

GAETANO THIENE, s.e. - FABIO ZAMPIERI

Il cuore di Leonardo

(Memoria presentata nell'adunanza del 16 febbraio 2013)

“Un uomo che si svegliò troppo presto nel buio, mentre gli altri ancora dormivano”. Così Sigmund Freud (1856-1939), padre della psicanalisi, definì Leonardo da Vinci, figura eclettica (artista, anatomista, inventore, ingegnere) d'ingegno straordinario, con un quoziente d'intelligenza calcolato quasi a 2, forse il più alto della storia dell'umanità. Freud, sia detto per inciso, s'avventurò anche nell'analisi della psiche del grande genio toscano, interpretando dal punto di vista psicanalitico alcuni passaggi in cui Leonardo descriveva i suoi ricordi d'infanzia, e supportando la tesi della sua omosessualità, alla quale accenneremo brevemente più avanti.

Perché l'interesse d'un morfologo per Leonardo? Uno dei coautori del presente testo, infatti, è specialista in anatomia patologica, una disciplina medica che si occupa, essenzialmente, della “forma” delle malattie, cioè dei substrati morfologici caratteristici dei processi patologici, analizzati dal punto di vista sia macroscopico che microscopico. Perché, dunque, tutta l'opera di Leonardo può essere considerata come *morfologico-strutturale* (dipinti, disegni anatomici, opere idrauliche e ingegneristiche) e perché il suo principale strumento di lavoro era l'occhio (fig. 1), inteso come “periscopio” del cervello per scrutare la natura con il bene dell'intelletto, come il telescopio servì a Galileo Galilei (1564-1642) per esplorare il macrocosmo del cielo, e il microscopio a Rudolph Virchow (1821-1902) per il microcosmo del corpo umano.

Ancor più nello specifico, si può sostenere che l'opera di Leonardo fu sempre *morfologico-funzionale*, il che l'avvicina ancor di più all'approccio anatomo-patologico, nel quale l'osservazione della struttura (malata) è inscindibile dalla comprensione della funzione (alterata). In quanto ingegnere, architetto e pittore, egli tentava di piegare la forma al funzionamento o alla finalità desiderata; in quanto studioso

del mondo naturale, egli era sempre proteso a stabilire, d'ogni organo, "l'uso, l'ufficio e il giovamento". In Leonardo, dunque, era pienamente avvenuto il superamento dello schema classico, di origine aristotelica, secondo il quale struttura e funzione degli oggetti naturali erano due aspetti non necessariamente in relazione fra loro e che, pertanto, potevano essere studiati separatamente. Secondo Aristotele (384/3-322 a.C.) la natura era descrivibile sulla base di quattro cause distinte: materiale, efficiente, formale e finale. Attraverso questo schema egli interpretò, per esempio, la natura del cuore. Dal punto di vista della causa formale il cuore era un vaso, cioè il principale contenitore di sangue del corpo. Dal punto di vista della causa finale, il cuore era l'organo deputato alla generazione del sangue. Anche a causa della separazione fra questi due aspetti fondamentali, Aristotele non fu in grado di determinare la funzione del cuore osservandone la struttura. In Leonardo, invece, l'analisi della struttura era sempre accompagnata dal tentativo di comprensione della sua funzione. Ancor di più: l'interpretazione funzionale fungeva da guida costante nell'esplorazione delle forme, andando a costituire uno schema di riferimento che permetteva di cogliere aspetti strutturali che altrimenti potevano non risaltare del tutto. Esempio, in questo senso, l'interpretazione dei seni della valvola aortica, di cui ci occuperemo più avanti.

A dire il vero, tuttavia, anche altri autori classici, nonostante l'autorità del modello aristotelico, furono in grado di fornire interpretazioni funzionali degli oggetti naturali basandosi sull'analisi della loro struttura. Il medico greco-romano Galeno di Pergamo (129-216), per esempio, aveva dedicato un trattato all'"uso" delle "parti" del corpo umano (*De usu partium*) e considerava l'indagine anatomica come fondamentale per la conoscenza della fisiologia del corpo umano. Rispetto a questo schema classico, però, Leonardo si colloca pionieristicamente in una nuova prospettiva che sarà sviluppata del tutto solo a partire dalla rivoluzione galileiana e che diverrà predominante nella scienza sei e settecentesca. Egli, infatti, utilizzò modelli "meccanicistici" per giustificare l'interpretazione funzionale delle strutture naturali, e anatomiche in particolare. Il suo ingegno si fece costantemente guidare dal riferimento alle arti meccaniche, da una parte, e alla matematica dall'altra, nella convinzione che il mondo naturale fosse strutturato secondo leggi matematiche che si esprimevano in modelli meccanici, sino al punto da affermare: "Non mj legga chi non e matematico nelli mja principi". In ciò fu certamente predisposto dalle sue competenze ingegneristiche, tant'è che la sua esperienza in opere idrauliche e in modelli idrodinamici gli fu fondamentale per interpretare alcuni aspetti dell'apparato cardiocircolatorio umano. Leonardo fu in grado

di comprendere, inoltre, che i modelli meccanici-matematici, in quanto riproducevano la realtà naturale nelle sue leggi e nei suoi costituenti essenziali, potevano persino sostituire l'esperienza stessa, preconizzando con ciò il metodo sperimentale che sarà sviluppato del tutto solo nel corso dell'Ottocento: "nessuno effetto in natura e senza ragione; intendi la ragione e non ti bisogna esperienza".

Leonardo fu, essenzialmente, un naturalista, nel senso che la natura dell'uomo e del mondo costituì l'oggetto principale delle sue ricerche e rappresentazioni artistiche. Esempio, da quest'ultimo punto di vista, la raffigurazione dell'"Ultima cena", dipinta presso il Convento di Santa Maria delle Grazie a Milano, in cui il genio toscano cercò di raffigurare, attraverso i *volti* e le *posture* dei corpi, le *emozioni* scatenate negli apostoli dalla rivelazione di Cristo sul suo tradimento. L'uomo e gli animali costituirono un oggetto d'indagine naturalistica anche dal punto di vista anatomico. Nell'effettuare decine di autopsie a Firenze, Milano, Pavia e Roma la curiosità di Leonardo si soffermò sulla "Fabbrica" (come ebbe a chiamarla il fondatore dell'anatomia moderna Andrea Vesalio [1514-1564]) del corpo umano e non poteva esimersi da indagare il cuore, l'organo così cruciale per la nostra vita, che William Harvey (1578-1657), scopritore della circolazione sanguigna, definì come "primum vivens, ultimum moriens". Anzi, al cuore Leonardo riservò un'attenzione particolare, disegnandolo intero, sezionato longitudinalmente e trasversalmente, descrivendone le strutture interne e le ramificazioni dei suoi vasi, e tentò d'interpretarne la funzione con idee alcune delle quali straordinariamente esatte.

Prima di affrontare il tema dell'anatomia e fisiologia del cuore di Leonardo, ci si consenta di fare alcune premesse biografiche.

