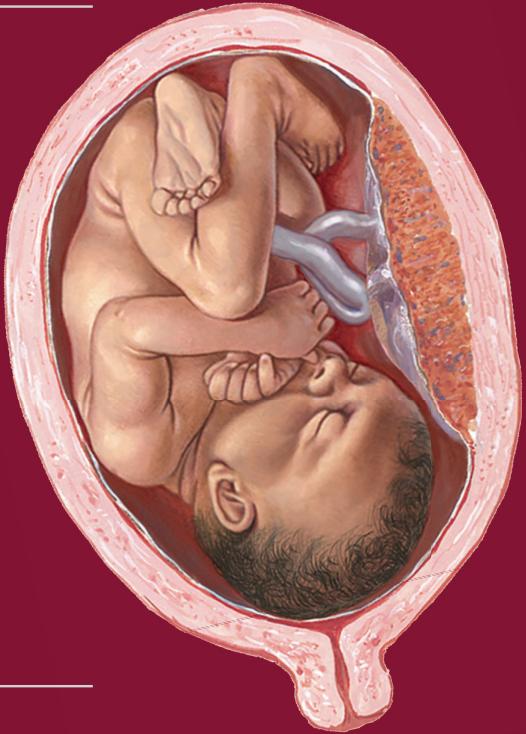


# NETTER'S ATLANTE DI EMBRIOLOGIA UMANA



**Larry R. Cochard, PhD**

Associate Professor (Retired), Medical Education

Feinberg School of Medicine, Northwestern University  
Chicago, Illinois

**Angelique N. Dueñas, PhD**

Assistant Professor, Medical Education

Feinberg School of Medicine, Northwestern University  
Chicago, Illinois

Illustrazioni di  
**Frank H. Netter, MD**

Hanno contribuito alle illustrazioni

Carlos A. G. Machado, MD  
John A. Craig, MD  
Tiffany S. DaVanzo, MA, CMI  
Paul Kim, MS, CMI  
DragonFly Media  
Kristen W. Marzejon, CMI  
James A. Perkins, MS, MFA

Edizione italiana sulla seconda in lingua inglese  
a cura di

Francesco Cappello  
Alessio D'Alessio  
Massimo De Felici  
Antonio Filippini  
Antonio Musarò

**PICCIN**

NETTER'S ATLAS OF HUMAN EMBRYOLOGY  
SECOND EDITION  
ISBN 978-0-443-11761-9

Copyright © 2025 by Elsevier Inc. All rights reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Publisher's note: Elsevier takes a neutral position with respect to territorial disputes or jurisdictional claims in its published content, including in maps and institutional affiliations.

This edition of **Netter's Atlas of Human Embryology, 2e, 9780443117619** by **Larry R. Cochard and Angelique N. Dueñas** is published by arrangement with Elsevier Inc.

Questa edizione di **Netter's Atlas of Human Embryology, 2e, 9780443117619** by **Larry R. Cochard and Angelique N. Dueñas** è pubblicata su licenza di Elsevier Inc.

La **traduzione** del volume è stata effettuata a cura di **PICCIN NUOVA LIBRARIA S.p.A.** e sotto la sua responsabilità. I professionisti del settore sanitario, i ricercatori e lettori in genere del testo devono sempre basarsi sulla loro esperienza e le loro conoscenze quando prendono in considerazione e usano qualsiasi informazione, metodo, composto o esperimento qui descritto. Poiché le scienze mediche sono in continua evoluzione, si raccomanda, in particolare, la verifica autonoma delle diagnosi e del dosaggio dei medicinali. Elsevier, gli Autori, Curatori o Collaboratori non si assumono alcuna responsabilità per quanto riguarda la **traduzione** o per qualsiasi lesione e/o danno dovesse venire arrecato a persone o beni per negligenza o altro, oppure uso od operazioni di qualsiasi metodo, prodotto, istruzione o idea contenuti in questo libro.

