

Giulia Adalgisa Mariani

# VARIANTI ANATOMICHE

La vera immagine  
dell'anatomia dell'uomo

Bononia  
University Press



alphabet **6**



Giulia Adalgisa Mariani

# **VARIANTI ANATOMICHE**

La vera immagine  
dell'anatomia dell'uomo

**Bononia**  
University Press

Il volume è tratto dalla tesi di dottorato *Le variazioni anatomiche: la vera immagine dell'anatomia dell'uomo*. Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Dottorato di ricerca in Scienze biomediche, ciclo XXVII, depositata in AMSDottorato - Institutional Theses Repository (<http://amsdottorato.unibo.it/>)



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Il testo è stato sottoposto a peer review / This text has been peer reviewed

This work is licensed under a Creative Commons Attribution (CC) BY-NC-SA 4.0  
This license allows you to reproduce, share and adapt the work, in whole or in part, for non-commercial purposes only, providing attribution is made to the authors (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). Attribution should include the following information:

Giulia Adalgisa Mariani, *Varianti anatomiche. La vera immagine dell'anatomia dell'uomo*, Bologna: Bononia University Press, 2020

Quest'opera è pubblicata sotto licenza Creative Commons (CC) BY-NC-SA 4.0  
Questa licenza consente di riprodurre, condividere e adattare l'opera, in tutto o in parte, esclusivamente per scopi di tipo non commerciale, riconoscendo una menzione di paternità adeguata (non con modalità tali da suggerire che il licenziante avalli l'utilizzo dell'opera). La menzione dovrà includere le seguenti informazioni:  
Giulia Adalgisa Mariani, *Varianti anatomiche. La vera immagine dell'anatomia dell'uomo*, Bologna: Bononia University Press, 2020

Illustrazioni (figg. 1, 2, 5, 9, 10, 13) di Benedetta Mattei

Bononia University Press  
Via Ugo Foscolo 7  
40124 Bologna  
tel. (+39) 051 232882  
fax (+39) 051 221019  
[www.buponline.com](http://www.buponline.com)

ISSN 2724-0290  
ISBN 978-88-6923-624-2  
ISBN online 978-88-6923-625-9

Progetto grafico e impaginazione: Design People (Bologna)  
Prima edizione: settembre 2020

# INDICE

<b>INTRODUZIONE</b>	7
Definizione di variante anatomica	7
Organogenesi	8
CAPITOLO 1	
<b>LA PRATICA SETTORIA</b>	13
1.1 Cenni storici	13
1.2 La normativa in Italia	20
1.3 <i>Embalming</i>	22
CAPITOLO 2	
<b>MATERIALI E METODI</b>	27
2.1 Soluzioni di <i>embalming</i>	27
2.2 Procedura di <i>embalming</i>	28
CAPITOLO 3	
<b>RISULTATI E CONCLUSIONI</b>	31
3.1 Tripode (tronco) celiaco	31
3.2 Il circolo di Willis	39
3.3 Arteria vertebrale	46
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	51
<b>RINGRAZIAMENTI</b>	55



# INTRODUZIONE

## Definizione di variante anatomica

Il termine di *variante anatomica* è utilizzato per definire la morfologia di una particolare struttura che si discosta dalla configurazione anatomica osservata nella maggior parte degli individui, in aggiunta alle modificazioni morfologiche presenti durante l'accrescimento e la senescenza e ad alcune differenze tra i sessi e le diverse etnie (Turney 2007; Bergman 2011).

Diversamente dalle anomalie congenite, che sono considerate per definizione patologiche, le varianti anatomiche sono considerate rientrare in un quadro di normalità.

È tuttavia evidente che le varianti anatomiche possono interferire con le procedure diagnostiche ed operative e quindi condizionare significativamente la prognosi. Per questi motivi, esse devono essere adeguatamente riconosciute, osservate e studiate. Attraverso le dissezioni anatomiche svolte in sala settoria è possibile individuare eventuali varianti rispetto alla anatomia umana normale. Sebbene le varianti anatomiche non rappresentino una condizione patologica, è probabile che alcune di esse possano condizionare lo sviluppo di alcune situazioni patologiche, agendo come cofattore. Inoltre, focalizzandosi sugli aspetti più operativi, è innegabile che alcune conformazioni anatomiche peculiari possano aumentare il rischio di complicanze durante le procedure chirurgiche. Appare evidente che la conoscenza dell'anatomia umana e lo studio delle varianti anatomiche rappresentino un requisito indispensabile per ogni pratica medica (Arráez-Aybar, Bueno-López, Moxham 2014).

L'attività settoria rappresenta un valido strumento per lo studio delle varianti anatomiche come mezzo per la ricerca e la pratica medica e chirurgica. Attualmente, la chirurgia tende a essere sempre più conservativa, limitando l'estensione dell'intervento e risparmiando, ove possibile, le strutture più fini quali vasi e nervi. In tali situazioni le conoscenze delle strutture anatomiche devono essere estremamente precise, anche sotto il limite della visione normale (interventi col microscopio operatorio).



## Organogenesi

La disposizione delle strutture anatomiche, i rapporti relativi tra i visceri, l'origine e il decorso dei vasi sanguigni e linfatici sono il risultato di complicati processi di accrescimento, di rotazione e di migrazione che si realizzano durante le fasi dello sviluppo embrionale e fetale.

I movimenti organogenetici, che sono responsabili della forma finale degli organi, possono anche essere causa di varianti particolarmente frequenti nei vasi arteriosi e venosi. Pertanto le basi per l'esistenza delle varianti anatomiche sono da rintracciare a livello organogenetico. In particolare, per quanto riguarda lo sviluppo dei principali vasi arteriosi sono da tener presente alcuni momenti fondamentali (Netter 1983).

In un primo momento, le arterie e le vene consistono semplicemente in tubi endoteliali e non possono essere distinte istologicamente le une dalle altre. Nell'ulteriore sviluppo si differenziano dal mesenchima circostante le tipiche pareti vascolari.

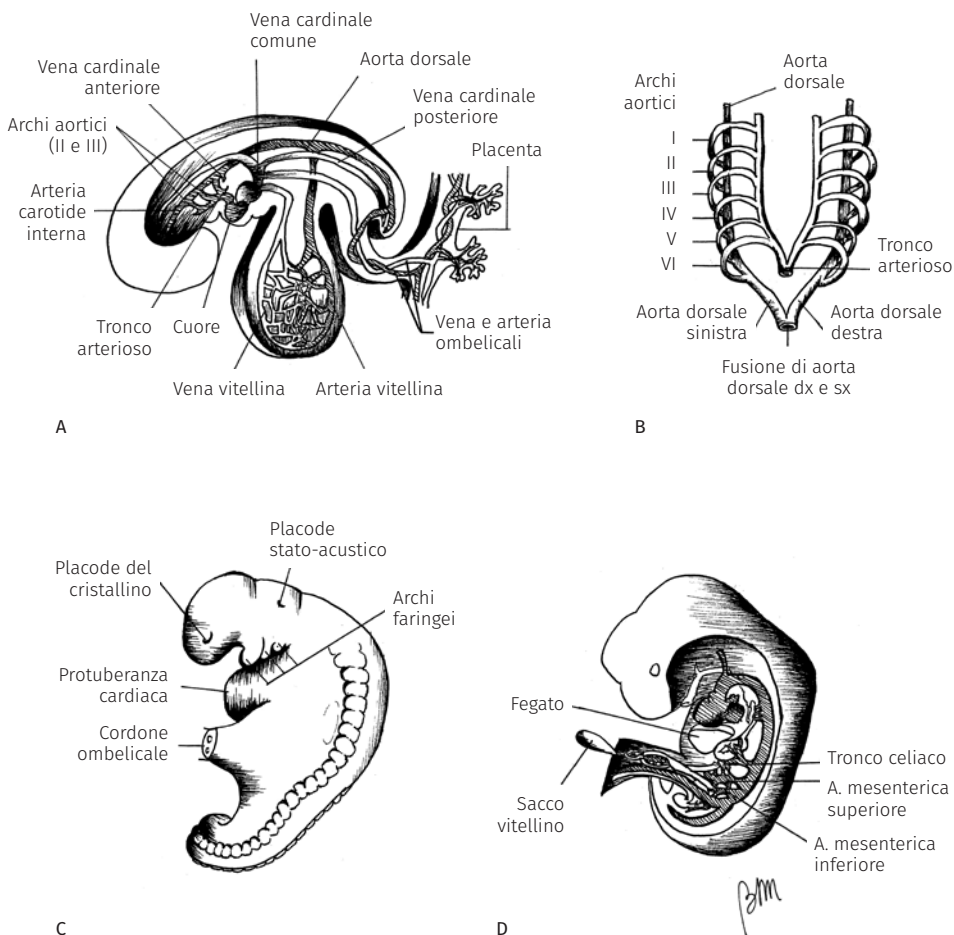
L'organizzazione finale del sistema vascolare è determinato geneticamente e varia nelle diverse specie di animali. In tutti i casi le varianti sono estremamente frequenti sia nel sistema arterioso che in quello venoso e si possono avere modificazioni locali nei casi di sviluppo anomalo di determinati organi.

I condotti arteriosi principali nell'embrione di pochi somiti sono rappresentati da un paio di vasi, le aorte dorsali, che decorrono lungo l'asse longitudinale dell'embrione e formano la continuazione dei tubi endocardici del cuore (Fig. 1A). Dato il cambiamento di posizione della placca cardiogena che contiene i tubi cardiaci, le porzioni craniali delle aorte dorsali descrivono un arco da entrambi i lati dell'intestino cefalico, costituendo così il primo paio di archi aortici (archi mandibolari) (Fig. 1B).

Primitivamente, nei vertebrati compaiono sei paia di archi aortici associati allo sviluppo dei corrispondenti archi faringei o viscerali. Con la comparsa filogenetica delle fauci, il primo paio di archi faringei si modifica notevolmente per formare le strutture della bocca e degli orecchi medi (Fig. 1C).

Nei pesci, gli archi faringei dal terzo al sesto (occasionalmente più o meno) contengono le branchie e vengono definiti archi branchiali.

Negli amnioti a respirazione polmonare, compreso l'uomo, gli archi branchiali sono presenti solo durante le fasi precoci della vita embrionale; essi si modificano notevolmente in un tempo successivo o regrediscono completamente. Alcune arterie degli archi branchiali rimangono per formare le grosse arterie del collo e del torace.



**Figura 1.** Sviluppo embrionico.

In un embrione di circa 3 mm, il primo paio di archi è di dimensioni considerevoli, il secondo si sta appena formando. La giunzione fra il tronco arterioso e il primo paio di archi è dilatata e viene chiamata sacco aortico. È da questo sacco aortico che prendono origine i successivi archi aortici, che si aggiungono man mano che il cuore e il sacco aortico si spostano caudalmente.

Negli embrioni dei mammiferi di grado più elevato non è presente una vera aorta ventrale. Distalmente, le aorte dorsali si fondono per formare un vaso singolo; questa fusione progredisce in direzione craniale in senso sia relativo che assoluto.

Nell'embrione di 4 mm, il primo arco è già in buona parte scomparso come tale, pur mantenendosi dei segmenti come parte dell'arteria mascellare. Il secondo arco sta anch'esso scomparendo; tutto ciò che rimane è la sottile arteria stapedia. Il terzo arco è ben sviluppato e ampio. Il quarto e sesto arco si stanno formando come estroflessioni ventrali e dorsali. La porzione ventrale del sesto arco possiede come suo ramo principale l'arteria polmonare primitiva, anche se l'arco stesso non è stato ancora completato.

Nell'embrione di 10 mm, i primi due archi aortici scompaiono come tali; il terzo, il quarto e il sesto arco sono ampi. Il sacco del tronco aortico si è diviso di modo che il sesto arco si trova ora in continuità con il tronco polmonare. Delle arterie intersegmentali le settime cervicali giocano un ruolo importante nella formazione delle arterie succlavie. Esse sono localizzate pressappoco al livello in cui le aorte dorsali si congiungono l'una con l'altra.

Nell'embrione di 14 mm, il sistema dell'arco aortico ha perso buona parte della sua struttura simmetrica. Le aorte dorsali fra il terzo e il quarto arco (condotto carotico) sono scomparse e il terzo arco comincia ad allungarsi con la ulteriore discesa del cuore. Questa discesa causa anche un accorciamento relativo della porzione ancora pari dell'aorta dorsale.

La porzione dorsale del sesto arco destro è scomparsa; la sua controparte sinistra persiste, fino alla nascita, come condotto arterioso. Il quinto arco, molto piccolo e transitorio, presente alquanto precocemente (negli embrioni di circa 11-13 mm), non può più essere identificato.

Le settime arterie intersegmentali sono migrate cranialmente.

Il sacco aortico è stato "spinto fuori" da entrambi i lati: sulla destra esso forma l'arteria brachio-cefalica (anonima); a sinistra, esso diviene parte dell'arco definitivo dell'aorta fino alla regione del terzo arco sinistro (arteria carotide comune).

Nell'embrione di 17 mm, l'aorta dorsale destra tra la sua giunzione con l'aorta dorsale sinistra e l'origine della settima arteria intersegmentale destra si è molto ridotta e presto scompare. Le restanti parti dell'aorta dorsale destra persistono come segmenti della parte prossimale dell'arteria succlavia. Dopo la nascita, la parte distale del sesto arco aortico sinistro, il condotto arterioso, normalmente si oblitera (legamento arterioso) e si completa il sistema dell'arco aortico dell'adulto (Netter 1983).

Gli archi aortici costituiscono il punto di partenza per lo sviluppo del tronco polmonare e delle arterie che prendono origine dall'arco dell'aorta e dall'aorta toracica. Per quanto riguarda l'origine delle arterie che originano dall'aorta addominale, bisogna tener conto dell'esistenza delle due arterie vitelline primitive

che sono parallele alle vene omonime e che prendono origine dalle aorte dorsali nel tratto addominale dell'embrione.

Dall'arteria vitellina di destra, generalmente origina il tripode (tronco) celiaco, dall'arteria vitellina di sinistra prendono origine le arterie mesenteriche sia superiore che inferiore.

L'unione delle due aorte dorsali primitive darà un'unica arteria dalla quale origineranno i tronchi impari celiaco, mesenterico superiore e inferiore (Fig. 1D).



# LA PRATICA SETTORIA

L'attuale formazione dei medici può contare su metodi e strumenti innovativi, resi possibili, specie negli ultimi anni, dalla notevole e costante evoluzione delle pratiche chirurgiche. Nonostante l'utilizzo di nuove tecniche, che comunque non possono essere applicate alla totalità dei casi, la letteratura scientifica internazionale è concorde nel ritenere che l'esperienza diretta sul cadavere sia insostituibile e che la dissezione anatomica rivesta un'importanza fondamentale nella formazione degli studenti e degli specializzandi e nell'aggiornamento degli specialisti (Ashraf Aziz *et al.* 2002; Winkelmann 2007; Sugand, Abrahams, Khurana 2010). La dissezione anatomica non è quindi solo lo strumento principale per conoscere direttamente il corpo umano; essa dà modo di apprendere le pratiche chirurgiche di base e avanzate, di sperimentare tecniche nuove e di perfezionarne altre sempre più complesse. Non è un caso che, nei curricula formativi dei medici dei paesi più avanzati sul piano della ricerca scientifica e dell'organizzazione didattica, la dissezione anatomica sia ancora prevista come insegnamento fondamentale e qualificante (Older 2004). Ciò vale anche per l'Italia, dove però si riscontra nei fatti una notevole difficoltà a poter compiere esercitazioni di questo genere; tale difficoltà è dovuta alla mancanza di disponibilità di cadaveri sui quali condurre le esercitazioni, mancanza che a sua volta deriva dalla scarsità dei programmi di donazione ai fini di studio e di ricerca, soprattutto dalla carenza di un quadro normativo che di fatto è frammentario e datato (McHanwell *et al.* 2008).

