



HAL
open science

Corrélations et apports respectifs de l'autopsie et du scanner post-mortem dans les traumatismes balistiques fatals

Pierre Gach

► To cite this version:

Pierre Gach. Corrélations et apports respectifs de l'autopsie et du scanner post-mortem dans les traumatismes balistiques fatals. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02096641

HAL Id: dumas-02096641

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02096641>

Submitted on 11 Apr 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Faculté des sciences
médicales et paramédicales
Aix-Marseille Université

Corrélations et apports respectifs de l'autopsie et du scanner post-mortem dans les traumatismes balistiques fatals

T H È S E A R T I C L E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 14 Décembre 2018

Par Monsieur Pierre GACH

Né le 23 février 1989 à Saint-Cyr-L'ecole (78)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de RADIODIAGNOSTIC ET IMAGERIE MÉDICALE

Membres du Jury de la Thèse :

Monsieur le Professeur BARTOLI Jean-Michel	Président
Monsieur le Professeur GORINCOUR Guillaume	Directeur
Madame le Professeur PIERCECCHI-MARTI Marie-Dominique	Assesseur
Madame le Docteur (MCU-PH) TUCHTAN Lucile	Assesseur
Monsieur le Docteur MASSIANI Pierre	Assesseur

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI
Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseurs :

- * aux Etudes : Jean-Michel VITON
- * à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- * aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- * aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- * à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- * pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- * aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- * 1^{er} cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- * 2^{ème} cycle : Marie-Aleth RICHARD
- * 3^{ème} cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- * Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- * DU-DIU : Véronique VITTON
- * Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- * Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- * Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- * Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
- * Relations Internationales : Philippe PAROLA
- * Etudiants : Arthur ESQUER

Chef des services généraux : * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- * Communication : Laetitia DELOUIS
- * Examens : Caroline MOUTTET
- * Logistique : Joëlle FRAVEGA
- * Maintenance : Philippe KOCK
- * Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	FIGARELLA Jacques
	ALDIGHIERI René		FONTES Michel
	ALESSANDRINI Pierre		FRANCOIS Georges
	ALLIEZ Bernard		FUENTES Pierre
	AQUARON Robert		GABRIEL Bernard
	ARGEME Maxime		GALINIER Louis
	ASSADOURIAN Robert		GALLAIS Hervé
	AUFFRAY Jean-Pierre		GAMERRE Marc
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GARCIN Michel
	AZORIN Jean-Michel		GARNIER Jean-Marc
	BAILLE Yves		GAUTHIER André
	BARDOT Jacques		GERARD Raymond
	BARDOT André		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BERARD Pierre		GIUDICELLI Roger
	BERGOIN Maurice		GIUDICELLI Sébastien
	BERNARD Dominique		GOUDARD Alain
	BERNARD Jean-Louis		GOUIN François
	BERNARD Pierre-Marie		GRISOLI François
	BERTRAND Edmond		GROULIER Pierre
	BISSET Jean-Pierre		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BLANC Bernard		HASSOUN Jacques
	BLANC Jean-Louis		HEIM Marc
	BOLLINI Gérard		HOUEL Jean
	BONGRAND Pierre		HUGUET Jean-François
	BONNEAU Henri		JAQUET Philippe
	BONNOIT Jean		JAMMES Yves
	BORY Michel		JOUVE Paulette
	BOTTA Alain		JUHAN Claude
	BOURGEADE Augustin		JUIN Pierre
	BOUVENOT Gilles		KAPHAN Gérard
	BOUYALA Jean-Marie		KASBARIAN Michel
	BREMOND Georges		KLEISBAUER Jean-Pierre
	BRICOT René		LACHARD Jean
	BRUNET Christian		LAFFARGUE Pierre
	BUREAU Henri		LAUGIER René
	CAMBOULIVES Jean		LEVY Samuel
	CANNONI Maurice		LOUCHET Edmond
	CARTOUZOU Guy		LOUIS René
			LUCIANI Jean-Marie
	CHAMLIAN Albert		MAGALON Guy
	CHARREL Michel		MAGNAN Jacques
	CHAUVEL Patrick		MALLAN- MANCINI Josette
	CHOUX Maurice		MALMEJAC Claude
	CIANFARANI François		MATTEI Jean François
	CLEMENT Robert		MERCIER Claude
	COMBALBERT André		METGE Paul
	CONTE-DEVOLX Bernard		MICHOTEY Georges
	CORRIOL Jacques		MILLET Yves
	COULANGE Christian		MIRANDA François
	DALMAS Henri		MONFORT Gérard
	DE MICO Philippe		MONGES André
	DELARQUE Alain		MONGIN Maurice
	DEVIN Robert		MONTIES Jean-Raoul
	DEVRED Philippe		NAZARIAN Serge
	DJIANE Pierre		NICOLI René
	DONNET Vincent		NOIRCLERC Michel
	DUCASSOU Jacques		OLMER Michel
	DUFOUR Michel		OREHEK Jean
	DUMON Henri		PAPY Jean-Jacques
	FARNARIER Georges		PAULIN Raymond
	FAVRE Roger		PELOUX Yves
	FIECHI Marius		PENAUD Antony

MM PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel
POUGET Jean
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jean-Claude
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETTES Bernard
WEILLER Pierre-Jean

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

MM. les Professeurs
DADI (Italie)
CID DOS SANTOS (Portugal)

1974

MM. les Professeurs
MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)
T.A. LAMBO (Suisse)

1975

MM. les Professeurs
O. SWENSON (U.S.A.)
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)

1976

MM. les Professeurs
P. FRANCHIMONT (Belgique)
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

1977

MM. les Professeurs
C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)
C.GIBBS (U.S.A.)
J. DACIE (Grande-Bretagne)

1978

M. le Président
F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

1980

MM. les Professeurs
A. MARGULIS (U.S.A.)
R.D. ADAMS (U.S.A.)

1981

MM. les Professeurs
H. RAPPAPORT (U.S.A.)
M. SCHOU (Danemark)
M. AMENT (U.S.A.)
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)
S. REFSUM (Norvège)

1982

M. le Professeur
W.H. HENDREN (U.S.A.)

1985

MM. les Professeurs
S. MASSRY (U.S.A.)
KLINSMANN (R.D.A.)

1986

MM. les Professeurs
E. MIHICH (U.S.A.)
T. MUNSAT (U.S.A.)
LIANA BOLIS (Suisse)
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

1987

M. le Professeur
P.J. DYCK (U.S.A.)

1988

MM. les Professeurs
R. BERGUER (U.S.A.)
W.K. ENGEL (U.S.A.)
V. ASKANAS (U.S.A.)
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)
A. DAVIGNON (Canada)
A. BETTARELLO (Brésil)

1989

M. le Professeur
P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990	
MM. les Professeurs	J.G. MC LEOD (Australie) J. PORTER (U.S.A.)
1991	
MM. les Professeurs	J. Edward MC DADE (U.S.A.) W. BURGDORFER (U.S.A.)
1992	
MM. les Professeurs	H.G. SCHWARZACHER (Autriche) D. CARSON (U.S.A.) T. YAMAMURO (Japon)
1994	
MM. les Professeurs	G. KARPATI (Canada) W.J. KOLFF (U.S.A.)
1995	
MM. les Professeurs	D. WALKER (U.S.A.) M. MULLER (Suisse) V. BONOMINI (Italie)
1997	
MM. les Professeurs	C. DINARELLO (U.S.A.) D. STULBERG (U.S.A.) A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne) P.I. BRANEMARK (Suède)
1998	
MM. les Professeurs	O. JARDETSKY (U.S.A.)
1999	
MM. les Professeurs	J. BOTELLA LLUSIA (Espagne) D. COLLEN (Belgique) S. DIMAURO (U. S. A.)
2000	
MM. les Professeurs	D. SPIEGEL (U. S. A.) C. R. CONTI (U.S.A.)
2001	
MM. les Professeurs	P-B. BENNET (U. S. A.) G. HUGUES (Grande Bretagne) J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)
2002	
MM. les Professeurs	M. ABEDI (Canada) K. DAI (Chine)
2003	
M. le Professeur Sir	T. MARRIE (Canada) G.K. RADDI (Grande Bretagne)
2004	
M. le Professeur	M. DAKE (U.S.A.)
2005	
M. le Professeur	L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)
2006	
M. le Professeur	A. R. CASTANEDA (U.S.A.)
2007	
M. le Professeur	S. KAUFMANN (Allemagne)

EMERITAT

2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2018

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHOSSEGROS Cyrille	GRIMAUD Jean-Charles
ALBANESE Jacques	<i>CLAVERIE Jean-Michel Surnombre</i>	GROB Jean-Jacques
ALIMI Yves	COLLART Frédéric	GUEDJ Eric
AMABILE Philippe	COSTELLO Régis	GUIEU Régis
AMBROSI Pierre	COURBIERE Blandine	GUIS Sandrine
ANDRE Nicolas	COWEN Didier	GUYE Maxime
ARGENSON Jean-Noël	CRAVELLO Ludovic	GUYOT Laurent
ASTOUL Philippe	CUISSET Thomas	GUYSS Jean-Michel
ATTARIAN Shahram	CURVALE Georges	HABIB Gilbert
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David	HARDWIGSEN Jean
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HARLE Jean-Robert
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent	HOFFART Louis
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice	HOUVENAEGHEL Gilles
BAILLY Daniel	D'ERCOLE Claude	JACQUIER Alexis
BARLESI Fabrice	D'JOURNO Xavier	JOURDE-CHICHE Noémie
BARLIER-SETTI Anne	DEHARO Jean-Claude	JOUVE Jean-Luc
BARTHET Marc	DELPERO Jean-Robert	KAPLANSKI Gilles
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle	KARSENTY Gilles
BARTOLI Michel	<i>DESSEIN Alain Surnombre</i>	KERBAUL François
<i>BARTOLIN Robert Surnombre</i>	DESSI Patrick	KRAHN Martin
BARTOLOMEI Fabrice	DISDIER Patrick	LAFFORGUE Pierre
BASTIDE Cyrille	DODDOLI Christophe	LAGIER Jean-Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DRANCOURT Michel	LAMBAUDIE Eric
BERBIS Philippe	DUBUS Jean-Christophe	LANCON Christophe
BERDAH Stéphane	DUFFAUD Florence	LA SCOLA Bernard
<i>BERLAND Yvon Surnombre</i>	DUFOUR Henry	LAUNAY Franck
BERNARD Jean-Paul	DURAND Jean-Marc	LAVIEILLE Jean-Pierre
BEROUD Christophe	DUSSOL Bertrand	LE CORROLLER Thomas
BERTUCCI François	<i>ENJALBERT Alain Surnombre</i>	<i>LE TREUT Yves-Patrice Surnombre</i>
BLAISE Didier	EUSEBIO Alexandre	LECHEVALLIER Eric
BLIN Olivier	FAKHRY Nicolas	LEGRE Régis
BLONDEL Benjamin	<i>FAUGERE Gérard Surnombre</i>	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FELICIAN Olivier	LEONE Marc
BONELLO Laurent	FENOLLAR Florence	LEONETTI Georges
BONNET Jean-Louis	FIGARELLA/BRANGER Dominique	LEPIDI Hubert
BOTTA/FRIDLUND Danielle	FLECHER Xavier	LEVY Nicolas
BOUBLI Léon	FOURNIER Pierre-Edouard	MACE Loïc
BOYER Laurent	<i>FRANCES Yves Surnombre</i>	MAGNAN Pierre-Edouard
BREGEON Fabienne	FUENTES Stéphane	<i>MARANINCHI Dominique Surnombre</i>
BRETELLE Florence	GABERT Jean	<i>MARTIN Claude Surnombre</i>
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MATONTI Frédéric
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane	MEGE Jean-Louis
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MERROT Thierry
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MEYER/DUTOUR Anne
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie	MICCALEF/ROLL Joëlle
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick	MICHEL Fabrice
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René	MICHEL Gérard
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	MICHELET Pierre
CHABOT Jean-Michel	GIORGI Roch	MILH Mathieu
CHAGNAUD Christophe	GIOVANNI Antoine	MOAL Valérie
CHAMBOST Hervé	GIRARD Nadine	MONCLA Anne
CHAMPSAUR Pierre	GIRAUD/CHABROL Brigitte	MORANGE Pierre-Emmanuel
CHANEZ Pascal	GONCALVES Anthony	MOULIN Guy
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GORINCOUR Guillaume	MOUTARDIER Vincent
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	<i>MUNDLER Olivier Surnombre</i>
<i>CHARPIN Denis Surnombre</i>	GRANVAL Philippe	NAUDIN Jean
CHAUMOITRE Kathia	GREILLIER Laurent	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHIARONI Jacques	<i>GRILLO Jean-Marie Surnombre</i>	NICOLLAS Richard
CHINOT Olivier		OLIVE Daniel