NOTE BIOGRAFICHE

Leonardo nacque il 15 Aprile 1452 ad Anchiano, figlio illegittimo del Notaio Piero da Vinci e Caterina, figlia di un contadino.

Il 28 Febbraio 1457 venne adottato dalla famiglia da Vinci, che si trasferì a Firenze nel 1459. Da qui ufficialmente e fino al 1581 il suo primo periodo con la famiglia de' Medici (1569-1581). In quanto figlio illegittimo, sebbene dalle fonti pare fosse ben accetto in famiglia, Leonardo non poté conseguire studi regolari. Intorno agli anni sessanta del Quattrocento, dunque, entrò nel Laboratorio di Andrea Verrocchio (1435-1488), dove si formarono altri grandi talenti della pittura rinascimentale come Sandro Botticelli (1445-1510) e Pietro Perugino (1448ca-1523).

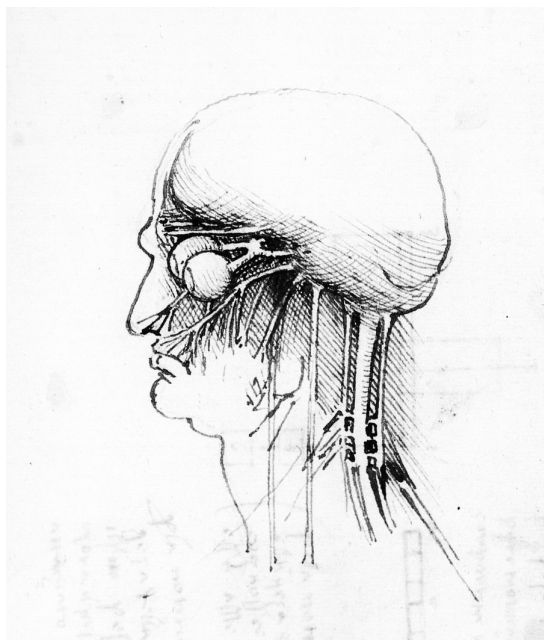


FIG. 1 - Studio di Leonardo sull'anatomia degli occhi che definiva come "finestre dell'anima".

Sin dal 1472 Leonardo s'iscrisse alla Compagnia di San Luca, corporazione di pittori fiorentini, il che significa che a partire da questo periodo poté lavorare come artista riconosciuto e indipendente, accettando commissioni private.

Nel 1476 venne accusato di "sodomia" dall'apprendista Jacopo Saltarelli, accusa dalla quale fu prosciolto, ma che costituisce tuttora la base degli studi che sostengono che Leonardo fu omosessuale.

Fra 1474 e 1478 non abbiamo testimonianze di opere artistiche di Leonardo. Forse in questo periodo non dipinse perché ancora indeciso sulla strada professionale da intraprendere, o forse perché si dedicò all'approfondimento della sua formazione scientifica, frequentando l'anziano geografo e astronomo Paolo dal Pozzo Toscanelli (1397-1482).

Il 29 Dicembre 1479, nell'assistere dal balcone del Palazzo della Signoria all'impiccagione di Bernardo Baroncelli, coinvolto nella "Congiura dei Pazzi" contro Giuliano de' Medici (1453-1478), fece uno schizzo che si può considerare come la prima testimonianza del suo interesse anatomico (fig. 2), anche perché alcuni autori sostengono che abbia potuto eseguire l'autopsia del corpo del condannato. Appartengono a questo periodo il ritratto di Ginevra de' Benci (Wa-



FIG. 2 - L'impiccato Bernardo Baroncelli, coinvolto nella "Congiura dei Pazzi" contro Giuliano De' Medici (1453-1478), disegnato da Leonardo nel 1479.

shington, National Gallery), l'"Annunciazione" (Parigi, Louvre), la "Madonna del Fiore" (San Pietroburgo, Ermitage), l'"Adorazione dei Magi" (Firenze, Uffizi).

Nel 1482 iniziò a Milano la sua collaborazione con Ludovico il Moro (1452-1508), ufficialmente come musicista (in quanto sappiamo, dalle fonti, che fu uno straordinario suonatore di Lira), collaborazione caratterizzata da una fertile creatività di opere idrauliche e militari. Il 28 Marzo 1485 osservò un'eclisse di sole, il 2 Aprile 1489 eseguì la dissezione di un cranio umano, e nel 1491-1495 dipinse la "Vergine delle Rocce", la "Belle Ferronnière" Lucrezia Crivelli (Parigi, Louvre), la "Dama con l'Ermellino" Cecilia Gallerani (Cracovia, Czartoryski Muzeum) e la già citata "Ultima cena".

Leonardo tornò a Firenze nel 1500 per una seconda volta, sempre con la Famiglia de' Medici, dove dipinse "Monna Lisa" Lisa Geraldini (Parigi, Louvre) ed effettuò la dissezione di 10 cadaveri presso l'Ospedale di Santa Maria Nuova.

Nel 1502 fu nominato "Architetto e Ingegnere Generale" di Cesare Borgia (1475-1507), "Il Duca Valentino". Tornò a Milano con Carlo II d'Amboise (1506-1513), dove incontrò il giovane Francesco

Melzi, che divenne suo pupillo, amico ed erede. Fu a Firenze che nel 1508 eseguì la famosa dissezione del corpo di un centenario e disegnò le arterie di un vecchio a confronto con le arterie di un giovincello (“l’età dell’uomo sta nello stato delle sue arterie”) (fig. 3). Torneremo su questa brillante intuizione più avanti.

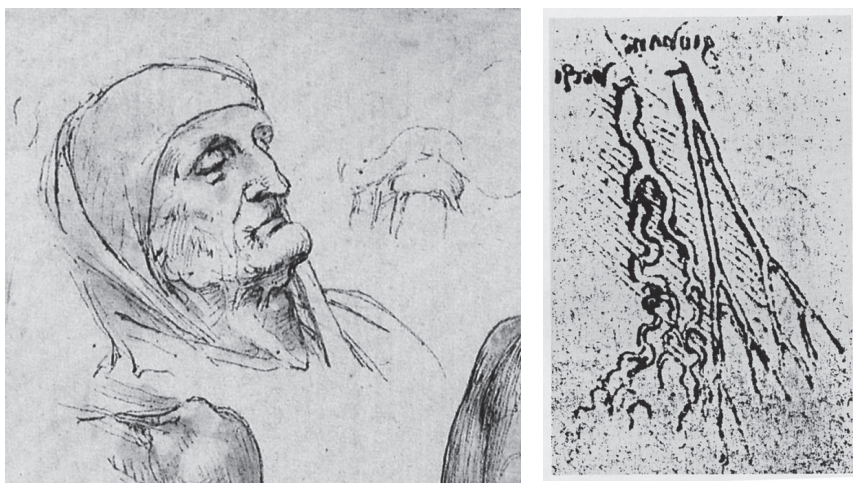


FIG. 3 - Raffigurazione del centenario del quale Leonardo fece l'autopsia nel 1508 (sinistra) e confronto fra le arterie d'un vecchio e d'un giovane (destra).