Le dissezioni anatomiche, pertanto, benché siano contemplate dal curriculum formativo, sono di fatto diventate, per usare un eufemismo, estremamente rare.

## 1.1 Cenni storici

La relazione assoluta e profonda che lega l'anatomia alla dissezione emerge fin dall'etimologia del termine. Anatomia deriva dal greco antico ἀνατομή (*anatomè*), “dissezione”, formato da ἀνά (*aná*), “attraverso”, e τέμνω (*tèmnō*),

“tagliare”. Dunque nella sua primitiva e originale accezione la parola “anatomia” indica il principale metodo di studio e di lavoro dell’indagine anatomica: la dissezione del cadavere.

Fin dalle origini della storia della medicina, lo studio dei cadaveri umani e animali è stato uno strumento indispensabile per conoscere la morfologia, l’organizzazione e il funzionamento del corpo umano in condizioni normali e patologiche, spiegarne il funzionamento e affrontare le malattie. La pratica dell’imbalsamazione, i sacrifici, le medicazioni delle ferite profonde furono probabilmente le prime occasioni per le osservazioni anatomiche.

Rudimentali e superficiali nozioni sul corpo umano, impregnate di credenze magiche, ritualità, divinazione (anatomia aruspicina) si ritrovano infatti in molte civiltà antiche come testimoniato da papiri, poemi e scritture sacre.

L’anatomia si afferma come disciplina solo con la civiltà dell’antica Grecia, a partire dalle scuole filosofiche di Crotone, Cnido e Cos e in séguito nella scuola medica di Alessandria. Alcmeone di Crotone, filosofo e medico vissuto fra il VI e il V secolo a.C. viene considerato come il primo autore di un’opera anatomica della quale però sono sopravvissuti pochi e brevissimi frammenti. In epoca ellenistica, due medici alessandrini, Erofilo ed Erasistrato attraverso il costante ricorso alla dissezione cadaverica (e, secondo quanto riportato da Tertulliano, anche alla vivisezione di condannati) furono i primi a comprendere le principali funzioni del corpo umano, distinguendo, ad esempio, i nervi dai tendini e le vene dalle arterie (Garrison 1966). Nei secoli successivi, ostacoli e pregiudizi di natura prevalentemente religiosa determinarono una profonda involuzione degli studi anatomici: alle dissezioni sui cadaveri, giudicate empie e come tali interdette, si sostituirono quelle sugli animali, i cui risultati furono pedissequamente applicati all’uomo da Galeno (II secolo d.C.) senza nessuna correzione.

Per Galeno, forse la figura più significativa della medicina antica, lo studio anatomico rappresentava il fondamento ineludibile per la comprensione dei meccanismi fisiologici, per il corretto inquadramento patologico e dunque terapeutico. Le osservazioni accumulate nel corso degli anni grazie agli studi su piccole scimmie e su altri animali sono ricostruite in un quadro coerente e di altissimo livello descrittivo che trova il suo coronamento in una proiezione analogica dell’anatomia animale sul corpo dell’uomo. La straordinaria capacità galenica di coniugare osservazione e filosofia, pratica manuale e teoria e di utilizzare tutti questi elementi contemporaneamente per costruire un sistema anatomo-fisiologico di complessità sconosciuta al resto dell’antichità spiegano e giustificano l’enorme fortuna che Galeno incontra nel pensiero medico occiden-

tale, attraversando tutto il Medioevo per giungere, in piena autorevolezza, fino alla prima modernità. In tal modo, però, la conoscenza anatomica fu appesantita e infarcita di errori (Cosmacini 2012).

In epoca medievale la storia dell'anatomia procede a rilento e con fatica. La dissezione dei cadaveri, abbandonata in età romana, viene lentamente ripresa solo dopo l'anno Mille. Sembra che la prima dimostrazione pubblica di dissezione sia stata eseguita nel 1302 a Bologna da Guglielmo da Varignana, allievo di Taddeo Alderotti. In realtà bisognerebbe parlare di autopsia o "proto-autopsia" più che di dissezione, visto che ufficialmente venne autorizzata per verificare un sospetto veneficio e non per ragioni accademiche. Secondo alcune fonti dell'epoca, data la facile deperibilità del "materiale umano", la pratica settoria era piuttosto sbrigativa e si svolgeva in quattro lezioni: nella prima si apriva il ventre e si commentavano i *Membra Nutritionis*, nella seconda il torace con i *Membra Spiritualia*, nella terza il cranio con i *Membra Animata*, nell'ultima si annotavano e si spiegavano le caratteristiche degli arti e dello scheletro. A qualche anno più tardi (1315 circa) risale la prima lezione di anatomia su cadaveri umani tenuta da Raimondo de' Liuzzi (Bernabeo *et al.* 1988), detto Mondino, docente presso l'Università di Bologna, anch'egli allievo di Taddeo Alderotti. Con Mondino gli studi anatomici ritrovano nella dissezione di cadaveri la base della conoscenza. In questo la Scuola Medica bolognese afferma il suo primato, inaugurando l'anatomia modernamente intesa e segnando un passaggio centrale dall'altissimo valore simbolico, non solo per la storia del pensiero medico-scientifico, ma per la cultura occidentale tutta. Mondino, infatti, tornando dopo quasi sedici secoli sul cadavere (l'ultimo era stato Erofilo nel III secolo a.C.), metterà in discussione l'autorità testuale classica contrapponendola alla verifica empirica sul cadavere, il libro contro il corpo. Le tavole e gli insegnamenti contenuti nella sua *Anatomia* (1316), pur senza allontanarsi dal dogmatismo dominante e dagli innumerevoli errori di Galeno, rimasero un fondamentale testo di studio in Italia e in Europa per quasi due secoli.

Nel primo Cinquecento, l'anatomia si insegnava nelle università seguendo ancora il testo di Galeno o, se si aveva la fortuna di assistere alle lezioni dei lettori più innovativi, rifacendosi al testo di Mondino de' Liuzzi. Nel 1521 Berengario da Carpi pubblica a Bologna i *Commentaria super anatomia Mundini*, tracciando un segno importante in quel periodo che gli storici della medicina chiamano pre-vesaliano: è il primo a comprendere il valore didascalico delle immagini nei testi a stampa e a rendersi conto della maggiore importanza dell'esperienza diretta rispetto allo studio sui libri (Bernabeo *et al.* 1988).



Anche Leonardo da Vinci, sul finire del Quattrocento intraprese studi sulle proporzioni, sull'anatomia e sulla fisiologia del corpo umano basati sulla dissezione cadaverica che lo portarono a elaborare una prima iconografia anatomica scientifica (circa 750 disegni anatomici) che però non venne pubblicata e rimase sconosciuta ai contemporanei (Carlino 1994).

La “rivoluzione” anatomica si compie con l'indagine sistematica e obiettiva di Andrea Vesalio (forma italianizzata del fiammingo Andries van Wesel), professore a Bologna, a Padova e poi medico alla corte di Carlo V, autore del *De humani corporis fabrica libri septem*, illustrato da splendide tavole anatomiche attribuite a Jan Stephan van Calcar e pubblicato nel 1543 a Basilea. Il testo, suddiviso in sette libri che descrivono l'anatomia del corpo umano (ossa e articolazioni, muscoli, sistema vascolare, sistema nervoso, addome, torace e cervello), costituisce un punto di rottura nella storia della scienza, pone infatti l'accento sull'importanza della pratica dell'anatomia per mezzo delle tecniche della dissezione quale unico strumento di conoscenza medica e chirurgica (Bernabeo *et al.* 1988; Carlino 1994).

Questa stessa pratica consentirà a Vesalio di confutare e di correggere molte delle verità galeniche considerate indiscutibili, come scrive egli stesso:

Quante, spesso assurde cose sono state accettate in nome di Galeno, [...] tra queste quel mirabil plesso reticolare, la cui esistenza viene costantemente sostenuta nei suoi scritti e di cui i medici parlano continuamente. Essi non lo hanno mai visto, ma tuttavia continuano a descriverlo sulla scorta dell'insegnamento di Galeno. Io stesso sono ora realmente meravigliato per la mia precedente stupidità. [...] Causa la mia devozione a Galeno non intrapresi mai una pubblica dissezione di una testa umana senza contemporaneamente servirmi di quella di un agnello o di un bove per mostrare che non riuscivo a riscontrare nell'uomo quel plesso a tutti loro così ben noto per nome.

L'opera e la rivoluzionaria prassi anatomica di Vesalio viene proseguita da Gabriele Falloppio, anatomico e chirurgo, che nelle sue *Observationes anatomicae* (1561) descrive alcune indagini fondamentali sull'orecchio, sulle ossa e sugli organi genitali.

Bisogna ancora ricordare Girolamo Fabrici d'Acquapendente che nel 1594 fece costruire a Padova il primo teatro anatomico e che fu autore dell'*Opera chirurgica* (1617), in cui sono riportate interessanti annotazioni sulle valvole dei vasi sanguigni e sulla circolazione in generale; le ricerche sull'orecchio di Bartolomeo

Eustachio, fondatore alla Sapienza di Roma di una famosa scuola di anatomia; gli studi di Giulio Cesare Casseri sull'organo dell'udito e sull'apparato della fonazione, quelli di Gaspare Aselli sui vasi chiliferi, di Spigelio (Adriaan van den Spigel) sul fegato, di Wirsung, Wharton e Stenone sulle ghiandole, di Willis sul sistema nervoso (Carlino 1994; Kenney 1998).

Nel 1628 viene pubblicato un testo di straordinaria importanza per la comprensione dell'anatomia e della fisiologia del corpo umano: l'*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*. Il libro, scritto in latino e composto di sole 52 pagine, ha come autore William Harvey, medico inglese, allievo a Padova di Fabrici d'Acquapendente, il quale demolisce la concezione galenica della circolazione del sangue fino ad allora insegnata nelle università e individua il ruolo di pompa del cuore all'interno di una dinamica circolatoria perfettamente definita. Con il supporto di una lunga serie di dissezioni (anche di animali domestici) e di solide argomentazioni logiche, Harvey dimostra che il corpo umano è dotato di un doppio circolo, in cui il sangue, con l'ausilio delle vene, raggiunge dai tessuti periferici l'atrio e il ventricolo destro del cuore e da lì, attraverso i polmoni, l'atrio e il ventricolo sinistro, per ridistribuirsi successivamente mediante le arterie alle differenti regioni del corpo (O'Rourke Boyle 2013).

Oltre ad Harvey, nel XVII secolo i contributi più importanti agli studi anatomici si devono a Marcello Malpighi e Antoni Van Leeuwenhoek, che per primi ricorsero all'ausilio del microscopio ottico e al metodo d'indagine sperimentale (metodo galileiano). Malpighi, docente di Medicina teorica dapprima a Pisa e poi a Bologna, considerato tra i fondatori dell'anatomia comparata e dell'istologia, osserva e descrive con grande perizia i capillari sanguigni, confermando le ipotesi di Harvey sulla circolazione del sangue. Famosi sono, inoltre, i suoi studi sui corpuscoli del sangue, sull'architettura della milza e del rene, sulla struttura alveolare del parenchima polmonare, sulla neurologia con la scoperta dei recettori e dei corpuscoli tattili cutanei e linguali (DiDio 1995). Di particolare importanza furono anche le ricerche di Antonio Maria Valsalva, bolognese e allievo di Malpighi, sull'orecchio e di Gian Domenico Santorini sulla muscolatura della faccia e della laringe. Nel corso del XVIII secolo fu fondamentale il contributo descrittivo portato da Giovanni Battista Morgagni, cresciuto scientificamente a Bologna e poi affermato a Padova cui si deve il merito di aver posto le basi dottrinali e metodologiche dell'anatomia patologica.

I cinque libri *De sedibus et causis morborum per anatomen indagatis*, pubblicati da Morgagni a Venezia nel 1761, dopo cinque decenni di professione,

sono il risultato di una lunga serie di osservazioni sia cliniche che anatomiche, le quali permettono una significativa correlazione tra sintomi e lesioni (Androutsos 2006). Altri contributi di notevole rilievo vennero anche da William Hunter sull'anatomia dell'utero gravido, da John Hunter sulla struttura dei denti e da Domenico Cotugno sul liquor cefalorachidiano.

Nello stesso periodo, Frederik Ruysch perfezionò la tecnica della iniezione dei vasi con materiali colorati di contrasto, riuscendo così a descrivere con grande precisione le valvole dei vasi linfatici e le disposizioni dei vasi sanguigni nell'intima struttura dei tessuti e dei singoli organi.

Grazie a queste tecniche di indagine, a strumentazioni sempre più perfezionate e all'estrema vastità e varietà degli argomenti indagati, si riescono a rappresentare in maniera via via più rigorosa e accurata le strutture anatomiche e si delinea la formazione, in seno alla comune disciplina, di branche sempre più specializzate e qualificate (anatomia topografica, anatomia chirurgica, anatomia patologica, anatomia comparata, antropometria e biometria).

Così, mentre l'anatomia descrittiva riceveva il contributo degli studi di Luigi Rolando sul cervello, di Friedrich Gustav Jakob Henle sul rene, di Filippo Pacini sulle terminazioni sensitive, di Alfonso Corti sull'organo dell'udito, progressivamente si svilupparono gli studi di anatomia topografica e di anatomia chirurgica: in Italia furono iniziati da Michele Vincenzo Malacarne e Antonio Scarpa (quest'ultimo formatosi alla scuola padovana di Morgagni e dal 1783 professore di Anatomia e tecniche chirurgiche all'ateneo di Pavia).

In Francia, Georges-Léopold Cuvier, con le osservazioni contenute nella *Illustrazione elementare della storia naturale degli animali* (1798) e nelle *Lezioni di anatomia comparata* (1805), porta importanti contributi alla paleontologia e all'anatomia animale. Utilizzando il ricco materiale analitico e descrittivo raccolto, Cuvier formula il principio di base dell'anatomia comparata, ovvero il principio della correlazione delle parti e della subordinazione degli organi, secondo cui esistono organi e apparati più importanti e altri meno importanti dal punto di vista funzionale. I sistemi e gli organi più rilevanti sono meno soggetti a varianti e possono fornire utili criteri per caratterizzare e classificare i vari tipi di animali (*embranchements*), ognuno dei quali comprende l'insieme degli individui costruiti secondo un medesimo piano strutturale. Con Cuvier si inizia a pensare il mondo dei viventi come il risultato di un lungo percorso di trasformazioni, in cui le affinità strutturali diventano testimonianza – non solo tra le varie forme di uno stesso tipo, ma anche tra tipo e tipo – di una parentela reale (Richet 2000).

