de la bibliographie la plus récente sur le sujet.

Dans la seconde partie est précisé ce qu'apporte l'imagerie dans chaque affection cardiaque, les techniques utilisées et les informations fournies. Ainsi, pour les cardiopathies ischémiques est envisagé l'intérêt de l'imagerie dans l'exploration des artères coronaires dans ses multiples aspects et stades pathologiques, le contrôle des pontages, ou des résultats de l'angioplastie avec ou sans pose de stents. Sont également exposées les informations fournies par l'imagerie pour l'appréciation de la viabilité myocardique, l'évaluation des conséquences de l'infarctus et de ses complications.

Il est de même précisé l'intérêt de l'apport de l'imagerie cardiaque dans les différentes myocardites (infectieuses ou de système), les différentes formes de cardiomyopathies, hypertrophiques ou dilatées, et la si spéciale dysplasie arythmogène du ventricule droit.

L'imagerie peut enfin apporter des renseignements précieux dans l'exploration des pathologies cardiaques particulières, les thromboses intracardiaques, les différentes valvulopathies, les malformations congénitales, les affections péricardiques et la pathologie artérielle pulmonaire et de l'aorte thoracique.

En conclusion ce qui frappe à la lecture de ce monumental ouvrage c'est d'abord l'extraordinaire développement de cette imagerie cardiaque depuis l'historique radiographie pulmonaire d'antan.

C'est ensuite la précision des informations recueillies, qui ne sont plus non seulement morphologiques, mais également fonctionnelles, voire histologiques, permettant d'observer la biologie moléculaire des cellules myocardiques ou des parois vasculaires. On citera par exemple, le remarquable chapitre sur la plaque d'athérome, ses causes, sa formation et son évolution.

Il faut tout spécialement remercier le Pr. Olivier Vignaux et ses collaborateurs de toutes spécialités dans ce domaine, non seulement les radiologues, mais également les cardiologues, les biologistes, les urgentistes et les chirurgiens. Ce qui rend indispensable à tous ceux qui s'intéressent à l'anatomie, la physiologie et la pathologie cardiaques la lecture et la consultation répétée de cet ouvrage de base dont on ne saurait assez louer la qualité et la valeur exceptionnelles.

PROFESSEUR CHRISTIAN CABROL

Préface

Cet ouvrage est particulièrement bienvenu à l'heure où le scanner et l'IRM viennent réveiller l'intérêt de la communauté radiologique pour le cœur et ses vaisseaux. En intégrant toutes les modalités d'imagerie disponibles pour explorer le cœur et les artères coronaires, et en décrivant toutes les informations morphologiques, fonctionnelles et métaboliques apportées par ces techniques, ce livre devient de fait, l'ouvrage de référence en langue française de l'imagerie cardiaque.

Dirigé avec brio par Olivier Vignaux, un expert et un pionnier reconnu dans le domaine de l'IRM cardiaque, ce livre s'inscrit parfaitement dans la lignée des autres ouvrages de la collection « Imagerie médicale » d'Henri Nahum. On y retrouve le même fil conducteur qui guide le lecteur dans une succession de chapitres. Une première partie est dédiée à la description des différentes techniques d'imagerie où on y trouve les principes, les indications, les protocoles d'acquisition et de post-traitement. La deuxième partie est consacrée aux différentes pathologies cardiovasculaires : un chapitre est dédié aux cardiopathies ischémiques, un autre aux cardiomyopathies et myocardites ; le dernier chapitre rassemble les résultats de l'imagerie dans des pathologies diverses, telles que les masses cardiaques et thromboses, la pathologie des valves, la pathologie du péricarde, les malformations congénitales chez l'adulte et la pathologie des artères pulmonaires et de l'aorte thoracique.

Une des originalités de ce livre est aussi son approche multidisciplinaire où cardiologues, radiologues et médecins nucléaires y apportent leurs contributions de façon concertée et cohérente, intégrant la présentation des différentes stratégies diagnostiques. Malgré leur grande expérience de la pratique du scanner et de l'IRM, les radiologues doivent approfondir leur connaissance des maladies cardiaques, comprendre la physiopathologie, et connaître parfaitement l'apport et les limites de toutes les modalités d'imagerie, s'ils veulent garder la maîtrise de leurs outils.

La lecture de ce livre est hautement recommandée. On ne peut que saluer la qualité du travail effectué par les différents auteurs.

PROFESSEUR PHILIPPE GRENIER
Chef du service de Radiologie de l'hôpital Pitié-Salpêtrière

Préface

La publication de l'ouvrage « Imagerie du cœur et des artères coronaires » coordonné par le Professeur Olivier Vignaux arrive à point nommé pour au moins trois raisons.