Nel 1510 incontrò Marcantonio della Torre (1481-1511), veronese, laureato a Padova nel 1501, professore di Anatomia a Pavia dal 1509, e con lui effettuò diverse autopsie, arricchendo la collezione di osservazioni anatomiche tradotte in disegni, che andava via via raccogliendo. La collaborazione e l'esperienza si concluse con la tragica morte per peste di Marcantonio nel 1511, a soli 33 anni.

Nel 1513 Leonardo si spostò a Roma con Giuliano de' Medici (1470-1516) (fratello di Papa Leone X [1475-1521]), proseguendo la sua attività settoria presso l'Ospedale Santo Spirito, tanto che fu accusato di sacrilegio da Giovanni degli Specchi e gli fu proibito, per ordine del Papa, di continuare nelle dissezioni.

Il 17 Marzo 1516 Giuliano de' Medici morì. Leonardo fu escluso dal progetto di San Pietro e dalle decorazioni in Vaticano, venendogli preferiti Bramante (1444-1514) e Raffaello (1483-1520). Lasciò Roma lamentando “Li Medici mi crearno e distrussero”. Trovò rifugio in Francia con Re Francesco I (1494-1547), insieme al suo pupillo Francesco Melzi. Al 1517 risalgono le sue ultime opere: “La Vergine con Bambino e S. Anna” (Parigi, Louvre) e “San Giovanni Battista”

(Parigi, Louvre). Nel 1517 fu colpito da una apoplezia cerebrale, che lo rese emiparetico nella parte destra del corpo.

Leonardo morì il 2 Maggio 1519 presso il Castello di Cloux e fu sepolto nel chiostro della Chiesa di San Fiorentino ad Amboise.

Famoso il suo detto: “Si come una giornata ben spesa dà lieto dormire, così una vita ben usata dà lieto morire”.

Oltre alle opere artistiche, Leonardo ci ha lasciato una gran mole di manoscritti, vergati con la sua celebre scrittura da destra a sinistra, che passarono in eredità al suo protetto Francesco Melzi. Costui, a sua volta, li cedette a Pompeo Leoni (1531-1608) il quale, per venderli più facilmente, li suddivise in parti distinte secondo un ordine arbitrario che ne ha alterato irrimediabilmente la natura. Oggi sono rimasti circa 8.000 fogli, suddivisi in “codici” sparsi in tutto il mondo, per un totale di 16.000 pagine, ma si pensa che, in origine, potessero essere molto più numerosi.

LA COLLEZIONE DEI DISEGNI ANATOMICI DI LEONARDO

Leonardo, come già anticipato, fu uno straordinario studioso di anatomia. Si dedicò all’anatomia umana, naturalmente, ma anche a quella animale, sezionando, in particolare, mammiferi di grossa taglia come bue e pecora. Egli era convinto che, nel cosmo, ogni cosa fosse in relazione con le altre, sicché la sezione di animali gli permetteva di riflettere anche sulla natura dell’uomo. Fu precursore del cosiddetto “microscopio della natura” che tanta parte ebbe nelle ricerche anatomiche del Seicento e del Settecento, cioè della possibilità di studiare determinate strutture anatomiche con più facilità nell’animale, rispetto all’uomo, perché in esso si presentavano in modo più evidente.

L’attività anatomica di Leonardo si può suddividere in tre periodi. Una prima fase, dal 1487 al 1495, durante il suo soggiorno a Milano, fu caratterizzata soprattutto dall’analisi del cranio e degli occhi, che Leonardo definì come “finestre dell’anima” (fig. 1). In questa fase ritroviamo sia rappresentazioni semplici, di una singola parte anatomica, sia più complesse.

Una seconda fase si estende dal 1504 al 1508 e vi troviamo raffigurazioni molto complesse del corpo nella sua quasi totale integrità.

Infine, un’ultima fase comincia a partire dal 1509 e si prolunga fino alla sua morte, caratterizzata dalla breve collaborazione col già citato professore di anatomia Marcantonio della Torre, nella quale Leonardo si prodiga nel tentativo di comprendere, attraverso l’analisi

della struttura, la funzione delle parti rivelate tramite la dissezione. Gli studi sulla funzionalità del cuore si concentrano soprattutto nel 1513-1514. Fu probabilmente grazie a Marcantonio che Leonardo venne a conoscenza delle teorie di Galeno e dei medici arabi che furono in parte riportate, come vedremo più avanti, anche nelle sue rappresentazioni anatomiche. In effetti, Leonardo non conosceva né il greco né il latino, dunque poté imparare le dottrine classiche solo attraverso l'insegnamento d'uno studioso che conoscesse e leggesse le opere degli autori antichi. A proposito, Giorgio Vasari (1511-1574), nelle sue celebri "Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri" del 1550 (riedito, con aggiunte, nel 1568), scrisse quanto segue: "[Leonardo] attese di poi alla notomia degli uomini, aiutato e scambievolmente aiutando in questo da Messer Marc'Antonio della Torre, eccellente filosofo, che allora leggeva in Pavia e scriveva di questa materia e fu de' primi, come odo dire, che cominciò a illustrare con la dottrina di Galeno le cose di medicina, et a dare vera luce alla notomia, fino a quel tempo involta in molte e grandissime tenebre d'ignoranza, et in questo si servì meravigliosamente dell'ingegno, opera e mano di Lionardo, che ne fece un libro". Qui si accenna al fatto che Leonardo abbia progettato di scrivere un trattato di anatomia, progetto che si arenò probabilmente a causa della morte di Marcantonio.

Dalle fonti, sappiamo che Leonardo eseguì 779 disegni anatomici, dei quali 600 si trovano ora presso la collezione della Royal Library del Castello di Windsor, mentre i rimanenti 179 sono purtroppo andati perduti. La collezione fu veduta dal già citato Pompeo Leoni a Thomas Howard (1585-1646), Conte di Arundel, grande personalità politica nonché collezionista di opere artistiche e letterarie antiche e moderne, e nel 1640 divenne definitivamente proprietà del Re d'Inghilterra, custodita tuttora presso il Castello di Windsor. William Harvey, al ritorno dal suo viaggio di studi in Europa (e a Padova in particolare) che lo portò a formulare per primo la teoria rivoluzionaria della circolazione del sangue, fu anche medico personale di Thomas Howard e ne frequentò il circolo di intellettuali. Se Harvey abbia potuto vedere i manoscritti di Leonardo non ci è dato sapere.

Nel 1773 il medico e chirurgo britannico John Hunter (1728-1793) ebbe modo di vedere la collezione, rimanendone affascinato, e scrisse le seguenti parole:

"Esaminandoli, ho visto in verità con grande stupore che Leonardo non era solo l'eminente pittore che tutti conosciamo, ma anche un profondo studioso. Considerando poi quanto lavoro abbia dedicato a ciascuna parte del corpo umano, l'indiscussa superiorità del suo genio

universale, la sua eccellenza nei campi della meccanica e dell'idraulica e l'attenzione con la quale egli deve aver esaminato e studiato i soggetti dei suoi disegni, sono pienamente convinto che Leonardo fosse il più grande anatomico del suo tempo in tutto il mondo".