Nel corso dei primi decenni del 1800 l'anatomia microscopica e la citologia conoscono un ulteriore sviluppo grazie all'introduzione di microscopi dotati di un potere di risoluzione superiore e in grado di rilevare dettagli e strutture fino ad allora invisibili o poco definiti: nel 1801 Marie-François-Xavier Bichat, anatomico e fisiologo francese, docente alla Sorbona di Parigi e sostenitore delle teorie vitaliste, introduce in anatomia la nozione di tessuto; nel 1831 il naturalista britannico Robert Brown scopre il nucleo nella cellula vegetale; nel 1835 Félix Dujardin identifica, come componente basilare delle cellule, una sostanza viscosa a composizione chimica assai complessa, detta protoplasma; e nel 1838 Mathias Jakob Schleiden e Theodor Schwann descrivono e intendono la cellula come l'unità strutturale fondamentale dell'organismo vivente (Garrison 1966).

Se l'anatomia sistematica, intesa come lo studio analitico della conformazione, dei rapporti, della struttura e dello sviluppo dei differenti organi del corpo umano, nel corso del XIX e del XX secolo mostra ormai di aver affrontato e adeguatamente risolto i principali compiti descrittivi, l'anatomia microscopica continua a sviluppare e approfondire le sue capacità di indagine con un progressivo perfezionamento degli strumenti di ricerca. L'introduzione del microscopio a luce ultravioletta e del microscopio a contrasto di fase, nonché l'invenzione del microscopio elettronico che raggiunge un potere di risoluzione e livelli di ingrandimento enormemente superiori rispetto ai mezzi convenzionali consentono di esplorare nuove strutture e materiali. Assai rappresentativa ed emblematica a questo proposito è la figura del medico e ricercatore bresciano Camillo Golgi, docente di Patologia generale e rettore dell'Università di Pavia (dal 1893 al 1896 e dal 1901 al 1909), che, con l'ausilio delle nuove tecniche di fissazione e di colorazione del tessuto nervoso con bicromato di potassio e nitrato d'argento, ottiene preparati che al microscopio rivelano, colorate in nero e perfettamente nitide, le varie e differenti strutture della cellula nervosa e lo sviluppo dei suoi innumerevoli prolungamenti (*Studi sulla fine anatomia degli organi centrali del sistema nervoso*, 1874) (Mazzarello, Haines, De Manto 2012).

La scoperta dei raggi X da parte del fisico Wilhelm Conrad Röntgen, infine, ha consentito di "vedere" all'interno del corpo "vivo". Con tale scoperta nasce l'anatomia radiologica (1896) che permette di studiare i tessuti e i differenti sistemi all'interno di animali viventi. Le moderne tecniche radiologiche, anche con l'ausilio di particolari mezzi di contrasto, permettono oggi di ottenere immagini tridimensionali di tessuti e di sezioni del corpo umano.

Attualmente la pratica settoria continua a essere di grande interesse per la

scienza medica. L'anatomia è da sempre stata considerata un pilastro alla base della medicina e soprattutto della chirurgia (Estai *et al.* 2015; Turney 2007). Diversi studi mostrano come molto spesso al centro di contenziosi medico-legali ci sia una condizione di “incompetenza anatomica” che ha comportato un “danno a strutture sottostanti” (Goodwin 2000; Ellis 2002; Cahill *et al.* 2000). A questo si deve la grande attenzione data allo studio dell'anatomia umana durante il percorso di formazione di professionisti in ambito scientifico e sanitario (Sbayeh *et al.* 2016; Moxham and Plaisant 2007). Ne sono un esempio le numerose pubblicazioni scientifiche di anatomia chirurgica che si fondano su un attento studio dell'anatomia umana su cadavere, volto ad affinare non solo le conoscenze teoriche ma anche a implementare particolari tecniche di chirurgia mininvasiva, consentendo di individuare reperi anatomici utilizzabili *in vivo* (Seracchioli *et al.* 2019; Zoli *et al.* 2018; Bonali *et al.* 2017; Zoli *et al.* 2016). Inoltre, lo studio su cadavere permette di sperimentare e apprendere sin da subito il concetto di variabilità anatomica, fondamentale ai fini della pratica clinica (Pedrini *et al.* 2019; Gelmi *et al.* 2018).

## 1.2 La normativa in Italia

In Italia il testo di riferimento che regola la fruizione del cadavere a scopi scientifici e didattici è il Regio Decreto n. 1592 del 31 agosto 1933 “T.U. delle leggi sulla Istruzione Superiore”, il cui art. 32, ancora in vigore, recita:

Tutti i cadaveri provenienti dagli ospedali sono sottoposti a riscontro diagnostico.

I cadaveri, il cui trasporto non sia fatto a spese dei congiunti compresi nel gruppo familiare fino al sesto grado o da confraternite o sodalizi che possano avere assunto impegno per trasporti funebri degli associati e quelli provenienti dagli accertamenti medico-legali (esclusi i suicidi) che non siano richiesti da congiunti compresi nel detto gruppo familiare, sono riservati all'insegnamento ed alle indagini scientifiche.

Un ulteriore riferimento legislativo è dato nel Regolamento di Polizia Mortuaria (DPR 285/1990), il cui art. 40 recita:

La consegna alle sale anatomiche universitarie dei cadaveri destinati, a norma dell'art. 32 del testo unico delle leggi sulla istruzione superiore, approvato con regio decreto 31 agosto, 1933, n.1592, all'insegnamento ed alle indagini scientifiche deve avvenire dopo trascorso il periodo di osservazione prescritto dagli arti-

coli 8, 9 e 10. Ai cadaveri di cui al presente articolo deve essere sempre assicurata una targhetta che rechi annotate le generalità.

Inoltre, l'art. 41 recita:

Il prelevamento e la conservazione di cadaveri e di pezzi anatomici, ivi compresi i prodotti fetali, devono essere di volta in volta autorizzati dall'autorità sanitaria locale.

È singolare che proprio in Italia, culla degli studi anatomici nel Cinquecento, al punto da richiamare nelle proprie università studenti in medicina e professori provenienti da tutta Europa, sia così difficile realizzare esercitazioni per la formazione medico-chirurgica su cadaveri e preparati anatomici, per cui sono spesso i nostri chirurghi a doversi recare all'estero per frequentare corsi di formazione ed esercitazioni.

Negli ultimi anni sono stati avanzati numerosi disegni di legge e il testo risultante dalla loro unificazione è stato approvato dal Senato della Repubblica il 29 aprile 2019.

Il suddetto disegno di legge, recependo le indicazioni contenute nel parere del Comitato Nazionale di Bioetica del 19 aprile 2013, dispone l'abrogazione (art. 10) dell'articolo 32 del RD 31 agosto 1933, n. 1592 in quanto eticamente inaccettabile.

Alla luce di ciò, sarebbe auspicabile promuovere iniziative di informazione dirette a diffondere tra i cittadini la conoscenza delle disposizioni del presente disegno di legge e incentivare la nascita di programmi di donazione del corpo *post-mortem* ai fini di studio e ricerca, sul modello realizzato dalla sezione di Anatomia Umana del Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie (DIBINEM) dell'Università di Bologna (analoghi progetti sono in atto in altri atenei italiani).

La promozione di una cultura favorevole alla donazione del corpo a fini di studio e di ricerca permetterebbe quindi di migliorare significativamente la formazione medico-chirurgica (McHanwell *et al.* 2008).

Il 29 gennaio 2020 la legge "Norme in materia di disposizione del proprio corpo e dei tessuti *post-mortem* a fini di studio, di formazione e di ricerca scientifica" è stata approvata in via definitiva dalla Camera ed è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 55 del 4 marzo 2020 come legge n. 10 del 10 febbraio 2020.

La legge prevede che la dichiarazione di consenso alla donazione *post-mortem* del proprio corpo o dei tessuti a fini di studio e ricerca debba essere redatta nelle forme previste per le disposizioni anticipate di trattamento (DAT), ossia per

atto pubblico, per scrittura privata autenticata o per scrittura privata consegnata personalmente dal disponente presso l'Ufficio dello stato civile del comune di residenza (legge 22 dicembre 2017, n. 219 "Norme in materia di consenso informato e di disposizioni anticipate di trattamento"). La stessa dichiarazione deve essere consegnata alla Asl di appartenenza che provvederà a conservarla e a trasmetterla in via telematica alla banca dati nazionale destinata alla registrazione delle DAT.

Nella dichiarazione di consenso deve essere obbligatoriamente indicato un fiduciario che rappresenti il disponente nelle relazioni con il medico e con le strutture sanitarie; al fiduciario spetta l'onere di comunicare al medico che accerta il decesso l'esistenza del consenso specifico.

Il disponente può indicare un sostituto del fiduciario che subentra nei compiti del fiduciario in caso di morte o di sopravvenuta incapacità di quest'ultimo, nonché nel caso di oggettiva impossibilità per il fiduciario di svolgere tempestivamente il proprio ruolo.

La revoca del consenso può essere effettuata dal disponente in qualsiasi momento e con le stesse modalità richieste per la sua espressione; deve, quindi, essere comunicata all'azienda sanitaria di appartenenza che la trasmette alla Banca dati DAT. Nei casi in cui ragioni di emergenza e urgenza impediscano di procedere alla revoca del consenso nelle forme prescritte, la stessa può essere espressa con dichiarazione verbale raccolta o videoregistrata da un medico, alla presenza di due testimoni.

Al fine di ottimizzare l'utilizzo dei corpi dei defunti, vengono istituiti Centri di riferimento per la conservazione e l'utilizzazione degli stessi e un Elenco nazionale dei Centri di riferimento, consultabile sul sito internet del Ministero della salute.

Il suddetto elenco è aggiornato tempestivamente in modo da consentire al medico che accerti il decesso l'individuazione del centro di riferimento competente per territorio, al quale il medesimo debba dare notizia dell'avvenuto decesso del disponente. Il centro di riferimento, acquisita mediante la Banca dati DAT la prova del consenso espresso, provvede al prelievo del corpo del defunto, dandone notizia all'azienda sanitaria di appartenenza del disponente.

### **1.3 Embalming**

I cadaveri utilizzati per la dissezione anatomica possono essere conservati per breve tempo in celle refrigerate o addirittura congelati. In entrambi i casi, anche dopo lo scongelamento, i tessuti vanno incontro a rapida degradazione per cui i corpi

possono essere utilizzati per periodi brevi di pochi giorni. È pertanto preferibile sottoporre i cadaveri a procedure conservative che prevedono la perfusione del corpo, internazionalmente conosciuta come *embalming*, utilizzando soluzioni idonee che impediscono il deterioramento dei tessuti (Brenner 2014; Ajmani 2009).

Intorno al 1500 la medicina conobbe un progresso enorme in gran parte grazie alla nascita delle Scuole Anatomiche, dove si cominciava a praticare in maniera sistematica lo studio basato sull'osservazione del cadavere. Non essendo al tempo disponibili i mezzi e le tecniche odierne (celle refrigerate, liquidi conservativi, ecc.), la dissezione anatomica veniva preferibilmente praticata nei periodi invernali.

Verso la metà dell'Ottocento, fu scoperta da August Wilhelm Hofmann, un chimico inglese, la sostanza più comunemente usata per la fissazione: la formalina. Questa veniva utilizzata sia immergendo il cadavere in speciali vasche che la contenevano, sia iniettandola per gravità nell'apparato circolatorio (Bedino 2003). Nel tempo si è scoperto che l'esposizione ai vapori di formalina può provocare gravi effetti tossici quali: irritazione delle mucose delle vie respiratorie, dermatiti da contatto fino ad arrivare a mutagenicità e cancerogenicità. A tutto ciò si aggiunga che, utilizzando esclusivamente formalina, le strutture anatomiche diventano troppo rigide.

Per ovviare a questi problemi è stata messa a punto una miscela complessa di fissazione, definita *liquido di embalming*, composta da più sostanze fissative, disinfettanti, umettanti e anticoagulanti, quali formalina, fenolo, etanolo e glicerina (Bradbury, Hoshino 1978).

Le proprietà dei vari agenti chimici che compongono il liquido di *embalming* sono le seguenti:

- |           |   |
|-----------|---|
| FORMALINA | È un fissativo specifico per le proteine. Il gruppo aldeidico della formalina interagisce con i gruppi amminici delle proteine formando legami crociati tra esse. Ha alta capacità di penetrazione ma bassa velocità di reazione nella fissazione. Per rallentare i processi degradativi dei tessuti la fissazione con formalina viene generalmente effettuata a basse temperature (4°C). |
| ETANOLO   | Blando fissativo. Diffonde rapidamente nei tessuti senza indurirli eccessivamente. Ottimo agente germicida.   |
| FENOLO    | Potente germicida e fungicida. Favorisce un buon mantenimento del colore del tessuto muscolare al contrario della formalina.  |



**GLICERINA**      Sostanza umettante, serve per mantenere i tessuti morbidi e ne previene l'indurimento e la disidratazione provocata da altri agenti chimici.

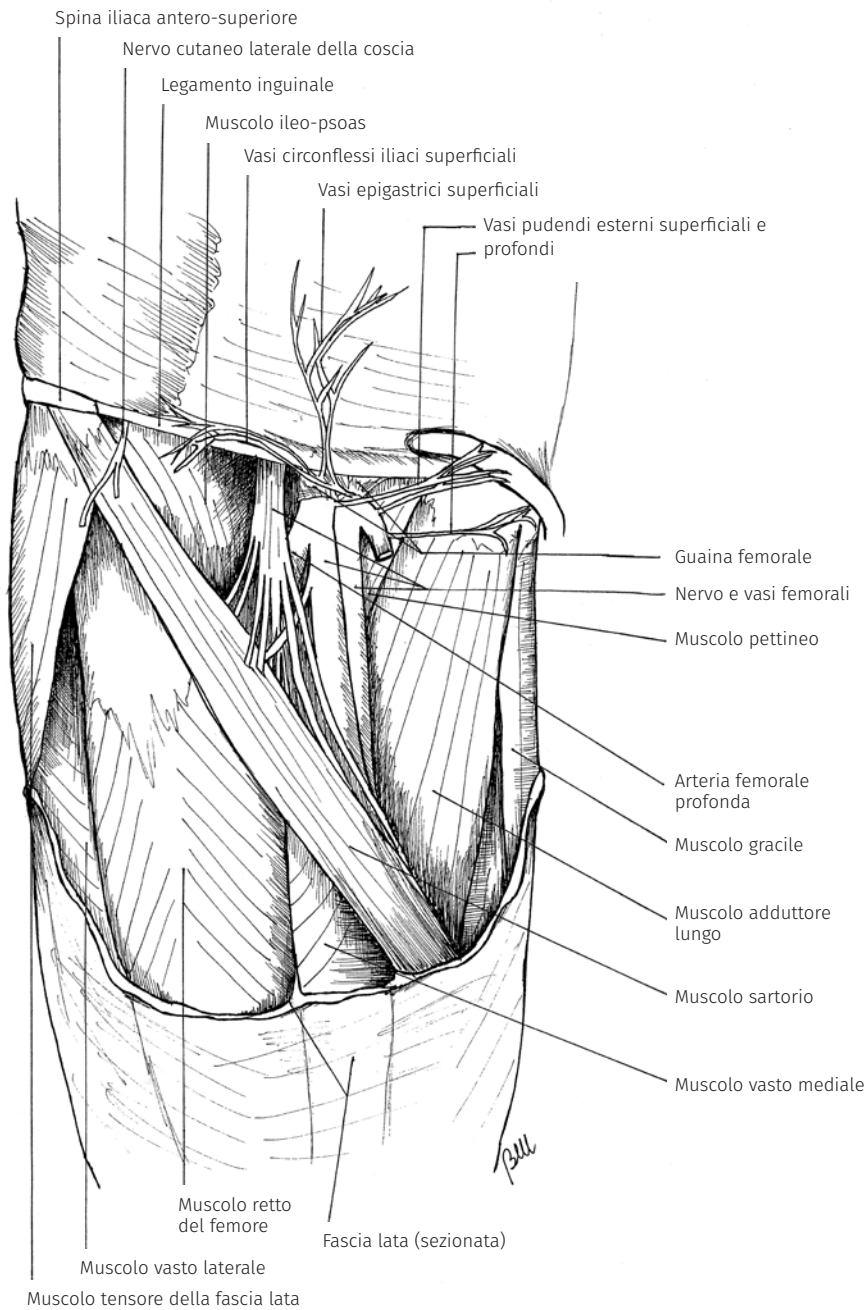
La pratica dell'*embalming* per scopi anatomici prevede l'iniezione del liquido fissativo nel cadavere attraverso un'arteria, utilizzando una pompa a pressione che eroga automaticamente un flusso sufficiente a superare la resistenza vascolare (Beck 1966).