La première est qu'il est le témoin de l'évolution technologique extrêmement rapide qui a caractérisé l'imagerie cardiovasculaire ces dernières années. En effet, les progrès de l'informatique pour l'acquisition et le traitement des images ont été considérables et sont dus en particulier à la technologie des microprocesseurs. Gordon Moore, ingénieur puis co-fondateur de la société Intel a publié en 1965 un article devenu célèbre dans lequel il prédisait que le nombre des transistors équipant les microprocesseurs allait doubler tous les ans. Cette prédiction allait être rapidement, peut-être abusivement, transformée en « Loi de Moore », alors même que son auteur devait revoir son estimation en 1975 : le doublement aurait lieu tous les dix-huit mois et non pas tous les ans. Néanmoins, ce rythme de croissance restait exponentiel, correspondant en tout état de cause à une évolution extrêmement rapide. Cette rapidité de l'évolution technologique caractérise en effet tout particulièrement l'imagerie cardiovasculaire dans toutes ses modalités : les ultrasons (que de chemin parcouru depuis le mode TM jusqu'à l'étude des déformations myocardiques actuellement possible), l'imagerie radiologique conventionnelle (la coronarographie, grâce à l'amélioration de la résolution spatiale et temporelle n'est plus uniquement diagnostique, mais est devenue également thérapeutique avec la pratique de l'angioplastie coronaire), la médecine nucléaire qui est passée de l'imagerie planaire en « noir et blanc » à la tomoscintigraphie et comprend aussi la tomographie à émission de positons et bien entendu l'imagerie de coupe, en particulier le scanner et l'IRM qui ont fait véritablement irruption dans le domaine cardiovasculaire ces dernières années.

Le rythme de ces évolutions technologiques ne manque pas d'ailleurs de poser des difficultés d'adaptation aux équipes médicales qui doivent effectuer rapidement, mais tout en respectant les contraintes des bonnes pratiques, la validation clinique de ces appareillages toujours plus perfectionnés.

La seconde raison qui fait de l'ouvrage coordonné par Olivier Vignaux un livre d'actualité est qu'il est la parfaite illustration de la complémentarité et de la nécessaire collaboration entre les équipes et les disciplines. Aucun esprit médical, aussi brillant et cultivé soit-il, ne peut de nos jours prétendre posséder toutes les connaissances techniques, physiopathologiques et cliniques pour conduire seul de bout en bout la plupart de ces examens, depuis la phase d'acquisition des images à celle de la décision thérapeutique. Cette collaboration est d'autant plus nécessaire et fructueuse que les compétences professionnelles sont devenues complémentaires : citons l'exemple de la médecine nucléaire où l'épreuve d'effort et la scintigraphie sont effectuées au cours du même examen par des médecins dont les compétences se complètent, et ceux plus récents de l'IRM de stress ou du scanner cardiaque couplé à la scintigraphie (« SPECT-scan »), prélude à ce que va devenir « l'imagerie de fusion ».

La troisième raison pour laquelle cet ouvrage arrive à point nommé est que le Professeur Olivier Vignaux a su rassembler l'expérience des meilleurs experts francophones qui mettent à la disposition du lecteur une actualisation très précise et détaillée de « l'état de l'art » tant dans les aspects techniques que pour les principales indications cliniques. Formons le vœu légitime que cet ouvrage reste très longtemps de référence, en dépit de la croissance exponentielle des progrès technologiques prédite par Monsieur Moore…

PROFESSEUR PASCAL GUERET
Président de la Société Française de Cardiologie

Préface

Peu de domaines de la radiologie attirent autant d'intérêt que l'imagerie cardiaque en coupes qui permet d'étudier, de manière non invasive, à la fois la morphologie et la fonction du myocarde, des vaisseaux et des valves. Cet ouvrage reflète l'expérience personnelle immense dans le domaine de l'imagerie cardiaque d'Olivier Vignaux, le coordonnateur de ce livre, mais la qualité principale de ce livre tient à son caractère pluridisciplinaire en associant les opinions des plus grands spécialistes, radiologues, cardiologues ou médecins nucléaires pour fournir les dernières connaissances dans ce domaine en perpétuelle progression.

Les performances exceptionnelles de l'imagerie en coupes, à la fois dans le domaine de la tomodensitométrie et de l'IRM sont parfaitement discutées sur l'ensemble de la pathologie cardiaque de l'adulte, en précisant bien les avantages et les inconvénients de chaque méthode par les leaders d'opinion, non seulement de l'imagerie, mais aussi de la cardiologie.