LEONARDO INVENTORE DELL'ILLUSTRAZIONE ANATOMICA

Purtroppo "omo senza lettere", come lui stesso si definiva, dunque privo di agganzi accademici e d'un ruolo di Docente e Mentore per gli studenti, lasciò le sue opere non pubblicate e pressoché sconosciute, malgrado la stampa fosse già diffusa al suo tempo. Il "senza lettere", in particolare, si riferiva alla mancata conoscenza del latino. Tuttavia, il fatto di non aver potuto usufruire di un'istruzione accademica, non costitutiva per Leonardo un limite, ma anzi, un'importante opportunità: "So bene che, per non essere io letterato, che alcuno prosuntuoso gli parrà ragionevolmente potermi biasimare coll'allegare io essere omo senza lettere. Gente stolta! Non sanno questi tali ch'io potrei, sì come Mario rispose contro a' patrizi romani, io sì rispondere, dicendo: 'Quelli che dall'altrui fatiche se medesimi fanno ornati, le mie a me medesimo non vogliono concedere'. Or non sanno questi che le mie cose son più da esser tratte dalla sperienza, che d'altrui parola, la quale fu maestra di chi bene scrisse, e così per maestra la piglio e quella in tutti i casi allegherò". Per quanto riguardava l'ignoranza della lingua latina, infine, Leonardo sosteneva che questo non costituisse un limite alla sua capacità d'esprimersi, tutt'altro, perché la lingua "volgare" gli offriva una straordinaria ricchezza di vocaboli. E in effetti la sua prosa è stata riconosciuta come fra le più belle di tutto il Rinascimento, dotata com'era d'una straordinaria efficacia descrittiva.

Ritroviamo, qui, una serie di concezioni del tutto nuove che saranno sviluppate, perlomeno in ambito medico, solo qualche decennio più tardi, per risaltare del tutto fra Sei e Settecento. Si trattava, in sostanza, dell'idea che lo scienziato potesse e dovesse studiare direttamente il "libro della natura" senza farsi influenzare dall'autorità degli autori classici. Andrea Vesalio, come ben noto, fu il primo medico a mettere seriamente in questione l'autorità di Galeno, le cui concezioni anatomiche avevano dominato la medicina per tutto il Medioevo, mentre i medici "neoterici" sei e settecenteschi demolirono definitivamente il dottrinale classico per riscrivere l'anatomia e la fisiologia del corpo umano. In questo senso dunque, ancora una volta, Leonardo si pone come uno straordinario precursore.

Storicamente spetta ad Andrea Vesalio il riconoscimento della fondazione dell'anatomia illustrata, in quanto diede alle stampe, nel 1543, il suo *De humani corporis fabrica* in cui, oltre a descrivere il corpo umano per come si offriva direttamente all'esperienza, egli produsse una serie di illustrazioni che costituirono la base dell'iconografia anatomica successiva. Tuttavia, prima ancora di Vesalio, Leonardo "inventò" l'anatomia illustrata perché fu lui il primo a proporre immagini del corpo umano tratte direttamente dall'esperienza al tavolo di dissezione. Come già accennato, la collezione dei suoi disegni anatomici è ora conservata presso il Castello di Windsor in Inghilterra.

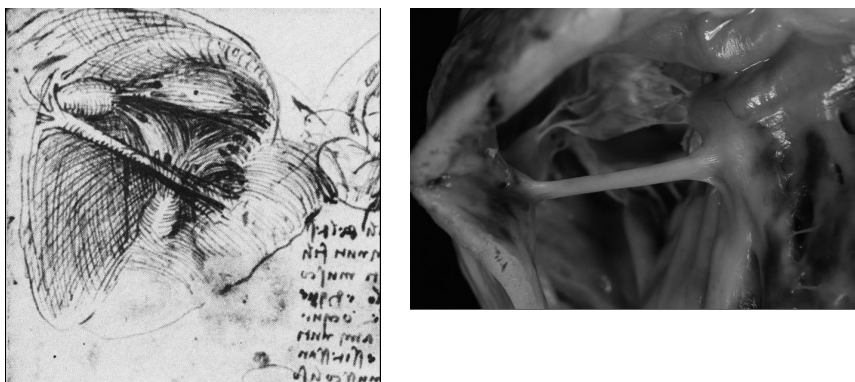


FIG. 4 - “La banda moderatrice o trabecola di Leonardo” (sinistra) di cui si può apprezzare la perfetta corrispondenza con la realtà anatomica di un cuore ovino (destra).

Per Leonardo la pittura era “scienza” perché rappresentava “al senso con più verità e certezza le opere di natura”. Dato questo valore essenziale che Leonardo attribuiva alla rappresentazione pittorica, è facile comprendere quanto peso avessero anche le illustrazioni anatomiche all'interno delle sue indagini naturali. Attraverso la riproduzione, tramite il disegno, del mondo fisico e biologico, Leonardo non si limitava a rappresentare gli oggetti, ma, rappresentandoli, li esplorava e li conosceva, in quanto ne ricreava sul foglio i costituenti essenziali e le relazioni reciproche. L'illustrazione anatomica era, per Leonardo, un procedimento conoscitivo.

In un certo senso, si può persino sostenere che Leonardo fu superiore allo stesso Vesalio nell'iconografia anatomica, anche per il semplice fatto che, mentre Leonardo era ovviamente l'autore delle immagini, Vesalio no, se non in misura marginale: è noto infatti che le raffigurazioni anatomiche della “Fabrica” fossero di scuola veneziana, probabilmente

di mano dell'artista fiammingo Jan Stephan van Calcar (1499–1546) che si era formato sotto Tiziano Vecellio (1480/1485–1576).

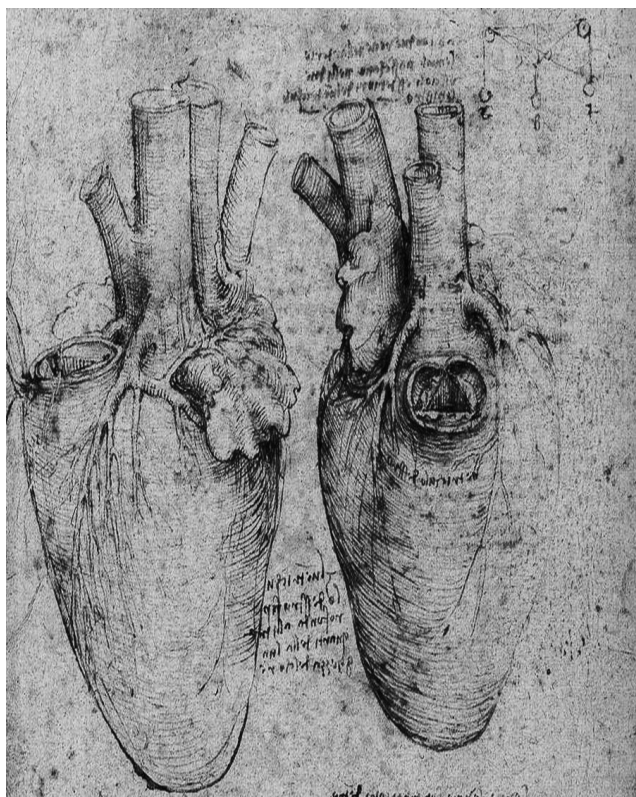


Fig. 5 - Magnifica raffigurazione delle arterie coronarie di Leonardo in cuore di bue.