Il liquido fissativo si distribuisce attraverso l'arco dell'aorta e i suoi rami; grazie ai capillari arriva negli spazi tissutali dove entra in contatto con le cellule, cambiando le proprietà naturali delle proteine (Beck 1966).

Nell'*embalming* vengono usate le arterie perché queste non hanno valvole. Il liquido viene iniettato attraverso l'arteria femorale che rappresenta il principale tronco arterioso dell'arto inferiore. Per accedervi bisogna individuare una regione nella parte antero-mediale del terzo superiore della coscia denominata *triangolo femorale o dello Scarpa* (Fig. 2).

Il triangolo femorale è una fossa di forma triangolare delimitata: superiormente, dal legamento inguinale, teso dalla spina iliaca antero-superiore al tubercolo pubico; lateralmente, dal muscolo sartorio che origina dalla spina iliaca antero-superiore e termina sulla superficie mediale della tibia (medialmente rispetto alla tuberosità tibiale); medialmente, dal muscolo adduttore lungo che origina dalla faccia anteriore del ramo superiore del pube e si inserisce sulla linea aspra del femore. Al triangolo corrisponde la fossa piramidale la cui base, rivolta in alto, è formata dalla *lacuna vasorum* che accoglie in senso latero-mediale l'arteria femorale, la vena femorale e i linfonodi inguinali profondi. La parete anteriore è costituita dalla fascia lata la cui porzione centrale viene detta fascia cribrosa per la presenza di pertugi per il passaggio di numerosi vasi sanguigni, tra cui la vena grande safena, e di vasi linfatici. La parete posteriore è caratterizzata, in senso latero-mediale, dal muscolo iliaco, dal muscolo psoas e dal muscolo pettineo; i muscoli pettineo e psoas, incontrandosi, formano una depressione detta fossa ileo-pettinea. L'apice è diretto inferiormente e corrisponde alla sovrapposizione del muscolo sartorio col muscolo adduttore lungo; si prolunga nel canale dei adduttori che accoglie i vasi femorali e il nervo femorale (Martini, Timmons, Tallitsch 2004).

In alternativa all'arteria femorale, a seconda delle condizioni, potrebbe essere necessario utilizzare altre arterie di grosso calibro (arteria ascellare o carotide comune) nel caso in cui la parete dell'arteria femorale sia sclerotizzata e possa, quindi, lacerarsi con facilità oppure, nel suo lume, siano presenti



**Figura 2.** Triangolo femorale.

coaguli di sangue. Queste due condizioni impediscono il flusso normale del fissativo nel sistema vascolare, per cui grandi aree del corpo non lo ricevono; per la buona riuscita dell'*embalming* si procede, quindi, con l'iniezione in più di un'arteria.

A questo tipo di *embalming*, che chiamiamo *arterioso*, si aggiungono altri due metodi che, supportando l'*embalming* arterioso (Ajmani 2009), permettono di perfondere quelle aree del corpo che non vengono raggiunte dal fissativo o che ne hanno ricevuto poco; questi metodi sono:

- l'*embalming ipodermico*: prevede iniezioni di fissativo tramite siringhe ipodermiche, effettuate nelle dita delle mani e dei piedi sotto il letto ungueale.

- l'*embalming superficiale*: prevede l'utilizzo di garze di cotone imbevute di fissativo direttamente sulla pelle, in quelle aree che presentano delle lesioni.

Come prevede il Regolamento di Polizia Mortuaria, in Italia, la procedura di *embalming* deve essere eseguita alla presenza di un medico legalmente abilitato all'esercizio della professione ed è soggetta a una autorizzazione amministrativa attribuibile alle competenze dell'Autorità comunale che la rilascia dietro valutazione dell'ASL di riferimento; tale procedura non può essere effettuata prima che sia trascorso il periodo d'osservazione, fissato per legge in almeno 24 ore.

Per preservare al meglio i tessuti, dopo 24 ore dalla morte, è bene effettuare un trattamento conservativo che consiste nell'iniettare in ognuna delle due cavità (toracica e addominale) 500 cc di formalina. Il cadavere, così preparato, viene conservato in cella frigorifera (4°C) fino al momento della perfusione. Si tenga ben presente che la buona riuscita del trattamento è inversamente proporzionale al tempo trascorso dal decesso.

# MATERIALI E METODI

## 2.1 Soluzioni di *embalming*

Lo studio delle varianti anatomiche qui descritte è stato realizzato presso la sala anatomica del Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie, sede di Anatomia Umana, dell'Università di Bologna (Fig. 3), utilizzando 11 cadaveri donati a fini di studio e ricerca.

I cadaveri sono stati fissati con una soluzione di *embalming* seguendo il protocollo dell'Università del Maryland (USA). Viene preparata una soluzione madre aggiungendo percentuali diverse di formaldeide, fenolo, metanolo e



**Figura 3.** La sala settoria "Giovanni Mazzotti" realizzata nel 2013 presso il Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie dell'Università di Bologna.

glicerolo e diluita 1:3 con acqua distillata prima dell'utilizzo. In Tabella 1 sono riportate le concentrazioni esatte della soluzione stock e di quella di utilizzo (soluzione di perfusione).

Al termine della fissazione e durante ogni preparazione anatomica, i cadaveri sono stati costantemente umettati con la *wetting solution*, seguendo il protocollo dell'Università del Maryland (USA). Tale soluzione è composta da: isoprapanolo (10%) e glicerolo (5%).

**Tabella 1.** Componenti e relative concentrazioni delle sostanze chimiche utilizzate per la soluzione di *embalming*.

Sostanze chimiche componenti la miscela	Soluzione stock (contenuto %)	Diluizione di utilizzo (1:3) (contenuto %)
Formaldeide	5,6	1,83
Fenolo	27,8	9,26
Etanolo	33	11
Glicerolo	33	11

## 2.2 Procedura di *embalming*

Prima della perfusione, i corpi sono stati posti sui tavoli da dissezione, svestiti e lavati con acqua e sapone germicida. I capelli sono stati rasati e conservati in appositi contenitori per la raccolta dei tessuti rimossi e destinati alla cremazione.

Individuata la zona del triangolo femorale, è stata effettuata un'incisione cutanea verticale a partire dal punto medio del legamento inguinale. Si è cercato di pulire il più possibile il sottocute dal tessuto adiposo, che qui è molto abbondante (soprattutto nelle donne), per arrivare a isolare l'arteria femorale dalla guaina connettivale.

Sono stati effettuati due tagli trasversali nella parete anteriore dell'arteria femorale, attraverso i quali sono stati inseriti due aghi cannula, collegati tramite tubi di silicone alla pompa di *embalming*, uno in senso caudale e uno in senso craniale.

Successivamente è stata isolata la vena femorale al fine di consentire il drenaggio del liquido di lavaggio. Prima di perfondere i cadaveri con il liquido di *embalming*, viene iniettata una soluzione di NaCl al 3% preriscaldata a 37°C, con funzione di anticoagulante. La soluzione viene introdotta tramite la pompa

per *embalming* “PORTI-BOY MARK V” (The Embalmers Supply Company, Dundas ONT, Canada) a una pressione compresa tra 2-10 psi (Fig. 4).

La pompa viene riempita con circa 15 l di liquido per l'*embalming* e nuovamente azionata. È auspicabile controllare l'evoluzione del procedimento, in quanto si possono avere casi di perforazione dell'arteria o blocco della circolazione.

Durante la procedura di *embalming* è stato effettuato un massaggio al corpo, in particolare alle estremità superiori e inferiori, per facilitare la distribuzione del fissativo e promuovere la rottura dei coaguli ematici.



Figura 4. Pompa per *embalming*.

La buona diffusione del liquido nei tessuti è confermata dalla progressiva perdita di elasticità della cute, dall'indurimento dei tessuti e dalla comparsa di caratteristiche chiazze biancastre sulla cute. La comparsa delle suddette chiazze permette, quindi, di monitorare nel tempo l'efficienza del processo di perfusione. Qualsiasi regione del corpo che non presenti questo caratteristico impallidimento verrà successivamente fissata mediante iniezioni ipodermiche multiple.

Per la fissazione dell'encefalo è stato eseguito un trattamento addizionale. Con un trapano a mano si è praticato un foro a livello del bregma, punto di

incontro tra la sutura coronale e quella sagittale sulla volta cranica; attraverso questo foro, con una siringa da 60 ml e un ago spinale, sono stati iniettati nella cavità cranica (spazio subaracnoideo) 150 ml di formaldeide al 25%.

Terminata la procedura di *embalming*, i cadaveri sono stati lasciati per 24 ore sul tavolo, coperti da un lenzuolo. Il giorno successivo sono stati riposti, all'interno di sacchi di plastica idonei alla loro conservazione, in celle refrigerate ove sono rimasti per almeno 5 settimane, per permettere ai composti chimici di fissare bene i tessuti. Periodicamente i cadaveri sono stati girati e controllati per valutare l'eventuale presenza di zone di colore roseo, indicanti inadeguata fissazione; in questi casi si è completato il trattamento mediante *embalming* ipodermico. Trascorso tale periodo il corpo può essere usato per le dissezioni anatomiche.

# RISULTATI E CONCLUSIONI

## 3.1 Tripode (tronco) celiaco

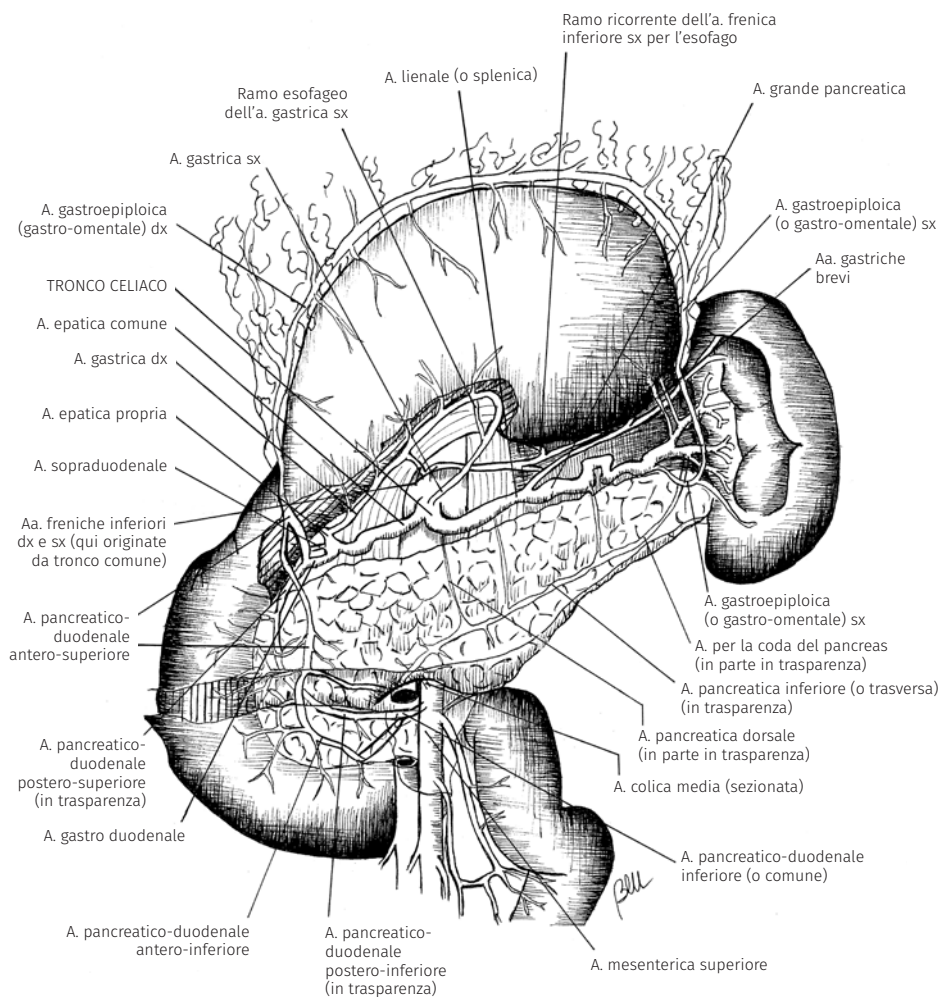
Il tronco celiaco emerge dalla parete anteriore dell'aorta addominale, al di sotto dell'origine delle arterie freniche inferiori. È posizionato inferiormente allo iato aortico del diaframma, tra i due pilastri diaframmatici, a livello del disco intervertebrale T12-L1 e del bordo superiore della prima vertebra lombare (Sztika *et al.* 2011). È responsabile della perfusione degli organi originati dall'intestino anteriore, ovvero fegato, stomaco, pancreas e parte del duodeno. Nel 75-90% degli individui il tronco celiaco decorre orizzontalmente in avanti per circa 1,25 cm (la lunghezza può essere variabile, solitamente tra 8 e 40 mm) (Fig. 5).

Nella maggior parte dei casi esso si divide in tre rami a livello del margine superiore del pancreas: l'arteria gastrica sinistra, l'arteria epatica comune e l'arteria splenica (Chen *et al.* 2009). Questa suddivisione rappresenta la situazione più comune di ramificazione. L'arteria epatica comune dall'origine decorre verso destra, raggiungendo la prima parte del duodeno per poi dividersi in arteria gastroduodenale e arteria epatica propria che, in corrispondenza dell'ilo epatico, si divide, a sua volta, in arteria epatica destra e arteria epatica sinistra. La triforcazione del tronco celiaco nel modo illustrato precedentemente è stata descritta per la prima volta da Haller (1756) e il *Tripus Halleri* viene considerato tuttora la sua conformazione anatomica più comune.