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati, inclusi quelli relativi a TDM (text and data mining), al training dell'intelligenza artificiale e/o di tecnologie similari.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo, compreso l'uso per TDM, training dell'intelligenza artificiale e/o tecnologie similari, o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'Editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'Editore e dell'Autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

#### AVVERTENZA

Poiché le scienze mediche sono in continua evoluzione, benché siano stati compiuti tutti gli sforzi necessari per pubblicare dati e informazioni affidabili, l'Editore non si assume alcuna responsabilità legale per eventuali errori od omissioni contenuti in questo volume. Né l'Editore né gli Autori o Collaboratori possono ritenersi responsabili per qualsiasi conseguenza e/o per qualsiasi lesione o danno a persone, animali o cose derivanti dall'applicazione delle informazioni contenute in quest'opera. L'Editore desidera precisare che qualsiasi opinione espressa in questo libro dai singoli Autori o Collaboratori è personale e non riflette necessariamente il punto di vista/l'opinione dell'Editore.

Le informazioni o le indicazioni contenute in questo libro sono destinate all'uso da parte di professionisti del settore sanitario e/o scientifico e sono fornite esclusivamente come integrazione del giudizio del medico o di altri professionisti, della loro conoscenza dell'anamnesi del paziente, delle istruzioni del produttore e delle linee guida appropriate. Qualsiasi informazione o consiglio su dosaggi, procedure o diagnosi deve essere verificata in modo autonomo sotto stretta sorveglianza specialistica e attenendosi alle istruzioni per l'uso e alle controindicazioni contenute nei foglietti illustrativi. Questo libro non indica se un particolare trattamento sia appropriato o adatto a un determinato individuo. In ultima istanza, è responsabilità esclusiva del professionista sanitario formulare il proprio giudizio professionale, in modo da consigliare e trattare i singoli pazienti in modo adeguato.

ISBN 978-88-299-3579-6

Copyright © 2025 by Piccin Nuova Libraria S.p.A., Padova

[www.piccin.it](http://www.piccin.it)

*Al **Dr. David Langebartel***

*mio insegnate e mentore alla University of Wisconsin—Madison, ha sottolineato l'importanza della relazione tra l'embriologia e l'anatomia dell'adulto e lo ha fatto con energia, autorità e una buona dose di umorismo.*

*E alla memoria del  
**Dr. Leslie B. Arey***

*mio collega all'inizio della mia carriera alla Northwestern. È stato un privilegio e una esperienza preziosa per me, così giovane e inesperto, insegnare assieme al Maestro del XX secolo di embriologia, anatomia e istologia.*

-Larry R. Cochard, PhD

*Alla **Dr.ssa Lisa M.J. Lee***

*mia insegnante e mentore alla University of Colorado Anschutz Medical Campus. Mi ha fatto conoscere le meraviglie dell'embriologia e mi ha anche incoraggiato a proseguire il mio percorso per diventare docente di anatomia. Ricorderò per sempre le sue parole: "Fidati del tuo istinto!"*

-Angelique N. Dueñas, PhD



# PREFAZIONE

Lo scopo e gli obiettivi della prima edizione rimangono intatti anche in questa seconda edizione. Il libro è rivolto a studenti del primo anno delle facoltà di Medicina, Odontoiatria e agli studenti di altri corsi base di embriologia. Il testo è strutturato come un Atlante e riporta le bellissime illustrazioni del Dr. Frank H. Netter. Il tema ricorrente è l'importanza dei pattern morfologici nell'embrione e come siamo collegati all'organizzazione e funzione delle varie strutture nell'adulto. Un altro importante focus è la base embrionica dei difetti congeniti alla nascita. L'embriologia descrittiva può essere un obiettivo didattico, ma lo studio dell'embriologia è più efficace, appagante e significativo se lo si situa in un contesto biologico o clinico che vada al di là dell'embrione in sé. Il focus sui temi morfologici nello sviluppo prenatale facilita lo studio dell'anatomia dell'adulto e la comprensione delle anomalie in un paziente. In linea con questa idea, questo Atlante contiene delle tavole di Netter di anatomia dell'adulto. Queste comprendono parti del corpo in cui l'anatomia complessa ha una rilevanza embrionale. Forniscono anche il contesto per mostrare le relazioni tra gli abbozzi embrionali e i loro derivati.

Come l'anatomia, anche l'embriologia è una materia molto visiva che si presta a essere studiata sotto forma di Atlante. Le immagini embrilogiche possono essere difficili e frustranti per gli studenti a causa della complessità tridimensionale dell'embrione e la loro scarsa dimestichezza con le strutture, la terminologia e le relazioni. Per affrontare questo problema, il testo non è un mero insieme di immagini e brevi didascalie. Contiene anche tabelle, schemi, concetti, didascalie descrittive, riassunti, glossari e un breve testo in ogni pagina in cui si trattano i principali eventi e processi dello sviluppo normale e anomalo. I principi istologici sono trattati brevemente per aiutare i lettori inesperti a capire i molti riferimenti ai tessuti embrionali.