Le immagini di Vesalio, inoltre, erano abbellite anche da particolari “artistici”, come i paesaggi che facevano da sfondo alle strutture anatomiche rappresentate, mentre in Leonardo vi era spazio solo per la raffigurazione anatomica nella sua realtà naturale che, nella sua perfezione, diventava di valore artistico solo come effetto secondario. Inoltre, se Vesalio raffigurava di volta in volta solo un particolare anatomico “semplice”, come ossa, muscoli, organi interni e così via, in Leonardo ritroviamo delle immagini molto più complesse in cui il corpo rivelava in trasparenza organi e apparati nei loro rapporti reciproci, in una modalità che è stata definita come “rappresentazione composita”. Infine, se in Vesalio la descrizione anatomica solo occa-

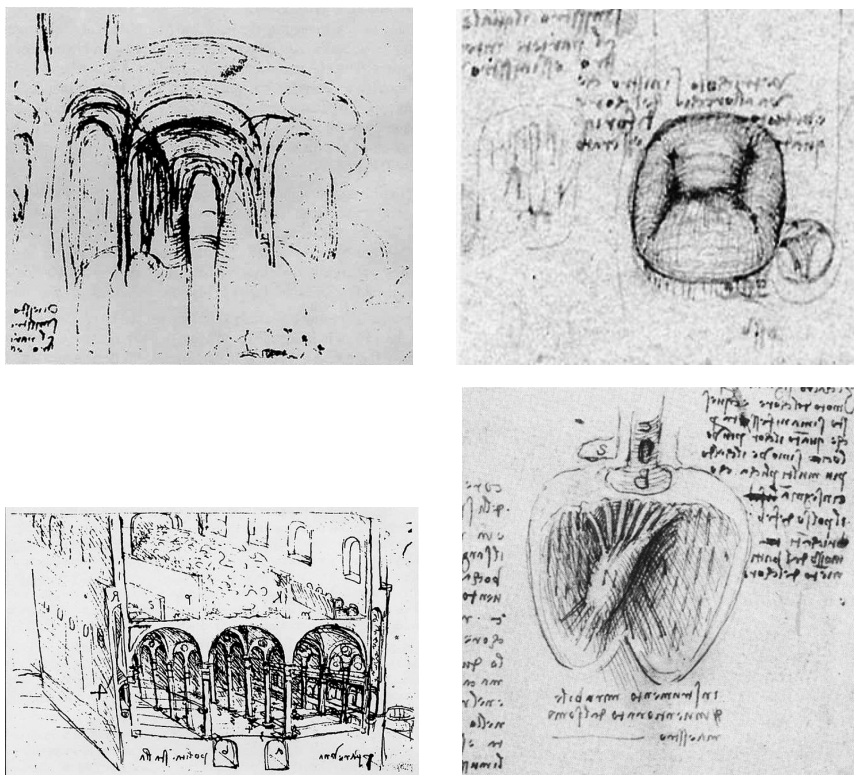


FIG. 6 - Illustrazione delle valvole mitrale e tricuspide e paragone con le arcate di una chiesa (sinistra) e configurazione a quattro festonature della valvola mitrale (a destra in alto).

sionalmente dava adito anche a un'interpretazione funzionale, in Leonardo i due momenti erano quasi sempre strettamente connessi. Ciò è particolarmente evidente nei due ultimi periodi delle sue indagini anatomiche, nei quali Leonardo tentò di comprendere, attraverso l'analisi della struttura, la funzione, la "meccanica" del corpo, aiutandosi, in questo, dalla sua esperienza di ingegnere meccanico e idraulico. Egli giunse a sostenere che la "scienza macchinale", che "sopra tutte le altre utilissima", era quella mediante cui "tutti li corpi animati [...] fanno le loro operazioni". E, per quanto riguarda i suoi studi sul funzionamento della valvola aortica, Leonardo pensò addirittura di costruire un modello di vetro al cui interno si trovava una valvola artificiale per poter osservare la dinamica del flusso sanguigno.

Si potrebbe sostenere, quindi, che Leonardo fu il precursore non solo dell'anatomia illustrata, ma anche della nuova fisiologia su base meccanicistica e quantitativa che si svilupperà appieno solo a partire dal XVII secolo.

I contributi di Leonardo all'anatomia del corpo umano, dunque, sono molteplici e vanno dall'osteologia alla neurologia, dalla miologia all'embriologia e all'apparato di riproduzione. Gli spettano numerosi primati, fra i quali, per citarne alcuni, la descrizione del seno mascellare, l'esatta raffigurazione della colonna vertebrale e dell'osso sacro, la completa rassegna iconografica dei muscoli dell'uomo, l'incorporamento dell'occhio in albume d'uovo per poterlo sezionare senza alterarne le parti.

Tuttavia, proprio per le straordinarie interpretazioni funzionali, l'apparato cardiovascolare rappresenta l'aspetto forse più interessante della sua opera anatomica. Del cuore, egli scrisse: "Core, instrumento mirabile, invenzionato dal sommo Maestro".

I suoi principali contributi di anatomia e fisiologia del cuore possono essere così sintetizzati:

1) L'identificazione degli atri come camere cardiache distinte, tanto da chiamarli "ventricoli estrinseci". Leonardo tentò d'immaginarne anche la funzione: "Li orecchi del core sono antiporti d'esso core, i quali ricevano il sangue del core quando si fugie del suo ventricolo dal principio alla fine d'esso riserramento; perché se tal sangue non si fugissi in parte della sua quantità tal core non si potrebbe riserrare". I ventricoli li definiva come "ventricoli inferiori", ritenendo che costituissero la "sustanzia" del cuore, e ne determinò anche dimensione e struttura: "Il ventricolo destro si profonda alli tre quarti della lunghezza del core [...]. Il ventricolo destro ha tanto più sottile il parete destro da piedi che da capo quanto è il 4° della grossezza da capo". Si vede in questo caso molto chiaramente l'approccio "quantitativo" di Leonardo, cioè il suo costante tentativo di misurare la realtà e determinare le proporzioni e le relazioni delle parti che costituivano un oggetto o un fenomeno naturale.