L'arteria mesenterica superiore, originata dall'aorta addominale in corrispondenza di L1, rifornisce i visceri originati dall'intestino medio, ovvero parte del duodeno, la testa del pancreas, tutto l'intestino tenue, il cieco, il colon ascendente e i due terzi prossimali del colon trasverso.

Essa emerge a livello di L1 dalla aorta addominale come ramo ventrale, passa davanti alla terza porzione del duodeno e successivamente continua il suo decorso all'interno della radice del mesentere. Dopo aver staccato le arterie pancreatico-duodenali inferiori, dalla concavità emette le arterie colica destra, colica media, ileo-colica e dalla convessità le arterie digiunali (Varma *et al.* 2010).





**Figura 5.** Tripode celiaco e suoi rami.

### Le variazioni anatomiche

Sebbene il tronco celiaco si divida comunemente in tre arterie, non sono rari i casi in cui una delle sue componenti origina direttamente dalla aorta addominale. Più rari sono invece i casi in cui le tre componenti originano come rami della aorta addominale senza prendere rapporto con gli altri vasi. Talvolta il tronco celiaco origina insieme alla arteria mesenterica superiore formando un tronco comune, noto come tronco celiaco-mesenterico (Nayak *et al.* 2008).

Le varianti anatomiche del tronco celiaco sono state classificate per la prima volta da Adachi nel 1928 (Adachi *et al.* 1928) sulla base di 252 dissezioni condotte su cadaveri giapponesi. Tale classificazione descrive sei tipi di divisioni del tronco celiaco e dell'arteria mesenterica superiore.

Un'altra classificazione è quella di Michels (Michels *et al.* 1955), in cui sono descritti sei tipi di divisione del tronco celiaco. I tipi I, II, III sono gli stessi di quelli descritti da Adachi, il tipo IV presenta un tronco comune epatogastrico con arteria splenica che emerge dalla arteria mesenterica superiore, il tipo V un tronco splenogastrico con arteria epatica comune che origina dall'arteria mesenterica superiore, il tipo VI è equivalente al tipo IV di Adachi (presenza di un tronco celiaco-mesenterico) (Tab. 2).

**Tabella 2.** Classificazione delle varianti del tronco celiaco secondo Adachi e Michels.

Tipi	Classificazione secondo Adachi	Classificazione secondo Michels
I	Ramificazione comune: le arterie gastrica di sinistra, splenica ed epatica comune emergono dal tronco celiaco	Ramificazione comune: le arterie gastrica di sinistra, splenica ed epatica comune emergono dal tronco celiaco
II	Presenza di un tronco epato-splenico (le arterie epatica comune e splenica emergono da un tronco comune); l'arteria gastrica sinistra origina direttamente dall'aorta addominale	Presenza di un tronco epato-splenico (le arterie epatica comune e splenica originano da un tronco comune); l'arteria gastrica sinistra origina direttamente dall'aorta addominale
III	Presenza di un tronco epato-spleno-mesenterico (le arterie epatica comune, splenica e mesenterica superiore emergono da un tronco comune); l'arteria gastrica sinistra origina direttamente dall'aorta addominale	Presenza di un tronco epato-spleno-mesenterico (le arterie epatica comune, splenica e mesenterica superiore emergono da un tronco comune); l'arteria gastrica sinistra origina direttamente dall'aorta addominale
IV	Presenza di un tronco celiaco-mesenterico: le arterie gastrica sinistra, epatica comune, splenica e mesenterica superiore emergono da un tronco comune	Presenza di un tronco epatogastrico (le arterie epatica comune e gastrica sinistra emergono da un tronco comune); l'arteria splenica origina dall'arteria mesenterica superiore

V	Presenza di un tronco gastro-splenico (le arterie gastrica sinistra e splenica originano da un tronco comune) + un tronco epato-mesenterico (le arterie epatica comune e mesenterica superiore emergono da un tronco comune)	Presenza di un tronco spleno-gastrico (le arterie splenica e gastrica sinistra originano da un tronco comune); l'arteria epatica comune origina dall'arteria mesenterica superiore
VI	Presenza di un tronco gastro-splenico (le arterie gastrica sinistra e splenica originano da un tronco comune); l'arteria epatica comune origina dall'arteria mesenterica superiore	Presenza di un tronco celiaco-mesenterico: le arterie gastrica, epatica comune, splenica e mesenterica superiore emergono da un tronco comune

Revisionando gli studi precedenti, abbiamo trovato che 91 su 10.850 casi (0,9%) appartengono al IV tipo di Michels, in particolare 35 su 2.721 casi (1,5%) sono stati trovati durante studi di dissezione.

Su una larga scala di casi (10.850 casi in 26 studi), il tipico tripode, costituito da tre rami (tripode celiaco completo), si verificava nel 90,1%, il tripode celiaco incompleto nel 6,7% dei casi, mentre altri tipi, non inclusi nella classificazione di Adachi, nel 2,5% di casi (inclusi anche i casi rari con assenza di tripode celiaco).

Nel tipo I, il tronco celiaco è dato dalle arterie gastrica sinistra, epatica comune e splenica; l'arteria mesenterica superiore originava dall'aorta indipendentemente. Nel tipo II, l'arteria gastrica di sinistra originava direttamente dall'aorta, con un tronco epato-splenico, 330 casi su 10.850 (3,5%) appartengono al tipo II. Nel tipo III l'arteria gastrica di sinistra originava direttamente dall'aorta, mentre le arterie epatica comune, splenica e mesenterica superiore avevano un tronco comune (tronco epato-spleno-mesenterico). Solo 51 su 10.850 casi (0,5%) appartengono al tipo III. Nel tipo IV le arterie gastrica sinistra, epatica comune, splenica e mesenterica superiore avevano un tronco comune (tronco celiaco mesenterico), originante dall'aorta. Nel tipo V, le arterie gastrica sinistra e splenica avevano un tronco comune (tronco gastro-splenico) mentre le arterie epatica comune e mesenterica superiore avevano un altro tronco comune (tronco epato-mesenterico), 221 casi su 10.850 (2,2%) appartengono al tipo V. Nel tipo VI, le arterie gastrica sinistra e splenica avevano un tronco comune (tronco gastro-splenico) mentre l'arteria epatica comune decorre dietro la vena porta

e origina dall'arteria mesenterica superiore e stacca l'arteria gastrica destra. Dei 10.850 casi esaminati solo 44 casi (0,5%) appartengono al tipo VI. I restanti 238 casi (2,5%) non appartengono ad alcun tipo della classificazione di Michels.

Studi di *imaging* radiologico hanno confermato quanto già evidenziato con la dissezione, attribuendo al CT completo una percentuale pari all'89,1%; anche i tipi II-VI hanno percentuali assolutamente comparabili a quelle stabilite con la dissezione (Ugurel *et al.* 2010; Song *et al.* 2010).

Le tre varianti più comuni sono i tipi III, IV e V seguendo la classificazione di Adachi (tronco epato-spleno-mesenterico, tronco celiaco-mesenterico, tronco gastro-splenico più tronco epato-mesenterico), con una prevalenza rispettivamente dell'0,5%, 0,9%, e 2,2%.

Matusz *et al.* (2012) e Yi *et al.* (2008) hanno descritto in un *case report*, usando rispettivamente angiografia TAC multistrato (MDTC) e dissezione anatomica, la mancanza del tripode celiaco con le arterie splenica, gastrica sinistra ed epatica comune, che originano indipendentemente dall'aorta addominale; Nayak *et al.* (2008) e Jing Li (1986) riferivano in due differenti *case report* altre due varianti differenti, non incluse nella classificazione di Adachi: nel primo studio il tronco celiaco si divideva in cinque rami che includevano i tre rami classici più l'arteria frenica sinistra e l'arteria gastroduodenale, nel secondo studio il tronco splenico-gastroduodenale che si divideva in arterie splenica e gastroduodenale, mentre le arterie gastrica sinistra e sinistra accessoria emergevano direttamente dall'aorta addominale.

## Embriologia

La comprensione dell'anatomia normale e delle varianti anatomiche dipende dalla conoscenza dello sviluppo vascolare durante l'embriogenesi. Le arterie vitelline, inizialmente un numero variabile di vasi appaiati che riforniscono il sacco vitellino, a poco a poco si fondono e formano le arterie situate nel mesentere dorsale dell'intestino. Negli adulti, essi sono rappresentati dal tronco celiaco, dall'arteria mesenterica superiore e dall'arteria mesenterica inferiore.

Questi vasi irrorano gli organi che si sviluppano rispettivamente dall'intestino primitivo anteriore, medio e posteriore (Sadler 2000). La presenza di varianti che colpiscono il tronco celiaco, l'arteria epatica e l'arteria mesenterica superiore potrebbe essere provocata da variabilità di fusione delle arterie vitelline primitive di destra e di sinistra quando si vengono a localizzare nella radice del mesentere dorsale.

## Risultati

Durante la dissezione di un cadavere maschio caucasico di 98 anni abbiamo osservato che il tronco celiaco non mostra la classica triforcazione descritta da Haller. Nel nostro caso (Figg. 6, 7, 8), dall'aorta addominale a livello di T12 originava un breve tronco, il quale si divideva subito in due vasi (arteria gastrica di sinistra e arteria epatica comune). La lunghezza di questo tronco era di 3 cm e aveva un diametro di 0,6 cm. Al di sotto di questo tronco dall'aorta addominale originava un secondo tronco che si divideva in due rami (arteria mesenterica superiore e arteria splenica). La distanza tra questi due tronchi era di soli 0,7 cm. Di norma, l'arteria splenica dall'origine decorre in posizione retroperitoneale lungo il margine superiore sia del corpo, sia della coda del pancreas e poi si dirige verso l'ilo della milza. Nel caso analizzato, in ragione della bassa origine, l'arteria splenica era localizzata sotto e anteriormente alla coda del pancreas e

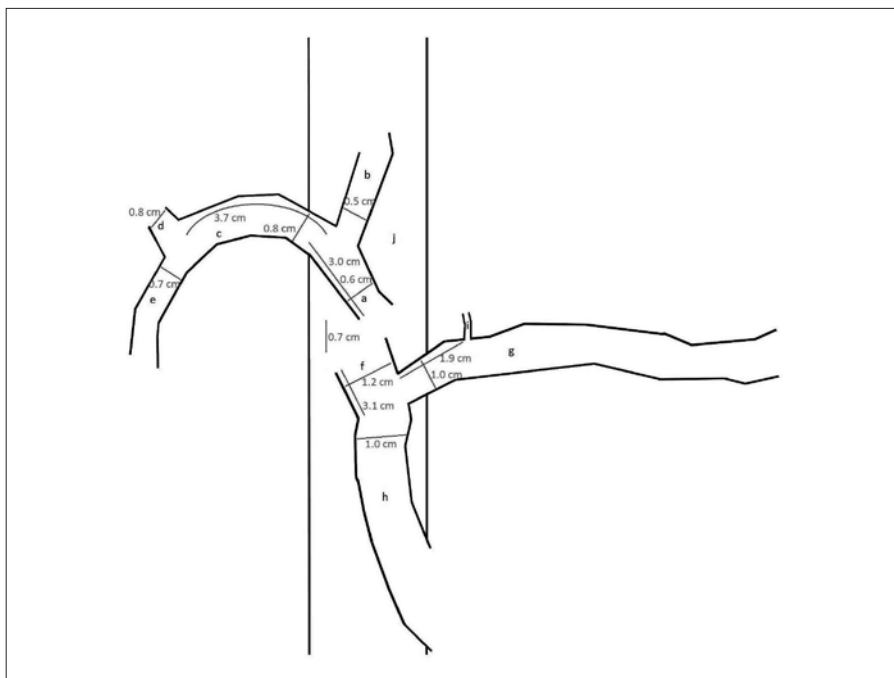


**Figura 6.** (a) tronco epato-gastrico; (b) arteria gastrica di sinistra; (c) arteria epatica comune; (d) arteria epatica propria; (e) arteria gastro-duodenale; (f) tronco spleno-mesenterico; (g) arteria splenica; (h) arteria mesenterica superiore; (i) arteria dorsale pancreatica; (j) aorta addominale; (k) lobo caudato del fegato. La vena porta (l) e il pancreas (m) sono stati ribaltati verso il lato destro, e la vena splenica (n) e la vena mesenterica inferiore (o) sono state sezionate e ribaltate verso destra.

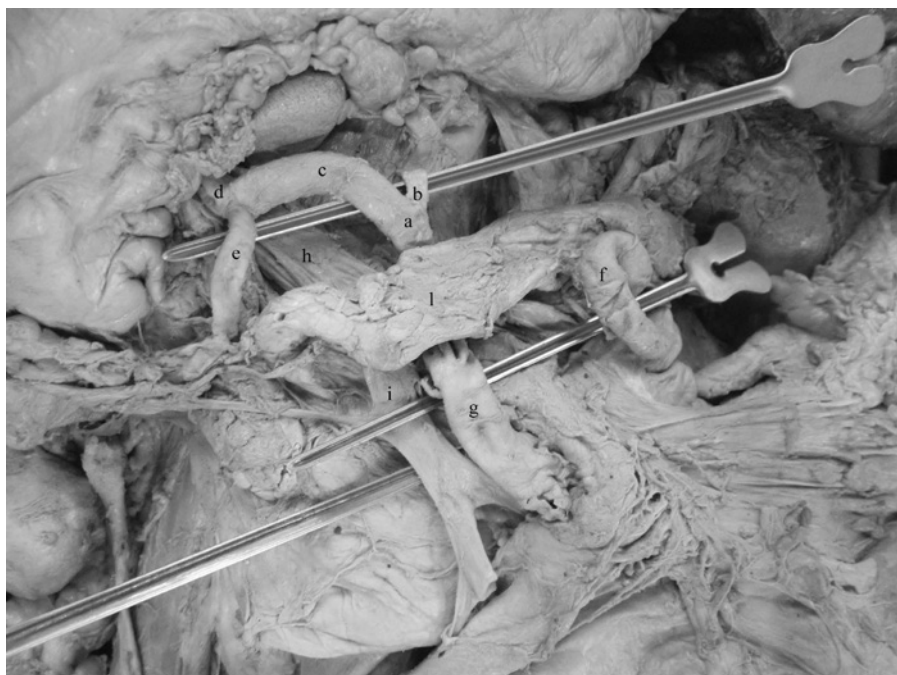
risultava molto lunga e tortuosa (Fig. 8). Inoltre, abbiamo osservato che l'arteria dorsale pancreatica originava dall'arteria splenica inferiormente al corpo del pancreas, con decorso ascendente. La variante anatomica che abbiamo riscontrato potrebbe essere assegnata al IV tipo secondo la classificazione di Michels (Mariani *et al.* 2013).

### Commenti

La conoscenza dell'anatomia normale e delle varianti anatomiche dei vasi che originano dall'aorta addominale e che riforniscono gli organi nel distretto sovra-mesocolico rappresenta il punto di partenza indispensabile per la pianificazione e l'esecuzione di operazioni chirurgiche in questo settore. Il tronco celiaco rifornisce di sangue esofago, stomaco, milza, fegato, vie biliari e parte del complesso duodeno-pancreatico (Sztika *et al.* 2011). Per questo



**Figura 7.** Rappresentazione schematica di calibro e lunghezza dei vasi. (a) tronco epato-gastrico; (b) arteria gastrica di sinistra; (c) arteria epatica comune; (d) arteria epatica propria; (e) arteria gastro-duodenale; (f) tronco spleno-mesenterico; (g) arteria splenica; (h) arteria mesenterica superiore; (i) arteria dorsale pancreatica; (j) aorta addominale.