Quando il Dr. Netter disegnò la maggior parte delle sue illustrazioni, le conoscenze sulle basi molecolari e genetiche dello sviluppo erano ancora limitate, e un atlante non è il mezzo ideale per convogliare questo tipo di informazioni. Noi riteniamo sia importante, tuttavia, introdurre il soggetto e includere esempi del controllo dello sviluppo. Le illustrazioni dell'Atlante sono utilizzate per introdurre alcuni concetti cellulari, molecolari e genetici come l'induzione, l'apoptosi, i fattori di crescita, il pattern genetico e la determinazione genetica. Questi sono, necessariamente, selettivi e comprendono gli eventi principali (ad es.

sviluppo degli arti, segmentazione del capo) o processi che hanno un'ampia rilevanza nello sviluppo (ad es. le interazioni tra gli epitelii e il tessuto connettivo nello sviluppo degli organi).

Le tabelle terminologiche alla fine di ogni capitolo comprendono le strutture principali, le strutture che possono potenzialmente essere fonte di confusione, oltre a termini istologici o anatomici relativi al contesto. Il glossario offre inoltre l'opportunità di introdurre dei termini che non sono stati inseriti nel capitolo o di elaborare quelli più importanti. Un altro strumento didattico importante è un'appendice alla fine del libro che riassume tutte le principali anomalie congenite e la loro base embrionale.

Il Capitolo 1 è una rassegna dei principali periodi, eventi e processi dello sviluppo e termina con una sezione sui meccanismi dello sviluppo anomalo e sulla classificazione delle anomalie. Il Capitolo 2 tratta la gastrulazione, il piano corporeo dei vertebrati e la placenta. I Capitoli dal 3 all'8 sono organizzati per sistemi e includono le anomalie congenite. Il Capitolo 9 tratta la regione della testa e del collo. I cambiamenti apportati in questa seconda edizione enfatizzano gli obiettivi della prima edizione migliorando la comunicazione dei punti principali e fornendo maggiori informazioni per la pratica clinica. Vi sono più informazioni di carattere clinico in generale, oltre a dei riquadri di testo colorati che enfatizzano i punti clinici più importanti. Ci sono argomenti nuovi, come la diagnosi precoce della gravidanza e della gravidanza gemellare e maggiori informazioni sulle anomalie congenite, compresa l'estrofia della vescica, l'oloprosencefalia e l'amelia.

Infine, questa seconda edizione fornisce l'opportunità di focalizzarsi sul porre il contenuto in un contesto di rappresentazione, diversità e inclusione. Abbiamo mantenuto lo stile di Netter, aggiungendo però delle illustrazioni nuove e aggiornate che tengono conto delle diversità e includono una rappresentazione più ampia dei vari tipi di carnagione. I paragrafi sull'inclusione e i pregiudizi all'inizio di molti capitoli incoraggiano i lettori a tenere in considerazione e riflettere sui pregiudizi che spesso esistono nell' insegnamento, nello studio e nella pratica clinica nel campo dell'embriologia. Ci sono punti dedicati alla differenza tra sesso e genere, in particolare per quanto riguarda la determinazione del sesso (Capitolo 7, "Il sistema urogenitale") e commenti sulle prospettive relative alle persone con disabilità, compreso l'utilizzo di un linguaggio che ponga in primo piano la persona rispetto alla disabilità, cosa particolarmente importante quando si parla di condizioni

congenite in sistemi multiorgano. Speriamo che i cambiamenti di questa seconda edizione favoriscano a favorire un'ulteriore riflessione e discussione su come l'anatomia e l'embriologia possano contribuire a fornire una migliore rappresentazione e inclusione per tutte le persone.

Questo Atlante e il testo che lo accompagna può servire come un ponte tra il materiale che si presenta nel corso

delle lezioni e trattati molto corposi. La nostra speranza inoltre è che possa servire a rispettare la diversità e favorire l'inclusività. Può anche essere utile come ripasso per gli esami di stato. Soprattutto, questo atlante è una testimonianza delle doti iconografiche del Dr. Netter. La chiarezza, il realismo e la bellezza delle sue illustrazioni rendono lo studio dell'embriologia più illuminante e piacevole.