2) La corretta interpretazione delle fasi sisto-diastoliche di svuotamento e riempimento dei ventricoli. Scrisse, per esempio, quanto segue: "[...] il core, che per sé si move, non si move, se non coll'aprirsi e riserrarsi; il suo aprire e riserrarsi fa moto per la linia che s'astende infra la cuspidè e la basa over corona del core". Intendeva cioè che i movimenti sistolico e diastolico seguivano il senso dell'asse maggiore del cuore, accorciandosi nella contrazione e allungandosi nel rilassamento. Egli tentò persino di raffigurare questi diversi stati del cuore nei suoi quaderni. Leonardo, inoltre, descrisse un esperimento che di-

mostrava il movimento del cuore in vivo, traendolo dal modo in cui, in Toscana, si uccidevano i maiali conficcando uno spillo, attraverso il torace, nel cuore dell'animale.

3) Il riconoscimento della pulsione delle arterie come conseguenza della contrazione e svuotamento del cuore. Scrisse, per esempio: "Tante quante sono le volte che il polso batte, tante volte son quelle che il core si dilata e costringe". Oppure: "Il battimento del core è a impeti come ci mostra il polso".

4) L'esistenza di una banderella muscolare nel ventricolo destro, che connette il setto (banda settale) con il muscolo papillare anteriore della valvola tricuspidale, che passerà alla storia come "banda moderatrice o trabecola di Leonardo" (fig. 4). In verità, dal disegno di Leonardo si evince trattarsi non di cuore umano, bensì di ungulato. Anche in questo caso Leonardo tentò di comprendere la funzione di tale particolare anatomico, che secondo lui impediva l'eccessiva dilatazione in diastole del ventricolo destro.

5) La comunicazione interatriale, che Leonardo descrisse come un "buso tra i ventricoli superiori", intendendo con questi gli atri (sebbene quest'interpretazione sia non del tutto certa, ma la inseriamo per amore di completezza). Questa struttura è vitale nel corso della vita fetale perché consente al sangue di ritorno dalla vena cava inferiore di passare in ventricolo sinistro e in aorta senza transitare attraverso il ventricolo destro e i polmoni, ed è conosciuta con il nome di "Foro di Botallo".

6) Le arterie coronarie, raffigurate in un cuore di ungulato (bue o pecora, non è chiaro), in cui si osserva in maniera spettacolare il tronco comune della coronaria sinistra, che si divide in ramo discendente anteriore e circonflesso di sinistra, la mancanza di relazione delle arterie coronarie con la radice polmonare, e il seno coronarico (fig. 5). Egli descriveva correttamente che le coronarie "nascono nelli due uscioli posteriori del ventricolo sinistro", cioè nei seni di Valsalva.

7) Le valvole mitrale e tricuspidale, costituite non solo da lembi, ma anche da apparati tensori come muscoli papillari e corde tendinee. Magnifico appare il confronto con le navate di una Chiesa (fig. 6). Leonardo utilizzava un "modello", in questo caso architettonico, per indagare la natura e la funzione delle strutture anatomiche osservate. L'apice dei muscoli papillari dà origine a corde tendinee "a ventaglio" che si inseriscono in entrambi i lembi valvolari (fig. 7). Secondo Leonardo essi servivano a "[...] non lasciare dilatare il core più che il dovere". Allo stesso modo, tali muscoli avevano anche la funzione di evitare che i ventricoli cardiaci si chiudessero completamente: "[...] colla loro eccessiva densità proibiscono lo intero serramento del destro e sinistro

ventricolo”. La valvola mitrale viene rappresentata correttamente da un lembo anteriore e un lembo posteriore con tre festonature, come nella moderna interpretazione.

8) La valvola aortica, per la quale Leonardo dava un'interpretazione fisiologica antesignana. Essa, innanzitutto, veniva descritta a tre

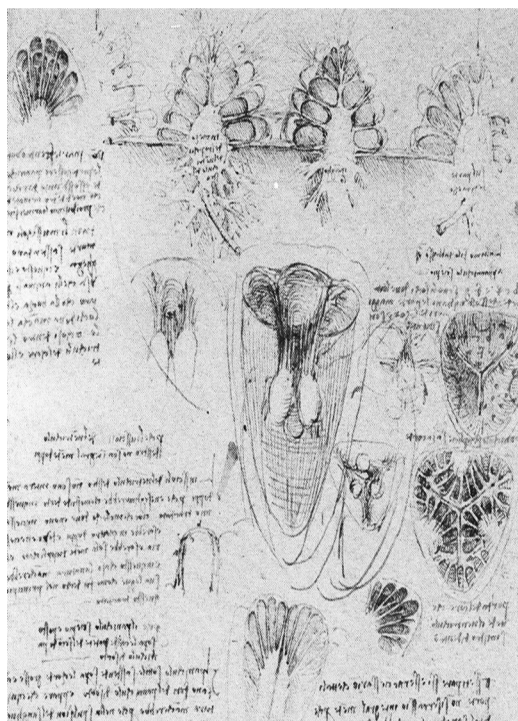


FIG. 7 - Raffigurazione dell'apice dei muscoli papillari che dà origine a corde tendinee "a ventaglio", che si inseriscono in entrambi i lembi valvolari.

cuspidi e paragonata a un cancello fluviale con funzione antireflusso: ecco che la sua esperienza d'ingegneria idraulica (che lo portò anche a collaborare con la Repubblica di Venezia nel marzo del 1500 per l'ideazione di alcuni congegni difensivi contro i Turchi) risultava fondamentale nel fornire al genio toscano una serie di modelli per una corretta interpretazione funzionale (fig. 8). Si trattava, inoltre, d'un approccio ingegneristico in cui il ragionamento matematico era intimamente connaturato, come si nota nell'analisi che portava Leonardo a concludere che la conformazione a tre cuspidi fosse quella più favo-

revoles, dal punto di vista fisiologico, di quella a due o a quattro cuspidi (fig. 9 e 10). La domanda di partenza era, appunto, la seguente: “Perché il buso della arteria aorta è triangolare”. È altamente improbabile che Leonardo avesse potuto osservare valvole aortiche quadricuspidi o bicuspidi (essendone l’incidenza della prima dello 0,0008% e della seconda fra lo 0,5 e il 2% dei neonati), si deve concludere dunque che egli disegnò queste conformazioni pensandole come modelli ed esperimenti mentali per rispondere, con un ragionamento geometrico, alla

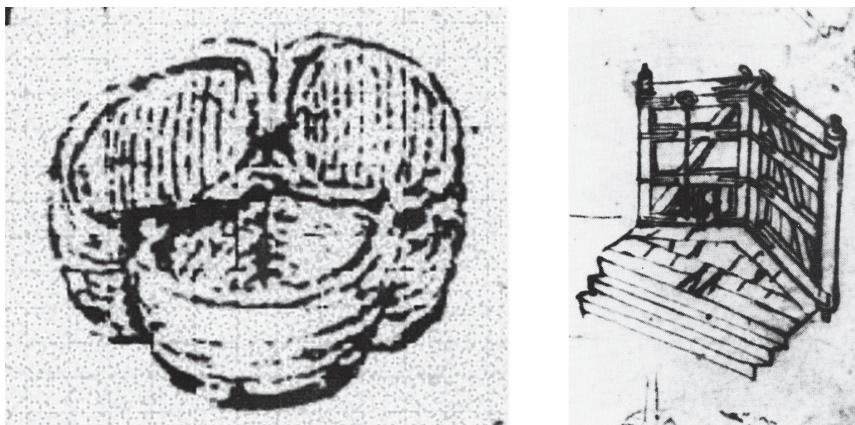


FIG. 8 - Valvola aortica paragonata da Leonardo a un cancello fluviale.