**Figura 8.** (a) tronco epato-gastrico; (b) arteria gastrica sinistra; (c) arteria epatica comune; (d) arteria epatica propria; (e) arteria gastro-duodenale; (f) arteria splenica; (g) arteria mesenterica superiore; (h) vena porta; (i) vena mesenterica superiore; (l) pancreas. La foto è stata effettuata prima della resezione e del riposizionamento delle strutture.

motivo, varianti anatomiche delle arterie epatiche e del tronco celiaco sono di notevole importanza in molte procedure chirurgiche, come nel trapianto di fegato e nella chirurgia laparoscopica (nella chirurgia addominale superiore sarebbe sempre opportuno preservare il flusso all'interno della arteria epatica al fine di evitare, o di minimizzare, eventuali complicanze ischemiche epatiche). La frequenza di lesioni vascolari epatiche iatrogene aumenta in caso di anatomia aberrante e di varianti anatomiche della vascolarizzazione arteriosa addominale (tronco celiaco, arterie mesenteriche superiore e inferiore).

Negli ultimi anni, l'introduzione di esami strumentali ad alta risoluzione, quali la TAC multistrato, ha permesso un approfondimento preoperatorio della vascolarizzazione e dei rapporti tra le strutture anatomiche di interesse, con l'obiettivo di evidenziare eventuali anomalie e di ridurre al minimo il rischio di danni iatro-

geni durante le procedure chirurgiche. La TAC multistrato (MDCT), grazie alla sua capacità di rappresentare strutture vascolari di dimensioni molto ridotte, ha determinato una significativa riduzione dell'utilizzo di esami quali l'angiografia digitale sottrattiva (DSA) (Ugurel *et al.* 2010). Tuttavia, la TAC può essere utilizzata in combinazione con l'angiografia convenzionale per l'analisi e lo studio di eventuali varianti anatomiche del tronco celiaco e delle arterie epatiche. L'anatomia di queste strutture può quindi essere studiata osservandone le caratteristiche tridimensionali e il loro rapporto con gli organi adiacenti (Song *et al.* 2010).

I dati riportati dalla nostra osservazione risultano particolarmente interessanti perché questa variante, nonostante sia abbastanza rara, potrebbe apparire non attesa durante gli interventi chirurgici sul pancreas o altri organi di questa regione. Le varianti anatomiche del tripode potrebbero teoricamente essere coinvolte nello sviluppo di condizioni patologiche. Nel nostro caso, invece, l'anamnesi clinica del soggetto ha indicato che la presenza del tronco spleno-mesenterico non aveva determinato insorgenza di alcuna patologia, il paziente non aveva presentato alterazioni spleniche o del circolo intestinale ed era deceduto per cause naturali.

Sebbene la presenza di varianti delle arterie che derivano dall'aorta addominale siano abbastanza frequenti, alcuni di esse sono rare e la loro approfondita conoscenza non risulta di fondamentale importanza da un punto di vista chirurgico. Sugeriamo inoltre che la conoscenza delle varianti sia necessaria nella pratica clinica. Le varianti di origine e decorso delle arterie possono avere importanti implicazioni durante procedure chirurgiche della regione addominale, quali, ad esempio, la chemio-embolizzazione di tumori del pancreas e del fegato, nonché nei trapianti di fegato.

### 3.2 Il circolo di Willis

Vasa meningem tenuem intertextentia sunt arteriae et venae. Arteriae sunt quatuor, due carotides & due vertebrales. Ex utroque latere infundibuli arteriarum carotidum extremitates abscissae prostant, quarum trunci sursum ascendentes, statim ex utroque latere in ramum anteriorem & posteriorem diffunduntur.  
(Willis 1664)

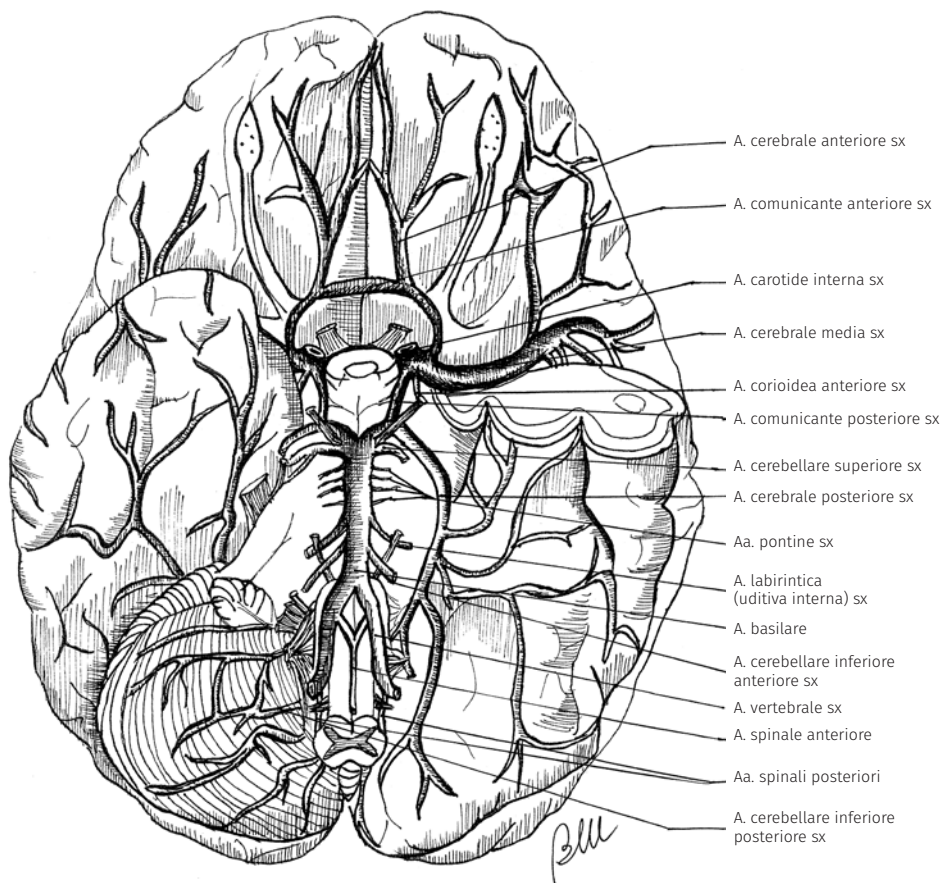
Queste poche righe sono parte della descrizione che lo stesso Thomas Willis fece della rete arteriosa che porta il suo nome e senza ombra di dubbio Willis dimostrò la presenza di un circolo anastomotico alla base del cervello; tuttavia,



anni prima di lui, Vesalio, Falloppio, Casserio e Wepfer avevano già descritto un circolo arterioso alla base del cervello umano.

Thomas Willis fu però il primo a fornire una descrizione completa di questo modello vascolare e a capirne la possibile funzione. Nel suo *Cerebri anatome: cui accessit nervorum descriptio et usus* (1664), fu in grado di mettere in relazione l'anatomia umana alla clinica delle malattie vascolari.

Il circolo di Willis è posto sulla faccia inferiore dell'encefalo, in rapporto con le parti del diencefalo che affiorano in superficie (chiasma ottico, *tuber cinereum* e corpi mammillari), accolto a livello della cisterna interpeduncolare (Fig. 9). Esso ha la forma di un ettagono (sette lati) ed è il risultato di una anastomosi arteriosa tra il sistema dell'arteria carotide interna (sistema



**Figura 9.** Circolo di Willis.

anteriore) e il sistema dell'arteria vertebrale (sistema posteriore). Presenta pertanto: un lato anteriore impari e mediano, dato dall'arteria comunicante anteriore congiungente le due arterie cerebrali anteriori, e tre lati pari e simmetrici; uno antero-laterale, costituito dal tratto iniziale dell'arteria cerebrale anteriore, ramo dell'arteria carotide interna; uno laterale, formato dall'arteria comunicante posteriore, che dall'arteria carotide interna si porta all'arteria cerebrale posteriore; uno postero-laterale, rappresentato dal tratto iniziale dell'arteria cerebrale posteriore, ramo dell'arteria basilare.

L'arteria cerebrale anteriore è la minore dei due rami terminali dell'arteria carotide interna che originano alla base dell'encefalo nella fossa interpeduncolare.

Rifornisce gran parte della superficie mediale dell'emisfero cerebrale contenente le aree corticali motorie e sensoriali relative all'arto inferiore.

L'intero percorso dell'arteria cerebrale anteriore può essere diviso in tre parti (Fig. 10):

Segmento A1: dal termine dell'arteria carotide interna alla giunzione con l'arteria comunicante anteriore.

Segmento A2: dalla giunzione con l'arteria comunicante anteriore all'origine dell'arteria calloso marginale.

Segmento A3: distale all'origine dell'arteria calloso marginale (Krishnamurthy *et al.* 2010).

L'arteria cerebrale posteriore è il ramo terminale dell'arteria basilare. Riceve l'arteria comunicante posteriore.

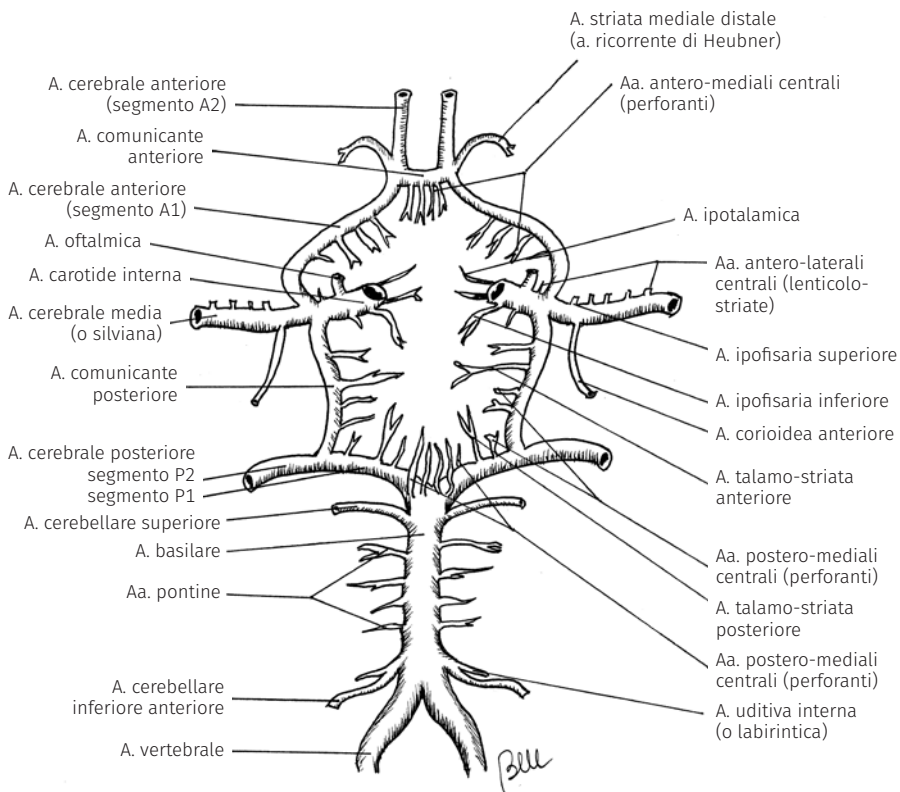
Il percorso dell'arteria cerebrale posteriore può essere diviso in tre parti (Fig. 10):

P1: dall'origine al punto in cui riceve l'arteria comunicante posteriore.

P2: dal punto in cui riceve l'arteria comunicante posteriore alla superficie laterale del mesencefalo.

P3: decorre nella scissura calcarina (termina con il nome di arteria calcarina).

I tratti anastomotici del circolo di Willis permettono il passaggio del sangue in varie direzioni, realizzando così un continuo conguaglio di portata fra arterie carotidi interne e arterie vertebrali, bilanciando le pressioni nel circolo in modo da ottenere una uniforme distribuzione del sangue in tutto l'encefalo. La parte terminale dell'arteria carotide interna forma un'ansa definita sifone carotideo, che ha la funzione di smorzare la pulsatilità del sangue prima che arrivi al cervello ed evitare brusche varianti di flusso. Infatti, se il sangue arrivasse dalle arterie carotidi e basilare ai piccoli vasi cerebrali in maniera diretta, provocherebbe sicuramente danni a causa della pressione troppo elevata (Collice 2000).



**Figura 10.** Disegno schematico del circolo di Willis.

Le anastomosi tra queste arterie producono un duplice vantaggio: evitano che il cervello sia privato della necessaria irradiazione sanguigna in caso di ostruzione di una delle arterie afferenti e, nello stesso tempo, che sia raggiunto da un flusso di sangue troppo elevato. Per prevenire il primo di questi rischi, in occasione della notevole riduzione di calibro di una delle due carotidi, l'altra compensa la mancanza fornendo un apporto maggiore di sangue. Per quanto riguarda il secondo tipo di rischio, se da uno dei vasi afferenti giunge un flusso troppo abbondante, questo viene redistribuito attraverso la rete di Willis, in modo che tutto il cervello sia irrorato uniformemente.

Ciò è indispensabile: il cervello ha un elevato metabolismo e, di conseguenza, richiede un afflusso di sangue continuo e spesso molto più alto del necessario. Esso è l'organo più sensibile all'ipossia e in completa assenza di ossigeno può sopravvivere solo pochi minuti (Guyton 1987). Pertanto, lo scopo principale del

circolo di Willis consiste nel tutelare le condizioni di funzionamento regolare di tutte le arterie cerebrali.

Queste ultime sono arterie terminali, motivo per cui un funzionamento scorretto o una completa inefficienza provoca, nella zona del cervello rifornita da tali arterie, tutti i fenomeni relativi al deficit vascolare.

Diverse varianti sono state descritte e classificate a carico sia del sistema anteriore che del sistema posteriore. Queste varianti trovano una chiara spiegazione negli eventi embriologici della genesi vascolare cerebrale che così possono essere riassunti:

*IV settimana:* l'arteria carotide interna (ICA), che si sviluppa come un'estensione delle due aorte dorsali, è formata. Le due arterie neurali longitudinali decorrono lungo il rombencefalo e si fondono per formare l'arteria basilare. La porzione caudale dell'arteria carotide interna si anastomizza con le arterie neurali costituendo così l'arteria comunicante posteriore.

*VIII settimana:* le arterie cerebrali posteriori (PCAs) sono un'estensione delle arterie comunicanti posteriori (PCoAs).

*XVI settimana:* il sistema vertebrobasilare si sviluppa e quindi partecipa alla circolazione dell'arteria comunicante posteriore (PCA) attraverso il segmento tra l'arteria basilare e la parte comunicante posteriore del PCA, il segmento P1. In questa fase, tutti i vasi che compongono il circolo di Willis hanno lo stesso calibro.

*XXII-XXIV settimana:* rapida crescita dei lobi occipitali, che richiede un aumento della loro vascolarizzazione. Le arterie efferenti (PCA e/o P1) si dilatano per soddisfare l'aumentata richiesta funzionale. La preferenza per una crescita nelle dimensioni o del PCA o del P1 dipende dalla situazione emodinamica più favorevole.