OUAFIK L'Houcine
PAGANELLI Franck
PANUEL Michel
PAPAZIAN Laurent
PAROLA Philippe
PARRATTE Sébastien
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure
PELLETIER Jean
PETIT Philippe
PHAM Thao
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique
PIQUET Philippe
PIRRO Nicolas
POINSO François
RACCAH Denis
RAOULT Didier
REGIS Jean
REYNAUD/GAUBERT Martine
REYNAUD Rachel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth
RIDINGS Bernard Surnombre

ROCHE Pierre-Hugues
ROCH Antoine
ROCHWERGER Richard
ROLL Patrice
ROSSI Dominique
ROSSI Pascal
ROUDIER Jean
SALAS Sébastien
SAMBUC Roland Surnombre
SARLES Jacques
SARLES/PHILIP Nicole
SCAVARDA Didier
SCHLEINITZ Nicolas
SEBAG Frédéric
SEITZ Jean-François
SIELEZNEFF Igor
SIMON Nicolas
STEIN Andréas
TAIEB David
THIRION Xavier
THOMAS Pascal

THUNY Franck
TREBUCHON-DA FONSECA Agnès
TRIGLIA Jean-Michel
TROPIANO Patrick
TSIMARATOS Michel
TURRINI Olivier
VALERO René
VAROQUAUX Arthur Damien
VELLY Lionel
VEY Norbert
VIDAL Vincent
VIENS Patrice
VILLANI Patrick
VITON Jean-Michel
VITTON Véronique
VIEHWEGER Heide Elke
VIVIER Eric
XERRI Luc

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal
AGHABABIAN Valérie
BELIN Pascal
CHABANNON Christian
CHABRIERE Eric
FERON François
LE COZ Pierre
LEVASSEUR Anthony
RANJEVA Jean-Philippe
SOBOL Hagay

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

ADNOT Sébastien
FILIPPI Simon

PROFESSEUR ASSOCIE A TEMPS PARTIEL

BURKHART Gary

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ACHARD Vincent (<i>disponibilité</i>)	FABRE Alexandre	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil	FOLETTI Jean- Marc	NOUGAIREDE Antoine
ATLAN Catherine (<i>disponibilité</i>)	FOUILLOUX Virginie	OLLIVIER Matthieu
BARTHELEMY Pierre	FROMNOT Julien	OUDIN Claire
BARTOLI Christophe	GABORIT Bénédicte	OVAERT Caroline
BEGE Thierry	GASTALDI Marguerite	PAULMYER/LACROIX Odile
BELIARD Sophie	GELSI/BOYER Véronique	PERRIN Jeanne
BERBIS Julie	GIUSIANO Bernard	RANQUE Stéphane
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	REY Marc
BEYER-BERJOT Laura	GONZALEZ Jean-Michel	ROBERT Philippe
BIRNBAUM David	GOURIET Frédérique	SABATIER Renaud
BONINI Francesca	GRAILLON Thomas	SARI-MINODIER Irène
BOUCRAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SARLON-BARTOLI Gabrielle
BOULAMERY Audrey	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	SAVEANU Alexandru
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUIDON Catherine	SECQ Véronique
BUFFAT Christophe	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	HRAIECH Sami	TOGA Isabelle
CARRON Romain	KASPI-PEZZOLI Elise	TROUSSE Delphine
CASSAGNE Carole	L'OLLIVIER Coralie	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHAUDET Hervé	LABIT-BOUVIER Corinne	VALLI Marc
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VELY Frédéric
DADOUN Frédéric (<i>disponibilité</i>)	LAGIER Aude (<i>disponibilité</i>)	VION-DURY Jean
DALES Jean-Philippe	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	ZATTARA/CANNONI Hélène
DAUMAS Aurélie	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	LOOSVELD Marie	
DEL VOLGO/GORI Marie-José	MANCINI Julien	
DELLIAUX Stéphane	MARY Charles	
DESPLAT/JEGO Sophie	MASCAUX Céline	
DEVEZE Arnaud (<i>Disponibilité</i>)	MAUES DE PAULA André	
DUBOURG Grégory	MILLION Matthieu	
DUFOUR Jean-Charles	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
EBBO Mikaël	NGUYEN PHONG Karine	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DEGIOANNI/SALLE Anna	POGGI Marjorie
BARBACARU/PERLES T. A.	DESNUES Benoît	RUEL Jérôme
BERLAND/BENHAIM Caroline		STEINBERG Jean-Guillaume
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MARANINCHI Marie	THOLLON Lionel
BOYER Sylvie	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	THIRION Sylvie
COLSON Sébastien	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	VERNA Emeline

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

REVIS Joana

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à TEMPS-PLEIN

TOMASINI Pascale

PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants

ANATOMIE 4201

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)
LAGIER Aude (MCU-PH) disponibilité

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
DANIEL Laurent (PU-PH)
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
GARCIA Stéphane (PU-PH)
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH)

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)
BRUDER Nicolas (PU-PH)
KERBAUL François (PU-PH)
LEONE Marc (PU-PH)
MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre
MICHEL Fabrice (PU-PH)
MICHELET Pierre (PU-PH)
VELLY Lionel (PU-PH)

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS 11

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

BURKHART Gary (PAST)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301

GUEDJ Eric (PU-PH)
GUYE Maxime (PU-PH)
MUNDLER Olivier (PU-PH) Surnombre
TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)
RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)
VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
GAUDART Jean (PU-PH)
GIORGI Roch (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)
DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)
VERNA Emeline (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

CHARREL Rémi (PU PH)
DRANCOURT Michel (PU-PH)
FENOLLAR Florence (PU-PH)
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)
LA SCOLA Bernard (PU-PH)
RAOULT Didier (PU-PH)

ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH)
DUBOURG Grégory (MCU-PH)
GOURIET Frédérique (MCU-PH)
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)
LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
ENJALBERT Alain (PU-PH) Surnombre
GABERT Jean (PU-PH)
GUIEU Régis (PU-PH)
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
FROMNOT Julien (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE 4403

ROLL Patrice (PU-PH)

GASTALDI Marguerite (MCU-PH)
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

CARDIOLOGIE 5102

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)
BONELLO Laurent (PU PH)
BONNET Jean-Louis (PU-PH)
CUISSSET Thomas (PU-PH)
DEHARO Jean-Claude (PU-PH)
FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)
HABIB Gilbert (PU-PH)
PAGANELLI Franck (PU-PH)
THUNY Franck (PU-PH)

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)
MANCINI Julien (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)
BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU-PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPIANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony (PU-PH)
HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)
LAMBAUDIE Eric (PU-PH)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) *Surnombre*
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON-BARTOLI Gabrielle (MCU-PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) *Surnombre*
LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) *disponibilité*
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003

BERBIS Philippe (PU-PH)
GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)
GROB Jean-Jacques (PU-PH)
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ;
GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) *Surnombre*
THIRION Xavier (PU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402

GUYSS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERRROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE,

RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛOLOGIE 5004

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRANDVAL Philippe (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE 4704

BEROUD Christophe (PU-PH)
KRAHN Martin (PU-PH)
LEVY Nicolas (PU-PH)
MONCLA Anne (PU-PH)
SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

NGYUEN Karine (MCU-PH)
TOGA Caroline (MCU-PH)
ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
BOUBLI Léon (PU-PH)
BRETTELLE Florence (PU-PH)
CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
COURBIERE Blandine (PU-PH)
CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
D'ERCOLE Claude (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
MEGE Jean-Louis (PU-PH)
OLIVE Daniel (PU-PH)
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
ROBERT Philippe (MCU-PH)
VELY Frédéric (MCU-PH)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)
PAROLA Philippe (PU-PH)
STEIN Andréas (PU-PH)

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE 5301

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)
RACCAH Denis (PU-PH)
VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité
BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)
SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

OPHTALMOLOGIE 5502

DENIS Danièle (PU-PH)
HOFFART Louis (PU-PH)
MATONTI Frédéric (PU-PH)
RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701

BLAISE Didier (PU-PH)
COSTELLO Régis (PU-PH)
CHIARONI Jacques (PU-PH)
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
VEY Norbert (PU-PH)

GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
LOOSVELD Marie (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

LEONETTI Georges (PU-PH)
PELISSIER/ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

BARTOLI Christophe (MCU-PH)
TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)
VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)
SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

NEPHROLOGIE 5203

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stéphanne (PU-PH)
DUSSOL Bertrand (PU-PH)
JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
MOAL Valérie (PU-PH)

NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)
FUENTES Stéphane (PU-PH)
REGIS Jean (PU-PH)
ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)
SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
GRAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)
AUDOIN Bertrand (PU-PH)
AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)
CECCALDI Mathieu (PU-PH)
EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
FELICIAN Olivier (PU-PH)
PELLETIER Jean (PU-PH)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSO François (PU-PH)

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)
 FAKHRY Nicolas (PU-PH)
 GIOVANNI Antoine (PU-PH)
 LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)
 NICOLLAS Richard (PU-PH)
 TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité

REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502

DESSEIN Alain (PU-PH) Surnombre

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
 L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
 MARY Charles (MCU-PH)
 RANQUE Stéphane (MCU-PH)
 TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)
 CHAMBOST Hervé (PU-PH)
 DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
 GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
 MICHEL Gérard (PU-PH)
 MILH Mathieu (PU-PH)
 REYNAUD Rachel (PU-PH)
 SARLES Jacques (PU-PH)
 TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
 FABRE Alexandre (MCU-PH)
 OUDIN Claire (MCU-PH)
 OVAERT Caroline (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

BAILLY Daniel (PU-PH)
 LANCON Christophe (PU-PH)
 NAUDIN Jean (PU-PH)

CHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PSYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
 CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
 CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
 GIRARD Nadine (PU-PH)
 GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
 JACQUIER Alexis (PU-PH)
 MOULIN Guy (PU-PH)
 PANUEL Michel (PU-PH)
 PETIT Philippe (PU-PH)
 VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
 VIDAL Vincent (PU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

GAINNIER Marc (PU-PH)
 GERBEAUX Patrick (PU-PH)
 PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
 ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)
 LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
 PHAM Thao (PU-PH)
 ROUDIER Jean (PU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)
 FAUGERE Gérard (PU-PH) Surnombre
 MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
 SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)
 VALLI Marc (MCU-PH)

PHILOSOPHIE 17

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

PHYSIOLOGIE 4402

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
 BREGEON Fabienne (PU-PH)
 MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)
 TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
 BONINI Francesca (MCU-PH)
 BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
 DADOIN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)
 DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)
 DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
 GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
 REY Marc (MCU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section) Retraite 1/5/2018
 RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
 STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
 THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)
 BARLESI Fabrice (PU-PH)
 CHANEZ Pascal (PU-PH)
 CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
 GREILLIER Laurent (PU PH)
 REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

AMBROSI Pierre (PU-PH)
 BARTOLIN Robert (PU-PH) Surnombre
 VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE 5204

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
 KARSENTY Gilles (PU-PH)
 LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
 ROSSI Dominique (PU-PH)

« Ils flottent, gronda la voix, ils flottent, Georgie,
et quand tu seras en bas avec moi, tu flotteras aussi... »

S.K.

Remerciements

Aux membres du jury

A Monsieur le Professeur Jean-Michel Bartoli,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et je vous en remercie.

L'opportunité de venir me former chez vous en radiologie interventionnelle m'a donné envie d'orienter ma pratique professionnelle en ce sens.

Votre dynamisme et votre implication dans la formation des internes sont un exemple pour moi.

Je vous prie de trouver en ces mots l'expression de toute ma reconnaissance et mon respect profond.

A Monsieur le Professeur Guillaume Gorincour,

Tu n'es pas seulement mon directeur de thèse, tu es également devenu depuis notre rencontre en radiopédiatrie lors de mon 2^e semestre un mentor et un ami.

Ta gentillesse et ta disponibilité de chaque instant tant sur le plan professionnel que personnel sont exceptionnelles.