domanda summenzionata. Egli determinò, infatti, che “l’angolo più ottuso e più forte chell’angolo retto del quadrato”, giustificando la presenza di tre lembi, dunque, col fatto che questa conformazione fosse la più resistente da un punto di vista strutturale. Compresse, ancora, che i lembi valvolari aortici erano la miglior soluzione in termini di efficacia e durabilità perché “lla sagace natura provide dj durissima resistentia nella infima baseza del cerchi dell’impeto” (la natura cioè ha configurato la parte bassa del cerchio nel modo più resistente possibile). La parete aortica, dove i lembi semilunari si attaccano (chiarissimamente simili nei suoi disegni a nidi di rondine), risultava far parte integrante dell’apparato valvolare (fig. 11). In sostanza, Leonardo comprese che la robustezza e durabilità della valvola era dipendente dal fatto che i lembi valvolari aortici fossero parte della parete aortica. Infine, Leonardo descrisse i vortici di sangue che si vengono a formare dopo il transito valvolare ed entrano nei seni valvolari, contribuendo ad avvicinare le cuspidi prima ancora dell’inizio della diastole, favorendo la

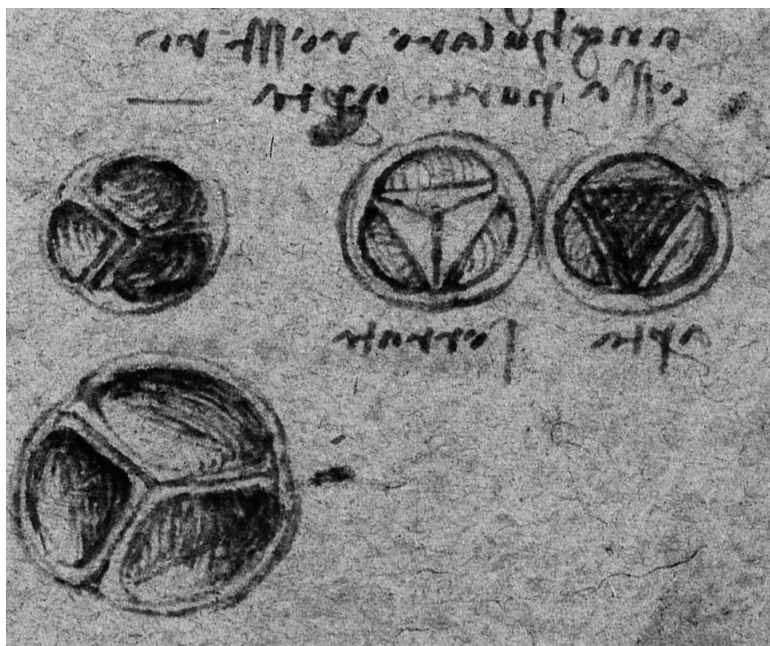


FIG. 9 - Studi di Leonardo sulla struttura della valvola aortica in apertura e chiusura.



FIG. 10 - Studi di Leonardo sulla valvola aortica e sul numero di cuspidi maggiormente funzionale (quadricuspid, tricuspid, bicuspid).

loro chiusura (fig. 12). L'interpretazione della funzione della valvola aortica si basava, in Leonardo, sulla considerazione del flusso unidirezionale del sangue attraverso di essa, partendo dal fatto che la valvola "apresi per il moto incidente, e serrasi col moto riflesso" (il sangue cioè attraversava la valvola spinto dal ventricolo). Il sangue, attraversando i rigonfiamenti a livello della radice della valvola aortica, acquisiva un "moto circolare datoli dal pariete". Una parte di sangue, perciò, "si rivolta in giù con moto circonvolubile [...] e ritorna alla porta del suo primo introito, e batte le porte con moto composto, e di quelle distende il panniculo e le alza e la serra contro alle sue oposite". Egli dunque spiegò che la chiusura non era soltanto dovuta a un reflusso del sangue, ma anche a un perfetto effetto emodinamico a livello della radice

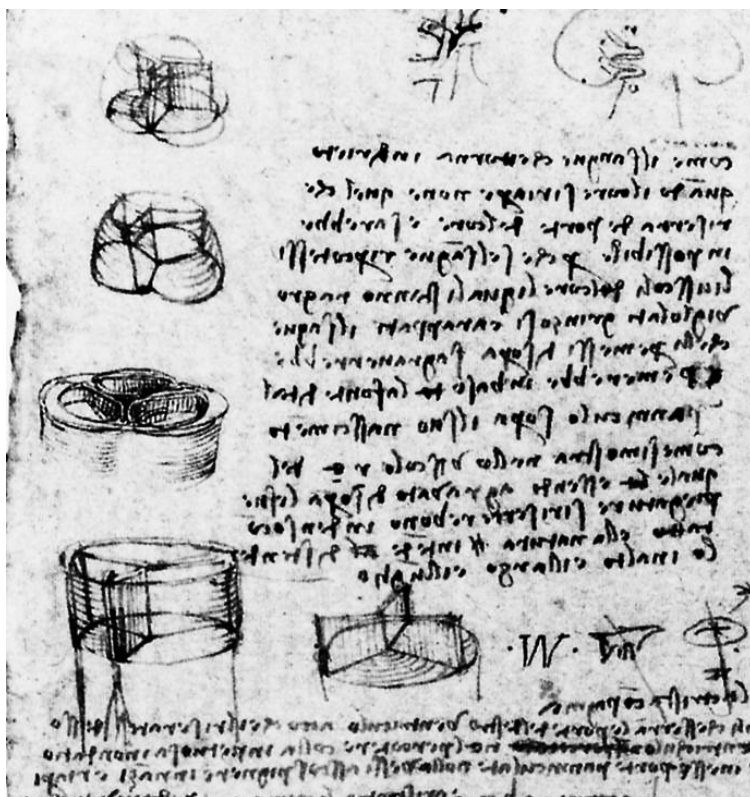


Fig. 11 - Studi di Leonardo sulla struttura della valvola aortica: la parete aortica, dove le cuspidi semilunari si attaccano, risulta far parte integrante dell'apparato valvolare.