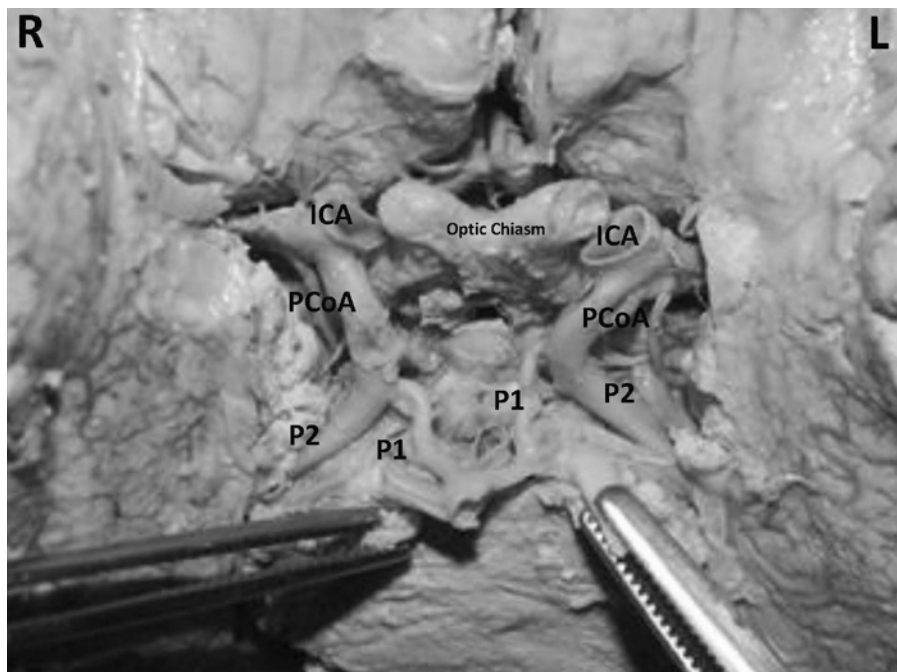
Dopo la XXIV settimana il circolo si sviluppa in una delle tre varianti.

*Configurazione adulta:* il segmento P1 ha un diametro maggiore rispetto all'arteria comunicante posteriore (PCoA).

*Configurazione transitoria:* arteria comunicante posteriore (PCoA) e segmento P1 hanno lo stesso diametro.

*Configurazione fetale/embrionale:* il segmento P1 ha calibro minore rispetto all'arteria comunicante posteriore (PCoA). Le arterie carotidi interne (ICA) sono le principali fornitrici di sangue dei lobi occipitali.

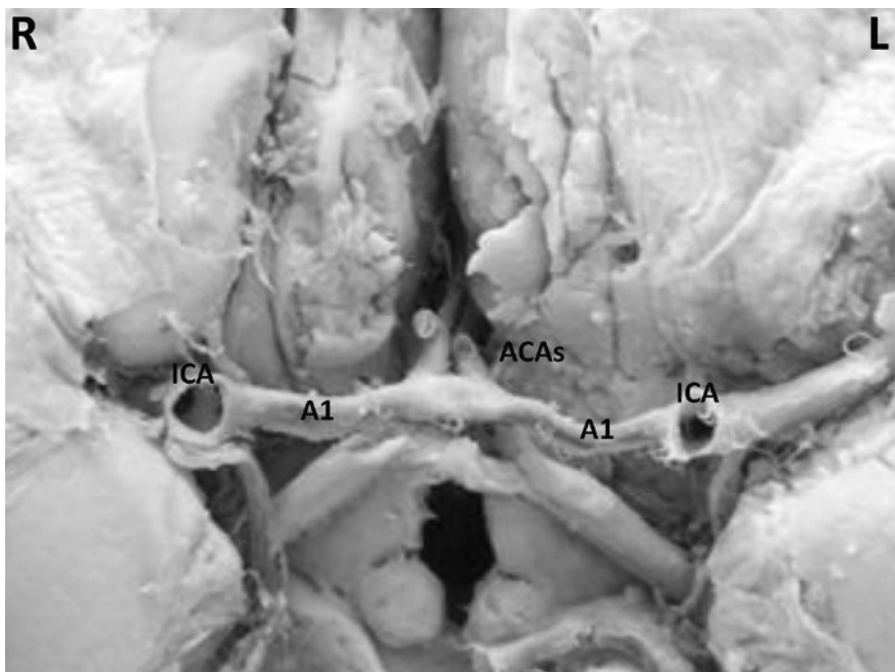
Kameyama e Okinaka (1963) proposero una classificazione ulteriore comprendente le varianti sulla parte anteriore del circolo, oltre a quelle della parte posteriore:



**Figura 11.** Variante fetale. Si noti che il segmento P1 dell'arteria cerebrale posteriore destra (PCA) ha calibro maggiore, ma è più breve del segmento P1 dell'arteria cerebrale posteriore sinistra e, conseguentemente, essi si anastomizzano con la rispettiva arteria comunicante posteriore (PCAs) ad angoli differenti.

- il segmento A1 è più largo sul lato del Tipo Posteriore Fetale (FTP) unilaterale;
- il segmento A1 è più piccolo sul lato FTP unilaterale;
- le arterie comunicanti anteriori (ACAs) sono di dimensioni normali, FTP unilaterale;
- tipo primitivo derivazione embrionale: le arterie comunicanti anteriori (ACAs) sono di dimensioni normali, FTP bilaterale;
- tipo adulto normale.

Durante la dissezione anatomica di due cadaveri caucasici, abbiamo riscontrato la presenza di due varianti anatomiche del circolo vascolare cerebrale. Una di queste varianti (variante fetale, Fig. 11) è già stata descritta in letteratura; l'altra (variante A1) non è ancora stata classificata (Fig. 12).



**Figura 12.** Si noti che i due segmenti A1 delle arterie cerebrali anteriori si saldano a formare un vaso unico che decorre orizzontalmente tra le due arterie carotidi interne (ICAs). Il punto centrale di questo unico vaso dà origine alle due arterie comunicanti anteriori (ACAs). Questa variante, definita variante A1 non è stata ancora descritta in letteratura.

Lo studio del circolo del Willis può essere effettuato nel vivente con l'ausilio dell'angiografia computerizzata 3D. L'angiografia tomografica viene utilizzata per studiare il percorso dell'arteria cerebrale anteriore (ACA) in pazienti con aneurismi dell'arteria comunicante anteriore (ACoA). Sono state evidenziate suggestive associazioni tra presenza di aneurisma e angolo di confluenza tra arteria comunicante anteriore (ACoA) e arteria cerebrale anteriore (ACA) (Kasuya *et al.* 1999).

In letteratura è riportata la relazione che intercorre tra le varianti del circolo del Willis e lo sviluppo di aneurismi (Kayembe, Sasahara, Hazara 1984). L'incidenza di varianti è significativamente più alta nei circoli con aneurisma rispetto ai circoli controllo senza aneurisma. Esiste una correlazione precisa tra i segmenti prossimali dell'arteria cerebrale anteriore, che si presentano asimmetrici, e aneurismi dell'arteria comunicante anteriore;

una correlazione evidente esiste tra asimmetria dell'arteria comunicante posteriore e aneurisma della carotide interna. Alla luce di questi risultati è probabile che alterazioni emodinamiche abbiano ripercussioni sul circolo del Willis e che questo svolga un qualche ruolo nello sviluppo di aneurismi cerebrali (Kayembe, Sasahara, Hazama 1984).

Una considerazione radiologica: talvolta nel vivente i vasi comunicanti non si apprezzano con le moderne tecniche di indagine radiologica, ma ciò si verifica semplicemente perché essi non sono implicati in circoli anastomotici.

### 3.3 Arteria vertebrale

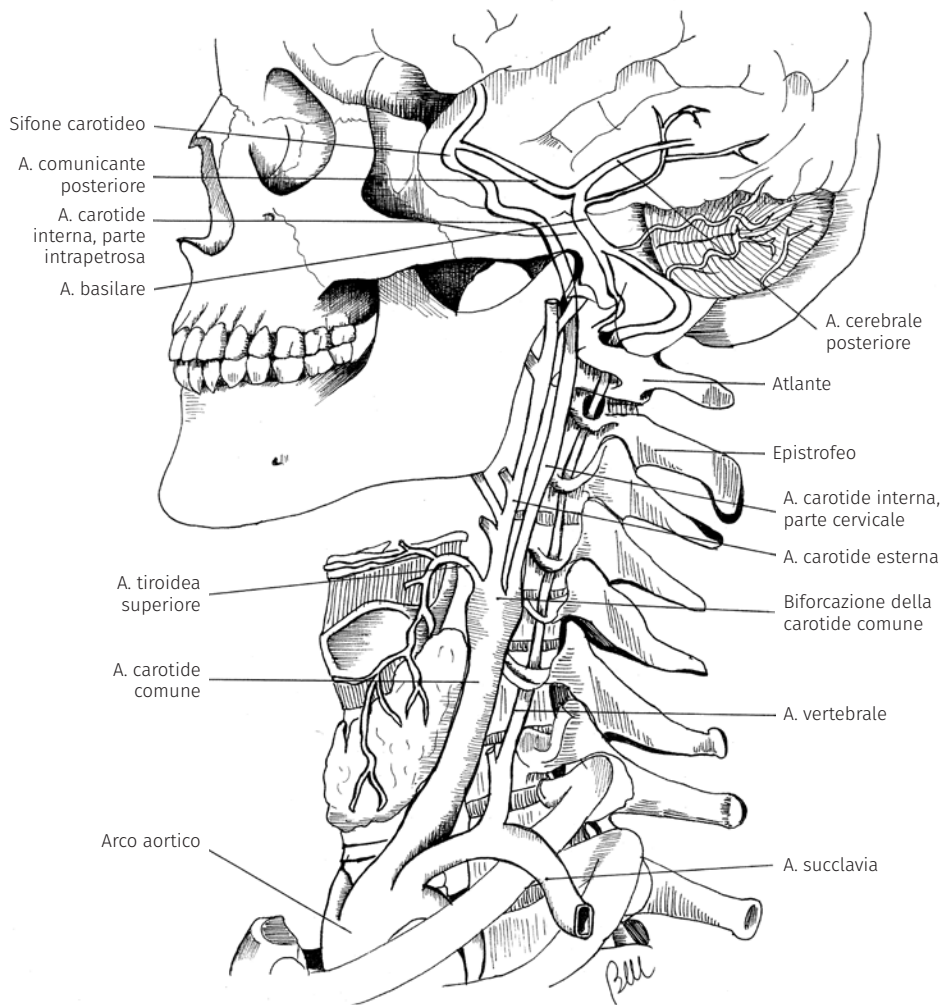
L'arteria vertebrale (AV) è classicamente descritta come primo ramo dell'arteria succlavia nel suo tratto prescalenico. Risale nel collo, dietro al fascio vascolonervoso, in stretto rapporto con il nervo vago e il tronco del simpatico. Passa dietro il muscolo scaleno anteriore, poi piega indietro e passa attraverso i forami trasversari dalla sesta vertebra cervicale fino all'atlante (Fig. 13). All'interno del canale trasversario è circondata da un plesso venoso e da un plesso nervoso. Uscita dal foro trasversario dell'atlante, piega medialmente e posteriormente e perfora la membrana atlantoccipitale posteriore e la dura madre.

Entra quindi nello spazio subaracnoideo, a lato del midollo allungato; decorrendo verso l'alto e, medialmente, essa passa sulla faccia anteriore del bulbo e, raggiunto il solco bulbo-pontino, si unisce con l'arteria vertebrale controlaterale per formare l'arteria (o tronco) basilare.

Prima di penetrare nel cranio, l'arteria vertebrale partecipa alla vascolarizzazione del midollo spinale cedendo le arterie spinali laterali del tratto cervicale. Nel tratto intracranico, l'arteria vertebrale stacca l'arteria cerebellare postero-inferiore (PICA), che si distribuisce alla parte posteriore della faccia inferiore del cervelletto.

In letteratura sono state descritte molte varianti che riguardano l'origine dell'arteria vertebrale: essa può originare dall'arco aortico, dall'arteria carotide comune, dall'arteria carotide interna o esterna, da altre diramazioni dell'arteria succlavia (come dal tronco tiro-cervicale); può avere una doppia origine, generalmente dall'arco aortico e dalla arteria succlavia (Lemke *et al.* 1999).

L'arteria vertebrale sinistra può originare dall'arco aortico e, quando ciò accade, essa attraversa il forame trasversario della IV o della V vertebra cervicale (Schwarzacher, Krammer 1989).



**Figura 13.** Arteria vertebrale.

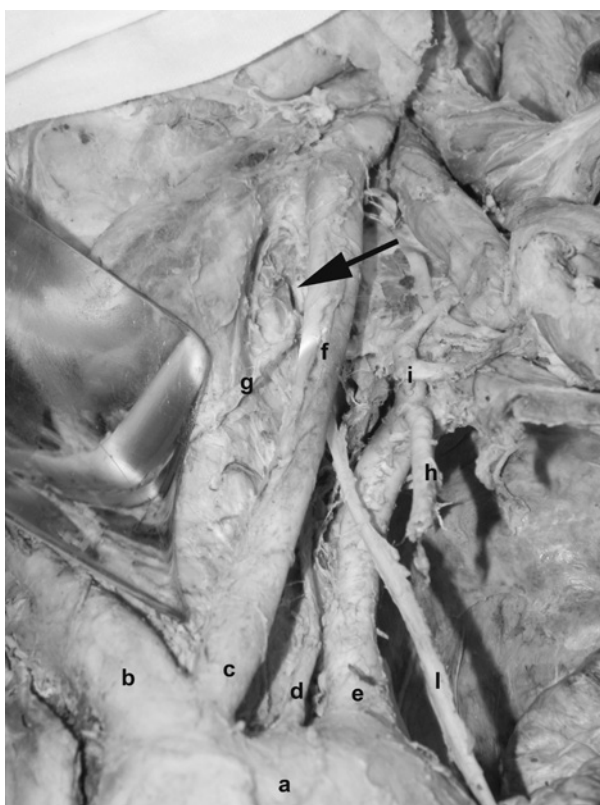
L'origine dell'arteria vertebrale destra dall'arco aortico rappresenta una variante anatomica rara (Schwarzacher, Krammer 1989).

Le motivazioni della presenza di varianti nell'origine dell'arteria vertebrale sono molto probabilmente dovute ad alterazioni dei movimenti organogenetici. Le arterie vertebrali si formano per lo sviluppo di anastomosi longitudinali che collegano la sesta e la settima arteria intersegmentale, che in un primo momento





**Figura 14.** Variante anatomica dell'origine dell'arteria vertebrale. (a) arco aortico; (b) arteria anonima; (c) arteria carotide comune sinistra; (d) arteria vertebrale sinistra; (e) arteria succlavia sinistra.