Je te remercie de m'avoir proposé de travailler sur l'imagerie médico-légale et plus particulièrement sur la thématique de ce travail de thèse, me permettant ainsi d'élaborer un travail de grande ampleur.

Je te suis extrêmement reconnaissant pour tout ce que tu m'as enseigné et tout ce que nous pourrions continuer à faire ensemble.

A Madame le Professeur Marie-Dominique Piercecchi

Je vous remercie d'être présente ce jour pour juger mon travail.

Vous m'aviez très bien accueilli lors de mon passage en Médecine Légale.

Vos conseils m'ont été précieux lors de la réalisation de ce travail, ainsi que durant mon année recherche, notamment dans la préparation de mon oral de Master 2.

A Madame le Docteur Lucile Tughtan

Merci de me faire l'honneur et le plaisir de siéger dans ce jury.

Tu m'as fait découvrir le monde de la Médecine Légale, tu m'as formé aux autopsies et tu m'as permis d'assister à une levée de corps, expériences rares dans la vie d'un radiologue.

Je te suis également reconnaissant de tes conseils avisés lors de la rédaction de cette thèse.

A Monsieur le Docteur Pierre Massiani

Ce travail ne serait pas le même sans ton enseignement et ta connaissance encyclopédique de la balistique, que tu transmets avec enthousiasme à tous ceux qui ont la chance de te rencontrer.

A toutes les personnes qui ont participé à ma formation au cours de mon internat

Dans l'ordre chronologique :

A l'équipe de l'hôpital Edmond Garcin, pour m'avoir accompagné durant mes premiers pas d'interne.

A celle du service d'imagerie pédiatrique et prénatale de la Timone, pour m'avoir fait découvrir l'univers passionnant de la radiopédiatrie.

A celle du service d'imagerie médicale de l'hôpital Nord, pour m'avoir permis de consolider mes compétences de manière globale, dans une ambiance familiale.

A celle du service d'anatomo-cyto-pathologie de l'IPC, pour m'avoir fait découvrir un autre aspect de la médecine paraclinique.

A celle du service d'imagerie adulte de la Timone, pour l'excellence de leur radiologie interventionnelle.

A celle du service d'imagerie médicale de la Conception, pour l'autonomie que j'y ai développée.

A celle du service de Médecine Légale de la Timone, pour l'immersion dans un monde nouveau.

A celle du service d'imagerie médicale de l'HIA Sainte Anne, pour la formation très prometteuse que j'entrevois au moment de la rédaction de cette thèse.

Un remerciement tout particulier à l'ensemble de l'équipe de l'IPC

A mes chefs qui m'ont formé, **Gilles, Anthony, Nassima, Serge**.

Pour m'avoir conforté dans l'idée que la radiologie interventionnelle est une spécialité passionnante, et qu'un radiologue peut être un véritable soignant.

J'ai hâte de vous rejoindre pour de nouvelles aventures.

A ma promo 2013

Alexandre, dit le zé, le premier co-interne que j'ai rencontré, homme à l'humour ravageur, attentif aux autres, fin gourmet, rapidement devenu coloc et ami. Encore désolé de t'avoir accueilli en robe de chambre en soie mal attachée, affalé dans mon canapé.

Dara, monument de force physique et de capacité de travail, caméléon social protéiforme, toujours prêt à rendre service et à commander un Triple Viande. J'ai trouvé un ami qui aime manger au moins autant que moi. Tu as été mon compagnon d'angio et d'année recherche, et je suis fier d'avoir partagé ces expériences avec toi. « T'as pétié dans mon kebab ?! ».

Clémentine, que j'ai d'abord accueillie durant ses premiers week-ends d'interne, puis vraiment connue lors de mon passage en anapath. Au plaisir de repartir en rando ensemble, et peut-être d'être ton interne durant mon dernier semestre.

Paul, mon collègue référent, force tranquille inébranlable, merci pour ces bons moments partagés en stage et en dehors, pour les après-midis wake et pour ta présence à mes côtés lorsque nous avons demandé à ouvrir un stage en structure privée.

Marie, mon ancienne coloc. Nous avons fait nos premiers pas extra-professionnels ensemble à Marseille. Au plaisir de se retrouver autour d'un verre de La Baronne.

Camille, nous n'avons partagé d'un seul stage, mais ce fut l'occasion de bons moments. Nous partageâmes l'amour des carottes et des joufflus.

Florence, co-interne pendant 6 mois à l'IPC, et ma nouvelle cheffe à Sainte Anne, à ce semestre ensemble qui s'annonce fort sympathique.

Marie, à ce mariage mémorable en haut des pistes.

Samia, nous n'avons pas eu l'occasion de travailler ensemble, mais au plaisir de se recroiser.

A mes copains anapath

Aurélie et **Morgan**, merci pour ce semestre mémorable, qui restera gravé dans ma mémoire.
« haut-parleur qui crachote : B EUUUUUUUUH »

Aux autres internes de radio et aux glisseums, ils se reconnaîtront

Parce que j'ai passé de très bons moments avec eux.

Aux internes des deux revues

Citons les musiciens, mais je pense à vous tous : **Mickaël, Sarkis, Mathias, David, Vincent.**

A ces expériences incroyables et ces moments magiques sur scène.

Je suis fier d'avoir participé à des projets aussi aboutis.

« Blue Moooooooooon... »

Aux copains Marseillais médecins ou pas (dans le désordre)

Cécile, Marie, Pauline, Romain, Antoine, Vincent, Marguerite, Eloi, Laura, Laura, Dimitri, Camille.

A nos apéros arrosés, couscous parfaitement épicés, Mont d'Or bien coulants, pool parties déchaînées, randonnées bucoliques, flatulences matinales, sessions de surf intenses, voyages au Maroc et au Portugal inoubliables, parties de pétanque ensoleillées, réveillons festifs, sessions d'escalade sur des 5B vertigineuses, WE de ski neigeux, trajets en voiture sur fond de Stephen King et à la Verveine réconfortante.

Aux trois compères

A **Jean-Bruno**, à notre rencontre en radiopédiatrie, nos radios d'œufs opacifiés, mon diagnostic d'appendicite et nos déjeuners à l'Argentin.

A **Julien** et **Gilles**, « les branlos de la Concep », pour leurs délicieux barbeucs et leurs conseils avisés sur l'avenir.

A l'équipe du CERIMED

Pauline, Sophie, Romain, Mylène, Anthony et tous les autres.

A cette année supplémentaire à vos côtés, à votre bonne humeur et à nos pauses sur la terrasse.

A R214, petit suidé parti trop tôt.

Aux Sex Pistou

Gilles, Guillaume, Ju et **Pat**. Merci pour ces 4 années de rock et de concerts avec vous.

Vous êtes très bons.

Il faut monter le son de ma batterie sur la table de mixage.

A Bordo4ever

Dans l'ordre alphabétique : **Tony, Ax, Dams, Matthi, Mika, Seb, Tibo** et **Toto**.

Pour toutes ces années avec vous, qui commencent à s'accumuler.

A nos années étudiantes, qui défilent devant mes yeux : N.I.M.B.Y., Aéropostale, Fellini, la P1, MMPP, l'amphi 3, les apparts de Matthi, Toto et Ax, la B.U., la B.M., le 14 rue Rolland, son fauteuil blanc et sa voisine du 1er, les soirées dentaires, le réveillon déguisé C&S et ses 6 galettes, les galas successifs, les chantiers et les grues, le CAT, les voyages à Platja d'Aro avec **Pierre-Arthur**, à l'Escala, Barcelone et Berlin, le 4sans, les klubs, Ali Baba, le Punisher, l'Antirouille, l'ECN, l'ECN, la planche à voile, les photomontages pétés et les mariages.

« Un vieillard qui meurt c'est comme une bibliothèque qui brûle. »

Je vous dédie ce travail même si je sais que vous viendrez pour le champagne (qui ne tâche pas rappelons-le) et pour mettre le zbeule. Vous êtes les plus beaux. Love.

Aux copains de sous-colles et bien plus que ça

A **Matthieu** et **Damien**, mes copains intelligents, je suis fier d'avoir bossé à vos côtés et de vous avoir vu prendre une certaine avance.

Au plaisir de continuer nos WE retrouvailles à Montpellier, Toulouse et Marseille.

A la Bordelaise et au Brestois de Chongqing

Angéline, Pierre-Marie, Brieg et **Estelle**.

Ces 2 mois en Chine furent inoubliables.

Au caca-douche, aux miems, aux étudiants chinois francophones et aux immeubles construits dans la nuit.

Au Dr. Kobayashi

Pour son accueil très chaleureux à Tsukuba.

Aux 89464, 68591 et 84694

Pour m'avoir fait vibrer à toute heure du jour et de la nuit.

A ma famille

A mes parents, **Béatrice et Thierry.**

Aussi loin que je puisse me souvenir vous avez toujours été là pour moi. Pour tout ce que vous m'avez appris et continuez à m'apprendre. J'espère pouvoir vous ressembler un jour.

A ma sœur et mes frères, **Gaby, Raph et Monsieur Fesse.**

A nos années ensemble à Saint-Cyr-l'Ecole, Voisins-Le-Bretonneux puis Bordeaux.

A nos trajets interminables en voiture, agrémentés de harpe celtique, de chants de Noël, de coups de coude, de lecteur DVD portable, de coca éventé, de pain émietté, de tomates écrasées et surtout de café et de bananes.

A nos dîners mouvementés et aux flambys gobés.

A nos voyages au bout du monde.

A nos parties de Game Cube et nos moments de retrouvailles, toujours trop courts.

Je suis extrêmement fier de ce que vous êtes devenus.

A mes grands-parents (dans l'ordre alphabétique) **Mamète, Mané, Papé et Papète.**

Aux vacances délicieuses que j'ai passées toute ma jeunesse chez vous sous le soleil de Marseille et de Vence.

Pour m'avoir appris à lire, pour m'avoir fait naviguer, pour m'avoir emmené en voyage à la montagne et partout en Europe et pour m'avoir appris à ne pas toujours répondre « non ».

A mes arrière-grands-parents **Mamie, Mémé et Papi**

Aux cousines et cousin **Alice, Antoine, Clémence, Éléonore, Élise, Ève, Jeanne et Joséphine.**

A nos vacances au bord de la piscine, au fantôme de la chambre du fond, au loup caché dans les bambous du jardin, à vos chorégraphies, au barracuda, aux pièces de théâtre faites maison et à nos week-ends à Paris.

A mes tantes et oncles, **Agnès, Anne-Marie, Annik, Bruno, Carole, Christophe, Gérard, Ginette, Nadé, Philippe et Renée.**

Pour tous les bons moments que nous avons passés ensemble.

A toi Célia

A ces belles années à tes côtés, depuis notre premier verre au Café Brun il y a 8 ans.

A ta sensibilité artistique, ta douceur, ta patience et ta force de caractère.

Pour avoir supporté l'éloignement à Paris puis à Grenoble.

Pour m'avoir rejoint sans hésiter dans une ville inconnue.

Parce que tu sais me le faire savoir quand parfois je m'emballe un peu trop.

Parce que vivre avec toi me semble si naturel.

A notre futur ensemble.

CORRELATIONS ET APPORTS RESPECTIFS DE L'AUTOPSIE ET DU SCANNER POST-MORTEM DANS LES TRAUMATISMES BALISTIQUES FATALS

RESUME

Objectif : étudier les apports respectifs et les corrélations de l'autopsie et du scanner post-mortem dans les traumatismes balistiques fatals.

Matériels et Méthodes : étude descriptive rétrospective monocentrique sur 9 ans (2008-2017) incluant les cas de traumatismes balistiques fatals ayant bénéficié d'un scanner post-mortem en contraste spontané puis d'une autopsie. En plus des données démographiques, les principales données recueillies, à l'autopsie et au scanner, en aveugle l'un de l'autre, étaient le nombre de systèmes lésionnels, leur orientation et la distance à la sole plantaire des orifices d'entrée et sortie, le calibre des projectiles et les résidus de tir, un bilan lésionnel détaillé et la détection des épanchements.