-Larry R. Cochard, PhD

-Angelique N. Dueñas, PhD

# RINGRAZIAMENTI

## Prima edizione

Molte persone hanno reso più facile il mio compito e mi hanno aiutato a migliorare questo libro. Desidero ringraziare i docenti e studenti della Feinberg School of Medicine per aver fornito commenti, correzioni e/o risposte alle varie questioni sorte strada facendo: Dr. James Baker, Dr. Bob Berry, Dr. Joel Charrow, Jeff Craft, Dr. Marian Dagosto, Aaron Hogue, Najeeb Khan, Dr. Jim Kramer, Kelly Ormond, Dr. Randy Perkins, Dr. Matt Ravosa, Dr. Brian Shea, Dr. Al Telser e Dr. Jay Thomas. Ringrazio anche i seguenti revisori che hanno contribuito a forgiare il contenuto del libro. I revisori della prima edizione erano:

- Wojciech Pawlina, MD, Mayo School of Medicine
- Thomas A. Marino, PhD, Temple University School of Medicine
- Daniel O. Graney, PhD, University of Washington School of Medicine
- Leslie Gartner, PhD, University of Maryland Dental School
- Bruce Carlson, MD, PhD, University of Michigan
- Andreas H. Weiglein, MD, Karl-Franzens Universität Graz
- Ronald W. Dudek, PhD, Brody School of Medicine East Carolina University

Mi assumo tutta la responsabilità nel caso fossero rimasti nel libro eventuali errori o imprecisioni.

Vari artisti hanno fornito nuove illustrazioni in entrambe le edizioni, mantenendo lo stile delle illustrazioni di Netter. Il fatto che le figure nuove si fondano così bene con le altre è prova della loro bravura. Li ringraziamo per il loro ruolo importante nel portare avanti la tradizione di Netter.

Sono grato a Angelique Dueñas per aver accettato di essere co-Autrice di questa seconda edizione e per essere stata una meravigliosa collega durante il suo primo anno di insegnamento alla Northwestern Feinberg School of Medicine. I suoi interessi accademici nell'embriologia e nell'inclusione e prevenzione dei pregiudizi in ambito didattico sono stati un contributo perfetto per questo libro. Ringraziamo entrambi Elyse O'Grady di Elsevier per aver dato avvio alla seconda edizione e Marybeth Thiel per averci aiutato dal punto di vista editoriale a rendere il libro più pratico e utile.

Il contributo più importante per entrambe le edizioni del libro è stato fornito da mia moglie Suzy. Sono riuscito a portare avanti il progetto molto più facilmente grazie al suo appoggio, alla sua pazienza e al suo incoraggiamento, e gliene sono profondamente grato.

Ultimo, ma non meno importante, è il mio grazie ai miei studenti, che con le loro domande sull'embriologia mi hanno reso un insegnante migliore. Li ringrazio anche per aver sopportato la mia insistenza nel ricordare loro che il segreto per la comprensione dell'embriologia è capire la differenza tra la somatopleura e la splanchnopleura!

- Larry R. Cochard, PhD

Come già detto, molte persone hanno reso il nostro compito più facile e hanno contribuito a migliorare il libro. Un grazie speciale a Elyse, Marybeth e tutto il team di Elsevier, in modo particolare gli illustratori. Il loro appoggio e duro lavoro ha reso questa edizione migliore per tante persone.

Desidero anche ringraziare in modo particolare Larry Cochard per avermi concesso l'opportunità di collaborare con lui e dare il mio contributo a questa edizione. Per me, che sono agli inizi della mia carriera nel settore dell'anatomia e dell'embriologia, potermi occupare di questo progetto è stato un sogno!

Un grazie speciale alle persone che mi hanno appoggiato, professionalmente e personalmente, consentendomi così di cogliere l'opportunità che mi è stata offerta. La Dr.ssa Lisa M.J. Lee (che ho citato nella dedica) e la Prof.ssa Gabrielle Finn. Un grazie a entrambe per gli anni dedicati a farmi da mentore e a fornirmi il loro appoggio. E un grazie alla mia famiglia, in particolare i miei genitori (Ricardo e Janet), che mi hanno incoraggiata a seguire il mio sogno di diventare insegnante.

