

---

Germano Melissano • Andrea L. Kahlberg  
Editors

# ISCHEMIA MIDOLLARE IN CHIRURGIA AORTICA

Strategie e protocolli clinici  
per la prevenzione e il trattamento

*edi-ermes*

---

## ISCHEMIA MIDOLLARE IN CHIRURGIA AORTICA

### Strategie e protocolli clinici per la prevenzione e il trattamento

Germano Melissano • Andrea L. Kahlberg (Editors)

Copyright ©2019 Edi.Ermes - Milano

ISBN 978-88-7051-700-2

*Tutti i diritti letterari e artistici sono riservati. I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi.*

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web [www.clearedi.org](http://www.clearedi.org).

L'Editore, per quanto di propria spettanza, considera rare le opere fuori del proprio catalogo editoriale. La riproduzione a mezzo fotocopia degli esemplari esistenti nelle biblioteche di tali opere è pertanto consentita, senza limiti quantitativi.

Non possono considerarsi rare le opere di cui esiste, nel catalogo dell'Editore, una successiva edizione, le opere presenti in catalogo di altri Editori o le opere antologiche.

Un libro è il prodotto finale di una serie molto articolata di operazioni che esige numerose verifiche sui testi e sulle immagini.

È quasi impossibile pubblicare un volume senza errori.

Saremo grati a quanti, avendone riscontrato la presenza, vorranno comunicarci.

Per segnalazioni o suggerimenti relativi a questo volume vogliate utilizzare il seguente indirizzo:

Relazioni esterne - Edi.Ermes srl - viale Enrico Forlanini, 65 - 20134 Milano

Tel. 02.70.21.121 - Fax 02.70.21.12.83

L'Editore è a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare, nonché per eventuali involontarie omissioni e inesattezze nella citazione delle fonti o dei brani riprodotti nel presente volume.

<p>Le procedure descritte e consigliate in questo manuale sono frutto della ricerca e del lavoro di un gruppo di autorevoli professionisti in ambito sanitario nel rispetto delle tendenze attuali più diffuse nel mondo scientifico. Naturalmente le indicazioni fornite non devono essere considerate valide in assoluto, ma vanno opportunamente valutate dal singolo professionista e adeguate alle reali condizioni cliniche del paziente. Pertanto gli Autori e l'Editore declinano ogni responsabilità per qualsiasi situazione problematica da riferirsi direttamente o indirettamente alle procedure descritte, l'eventuale presenza di errori o all'incompleta comprensione del testo da parte del lettore.</p>
---

Stampato nel mese di settembre 2019 da Faenza Printing Industries SpA  
per conto di Edi.Ermes - viale Enrico Forlanini, 65 - 20134 Milano  
<http://www.ediermes.it> - tel. 02.70.21.121 - fax 02.70.21.12.83

---

# Presentazione

La chirurgia dell'aorta toracoaddominale viene eseguita presso la Chirurgia Vascolare dell'Ospedale San Raffaele con passione e successo da oltre 30 anni, nel corso dei quali si è assistito a un radicale cambiamento delle tecnologie disponibili e delle tecniche impiegate in questi pazienti. I risultati sono migliorati enormemente, nonostante la popolazione dei pazienti comprenda soggetti più anziani e clinicamente compromessi.

Una cosa tuttavia è rimasta imm modificata: la preoccupazione non solo dei chirurghi, ma di tutta l'équipe per le potenziali complicanze neurologiche della chirurgia aortica. In particolare, l'ischemia midollare e la conseguente sindrome neurologica, caratterizzata dalla paraplegia e dalle condizioni morbose a essa associate, ha un impatto determinante sulla sopravvivenza e soprattutto sulla qualità della vita dei soggetti che si sottopongono a queste procedure.

È quindi con grande piacere che presento questo volume, piccolo per dimensioni ma importante per la rilevanza dell'argomento trattato e per l'impegno profuso. L'augurio è che possa essere accolto con interesse e possa essere di aiuto ai Centri che si avvicinano al trattamento dei pazienti con patologia dell'aorta toracoaddominale nello sviluppo di protocolli razionali per la prevenzione dell'ischemia midollare.

*Milano, settembre 2019*



*Roberto Chiesa*



---

# Prefazione

Le temute, possibili complicanze ischemiche a carico del midollo spinale in corso di chirurgia aortica, sono note fin dai tempi di Alexis Carrel, che su *Annals of Surgery* del 1910 scriveva: “*The main danger of the aortic operation does not come from the heart or from the aorta itself, but from the central nervous system*”. Esse hanno continuato a essere un grave problema anche con l’affinamento delle tecniche di chirurgia aortica inizialmente introdotte a Houston da DeBakey e Crawford.