Résultats : Initialement 225 cas ont été inclus, dont 158 dossiers complets analysés. L'âge moyen des victimes était de 41,5 ans et 93% des sujets étaient de sexe masculin. Le scanner et l'autopsie étaient concordants sur le nombre de systèmes lésionnels (CCI= 0,700), leur orientation ($\kappa \geq 0,925$) et la distance à la sole plantaire des orifices d'entrée et de sortie (CCI $\geq 0,993$). Ils étaient non concordants concernant les résidus de tirs cutanés ($\kappa = 0,278$, autopsie supérieure) et la détection des épanchements (CCI= 0,293, scanner supérieur). Les limites du scanner étaient un positionnement des membres en dehors du champ d'acquisition et l'impossibilité de déterminer le calibre des projectiles de manière fiable. Certains défauts de concordance étaient liés à l'absence occasionnelle de mesures par l'autopsie, notamment la distance à la sole plantaire ou la quantification des épanchements.

Conclusion : cette étude a permis de préciser les conditions de la complémentarité autopsie/scanner post-mortem en cas de traumatismes balistiques fatals.

Mots-clés : balistique, tomodensitométrie post-mortem, autopsie, corrélation, médecine légale

INTRODUCTION

Le scanner est un outil dont l'apport est maintenant reconnu en médecine légale, notamment dans l'analyse des lésions balistiques [1] et de leurs trajectoires [2]. A la différence de l'autopsie, qui sauf exception (dans le cas d'une contre-expertise) n'est réalisée qu'une seule fois, il est possible de revenir sur des images tomodensitométriques (TDM), de les partager avec d'autres intervenants ou d'en extraire une iconographie démonstrative adaptée à un public non médical, comme durant un procès [3], où des photographies cadavériques pourraient être plus difficilement montrables. Des reconstructions en trois dimensions d'images scanographiques acquises post-mortem permettent de définir les trajets lésionnels et de les présenter par exemple devant un procès à la Cour d'assises. Il existe peu de grandes séries [4-7] dans la littérature ayant évalué l'apport du scanner dans le cas de décès par arme à feu. Pourtant cet outil est de plus en plus accessible à travers le monde, que ce soit du point de vue du coût, de la vitesse d'acquisition des images ou de l'augmentation du nombre de machines disponibles. Parallèlement, le nombre de décès par balles, notamment lié aux tueries de masses aux Etats-Unis d'Amérique, augmente au fil des ans [8]. L'usage du scanner post-mortem dans le contexte du terrorisme a aussi déjà été évoqué [9]. Cette étude s'intéresse aux apports respectifs et aux corrélations de l'autopsie et du scanner post-mortem dans les traumatismes balistiques fatals.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons réalisé une étude descriptive rétrospective monocentrique sur 9 ans, de septembre 2008 à septembre 2017. Les dossiers TDM ont été extraits du système d'information radiologique et du réseau d'archivage numérique du pôle d'imagerie de notre institution, et nous avons consulté les rapports d'autopsie issus du service de Médecine Légale.

Nous avons inclus dans un premier temps tous les cas de traumatismes balistiques fatals ayant bénéficié d'un scanner post-mortem en contraste spontané puis d'une autopsie.

Nous avons exclu secondairement les cas où une carbonisation et/ou une putréfaction étaient trop avancées pour une analyse TDM pertinente, ceux où le rapport d'autopsie n'était pas encore disponible, ceux ayant bénéficié d'une chirurgie pré-scanner pré-autopsique modifiant les données lésionnelles, et ceux présentant plus de 7 systèmes lésionnels balistiques.

Données autopsiques

Pour chaque cas, nous avons recueilli les données épidémiologiques suivantes, en s'appuyant sur le rapport d'autopsie : sexe, date de naissance, date du décès (réelle ou estimée), les circonstances : homicide ou suicide (table 1). Le calibre des différentes munitions à l'origine du décès était consigné, à partir du rapport d'autopsie, et éventuellement à partir du rapport spécifique d'expertise balistique. La notion éventuelle de tir à bout touchant ou portant était également prise en considération.

Table 1. Données démographiques.

Caractéristiques	Valeur
Hommes, no. (%)	147 (93)
Homicide, no. (%)	113 (71.5)
Suicide, no. (%)	45 (28.5)
Age moyen, années, moyenne ± déviation standard	
Homicide	34.2±13.3
Suicide	59.8±14.6
Total	41.5±17.9

Données d'imagerie

Les modèles de scanner utilisés étaient SIEMENS SOMATON DEFINITION (CLASSE 3 - Date d'installation 08/01/2007 - N° Agrément : 201400323), et GEMS OPTIMA CT 660 (Classe 3 - Date d'installation 03/02/2014 - N° Agrément : 2014003124).

Nous avons réalisé dans un premier temps un topogramme de face en décubitus dorsal, les bras le long du corps, suivi d'une première acquisition cervico-crânienne sans injection de produit de contraste, en coupes millimétriques jointives, reconstruites en traitements osseux et parenchymateux cérébral, en coupes axiales de 3 mm jointives, et d'une deuxième acquisition sans injection de produit de contraste, en coupes millimétriques, de la région cervicale à l'extrémité des pieds, reconstruites en traitements osseux, médiastinal et parenchymateux pulmonaires, en coupes axiales de 5 mm jointives. Nous avons ensuite réalisé des reconstructions de type M.P.R. (multi-planar reconstruction) et M.I.P. (maximum intensity projection).

Analyse balistique commune

Nous avons recueilli en aveugle les informations suivantes à partir des données TDM, puis du rapport d'autopsie, et ce avec la même méthodologie : nombre de projectile(s), nombre de système(s) lésionnel(s), orientation de la ou des trajectoires du ou des projectile(s), distance à la sole plantaire des orifices d'entrée et de sortie des projectiles et l'existence éventuelle de résidus de tirs sur le corps ou les vêtements.

En imagerie, la recherche de projectile commençait avec le topogramme, puis était affinée par l'analyse de l'ensemble des coupes avec reconstructions multiplanaires. L'association d'un noyau de projectile et de son chemisage était comptabilisée comme un seul projectile

lorsque le cas se présentait. Dans les cas de très nombreux projectiles (grains de plombs), leur nombre était arrondi à la dizaine près.

Nous avons décrit les trajectoires dans les 3 plans de l'espace, selon la méthode utilisée par les médecins légistes dans les rapports d'autopsie : la trajectoire pouvait être en haut ou en bas, vers la gauche ou vers la droite, et en avant ou en arrière, selon un plan de référence constitué par un individu debout, en extension, les bras alignés vers le bas le long du corps, la paume vers l'avant, c'est-à-dire la position anatomique dite de référence.

Dans certains cas une, deux ou la totalité des trois orientations concernant un trajet lésionnel pouvait manquer dans le rapport d'autopsie, nous avons alors considéré la trajectoire comme non décrite par l'autopsie.

Nous nous sommes aidés de différents repères et éléments sémiologiques pour identifier les trajectoires et les orifices lésionnels [5, 6]. Ces derniers correspondaient à des défauts dans le revêtement cutané, associés à des bulles d'emphysème sous-cutanées. Le trajet hématique se manifestait par une hyperdensité linéaire au sein des masses musculaires ou du parenchyme cérébral. Un trajet bulleux dans les organes pleins et les poumons permettait de poursuivre l'identification.

Lorsqu'un projectile fracturait une structure osseuse, l'alignement des fragments générés permettait de reconstituer certains trajets lésionnels. La forme conique d'un orifice dans la voûte crânienne permettait également d'en déduire certains trajets lésionnels, le cône s'évasant dans le sens du projectile.

La distance des orifices lésionnels à la sole plantaire était mesurée de la manière suivante : nous avons choisi la vue sagittale de l'acquisition corps entier proposée par le logiciel de reconstruction de General Electric® utilisé dans notre centre (« AW server »), puis nous avons utilisé la fonction « MIP », c'est-à-dire « Maximum Intensity Projection », afin

d'obtenir une image constituée du squelette et d'une vision sommaire des parties molles autour. Nous avons ensuite utilisé le plan axial proposé par le logiciel pour y placer un repère sur l'orifice lésionnel, puis nous avons réalisé une mesure de distance entre ce point et la sole plantaire sur la vue sagittale « MIPée ».

Analyse lésionnelle

Le descriptif lésionnel a mentionné chaque segment du corps, de l'encéphale aux pieds, en analysant différents axes artériels et veineux (aorte thoracique et abdominale, troncs artériels supra-aortiques, mésentère, veine cave inférieure), ainsi que chaque organe, chaque segment osseux, avec latéralisation systématique et recherche d'épanchement au contact des organes pleins intra-abdominaux. Nous avons recherché et quantifié les épanchements liquidiens pleuraux et péritonéaux, et décrit les éventuels pneumopéritoines. Les volumes des épanchements étaient mesurés à l'aide d'un module adapté sur le logiciel de reconstruction « AW server ».

Nous avons détaillé les lésions de la même manière à l'autopsie et en imagerie.

A l'étage encéphalique, nous avons différencié « lésion parenchymateuse », « hémorragie sous-arachnoïdienne », « hématome sous-dural », « hématome extra-dural » et « hémorragie intra-ventriculaire ».

A l'étage cervical les items étaient possibles « plaie des troncs artériels supra-aortiques » et « plaie des cartilages laryngés ».

A l'étage thoracique, les lésions individualisées étaient les lésions du cœur et de chacun des deux poumons, un épanchement péricardique, un épanchement pleural et un pneumothorax de chaque côté.

Chaque organe plein intra-abdominal était exploré, et nous avons cherché une perforation de l'estomac, de l'intestin grêle et du côlon, ainsi que d'éventuelles plaies de l'aorte thoracique, de l'aorte abdominale, de la vessie, de la racine du mésentère et de la veine cave inférieure. Nous avons identifié d'éventuels épanchements au contact de chaque organe intra-abdominal [10].

Concernant les atteintes osseuses, nous avons détaillé les lésions suivantes : fractures de la voûte crânienne, du massif facial et de la base du crâne ; rachis cervical, thoracique, lombaire et sacré ; sternum, clavicule droite et clavicule gauche, scapula droite et scapula gauche ; côtes droites et côtes gauches ; ailes iliaques droite et gauche, branches ischio et ilio-pubiennes droite et gauche ; humérus, radius, ulna, main droits et gauches ; fémurs, tibias, fibulas, pied droits et gauches.

Analyse statistique

Les variables catégorielles sont présentées sous forme d'effectifs (%). Les variables quantitatives sont présentées sous forme de moyenne \pm écart-type.

La concordance entre scanner et autopsie a été évaluée à l'aide du coefficient kappa (κ) de Cohen pour les variables binaires et du coefficient de corrélation intraclass (CCI) pour les variables quantitatives [11].

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Inc., New York, USA). Pour tous les tests, bilatéraux, une valeur du degré de signification p inférieure à 0,05 a été considérée comme statistiquement significative.

RESULTATS

Initialement nous avons recruté 225 cas, correspondant à tous les traumatismes balistiques fatals ayant bénéficié d'un scanner post-mortem en contraste spontané puis d'une autopsie. Secondairement 10 ont été exclus pour carbonisation trop importante, 1 pour putréfaction trop avancée, 4 par inaccessibilité aux images du scanner post-mortem, 2 par inaccessibilité au rapport d'autopsie, 5 par chirurgie pré scanner pré autopsie, 45 en raison d'un nombre de systèmes lésionnels supérieur à 7.

Au final l'analyse a porté sur 158 cas.

Les principaux résultats lésionnels comparatifs sont présentés dans la figure 1.

Les rapports d'autopsie ont mis en évidence des calibres variés : 39 cas impliquant du calibre 12, 31 cas du 9 mm, 12 cas du 7.62 x 39 mm, 9 cas du .22 Long Rifle, 3 cas du 0.45, 2 cas du 7.62 x 15 mm et du .38 special et 1 case du .357 Magnum. Certains rapports ont catégorisé le calibre comme "petit", "moyen" ou "gros", ou ne l'ont pas spécifié.

Le scanner était concordant avec l'autopsie concernant le nombre de projectiles (CCI= 0,660), le nombre de systèmes lésionnels (CCI= 0,700), leur orientation ($\kappa \geq 0,925$) et la distance à la sole plantaire des orifices d'entrée et sortie (CCI $\geq 0,993$).

Il était également concordant concernant les lésions encéphaliques (CCI= 0,883), les lésions médiastinales (CCI= 0,914), les lésions parenchymateuses pulmonaires ($\kappa = 0,958$ à droite et 0,973 à gauche), les lésions des organes pleins intra-abdominaux (CCI= 0,969), les lésions de l'aorte thoracique ($\kappa = 0,886$), et abdominale ($\kappa = 0,794$) et les fractures du segment céphalique (CCI= 0,996), la recherche de fractures des os des membres inférieurs (CCI= 0,662 à gauche et CCI= 0,927 à droite) (figure 2).