E infine grazie ai miei studenti, il cui impegno nello studio, per potersi dedicare in futuro alla cura dei pazienti, è stato per me fonte di ispirazione continua, giorno dopo giorno. Grazie per le vostre domande e idee su come presentare l'embriologia meglio dal punto di vista visivo e grazie per il vostro entusiasmo (anche quando tiro fuori il Play-Doh per insegnare il looping cardiaco!)

- Angelique N. Dueñas



# GLI AUTORI

---

**Larry R. Cochard, PhD**, ora in pensione, è stato Associate Professor of Medical Education e Assistant Professor of Cell and Molecular Biology presso l'Office of Medical Education and Faculty Development della Northwestern University Feinberg School of Medicine, dove ha insegnato embriologia, anatomia e istologia dal 1982 al 2021. Ha ottenuto più volte il prestigioso riconoscimento di Outstanding Teacher della Northwestern, ed è stato uno dei cinque migliori docenti dei corsi M1 e M2. Ha vinto tre volte il Gender Equity Award della American Medical Women's Association per il suo operato come docente e quattro volte il George H. Joost Award come docente M1 di scienze di base dell'anno. È un antropologo biologo e le sue ricerche sono focalizzate sullo sviluppo e l'evoluzione del cranio dei primati.

**Angelique N. Dueñas, PhD**, è Assistant Professor presso il Department of Medical Education della Northwestern University Feinberg School of Medicine, dove insegna embriologia, anatomia, ecografia e medical education nei programmi MD e PA. Ha vinto numerosi Outstanding Teaching Awards da quando insegna nella Northwestern per i suoi corsi di scienze anatomiche. Ha un background di ricerca nel campo dell'anatomia didattica grazie al suo Master's of Modern Human Anatomy and Teaching Certificate in Anatomical Sciences Education (University of Colorado Anschutz Medical Campus), dove ha iniziato ad appassionarsi all'embriologia. Durante il dottorato alla Hull York Medical School, York, England, si è focalizzata sulla diversità, equità e inclusione nel campo dell'insegnamento della medicina e dell'anatomia, con particolare enfasi sulle metodologie qualitative per comprendere meglio questi principi.

# GLI ILLUSTRATORI

## **Frank H. Netter, MD**

Frank H. Netter nacque nel 1906 a New York City. Studiò Arte alla Art Student's League e alla National Academy of Design prima di essere ammesso alla facoltà di Medicina alla New York University e conseguire la laurea nel 1931. Durante gli anni da studente, i suoi schizzi attirarono l'attenzione dei professori della facoltà di Medicina e di altri medici; questo gli permise di aumentare le sue entrate con le illustrazioni di articoli e libri di testo. Continuò a lavorare come illustratore quale attività secondaria, dopo aver iniziato a esercitare come chirurgo nel 1933, ma alla fine decise di interrompere la pratica medica per dedicarsi a tempo pieno alle illustrazioni. Dopo aver prestato servizio nell'Esercito degli Stati Uniti durante la Seconda Guerra Mondiale, il Dr. Netter iniziò la sua lunga collaborazione con la CIBA Pharmaceutical Company (oggi Novartis Pharmaceuticals). Il risultato di questi 45 anni di cooperazione è stato la produzione di una straordinaria collezione di illustrazioni mediche, ormai molto familiare ai medici e ai professionisti dell'area medica in tutto il mondo.

Nel 2005 Elsevier, Inc. ha acquistato la Collezione Netter e tutte le sue pubblicazioni dalla Icon Learning Systems. Ci sono ora più di 50 pubblicazioni con le illustrazioni del Dr. Netter disponibili tramite Elsevier, Inc.

I lavori del Dr. Netter sono tra gli esempi migliori dell'uso delle illustrazioni nell'insegnamento dei concetti della medicina. I 13 volumi della *Netter Collection of Medical Illustrations*, che include la maggior parte dei più di 4000 disegni creati dal Dr. Netter, sono diventati e rimangono uno dei più famosi lavori nell'ambito della medicina mai pubblicati. Il *Netter's Atlas of Human Anatomy*, pubblicato per la prima volta nel 1989, utilizza le tavole anatomiche della Collezione Netter. Tradotto in 16 lingue, è l'atlante di anatomia d'elezione tra gli studenti di medicina e delle professioni sanitarie di tutto il mondo.