**Figura 15.** Decorso dell'arteria vertebrale. (a) arco aortico; (b) arteria anonima; (c) arteria carotide comune sinistra; (d) arteria vertebrale sinistra (freccia); (e) arteria succlavia sinistra; (f) arteria carotide esterna sinistra; (g) arteria tiroidea superiore sinistra; (h) arteria toracica interna sinistra; (i) tronco tireocervicale; (l) nervo vago.

vanno a costituire il cosiddetto asse vascolare neurale. È importante tener presente che le due arterie intersegmentali VI e VII sono situate inferiormente alle aorte dorsali e al cosiddetto condotto carotico e prendono origine dal quarto arco aortico, da cui si costituisce l'arteria succlavia.

Lo sviluppo normale porta alla scomparsa del VI ramo intersegmentale e alla persistenza del VII. Qualora invece persista il VI ramo intersegmentale invece del VII l'arteria vertebrale potrà originare dall'arco dell'aorta.

Le varianti dell'arteria vertebrale sono di solito riscontrate in pazienti sottoposti ad angiografie e pertanto la casistica è fondamentalmente basata su questa indagine, in quanto risulta più difficile poter riscontrare queste varianti in dissezioni del cadavere.

Nel caso da noi esaminato durante la dissezione di un cadavere maschio caucasico di 85 anni, deceduto per cause naturali (non connesse a patologie cardiache), abbiamo riscontrato che l'arteria vertebrale sinistra origina dall'arco aortico, tra l'arteria succlavia sinistra e l'arteria carotide comune di sinistra (Figg. 14, 15).

Le varianti di origine della arteria vertebrale non sono state fino ad ora correlate a patologie del circolo cerebrale, anche se alcuni autori hanno sommessamente suggerito che varianti di origine dell'arteria vertebrale potrebbero produrre perturbazioni emodinamiche (Wasserman *et al.* 1992; Albayram, Gailoud, Wasserman 2002).

In particolare, il caso da noi osservato in base ai dati anamnestici non supporta la possibilità che varianti dell'arteria vertebrale sinistra possano essere coinvolte nell'insorgenza di patologie vascolari cerebrali.



# BIBLIOGRAFIA

- Adachi B. *et al.* (1928) *Das Arteriensystem der Japaner*, vol. 2, Kyoto: Verlag der Kaiserlich-Japanischen Universitat.
- Ajmani M.L. (2009) *Embalming. Principles and Legal Aspect*, New Delhi: Jaypee.
- Albayram S., Gailloud P., Wasserman B.A. (2002) *Bilateral arch origin of the vertebral arteries*, AJNR Am J Neuroradiol., 23: 455-458.
- Androutsos G. (2006) *Giovanni-Battista Morgagni (1682-1773): creator of pathological anatomy*, J BUON., 11: 95-101.
- Arrázex-Aybar L.A., Bueno-López J.L., Moxham B.J. (2014) *Anatomists' views on human body dissection and donation: An international survey*, Ann Anat., 196: 376-386.
- Ashraf Aziz M., Mckenzie J.C., Wilson J.S., Cowie R.J., Ayeni A.S., Dunn B.K. (2002) *The human cadaver in the age of biomedical informatics*, Anat. Rec., 269: 20-32.
- Beck J.B. (1966) *Arterial embalming fluid and method for embalming therewith*, US Patent 3.293.127. (ed. US Patent Office), USA: Gold Crest Chemical Corporation Inc.
- Bedino J.H. (2003) *Embalming chemistry: glutaraldehyde versus formaldehyde. Champion Expanding Encyclopedia of Mortuary, Practices*, 649: 2614-2632.
- Bergman R.A. (2011) *Thoughts on human variations*, Clin Anat., 24: 938-940.
- Bernabeo R.F. *et al.* (1988) *La scuola medica di Bologna. Settecento anni di storia*, vol. I, Bologna: Firma Libri.
- Bonali M., Anschuetz L., Fermi M. *et al.* (2017) *The variants of the retro- and hypotympanum: an endoscopic anatomical study*, Eur Arch Otorhinolaryngol., 274(5): 2141-2148. doi:10.1007/s00405-017-4492-0.
- Bradbury S.A., Hoshino K. (1978) *An improved embalming procedure for long-lasting preservation of the cadaver for anatomical study*, Acta Anat., 101: 97-103.
- Brenner E. (2014) *Human body preservation - old and new techniques*, J Anat., 224: 316-344.
- Cahill D.R., Leonard R.J., Marks S.C. (2000) *Standards in health care and medical education*, Clin. Anat., 13(2): 150.
- Carlino A. (1994) *La fabbrica del corpo: libri e dissezione nel Rinascimento*, Torino: Einaudi.
- Chen H., Ryuichiro Y., Emura S., Shoumura S. (2009) *Anatomic variation of the celiac trunk with special reference to hepatic artery patterns*, Ann Anat, 191: 399-407.

- Collice M. (2000) *Sulle spalle dei giganti: da Galeno a Winslow sul seno cavernoso e sul circolo anastomotico della base*, Milano: Divisione di Neurochirurgia, Ospedale Niguarda Ca' Granda.
- Cosmacini G. (2012) *Galeno e il galenismo. Scienza e idee della salute*, Milano: Franco Angeli.
- DiDio L.J. (1995) *Marcello Malpighi: the father of microscopic anatomy*, Ital J Anat Embryol., 1: 3-9.
- Ellis H. (2002) *Medico-legal litigation and its links with surgical anatomy*, Surgery (Oxford), 20(8): i-ii.
- Estai M., Bunt S. (2016) *Best teaching practices in anatomy education: A critical review*, Ann Anat., 208: 151-157. doi: 10.1016/j.aanat.2016.02.010. Epub 2016 Mar 17. Review.
- Garrison F. (1966) *History of Medicine*, Philadelphia, W.B. Saunders Company.
- Gelmi C.A.E., Pedrini F.A., Fermi M., Mariani G.A., Cocco L.I., Billi A.M. (2018) *Communication between median and musculocutaneous nerve at the level of cubital fossa - A case report*, Translational Research in Anatomy, 11: 1-4.
- Goodwin H. (2000) *Litigation and surgical practice in the UK*, Br. J. Surg., 87(8): 977-979.
- Guyton A.C. (1987<sup>3</sup>) *Trattato di fisiologia medica*, Padova: Piccin.
- Haller V.A. (1756) *Icones anatomicae quibus praecipuae aliquae partes corporis humani delineatae proponuntur et arteriarum potissimum historia continetur*, Gotingae: apud viduam B. Abrami Vandenhoeckii.
- Kameyama M., Okinaka S.H. (1963) *Collateral circulation of the brain with special reference to atherosclerosis of the major cervical and cerebral arteries*, Neurology, 13: 279-286.
- Kasuya H., Shimizu T., Nakaya K., Sasahara A., Hori T., Takakura K. (1999) *Angles between A1 and A2 segments of the anterior cerebral artery visualized by three-dimensional computed tomographic angiography and association of anterior communicating artery aneurysms* Neurosurgery, 45: 89-93.
- Kayembe K.N., Sasahara M., Hazama F. (1984) *Cerebral aneurysms and variations in the circle of Willis*, Stroke, 15: 846-850.
- Kenney C.A. (1998) *A historical review of the illustrations of the circle of Willis from antiquity to 1664*, J Biocommun., 25: 26-31.
- Krishnamurthy A., Nayak S.R., Bagoji I.B., D'Costa S., Pai M.M., Jiji P.J., Kumar C.G., Rai R. (2010) *Morphometry of A1 segment of the anterior cerebral artery and its clinical importance*, Clin Ter., 161(3): 231-234.
- Lemke A.J., Benndorf G., Liebig T., Felix R. (1999) *Anomalous origin of the right vertebral artery: review of the literature and case report of right vertebral artery origin distal to the left subclavian artery*, AJNR Am J Neuroradiol., 20: 1318-1321.
- Li J., Ren Z.F. (2011) *Gastroduodenal-splenic trunk: an anatomical vascular variant*, Rom J Morphol Embryol, 52(4): 1385-1387.
- Mariani G.A., Maroni L., Bianchi L., Broccoli A., Lazzarini E., Marchegiani G., Mazzotti A., Mazzotti M.C., Billi A.M., Piccari G.G., Cocco L., Manzoli L. (2013) *Hepato-gastric and spleno-mesenteric arterial trunks: anatomical variation report and review of literature*, Ital J Anat Embryol., 118: 217-222.

- Martini F.H., Timmons M.J., Tallitsch R.B. (2004<sup>2</sup>) *Anatomia Umana*, Napoli: Edises.
- Matusz P., Miclaus G.D., Ples H., Tubbs R.S., Loukas M. (2012) *Absence of the celiac trunk: case report using MDCT angiography*. *Surg Radiol Anat.*, 34: 959-963.
- Mazzarello P., Haines D.E., Manto M.U. (2012) *Camillo Golgi on Cerebellar Granule Cells*, *Cerebellum*, 11: 5-24.
- McHanwell S., Brenner E., Chirculescu A.R.M., Drukker J., van Mameren H., Mazzotti G., Pais D., Paulsen F., Plaisant O., Caillaud M.M., Laforêt E., Riederer B.M., Sañudo J.R., Bueno-López J.L., Doñate-Oliver F., Sprumont P., Teofilovski-Parapid G., Moxham B.J. (2008) *The legal and ethical framework governing Body Donation in Europe – A review of current practice and recommendations for good practice*, *Eur J Anat*, 12: 1-24.
- Michels N.A. et al. (1955) *Blood supply and anatomy of the upper abdominal organs with descriptive atlas*, Philadelphia: Lippincott.
- Moxham B.J., Plaisant O. (2007) *Perception of medical students towards the clinical relevance of anatomy*, *Clin. Anat.*, 20(5): 560-564.
- Nayak S.R., Prabhu L.V., Krishnamurthy A. et al. (2008) *Additional branches of celiac trunk and its clinical significance*, *Rom J Morphol Embryol*, 49: 247-249.
- Netter F.H. (1983) *Embriologia umana ed anomalie congenite*, da *Atlante di anatomia, fisiopatologia e clinica di Frank H. Netter*, Origgio: Ciba-Geigy Edizioni.
- O'Rourke Boyle M. (2013) *Harvey, by Hercules! The hero of the blood's circulation*, *Med Hist.*, 57: 6-27.
- Older J. (2004) *Anatomy: a must for teaching the next generation*, *Surgeon*, 2: 79-90.
- Pedrini F.A., Mariani G.A., Orsini E., Quaranta M., Ratti S., Cocco L., Manzoli L., Billi A.M. (2019) *Unilateral absence of Casserio's nerve and a communicating branch to the median nerve. An additional variant of brachial flexors motor innervation*, *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 124(1): 16-25.
- Richet G. (2000) [*Medicine in the Cuvier Report on Natural Sciences (1810)*], *Hist Sci Med.*, 34: 71-95.
- Sadler T.W. (2000<sup>8</sup>) *Digestive system*, in *Langman's Medical Embriology*, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, pp. 270-330.
- Sbayeh A., Qaedi Choo M.A., Quane K.A., Finucane P., McGrath D., Flynn S., Mahony S.M., Tuathaigh C.M. (2016) *Relevance of anatomy to medical education and clinical practice: perspectives of medical students, clinicians, and educators*, *Perspect Med Educ.*, 5(6): 338-346.
- Schwarzacher S.W., Krammer E.B. (1989) *Complex anomalies of the human aortic arch system: unique case with both vertebral arteries as additional branches of the aortic arch*, *Anat Rec.*, 225(3): 246-250.
- Seracchioli R., Mabrouk M., Mastronardi M. et al. (2019) *Anatomic Cartography of the Hypogastric Nerves and Surgical Insights for Autonomic Preservation during Radical Pelvic Procedures*, *J Minim Invasive Gynecol.*, 26(7): 1340-1345. doi:10.1016/j.jmig.2019.01.010.
- Song S.Y., Chung J.W., Yin Y.H. et al. (2010) *Celiac Axis and Common Hepatic Artery Variations in 5002 Patients: Systematic Analysis with Spiral CT and DSA*, *Radiology*, 255: 1-10.

- Sugand K., Abrahams P., Khurana A. (2010) *The anatomy of anatomy: a review for its modernization*, Anat Sci Educ., 3: 83-93.
- Sztika D., Zăhoi D.E., Motoc A., Farca Ureche M., Dăescu E. (2011) *Anatomical variations of the hepatic portal vein associated with incomplete celiac trunk*, Rom J Morphol Embryol, 52: 695-698.
- Turney B.W. (2007) *Anatomy in a modern medical curriculum*, Ann. R. Coll. Surg. Engl., 89(2): 104-107.
- Ugurel S., Battal B., Bozlar U. et al. (2010) *Anatomical variations of hepatic arterial system, coeliac trunk and renal arteries: an analysis with multidetector CT angiography*, Br J Radiol, 83:661-667.
- Vandamme J.P., Bonte J. (1986) *Systematisation of the arteries in the splenic hilus*, Acta Anat., 125: 217-224.
- Varma K.S., Pamidi N., Vollala V.R., Bolla S.R. (2010) *Hepato-spleno-mesenteric trunk: a case report*, Rom J Morphol Embryol, 51: 401-402.
- Wasserman B.A., Mikulis D.J., Manzione J.V. (1992) *Origin of the right vertebral artery from the left side of the aortic arch proximal to the origin of the left subclavian artery*, AJNR Am J Neuroradiol., 13: 355-358.
- Willis T., (1664) *Cerebri Anatome*, Londini: typis Tho. Roycroft, impensis Jo. Martyn & Ja. Allestry apud insigne Campanae in coemeterio d. Pauli.
- Winkelmann A. (2007) *Anatomical dissection as a teaching method in medical school: a review of the evidence*, Med Educ., 41: 15-22.
- Yi S.Q., Terayama H., Naito M. et al. (2008) *Absence of the Celiac Trunk: Case Report and Review of the Literature*, Clinical Anatomy, 21: 283-286.
- Zoli M., Manzoli L., Bonfatti R. et al. (2016) *Endoscopic endonasal anatomy of the ophthalmic artery in the optic canal*, Acta Neurochir (Wien), 158(7): 1343-1350. doi:10.1007/s00701-016-2797-1.
- Zoli M., Ratti S., Guaraldi F. et al. (2018) *Endoscopic endonasal approach to primitive Meckel's cave tumors: a clinical series*, Acta Neurochir (Wien), 160(12): 2349-2361. doi:10.1007/s00701-018-3708-4.

# RINGRAZIAMENTI

Come gli attori che ricevono il Golden Globe anch'io ho preparato un foglio pieno di nomi di persone che vorrei ringraziare ma mentre scrivo queste righe il foglietto lo butto via perché sono veramente tante e non vorrei involontariamente dimenticarne qualcuno. Decido allora di fare un ringraziamento corale. Ringrazio anzitutto la mia famiglia, poi tutto il personale che ho conosciuto in questi venti e più anni di frequenza dell'Istituto di Anatomia, i tutor di Anatomia, le persone che mi sono state vicine e che non sono più con me, tutti coloro che ho trovato sul mio cammino, quelli che mi hanno incitato, coloro che han saputo darmi un po' della loro anima per farmi diventare quella che sono oggi e per permettermi di esserne fiera. Sappiate che tutti siete stati e siete importanti per me e che nel mio cuore c'è un posticino per ognuno di voi. GRAZIE.



Finito di stampare nel mese di settembre 2020  
per i tipi di Bononia University Press



alphabet **6**



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

[www.buonline.com](http://www.buonline.com)