La concordance était plus variable concernant les fractures rachidiennes ($\kappa = 0,589$ pour le rachis cervical, $\kappa = 0,844$ pour le rachis thoracique et $\kappa = 0,766$ pour le rachis lombaire), le sacrum ($\kappa = 0,589$), les fractures des scapulas ($\kappa = 0,610$ à droite et $\kappa = 0,445$ à gauche), les fractures des branches ischio-pubiennes ($\kappa = 0,664$), la recherche d'épanchement péricardique ($\kappa = 0,762$), la recherche de plaie des troncs artériels supra-aortiques ($\kappa = 0,613$), la recherche de fractures des os de la main ($\kappa = 0,738$ et $\kappa = 0,744$), la mise en évidence de perforation de l'intestin grêle ($\kappa = 0,609$) ou du cadre colique ($\kappa = 0,633$).

Le scanner et l'autopsie étaient non concordants concernant les résidus de tirs cutanés ($\kappa = 0,278$) aux dépens de l'imagerie, la description de pneumothorax ($\kappa = 0,306$ à droite et $\kappa = 0,301$ à gauche) et la détection des épanchements au contact des organes pleins intra-abdominaux (CCI= 0,293) aux dépens de l'autopsie, ainsi que la détection de plaie de la veine cave inférieure ($\kappa = -0,017$).

La figure 3 regroupe les items pour lesquels le scanner a détecté significativement plus de lésions.

La figure 4 regroupe à l'inverse les items pour lesquels l'autopsie était plus performante que le scanner.

Figure 1: Résumé des lésions.



Figure 2: Données concordantes.

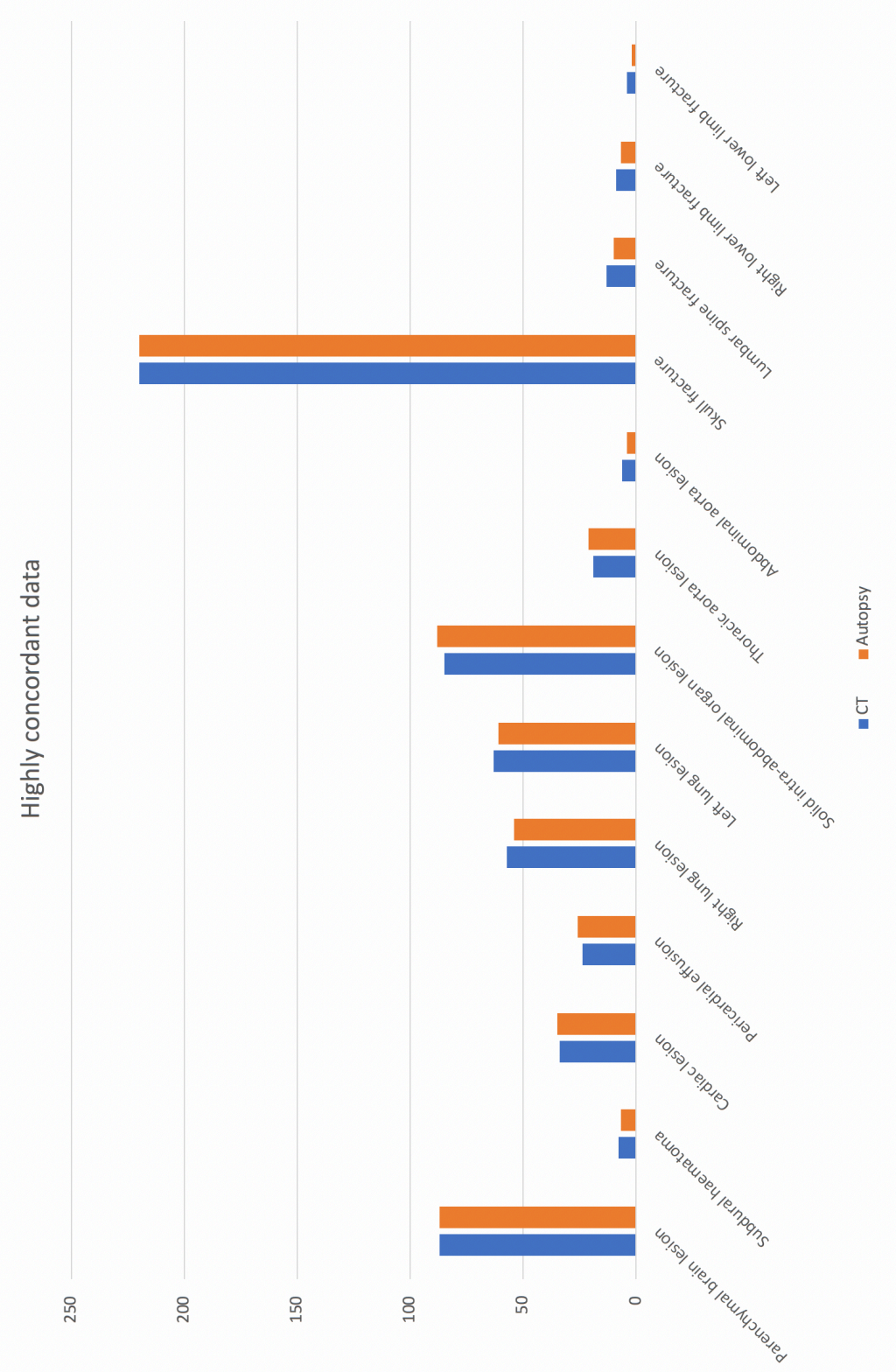


Figure 3: Données non concordantes avec scanner post-mortem > autopsie.

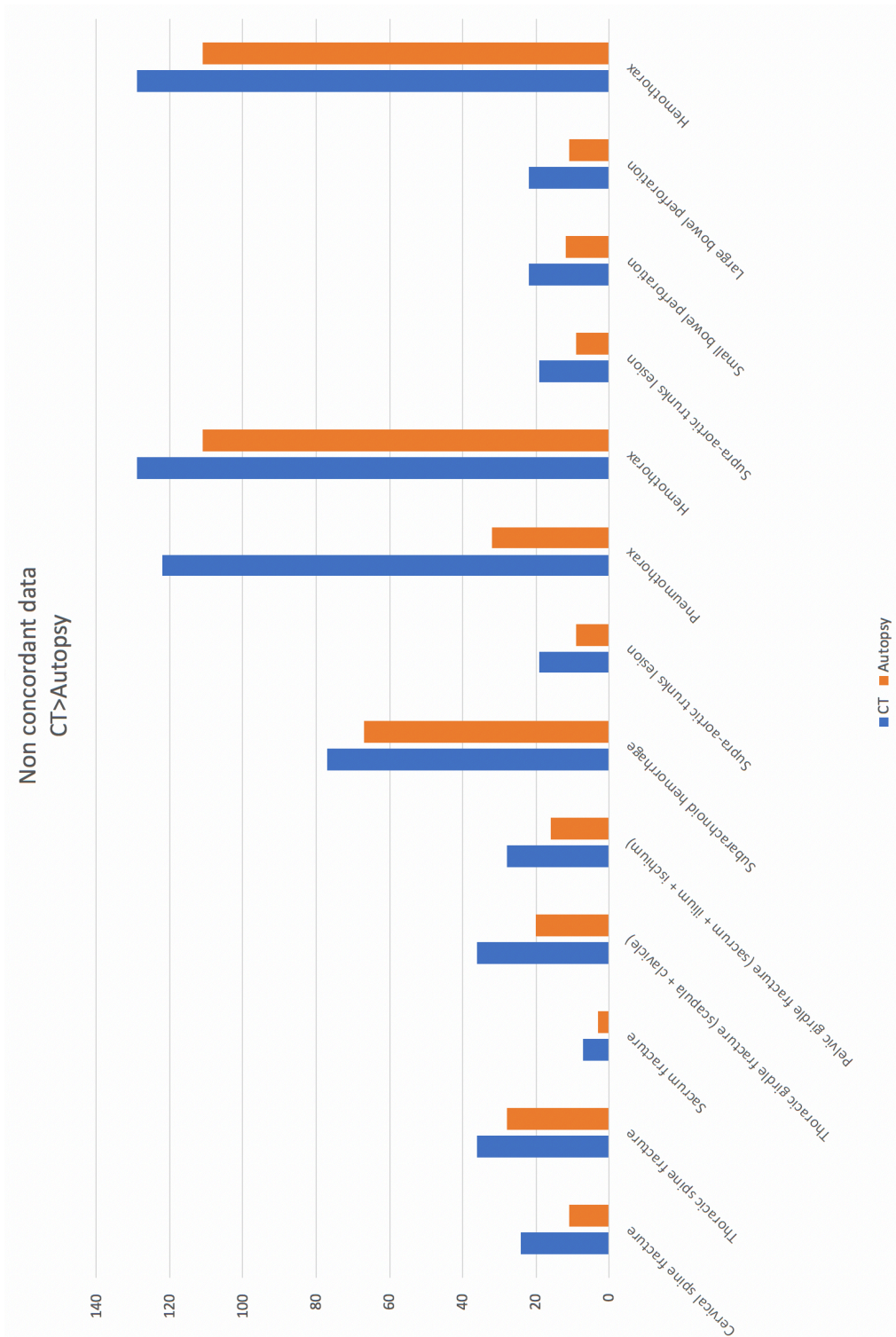
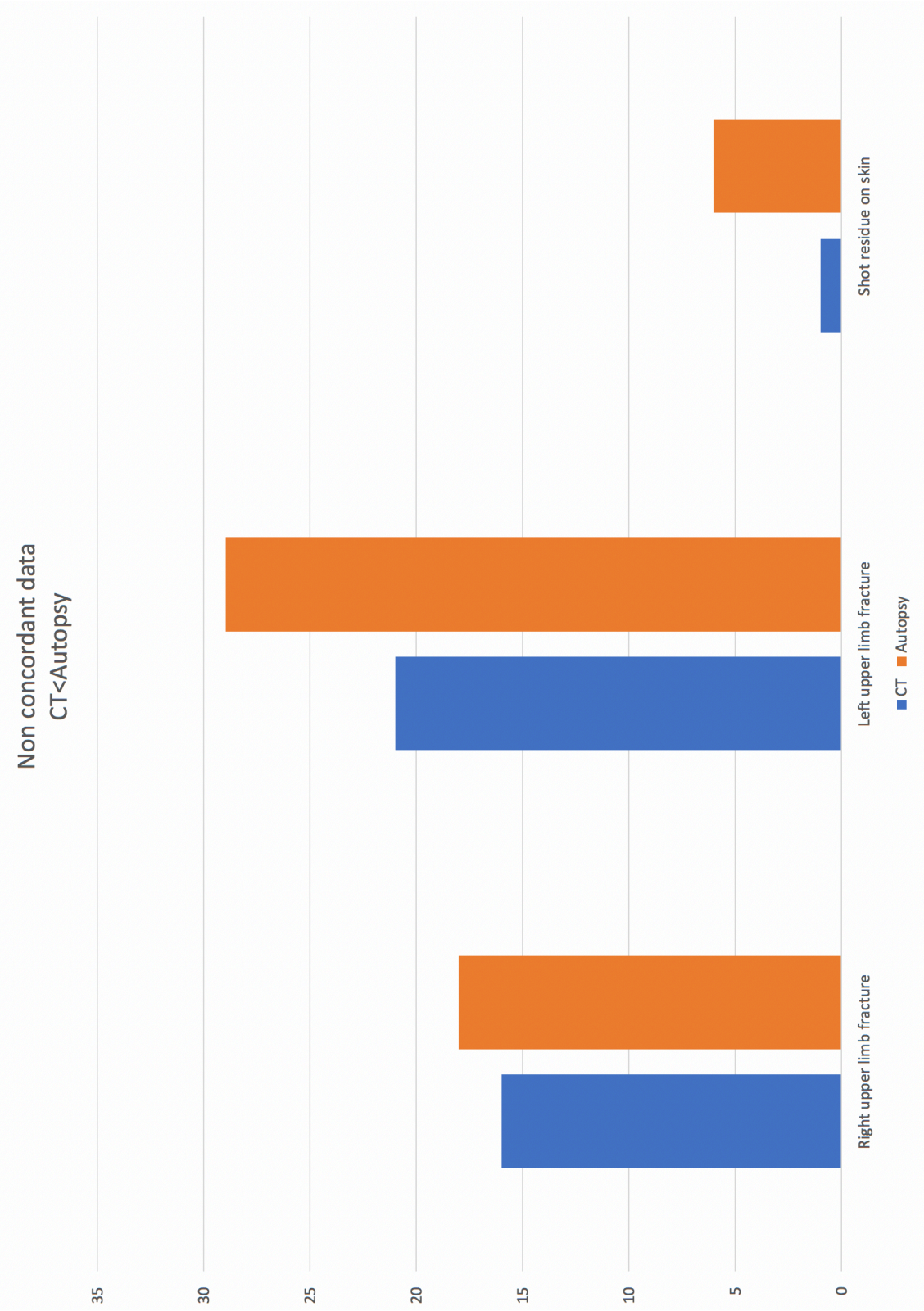


Figure 4: Données non concordantes avec autopsie > scanner post-mortem.