L'un des objectifs de la Société Française d'Imagerie Cardiovasculaire (SFICV) est de défendre la spécialité d'organes dans le domaine de l'imagerie cardiaque et vasculaire au sein de la radiologie, mais elle a aussi pour but d'initier une collaboration étroite entre plusieurs disciplines qui avaient perdu l'habitude de travailler ensemble. Ces dernières années nous ont montré que la collaboration était possible, et qu'elle permettait de potentialiser les compétences de différentes disciplines pour le bien du patient et de la connaissance médicale.

Je voudrais remercier et féliciter le coordonnateur et les auteurs pour leur travail exceptionnel et pour toutes ces raisons, je ne peux que recommander la lecture de cet ouvrage de référence en langue française, que l'on soit radiologue, cardiologue, chirurgien cardiaque ou fondamentaliste. Je suis sûr du succès de cet ouvrage.

PROFESSEUR HERVÉ ROUSSEAU
Président de la Société Française d'Imagerie Cardiovasculaire

Avant-propos

Cet ouvrage est le fruit d'une collaboration multidisciplinaire associant l'expérience et la compétence de nombreuses équipes francophones et internationales spécialisées en imagerie cardiovasculaire.

J'adresse mes premiers remerciements aux auteurs et à leurs collaborateurs qui ont accepté de participer à cet immense travail en relevant le défi de réunir en un seul traité toutes les différentes techniques d'imagerie du cœur et des artères coronaires, associant ainsi plusieurs spécialités médicales comme la radiologie, la cardiologie et la médecine nucléaire. La réussite de cet ouvrage tient d'ores et déjà à la participation commune de tous ces spécialistes venant d'horizons différents et animés de la même volonté d'une prise en charge optimale des patients atteints d'une pathologie cardiaque connue ou suspectée.

J'adresse toute ma gratitude au Professeur Henri Nahum qui m'a confié la coordination de cet ouvrage, m'a soutenu et conseillé tout au long de sa rédaction, ainsi qu'à Madame le Docteur Andrée Piekarski pour ses précieux conseils et Madame Evelyne Magne pour son professionnalisme et sa gentillesse.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance au Professeur Christian Cabrol qui m'a fait l'extrême honneur de préfacer ce livre, aux Professeurs Pascal Guéret, Philippe Grenier, Guy Frija et Paul Legmann pour leur soutien, ainsi qu'aux Professeurs Hervé Rousseau, Jean-Paul Beregi, Dominique Crochet, Jean-Pierre Laissy et Jean-Michel Bartoli qui m'ont encouragé au sein de la SFICV.

J'adresse enfin mes sincères remerciements à tous les médecins du service de Radiologie A de l'Hôpital Cochin ainsi qu'à mes collègues cardiologues et internistes avec lesquels je collabore au quotidien et qui me font confiance, au premier rang desquels les Professeurs Simon Weber, Denis Duboc et Loïc Guillevin. Je remercie également l'équipe d'encadrement, l'ensemble des manipulatrices, des manipulateurs et des secrétaires du service, avec une pensée plus particulière pour Mme Nicole Lamour pour son efficacité et sa compétence.

Alors que l'échographie (tridimensionnelle, avec contraste, Doppler tissulaire), la scintigraphie myocardique (avec synchronisation à l'électrocardiogramme ou *gated*-SPECT), et la coronarographie (capteur plan, échographie endocoronaire) se perfectionnent, de nouvelles techniques se sont développées comme l'IRM, la tomographie par émission de positons, et plus récemment le scanner multicoupe. Il m'a donc semblé utile de proposer un traité nécessairement non exhaustif, mais qui aborde toutes les modalités invasives et non invasives pour imager le cœur et les artères coronaires, leurs avantages et leurs inconvénients, et leur place potentielle dans la prise en charge des patients. Cet ouvrage est en effet publié à un moment où les progrès dans les techniques d'imagerie cardiaque imposent une adaptation des pratiques cliniques quotidiennes. En attendant les indispensables études multicentriques prospectives et les recommandations à venir des sociétés savantes, j'espère qu'il apportera des débuts de réponses, encouragera la collaboration multidisciplinaire et s'enrichira lors des prochaines éditions des futurs développements technologiques et de l'expérience acquise par tous ceux qui s'intéressent à la pathologie cardiovasculaire et auxquels cet ouvrage est destiné.

PROFESSEUR OLIVIER VIGNAUX

À Sophie, Chloé et Hugo,
À mes parents