Le tavole di Netter sono apprezzate non solo per le loro qualità estetiche, ma soprattutto per il loro contenuto scientifico. Come scrisse il Dr. Netter nel 1949, "...il chiarimento di un argomento è lo scopo principale di una illustrazione. Non importa quanto bene questa sia disegnata, con quanta raffinatezza e cura possa raffigurare un soggetto; essa è di scarso valore come illustrazione medica se non serve a rendere più chiaro un problema medico". L'organizzazione, la concezione, il punto di vista e l'approccio del Dr. Netter permeano i suoi disegni, rendendoli di alto valore intellettuale.

Frank H. Netter, MD, medico e artista, morì nel 1991.

Scopri di più sul medico-artista il cui lavoro ha ispirato la Collezione Netter consultando il sito: <https://netterimages.com/artist-frank-h-netter.html>

## **Carlos A.G. Machado, MD**

Carlos A.G. Machado è stato scelto da Novartis come successore del Dr. Netter. Continua ad essere il principale artista che contribuisce ad arricchire la Collezione Netter di illustrazioni mediche.

Autodidatta nel campo delle illustrazioni mediche, il cardiologo Carlos Machado ha meticolosamente aggiornato alcune delle tavole originali del Dr. Netter, oltre ad aver realizzato di suo pugno molti disegni mantenendo lo stile di Netter, arricchendo in questo modo la Collezione Netter. L'esperienza fotorealistica del Dr. Machado e il suo sguardo attento al rapporto medico-paziente hanno ispirato il suo stile rappresentativo vivido e indimenticabile. La sua dedizione nel conoscere ogni tema e ogni argomento da lui disegnato lo pone tra i migliori disegnatori nell'ambito medico del momento.

Scopri di più sulle sue esperienze passate e guarda i suoi disegni sul sito: <https://netterimages.com/artist-carlos-a-g-machado.html>

# CURATORI DELL'EDIZIONE ITALIANA

---

## **Francesco Cappello**

Professore Ordinario di Istologia ed Embriologia Umana  
Dipartimento di Biomedicina, Neuroscienze e Diagnostica avanzata  
Università degli Studi di Palermo  
*Capitoli 3 e 4*

## **Alessio D'Alessio**

Professore Associato di Istologia ed Embriologia  
Dipartimento di Scienze della Vita e Sanità Pubblica  
Sezione di Istologia ed Embriologia  
Università Cattolica del Sacro Cuore - Roma

## **Massimo De Felici**

Professore Emerito di Istologia ed Embriologia  
Università degli Studi di Roma Tor Vergata  
*Capitoli 5, 6 e 7*

## **Antonio Filippini**

Professore Ordinario di Istologia ed Embriologia Umana  
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche, Medico-Legali e dell'Apparato Locomotore  
Sezione di Istologia ed Embriologia Medica  
Sapienza Università di Roma  
*Capitoli 1, 2 e Appendice*

## **Antonio Musarò**

Professore Ordinario di Istologia ed Embriologia Umana  
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche, Medico-Legali e dell'Apparato Locomotore  
Sezione di Istologia ed Embriologia Medica  
Sapienza Università di Roma  
*Capitoli 8 e 9*

# INDICE GENERALE

**Capitolo 1:** PRESENTAZIONE GENERALE DEGLI EVENTI, DEI PROCESSI E DELLE ANOMALIE DELLO SVILUPPO, 1

**Capitolo 2:** LO SVILUPPO INIZIALE DELL'EMBRIONE E LA PLACENTA, 27

**Capitolo 3:** IL SISTEMA NERVOSO, 55

**Capitolo 4:** IL SISTEMA CARDIOVASCOLARE, 87

**Capitolo 5:** IL SISTEMA RESPIRATORIO, 117

**Capitolo 6:** IL SISTEMA GASTROINTESTINALE E LA PARETE ADDOMINALE, 135

**Capitolo 7:** IL SISTEMA UROGENITALE, 163

**Capitolo 8:** IL SISTEMA MUSCOLO-SCHELETRICO, 193

**Capitolo 9:** TESTA E COLLO, 225

**Appendice:** SINTESI DELLE PIÙ COMUNI E DIFFUSE ANOMALIE CONGENITE DELLO SVILUPPO CORPOREO E LORO CAUSE EMBRIONALI, 267

**Indice analitico,** 271