DISCUSSION

Nous rapportons la plus grande série à ce jour [4-7] ayant évalué les apports respectifs, corrélations et discordances du scanner post-mortem non injecté et de l'autopsie dans les cas de décès par arme à feu.

Données concordantes

Dans ce travail, le scanner et l'autopsie étaient globalement très concordants, que ce soit dans la description du nombre de projectiles ou du nombre et de l'orientation des orifices et trajets lésionnels, ce qui est retrouvé dans la littérature [12-18].

Contrairement à certains articles de la littérature, nous avons trouvé une concordance dans la description des lésions des organes pleins intra-abdominaux [10, 18, 19], probablement en raison de la possibilité de suivre le trajet du projectile au travers des différents organes, à la différence d'un traumatisme non pénétrant. Cela peut s'expliquer notamment par l'expérience et la formation aux spécificités de l'imagerie post-mortem (plus de 1200 cas dans notre institution en 10 ans) d'une équipe radiologique restreinte dans notre centre, dont les membres ont pu bénéficier de différents enseignements délivrés par des experts internationaux en imagerie médico-légale.

Données non concordantes

Le scanner s'est révélé performant concernant la détection de fractures osseuses, notamment celles d'os profonds comme ceux du bassin ou comme les premières vertèbres

cervicales, ce qui a été décrit dans la littérature [20]. Ces structures sont difficiles d'accès et nécessitent un important délabrement du corps pour être mises en évidence à l'autopsie. Les plaies de la veine cave inférieure n'ont concerné qu'un très faible nombre de cas, potentiellement à l'origine de l'absence de concordance.

La non-concordance dans la détection des pneumothorax, que la littérature décrit comme performante par le scanner [21-23], peut s'expliquer par la difficulté pour les médecins légistes d'affirmer l'origine traumatique d'un pneumothorax après avoir ouvert la cage thoracique. En effet, la rétractation systématique du poumon à l'ouverture de la cage thoracique rend difficile sa corrélation à un trajet balistique.

La non-concordance concernant la détection et la quantification précise des épanchements liquidiens peut être liée à la perte de liquide à l'ouverture des cavités, ainsi qu'à une quantification plus inconstante du sang quand il commence à se figer (caillotage initial), en plus d'une potentielle contamination des cavités entre elles lorsqu'il existe des épanchements à la fois thoraciques et péritonéaux.

Les importantes discordances entre TDM et autopsie dans cette étude dans la détection et la quantification des épanchements gazeux et liquidiens pourraient faire proposer la TDM comme gold-standard concernant ces items [24]. En effet, l'évaluation des épanchements (qu'ils soient liquidiens ou gazeux) sur les images TDM est extrêmement précise, grâce aux outils numériques disponibles sur tous les logiciels de post-traitement, permettant coupe par coupe de mesurer leur aire et donc d'en déduire un volume. En outre des images clés sauvegardées à partir des images TDM peuvent constituer une preuve tangible de la quantité d'épanchement.

Limites du scanner

Les limites du scanner étaient un positionnement des membres en dehors du champ d'acquisition et l'impossibilité de déterminer le calibre des projectiles de manière fiable. En effet les projectiles sont quasi-systématiquement déformés par l'impact, que ce soit par une interface comme une portière de voiture ou un os, et par les artefacts métalliques inhérents à l'acquisition volumique et aux rayons X. Par ailleurs, notre analyse des rapports d'autopsie et des rapports d'expertise balistique a montré des différences entre les calibres décrits, liés à la complexité et la variété des calibres existants, nécessitant une véritable expertise dans le domaine. Le scanner permet de détecter de petits fragments métalliques [12], là où l'autopsie demande une exploration plus chronophage des différents organes pour isoler tous les corps étrangers.

Certains orifices d'entrée ou de sortie localisés dans le dos des victimes ont été d'analyse tomodensitométrique difficile, en raison de la déformation post-mortem et de la compression des tissus cutanés et sous-cutanés par le poids du corps (scanner réalisé en décubitus dorsal) et par l'épaisseur des vêtements.

Limites de l'étude

Une des limitations de notre travail était l'exclusion des cas pour lesquels les trajets étaient supérieurs à 7. En effet dans notre expérience, à partir d'un trop grand nombre de trajets, le corps apparaît très altéré, les bulles d'emphysème se dispersent, les organes se fragmentent et il devient difficile d'individualiser précisément chaque trajet. La non exclusion de ces cas aurait donc altéré de manière non pertinente notre analyse statistique.

Cette étude a concerné des acquisitions TDM en contraste spontané. L'analyse de la littérature met en évidence une très bonne performance du scanner post-mortem avec

injection de produit de contraste (PMCTA) [25-28], en comparaison avec l'autopsie à propos de la recherche de la cause de la mort dans des décès intra-hospitaliers inexplicables [29], ou concernant la détection et la caractérisation des plaies vasculaires [30-33].

Notre étude aurait pu potentiellement démontrer un plus grand nombre de lésions si les examens TDM avaient été injectés. Cependant, la plupart des centres d'imagerie post-mortem aujourd'hui ne disposent pas en routine des techniques de PMCTA (souvent chères et toujours chronophages), et il nous semblait donc important de partager nos résultats qui concernent la technique ce jour la plus utilisée.

Un argument majeur : le pouvoir démonstratif

La puissance démonstrative des images TDM, une fois analysées par un radiologue expérimenté, familier de l'imagerie médico-légale, de ses enjeux et de son potentiel, permettrait de constituer une base de documentation sans précédent concernant les décès balistiques. En effet, en réalisant systématiquement un scanner post-mortem dans les cas de décès balistiques, puis en produisant un compte-rendu standardisé et validé internationalement et des reconstructions dans différents plans de l'espace et en trois dimensions, il serait possible d'entamer une réflexion à grande échelle sur les enjeux et conséquences de l'utilisation des armes à feu, et leur prévention. Les dossiers à charge et à décharge pourraient s'enrichir d'une iconographie riche et pertinente, notamment couplée à des reconstitutions virtuelles de scènes de crimes [34], appuyant les conclusions du rapport d'autopsie et de la police scientifique. Le scanner présente comme autre avantage d'être plus facilement accepté dans certaines communautés religieuses [4] que l'autopsie, tout en apportant de nombreuses informations sur les circonstances du décès, autorisant une réelle internationalisation des pratiques. Les projectiles devront toujours être récupérés.

Le PMCT pourrait également être utilisé dans un but de prévention : de même que pendant un procès, les images TDM sont potentiellement plus acceptées que des photographies de cadavres, elles pourraient permettre d'illustrer les délabrements causés notamment par les armes automatiques en vente quasi-libre dans plusieurs pays. Régulièrement, les tueries de masse aux États-Unis sont perpétrées par des individus armés de fusils d'assaut automatiques à la grande cadence de tir et au très grand pouvoir vulnérant, à l'origine de drames à grande échelle, comme les tueries d'Orlando en 2016 et de Las Vegas en 2017 [35]. La possibilité de scanner de manière systématique toute victime de ce genre d'événement permettrait de mieux appréhender les conséquences de l'utilisation de ces armes mortelles, et de proposer une démarche éducative à grande échelle.

A l'image d'un potentiel rapport chirurgical général étudiant les liens entre possession d'armes à feu et lésions balistiques [36], ce compte-rendu d'imagerie standardisé pourrait remettre en question certaines normes sociétales concernant le droit à la possession d'armes à feu dans un contexte domestique. Il pourrait tenter de changer les mentalités en proposant d'aborder la question par un prisme plus pragmatique, contrebalançant le poids économique du lobby de l'armement ainsi que certains stéréotypes véhiculés par l'industrie du cinéma et des jeux vidéo concernant la puissance fantasmée d'un possesseur/utilisateur d'armes à feu.

CONCLUSION

Cette étude nous a permis de préciser les bonnes performances et la complémentarité du scanner post-mortem non injecté et de l'autopsie en cas de traumatismes balistiques. Le scanner s'est montré concordant avec les résultats de l'autopsie concernant de nombreux points majeurs, notamment le nombre et l'orientation des orifices et trajets lésionnels, ainsi que la description des lésions encéphaliques, cardio-pulmonaires et des organes pleins intra-abdominaux. Les importantes discordances entre TDM et autopsie dans cette étude dans la détection et la quantification des épanchements gazeux et liquidiens pourraient faire proposer la TDM comme gold-standard concernant ces items. La réalisation en complément de l'acquisition en contraste spontanée d'une injection I.V. de produit de contraste pourrait permettre de détecter des plaies vasculaires et cardiaques moins sévères, mais dont l'analyse est nécessaire à l'exhaustivité de la recherche des causes de la mort. La réalisation systématique d'un scanner post-mortem dans les décès balistiques pourrait aboutir à la validation internationale d'un compte-rendu standardisé, dont l'impact ne se limiterait pas à la description fidèle et minutieuse des lésions corporelles, mais permettrait également d'étoffer un dossier à charge et à décharge, d'enrichir notre compréhension des mécanismes lésionnels balistiques et de promouvoir une éducation sur les conséquences de l'utilisation des armes à feu.

Légende des figures

Table 1 : Résumé des lésions.

Sex ratio, ratio homicide/suicide, et âge moyen des victimes.

Pour l'ensemble des figures, la couleur bleue est utilisée pour représenter les lésions détectées sur les images scanographiques, et la couleur orange correspond aux lésions décrites sur les rapports d'autopsie.

Figure 1 : Résumé des lésions.

Nombre total de chaque item lésionnel visible sur le scanner post-mortem et décrite sur les rapports d'autopsie.

Figure 2 : Données concordantes.

Le scanner post-mortem et l'autopsie étaient notamment concordants concernant les lésions encéphaliques, cardio-pulmonaires et des organes pleins intra-abdominaux.

Figure 3 : Données non concordantes avec scanner post-mortem > autopsie.

Le scanner détectait notamment plus de fractures des os profonds, et identifiait et quantifiait de manière plus précise les épanchements.

Figure 4 : Données non concordantes avec autopsie > scanner post-mortem.

L'autopsie décrivait plus de fractures des membres supérieurs et analysait de manière plus fiable la présence ou non de résidu de tir.

Correlations of autopsy and postmortem CT scan in fatal ballistic injuries

Abstract

Background: To study the respective contributions and correlations of autopsy and postmortem computed tomography (PMCT) in fatal ballistic injuries.

Methods: A single-center retrospective descriptive study carried out over a 9-year period (2008-2017) that included cases of fatal ballistic injuries that had undergone unenhanced PMCT followed by autopsy. In addition to demographics, the main data collected independently at autopsy and PMCT were the number of injuries, their direction, distances from the sole of the feet of the entry and exit wounds, projectile caliber and gunshot residue, detailed examination of the injuries and detection of effusions.

Results: Initially 225 cases were included, of which 158 complete records were analyzed. The mean age of the victims was 41.5 years and 93% were male. PMCT and autopsy findings were concordant with regard to the number of injuries, their direction and distance of the entry and exit wounds from the sole of the feet. Findings were not concordant with regard to gunshot residues on the skin (autopsy more efficient) or detection of effusions (PMCT more efficient). The limitations of PMCT were positioning of the limbs outside the field of acquisition and the impossibility of reliably determining the caliber of the projectiles. Some discrepancies were related to occasionally missing autopsy data, in particular distance from the sole of the feet or measurement of the volume of effusion.