In tempi più recenti poi, l’introduzione delle metodiche endovascolari sembrava aver risolto il problema, tuttavia quest’ottimismo era legato alle iniziali limitazioni della metodica che consentiva solo il trattamento di aneurismi del tratto medio-toracico; tuttavia, non appena i miglioramenti tecnologici hanno permesso di estendere la metodica a tutta l’aorta toracoaddominale, ci si accorse che le problematiche legate all’ischemia midollare erano ben lungi dall’essere superate.

L’implementazione di validi protocolli volti a ridurre le complicanze ischemiche midollari in corso di chirurgia aortica e il loro miglioramento nel corso degli anni ha sempre rappresentato una priorità del nostro Istituto. Tali protocolli, sia diagnostici sia terapeutici, prendono origine innanzitutto da un attento studio dell’anatomia vascolare, passano per l’ottimizzazione peri-operatoria del paziente e culminano nel monitoraggio elettrofisiologico intraoperatorio e nell’applicazione di specifiche tecniche anestesiolgiche e chirurgiche.

In questo libro, rivolto in particolare ai colleghi italiani, condividiamo la nostra visione sulle strategie di prevenzione dell’ischemia midollare nel corso di chirurgia dell’aorta toracoaddominale sia open sia endovascolare, con intenzione eminentemente pratica.

Abbiamo poi l’onore di poter ospitare anche alcuni preziosi contributi di esperti stranieri su specifiche tecniche di pre-condizionamento ischemico del midollo spinale, di monitoraggio non-invasivo della funzione midollare e sui marcatori biologici.

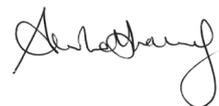
Ringraziamo di vero cuore tutti gli Autori che ci hanno supportato in questa iniziativa e, in particolare, ringraziamo il nostro Maestro, il Professor Roberto Chiesa che ci ha guidato in questi anni. Ci auguriamo che la loro e nostra esperienza possa contribuire a migliorare sempre più i risultati della chirurgia aortica toracoaddominale e a compiere un altro piccolo, ma importante passo in avanti nella lotta contro questa devastante complicanza.

Ci è infine gradito ringraziare Raffaele Grandi e Adriana Lombardi della casa editrice Edi.Ermes, che ci sono stati vicini per la terza volta nella pubblicazione di un volume sulle problematiche aortiche, e la W.L. Gore & Associati con la quale collaboriamo con grande soddisfazione ormai da molti anni.

Milano, settembre 2019



Germano Melissano



Andrea L. Kahlberg



---

# Autori

<b>Vincenzo Ardita</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Domenico Baccellieri</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Gaia Barucco</b>	Dipartimento di Anestesia e Rianimazione Cardio-Toraco-Vascolare IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Luca Bertoglio</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Francesca Bianchi</b>	Unità Operativa di Neurofisiologia Clinica Istituto di Neurologia Sperimentale (INSPE), Ospedale San Raffaele, Milano, Italia
<b>Victor Bilman</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Valeria Campitelli</b>	Dipartimento di Anestesia e Rianimazione Cardio-Toraco-Vascolare IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Heike Caravati</b>	Unità Operativa di Neurofisiologia Clinica Istituto di Neurologia Sperimentale (INSPE), Ospedale San Raffaele, Milano, Italia
<b>Niccoló Carta</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Roberto Chiesa</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Giuseppe Cilli</b>	Chirurgia Vascolare Università “Vita-Salute” IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
<b>Marco Corsi</b>	Unità Operativa di Neurofisiologia Clinica Istituto di Neurologia Sperimentale (INSPE), Ospedale San Raffaele, Milano, Italia

- Monica De Luca** Dipartimento di Anestesia e Rianimazione  
Cardio-Toraco-Vascolare  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Francesco De Simone** Dipartimento di Cardiocirurgia  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Ubaldo Del Carro** Unità Operativa di Neurofisiologia Clinica  
Istituto di Neurologia Sperimentale (INSPE),  
Ospedale San Raffaele, Milano, Italia
- Antonio Esposito** Unità di Patologia Clinica e Sperimentale  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Christian D. Etz** Department of Cardiac Surgery  
University Heart Center Leipzig, Leipzig, Germany
- Giulia Gallio** Dipartimento di Cardiocirurgia  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Alessandro Grandi** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Josephina Haunschild** Department of Cardiac Surgery  
University Heart Center Leipzig, Leipzig, Germany
- Andrea L. Kahlberg** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Caterina Cecilia Lerosé** Dipartimento di Anestesia e Rianimazione  
Cardio-Toraco-Vascolare  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Margherita Licheri** Dipartimento di Anestesia e Rianimazione  
Cardio-Toraco-Vascolare  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Diletta Loschi** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Guy Martin** West London Vascular & Interventional Centre,  
London North West University Hospitals NHS Trust,  
London, UK
- Daniele Mascia** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia

- Cristina Mattioli** Dipartimento di Anestesia e Rianimazione  
Cardio-Toraco-Vascolare  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Germano Melissano** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Andrea Melloni** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Fabrizio Monaco** Dipartimento di Anestesia e Rianimazione  
Cardio-Toraco-Vascolare  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Matteo Montorfano** Interventional Cardiology  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Firas F. Mussa** Department of Surgery, Palmetto Health-University  
of South Carolina, School of Medicine, Columbia, SC, USA
- Gustavo S. Oderich** Division of Vascular and Endovascular Surgery  
Mayo Clinic, Rochester, MN, USA
- Anisha Perera** Imperial College London & Imperial Healthcare NHS  
Trust, London, UK
- Enrico Rinaldi** Chirurgia Vascolare  
Università “Vita-Salute”  
IRCCS Istituto Scientifico San Raffaele, Milano, Italia
- Nung Rudarakanchana** West London Vascular & Interventional Centre,  
London North West University Hospitals NHS Trust,  
London, UK
- Emanuel R. Tenorio** Division of Vascular and Endovascular Surgery  
Mayo Clinic, Rochester, MN, USA
- Yamume Tshomba** Chirurgia Vascolare, Dipartimento Scienze  
Cardiovascolari e Toraciche  
Università Cattolica del Sacro Cuore  
Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli  
IRCCS, Roma, Italia
- Konstantin von Aspern** Department of Cardiac Surgery  
University Heart Center Leipzig, Leipzig, Germany



---

# Indice

<b>Presentazione</b> .....	III
R. Chiesa	
<b>Prefazione</b> .....	V
G. Melissano, A.L. Kahlberg	
<b>1. Spinal cord vascularization</b> .....	1
G. Melissano	
<b>2. Neurofisiologia del midollo spinale</b> .....	13
F. Bianchi, H. Caravati, M. Corsi, U. Del Carro	
<b>3. Neuromonitoring mediante potenziali evocati somatosensoriali e motori</b> .....	23
F. Bianchi, H. Caravati, M. Corsi, U. Del Carro	
<b>4. Ottimizzazione cardiaca preoperatoria</b> .....	35
A. L. Kahlberg, A. Grandi, M. Montorfano, A. Esposito, V. Ardita, G. Melissano, R. Chiesa	
<b>5. Bypass cardiaco sinistro per la protezione degli organi</b> .....	47
F. De Simone, G. Gallio, M. De Luca	
<b>6. Tecniche chirurgiche di reimpianto di arterie intercostali</b> .....	57
E. Rinaldi, N. Carta, A.L. Kahlberg, D. Baccellieri, G. Melissano, R. Chiesa	
<b>7. Metodiche di staging per la protezione midollare nelle procedure endovascolari aortiche complesse</b> .....	65
L. Bertoglio, A. Grandi, D. Loschi, E. Rinaldi, A.L. Kahlberg, D. Mascia, G. Melissano, R. Chiesa	
<b>8. Monitoraggio cardiaco perioperatorio con ecocardiografia transesofagea</b> .....	73
C. C. Lerosé, M. Licheri, G. Barucco, M. De Luca, C. Mattioli, V. Campitelli, F. Monaco	
<b>9. Gestione anestesiológica per la prevenzione dell'ischemia midollare</b> .....	83
F. Monaco, C.C. Lerosé, M. Licheri, V. Campitelli, G. Barucco, C. Mattioli	
<b>10. Indicazioni e tecniche di drenaggio del liquido cefalorachidiano</b> .....	91
F. Monaco, G. Barucco, C.C. Lerosé, M. Licheri, V. Campitelli, C. Mattioli, M. De Luca	
<b>11. Vantaggi dell'utilizzo di un sistema automatizzato di drenaggio del liquido cefalorachidiano</b> .....	101
D. Mascia, A. Melloni, A. L. Kahlberg, Y. Tshomba, G. Melissano, R. Chiesa	

<b>12. Implicazioni della protezione renale sul rischio di ischemia perioperatoria del midollo spinale</b> .....	111
V. Ardita, Y. Tshomba, G. Cilli, V. Bilman, G. Melissano, R. Chiesa	
<b>13. Valutazione e gestione dei disordini del sangue e della coagulazione</b> .....	123
F. Monaco, M. Licheri, C.C. Lerosé, G. Barucco, V. Campitelli, C. Mattioli	
<b>14. Strategies to minimize spinal cord injury with endovascular TAA and TAAA repair</b> .....	133
G.S. Oderich, E.R. Tenorio	
<b>15. “Minimally invasive staged segmental artery coil embolisation” (MIS<sup>2</sup>ACE) for paraplegia prevention</b> .....	151
J. Haunschild, C.D. Etz	
<b>16. Near-InfraRed Spectroscopy of the collateral network (cnNIRS) for monitoring of the spinal cord oxygenation</b> .....	163
K. von Aspern, J. Haunschild, C.D. Etz	
<b>17. Biomarkers of spinal cord ischaemia</b> .....	169
A. Perera, G. Martin, N. Rudarakanchana	
<b>18. Conclusions and final thoughts</b> .....	177
F. F. Mussa	