Conclusions: This study provides more detailed knowledge of the complementarity of autopsy and PMCT in analyzing fatal ballistic injuries.

Keywords: ballistics, postmortem computed tomography, autopsy, correlation, forensic pathology

Introduction

Computed tomography (CT) is a tool whose contribution is now recognized in forensic medicine, notably in analysis of ballistic injuries [1] [2]. Unlike autopsy, which can only be performed once, postmortem CT (PMCT) images can be reviewed, shared or used as a source of demonstrative 3D images in a court setting [3], where cadaveric photographs are difficult to show. Few large series evaluating the contribution of PMCT to the analysis of death by firearms have been published [4-7]. Nevertheless, this tool is increasingly accessible worldwide, whether with regard to cost, speed of acquisition or the number of devices. In parallel, the number of deaths by shooting increases every year [8]. The possibility of using PMCT in the context of terrorism has also been suggested [9]. Our aim was to study the respective contributions and correlations between autopsy and PMCT findings in fatal ballistic injuries.

Materials and Methods

We carried out a single-center retrospective descriptive study from September 2008 to September 2017. PMCT records were extracted from the radiological information and the digital archiving systems of our institution, and we consulted the autopsy reports of the forensic medicine department

Primarily, we included all cases of fatal ballistic injuries that had undergone unenhanced PMCT followed by autopsy.

Secondarily, we excluded cases where charring and/or putrefaction were too advanced for PMCT examination to be informative, those where the autopsy report was not yet available,

those which, before PMCT and autopsy, had undergone surgery that could modify the characteristics of the injury, and those that had received more than 7 ballistic injuries.

Autopsy data

We collected the following epidemiological data, based on the autopsy reports: sex, date of birth, date of death (or date of autopsy if date of death was uncertain), and whether the death was due to homicide or suicide (Table 1). The caliber of the fatal ammunition was recorded from the autopsy report and where applicable from the ballistic expert report. The firing at contact or point-blank range was recorded.

Imaging data

The CT devices used were a Siemens Somatom Definition (installation date January 8, 2007, approval number 201400323) and a GEMS Optima CT 660 (installation date February 3, 2014, approval number 2014003124).

Acquisition protocol was as follows:

- antero-posterior scout view with the body in a supine position, arms resting along the body.
- unenhanced cervicocranial acquisition, in contiguous 1-mm sections, processed to obtain reconstructions of the skeleton and brain parenchyma in contiguous 3-mm axial sections.
- unenhanced acquisition, in 1-mm sections, from the cervical region to the soles of the feet, processed to obtain reconstructions of the skeleton, mediastinum and lung parenchyma in contiguous 5-mm axial sections.
- multiplanar reconstructions (MPR) and maximum intensity projection (MIP) reconstructions.

Complementary ballistic analysis

The following data were collected blindly from the PMCT data and from the autopsy report, using the same methodology: number of projectiles, number of injuries, direction of the trajectory or trajectories of the projectile(s), distance from the sole of the feet of the entry or exit wounds, gunshot residue on the body and clothing if present.

On PMCT, search for the projectile began with the scout view analysis and was refined by reading all multiplanar reconstructions. If separated, the core of a projectile and its jacket were counted as a single projectile. If there was a large number of projectiles (lead shot), their number was rounded to the nearest 10.

We described the trajectories in the three spatial planes, according to the method used by forensic pathologists: the trajectory could be upward or downward, towards the left or the right, in an anterior or posterior direction, according to a reference plane showing an individual in the anatomical reference position: standing erect, with the arms at the sides of the body and palms facing forward.

If one, two or all three directions of a wound trajectory were not recorded in the autopsy report, we considered that the trajectory was not described by autopsy.

We used various landmarks and semiological features to identify the trajectories and wound orifices [5, 6]. Wounds corresponded to cutaneous defects, associated with subcutaneous emphysematous air bubbles. The blood pathway appeared as linear hyperdensity within muscle masses or the brain parenchyma. In solid organs and the lungs, the pathway was identified by the presence of additional air bubbles.

When a projectile fractured a bone, some wound pathways could be reconstructed from the fragments produced. Some pathways could also be deduced from a conical orifice in the cranial vault, as the cone widens in the direction of the projectile.

The distance from the wound orifices to the soles of the feet was measured by selecting the sagittal view of the whole-body scan, and then using MIP function in order to obtain an image composed of the skeleton and a summary view of the surrounding soft tissue. We then used the axial plane proposed by the software to place a landmark on the wound orifice and measured the distance between this point and the sole of the foot on the sagittal MIP view.

Injury analysis

Injuries were described in each body segment, from the cranium to the sole of the feet, by examining various vascular structures (thoracic and abdominal aorta, supra-aortic arterial trunks, mesenteric vessels, inferior vena cava), as well as each organ, each bone segment and search for effusion adjacent to solid intra-abdominal organs. We sought and quantified fluid effusions of the pleural and peritoneal cavities and described pneumoperitoneum.

Effusion volume was measured using the appropriate module of the reconstruction software.

Injuries were detailed in the same way at autopsy and PMCT.

Brain lesions identified were parenchymal lesions, subarachnoid hemorrhage, subdural hematoma, extradural hematoma and intraventricular hemorrhage.

Cervical injuries identified were injury of the supra-aortic arterial trunks and laryngeal cartilage injury.

Thoracic injuries identified were injuries of the heart and of the right or left lung, pericardial effusion, pleural effusion and left or right pneumothorax.

Each solid intra-abdominal organ was examined, looking for perforation of the stomach, small intestine and colon, as well as injury of the thoracic and abdominal aorta, bladder, root of the mesentery and inferior vena cava. Effusion adjacent to each intra-abdominal organ was recorded if present [10].

The following bone injuries were detailed: fractures of the cranial vault, facial bones, base of the skull; cervical, thoracic, lumbar and sacral spine; sternum, clavicles, scapulas; ribs; iliac wings, ischiopubic and iliopubic ramus; humerus, radius, ulnas and hands; femurs, tibias, fibulas, and feet.

Statistical analysis

Categorical variables are presented as numbers (%). Quantitative variables are presented as mean \pm standard deviation. Agreement between CT and autopsy was evaluated using Cohen's kappa coefficient (κ) for binary variables and the intraclass correlation coefficient (ICC) for quantitative variables [11]. All analyses were carried out using IBM SPSS Statistics 20.0 software (IBM Inc., New York, USA). For all two-tailed tests, a p value less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

We initially recruited 225 cases. Secondly, 10 cases were excluded because of excessive charring, 1 for advanced putrefaction, 4 because PMCT images could not be accessed, 2 because the autopsy report was missing, 5 because surgery had been performed before CT scan and autopsy, and 45 because there were more than 7 injuries. Finally, 158 cases were analyzed. The main comparative results are shown in Figure 1.

Autopsy reports revealed varied specific calibers: 39 cases involved caliber 12, 31 cases involved 9 mm, 12 cases involved 7.62 x 39 mm, 9 cases involved .22 Long Rifle, 3 cases involved 0.45, 2 cases involved 7.62 x 15 mm and .38 special and 1 case involved .357 Magnum. Some autopsy reports did not specify the caliber involved: the caliber was designated as "small", "medium", "large" or "unspecified".

PMCT was concordant with autopsy for the number of projectiles (ICC = 0.660), number of injuries (ICC = 0.700), their direction ($\kappa \geq 0.925$) and the distance from the soles of the feet to the entry and exit wounds (ICC ≥ 0.993).

PMCT and autopsy were also concordant regarding brain injury (ICC = 0.883), mediastinal injury (ICC = 0.914), lung parenchyma injury (right lung $\kappa = 0.958$, left lung 0.973), intra-abdominal solid organ injury (ICC = 0.969), thoracic aorta injury ($\kappa = 0.886$), abdominal aorta injury ($\kappa = 0.794$), skull fractures (ICC = 0.996) and lower limb bone fractures (left lower limb ICC = 0.662, right lower limb ICC = 0.927) (Fig. 2).

Concordance between PMCT and autopsy was more variable regarding spinal fractures (cervical spine $\kappa = 0.589$, thoracic spine $\kappa = 0.844$, lumbar spine $\kappa = 0.766$), sacrum ($\kappa = 0.589$), scapular fractures (right $\kappa = 0.610$, left $\kappa = 0.445$), fractures of the ischiopubic ramus ($\kappa = 0.664$), pericardial effusion ($\kappa = 0.762$), injury of the supra-aortic arterial trunks ($\kappa =$

0.613), hand fractures (right $\kappa = 0.738$ and left $\kappa = 0.744$), perforation of the small intestine ($\kappa = 0.609$) or colon ($\kappa = 0.633$).

PMCT and autopsy were not concordant with regard to gunshot residue on the skin ($\kappa = 0.278$) where CT was inferior, and pneumothorax (right $\kappa = 0.306$, left $\kappa = 0.301$) and detection of effusion adjacent to solid intra-abdominal (ICC = 0.293) where autopsy was inferior. Autopsy was also inferior for detection of inferior vena cava injury ($\kappa = -0.017$).

Figure 3 regroups the items for which CT detected significantly more lesions. Conversely, Figure 4 regroups the items for which autopsy was more informative than CT.

Discussion

We report the largest series [4-7] that evaluates the respective contributions, correlations and discrepancies of unenhanced PMCT and autopsy in cases of firearm deaths.

PMCT and autopsy showed very good agreement overall, whether in description of the number of projectiles or the number and direction of wounds, as in the literature [12-18].

Unlike some publications, we found the two techniques were concordant in describing injuries of solid intra-abdominal organs [10, 18, 19], probably because the bullet path could be followed through the organs, which is not the case with non-penetrating trauma. This finding may in particular be due to the experience and training (more than 1200 cases in 10 years) of our radiological team. PMCT was efficient for detection of bone fractures, in particular of deep bones such as the pelvic bones or the first cervical vertebrae, as reported [20]. These structures require deep dissection to be revealed at autopsy.

Injuries of the inferior vena cava were very few in number, which may have led to the lack of agreement.

Discrepancy in detecting pneumothorax, where PMCT is reported to be informative [21-23], may be explained by the difficulty for forensic pathologists to ascertain the traumatic origin of pneumothorax after opening the chest cavity. The systematic lung retraction when the chest cavity is opened makes it difficult to correlate with a ballistic trajectory.

Discrepancy in detection and precise quantification of fluid effusions may be related to loss of fluid when the cavities are opened, to variable quantification of blood when it begins to clot, and to potential contamination between cavities when both thoracic and peritoneal effusions are present.

The major discrepancies between PMCT and autopsy in the detection and quantification of gaseous and fluid effusions could suggest PMCT as the gold standard in such cases [24].

Evaluation of effusions (whether fluid or gaseous) on PMCT images is extremely precise thanks to the digital post-processing tools available. Also, key images saved from the CT images can provide tangible evidence of the quantity of effusion.

The limitations of PMCT were the position of the limbs outside the field of acquisition and the impossibility of reliably determining the caliber of the projectiles. Projectiles are almost always deformed on impact, whether by an intervening surface (car door, bone) and by the metallic artefacts inherent to volume acquisition and X-rays. Moreover, our analysis of the autopsy and ballistic reports showed differences between the calibers, related to the complexity and variety of existing calibers. PMCT can detect small metal fragments [12], whereas autopsy requires time-consuming exploration in order to identify all the foreign bodies.

Some entry or exit wounds located on the victims' backs were difficult to analyze on PMCT because of postmortem deformation and compression of cutaneous and subcutaneous tissues by the weight of the body (scan performed in the supine position) and by the thickness of clothing.

One of the limitations was the exclusion of cases with more than 7 wound paths. Our experience showed that, when injuries are too numerous, the corpse is extremely damaged, emphysematous bubbles are dispersed, the organs are fragmented and it becomes difficult to identify each individual trajectory precisely. Inclusion of these cases would have resulted in misleading statistical analysis.

The literature shows that PMCT with injection of contrast media, or postmortem CT angiography (PMCTA) [25-28], performs very well in the search for the cause of unexpected hospital deaths [29] or the detection of vascular injury [30-33]. Our study could potentially have detected a larger number of injuries if PMCT had been performed with contrast media. However, PMCTA techniques (costly and always time-consuming) are not currently available in most postmortem imaging centers. Thus, we considered important to share the results obtained with the technique that is currently the most commonly used.

The demonstrative power of CT images, after analysis by an experienced radiologist, its potential and the issues at stake, could serve to build up a unique database. If PMCT were to be systematically performed in cases of firearm deaths and followed by production of a standardized internationally validated report and 3D reconstructions, this could open the way to large-scale reflection on the issues of firearms and their prevention. The prosecution file could be supplemented by relevant images, and notably by virtual reconstructions of crime scenes [34], in support of the conclusions of the autopsy report and of the scientific police. Another advantage of CT is that it is more easily accepted in some religious

communities [4] than autopsy, while providing considerable information on the circumstances of death and enabling practices to become truly internationalized.

PMCT could also be used with a preventive purpose. Just as, during a trial, CT images are likely to be more acceptable, they could be used to show the damage caused by automatic weapons that are on almost unrestricted sale in several countries. Regularly, mass killings are carried out by individuals armed with automatic assault rifles, resulting in dramatic large-scale events [35]. The possibility of carrying out systematic PMCT scanning of all victims of such occurrences would provide better understanding of the consequences of the use of these lethal weapons, and a large-scale educational intervention could be proposed.

In a similar way to a recent paper [36], this standardized imaging report could question certain social norms regarding the right to carry firearms in a domestic setting. It could change mentalities by approaching the question from a more pragmatic angle, acting as a counterbalance to the economic weight of the firearms lobby and to some stereotypes conveyed by the film and video game industry relating to the fantasmatic power of a person carrying a firearm.

Conclusion

This study detailed the contribution and complementarity of unenhanced PMCT and autopsy in analyzing ballistic injuries. PMCT was in agreement with autopsy on the number and direction of wound orifices and pathways, as well as the description of injuries of the brain, heart, lungs and solid intra-abdominal organs. In view of the major discrepancies observed in the detection and quantification of fluid and gaseous effusions, PMCT could be proposed as the gold standard where these are concerned. If carried out as an adjuvant to unenhanced PMCT, PMCTA could detect vascular and cardiac injuries that are less severe but that are needed for exhaustive research of the causes of death. Systematic PMCT after gunshot death could lead to international validation of a standardized report. The impact would not be restricted to accurate description of injuries, but would also serve to compile evidence for prosecution, to enrich our understanding of the mechanisms of ballistic injury and to promote prevention and education.

References

1. Thali MJ, Yen K, Vock P, Ozdoba C, Kneubuehl BP, Sonnenschein M, et al. Image-guided virtual autopsy findings of gunshot victims performed with multi-slice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) and subsequent correlation between radiology and autopsy findings. *Forensic Sci Int.* 2003;138(1-3):8-16.
2. Folio LR, Fischer TV, Shogan PJ, Frew MI, Kang PS, Bunger R, Provenzale JM. CT-based ballistic wound path identification and trajectory analysis in anatomic ballistic phantoms. *Radiology.* 2011;258(3):923-9.
3. Tuchtan L, Gorincour G, Kolopp M, Massiani P, Léonetti G, Piercecchi-Marti MD, et al. Combined use of postmortem 3D computed tomography reconstructions and 3D-design software for postmortem ballistic analysis. *Diagn Interv Imaging.* 2017;98(11):809-12.
4. Maiden NR, Hiss J, Gips H, Hocherman G, Levin N, Kosachevsky O, Vinokurov A, Zerkowicz A, Byard RW. An analysis of the characteristics of thoracic and abdominal injuries due to gunshot homicides in Israel. *J Forensic Sci.* 2016;61(1):87-92.
5. Makhoulouf F, Scolan V, Ferretti G, Stahl C, Paysant F. Gunshot fatalities: Correlation between post-mortem multi-slice computed tomography and autopsy findings: A 30-months retrospective study. *Leg Med (Tokyo).* 2013;15(3):145-8.
6. Andenmatten MA, Thali MJ, Kneubuehl BP, Oesterhelweg L, Ross S, Spendlove D, et al. Gunshot injuries detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT): a feasibility study. *Leg Med (Tokyo).* 2008;10(6):287-92.
7. Levy AD, Abbott RM, Mallak CT, Getz JM, Harcke HT, Champion HR, Pearse LA. Virtual autopsy: preliminary experience in high-velocity gunshot wound victims. *Radiology.* 2006 Aug;240(2):522-8.

8. Lemieux F, Bricknell S, Prenzler T. Mass shootings in Australia and the United States, 1981-2013. *JCRPP*. 2015;1(3):131-42.
9. Gorincour G, Tassy S, Bartoli C. Why the United States should have virtopsied Osama Bin Laden. *AJR Am J Roentgenol*. 2012;198(3):W323.
10. Carballeira Álvarez A, Mancini J, Tuchtan-Torrents L, Gach P, Bartoli C, Desfeux J, Piercecchi MD, Gorincour G. Diagnostic value of unenhanced postmortem computed tomography in the detection of traumatic abdominal injuries. *Diagn Interv Imaging*. 2018;99(6):397-402.
11. Koch GG, Landis JR, Freeman JL, Freeman DH Jr, Lehnen RC. A general methodology for the analysis of experiments with repeated measurement of categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):133-58.
12. Colard T, Delannoy Y, Bresson F, Marechal C, Raul JS, Hedouin V. 3D-MSCT imaging of bullet trajectory in 3D crime scene reconstruction: Two case reports. *Leg Med (Tokyo)*. 2013;15(6):318-22.
13. Delteil C, Gach P, Ben Nejma N, Capasso F, Perich P, Massiani P, et al. Tangential cranial ballistic impact: An illustration of the limitations of post-mortem CT scan? *Leg Med (Tokyo)*. 2018;32:61-5.
14. Garetier M, Deloire L, Dédouit F, Dumousset E, Saccardy C, Ben Salem D. Postmortem computed tomography findings in suicide victims. *Diagn Interv Imaging*. 2017;98(2):101-112.
15. Maiese A, Gitto L, De Matteis A, Panebianco V, Bolino G. Post mortem computed tomography: Useful or unnecessary in gunshot wounds deaths? Two case reports. *Leg Med (Tokyo)*. 2014;16(6):357-63.

16. Puentes K, Taveira F, Madureira AJ, Santos A, Magalhães T. Three-dimensional reconstitution of bullet trajectory in gunshot wounds: a case report. *J Forensic Leg Med.* 2009;16(7):407-10.
17. Ruddy GN, Boyce P, Robinson CE, Jeffery AJ, Morgan B. The role of computed tomography in terminal ballistic analysis. *Int J Leg Med.* 2008;122(1):1-5.
18. Usui A, Kawasumi Y, Hosokai Y, Kozakai M, Saito H, Funayama M. Usefulness and limitations of postmortem computed tomography in forensic analysis of gunshot injuries: Three case reports. *Leg Med (Tokyo).* 2016;18:98-103.
19. Filograna L, Tartaglione T, Filograna E, Cittadini F, Oliva A, Pascali VL. Computed tomography (CT) virtual autopsy and classical autopsy discrepancies: Radiologist's error or a demonstration of post-mortem multi-detector computed tomography (MDCT) limitation? *Forensic Sci Int.* 2010;195(1-3):e13-7.
20. Graziani G, Tal S, Adelman A, Kugel C, Bdolah-Abram T, Krispin A. Usefulness of unenhanced post mortem computed tomography - Findings in postmortem non-contrast computed tomography of the head, neck and spine compared to traditional medicolegal autopsy. *J Forensic Leg Med.* 2018;55:105-111.
21. Hasegawa I, Heinemann A, Tzikas A, Vogel H, Püschel K. Criminal gunshot wound and iatrogenic tension pneumothorax detected by post-mortem computed tomography. *Leg Med (Tokyo).* 2014;16(3):154-6.
22. Ampanozi G, Schwendener N, Krauskopf A, Thali MJ, Bartsch C. Incidental occult gunshot wound detected by postmortem computed tomography. *Forensic Sci Med Pathol* 2013;9(1):68-72.

23. Daghfous A, Bouzaïdi K, Abdelkefi M, Rebai S, Zoghlemi A, Mbarek M, et al. Contribution of imaging in the initial management of ballistic trauma. *Diagn Interv Imaging*. 2015;96(1):45-55.
24. Laurent PE, Coulange M, Mancini J, Bartoli C, Desfeux J, Piercecchi-Marti MD, Gorincour G. Postmortem CT appearance of gas collections in fatal diving accidents. *AJR Am J Roentgenol*. 2014 Sep;203(3):468-75.
25. Grabherr S, Heinemann A, Vogel H, Rutty G, Morgan B, Woźniak K, Dedouit F, Fischer F, Lochner S, Wittig H, Guglielmi G, Eplinius F, Michaud K, Palmiere C, Chevallier C, Mangin P, Grimm JM. Postmortem CT angiography compared with autopsy: a forensic multicenter study. *Radiology*. 2018:170559.
26. Rutty GN, Morgan B, Robinson C, Raj V, Pakkal M, Amoroso J, Visser T, Saunders S, Biggs M, Hollingbury F, McGregor A, West K, Richards C, Brown L, Harrison R, Hew R. Diagnostic accuracy of post-mortem CT with targeted coronary angiography versus autopsy for coroner-requested post-mortem investigations: a prospective, masked, comparison study. *Lancet*. 2017;390(10090):145-154.
27. van Rijn RR, Leth PM. Targeted coronary post-mortem CT angiography, straight to the heart. *Lancet*. 2017;390(10090):100-101.
28. Ross SG, Bolliger SA, Ampanozi G, Oesterhelweg L, Thali MJ, Flach PM. Postmortem CT angiography: capabilities and limitations in traumatic and natural causes of death. *Radiographics*. 2014 May-Jun;34(3):830-46.
29. Wichmann D, Heinemann A, Weinberg C, Vogel H, Hoepker WW, Grabherr S, Pueschel K, Kluge S. Virtual autopsy with multiphase postmortem computed tomographic angiography versus traditional medical autopsy to investigate unexpected deaths of hospitalized patients: a cohort study. *Ann Intern Med*. 2014;160(8):534-41.

30. Palmiere C, Binaghi S, Doenz F, Bize P, Chevallier C, Mangin P, Grabherr S. Detection of hemorrhage source: the diagnostic value of post-mortem CT-angiography. *Forensic Sci Int.* 2012;222(1-3):33-9.
31. Vilariño Villaverde R, Bruguier C, Zerlauth JB, De Froidmont S, Grabherr S. Tearing of the left iliac vessels in lumbar surgery revealed by multiphase post-mortem CT-angiography (MPMCTA). *Leg Med (Tokyo).* 2016;20:44-8.
32. Chevallier C, Doenz F, Vaucher P, Palmiere C, Dominguez A, Binaghi S, Mangin P, Grabherr S. Postmortem computed tomography angiography vs. conventional autopsy: advantages and inconveniences of each method. *Int J Legal Med.* 2013;127(5):981-9.
33. Ruder TD, Ross S, Preiss U, Thali MJ. Minimally invasive post-mortem CT-angiography in a case involving a gunshot wound. *Leg Med (Tokyo)* 2010;12(3):154-6.
34. Ebert LC, Nguyen TT, Breitbeck R, Braun M, Thali MJ, Ross S. The forensic holodeck: an immersive display for forensic crime scene reconstructions. *Forensic Sci Med Pathol.* 2014;10(4):623-6.
35. Champion EW, Morrissey S, Malina D, Sacks CA, Drazen JM. After the mass shooting in Las Vegas – Finding common ground on gun control. *N Engl J Med* 2017;377(17):1679-80.
36. Maa J, Darzi A. Firearm injuries and violence prevention – The potential power of a Surgeon General's report. *N Engl J Med.* 2018;379(5):408-410.

Figures captions

Table 1: Study demographics.

Sex ratio, homicide and suicide ratio, and mean age of the victims.

Figure 1: Summary of lesions.

Blue stands for PMCT, orange for autopsy. For each lesional item, the two blue and orange columns represent the number of times they have been identified.

Figure 2: Highly concordant data.

Blue stands for PMCT, orange for autopsy. For each lesional item, the two blue and orange columns represent the number of times they have been identified.

PMCT and autopsy were concordant in particular in the description of injuries of the brain, heart, lungs and solid intra-abdominal organs.

Figure 3: Non concordant data with PMCT > autopsy.

Blue stands for PMCT, orange for autopsy. PMCT found more deep bones fractures and better identified and quantified effusions.

Figure 4: Non concordant data with autopsy > PMCT.

Blue stands for PMCT, orange for autopsy. Autopsy better identified fractures of the upper limbs and described gunshot residues.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.