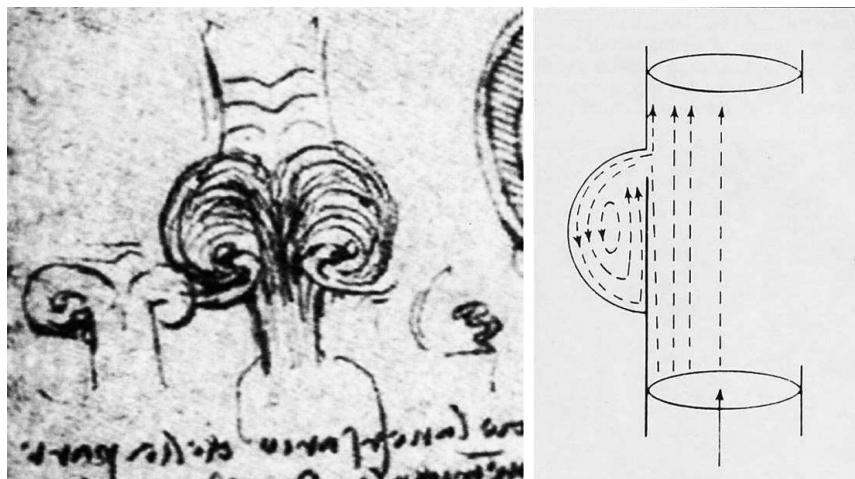


Fig. 12 - Vortici sanguigni a livello della radice aortica che si generano già durante la sistole nei seni valvolari, anticipando la chiusura delle cuspidi in diastole.

aortica. Questo forse è il caso più chiaro ed esemplare che dimostra il perfetto connubio di saperi solo apparentemente diversi in Leonardo. In altri quaderni, infatti, ritroviamo le sue riflessioni sul moto dei fluidi, come la seguente: “Il moto elico, over revertiginoso, d’ogni liquido è tanto più veloce, quanto egli è più vicino al centro della sua rivoluzione”. I seni aortici, conosciuti abitualmente col nome di “seni di Valsalva”, in onore di Antonio Maria Valsalva (1666-1723) che ne pubblicò un’accurata descrizione (uscita postuma nel 1740, fig. 13), in realtà furono descritti per primi da Leonardo, come abbiamo visto, e meriterebbero almeno di essere chiamati “seni di Leonardo-Valsalva”, tanto più in quanto il genio toscano ne comprese appieno la funzione emodinamica.

9) Infine, vorremmo concludere con una chiara anticipazione, alla quale abbiamo già accennato al principio di questo lavoro, che Leonardo fece della malattia arteriosclerotica. Dall’anatomia che fece del vecchio centenario a Santa Maria Nuova di Firenze, egli concluse che “Li vecchi che vivano con sanità, moiano per carestia di nutrimento; e questo accade, perché elli è ristretto al continuo transito dalle vene [...] per lo ingrossamento della pelle d’esse vene, successivamente, insino alle vene capillari, le quali sono le prime che interamente si richiudano”. Leonardo dunque comprese che le arterie “per lo ingrossare delle lor tonache, restringono il transito del sangue”, fino a sostenere che “La morte ne’ vecchi senza febbre si causa dalle vene che [...]

s'ingrossan tanto di pelle che le si richiudano e non danno più transito al sangue che le nutrichi”.

ORIGINE E DISTRIBUZIONE DEL SANGUE SECONDO LEONARDO

Come già detto, Leonardo non sapeva il latino e pertanto non aveva letto Galeno, però nei suoi scritti e disegni seguiva la teoria galenica del flusso sanguigno, secondo la quale il sangue si generava dal fegato, le vene trasportavano sangue-spirito naturale e le arterie sangue-spirito vitale in assenza d'un movimento circolare. Il sangue-spirito naturale,

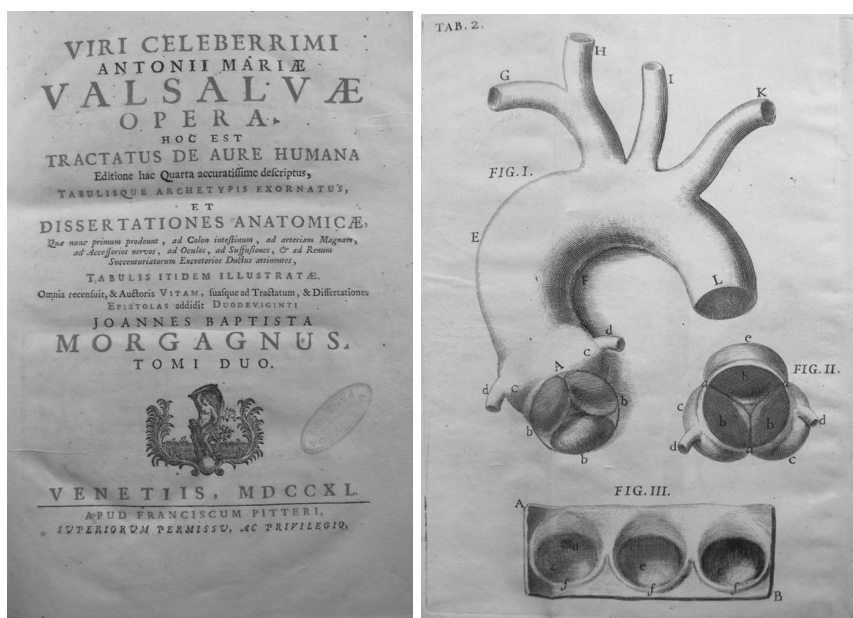


FIG. 13 - Frontespizio dell'Opera omnia di Antonio Maria Valsalva (1740) (sinistra) in cui si trova la descrizione e raffigurazione dei seni della valvola aortica, noti appunto come “seni di Valsalva” (destra).

giunto al ventricolo destro dalla vena cava, passava, nella concezione galenica, il setto interventricolare attraverso pori invisibili macroscopicamente e si riversava nel ventricolo sinistro, dove, mescolandosi con aria proveniente dai polmoni, produceva sangue-spirito vitale. La funzione dei polmoni, oltre che raffreddare il sangue, era appunto quella

di mandare aria al ventricolo sinistro attraverso le vene polmonari (fig. 14). Leonardo riportava, infatti, che il sangue “scorre dal destro al sinistro ventricolo per le strette porosità del pariete interposto”, mentre il ventricolo destro continuava a essere riempito con altro sangue “tirato dal fegato”. Il genio toscano proponeva un’interessante paragone: “a similitudine d’un lago, per il quale passa un fiume, che tanto acquista d’acqua da un lato, quanto esso ne perde dall’altro”.

È infatti Leonardo rappresentava la vena cava dirigersi dal fegato come l’acqua da una fontana (fig. 15), il setto interventricolare con dei forellini di comunicazione fra i due ventricoli (fig. 16) e le vene prive di valvole (fig. 17), a differenza di quanto quasi un secolo dopo Girolamo Fabrici d’Acquapendente (1537-1619), celebre anatomista padovano, avrebbe raffigurato nel suo *De venarum ostiolis* del 1603.

Leonardo negava decisamente l’ipotesi secondo la quale l’aria potesse essere immessa nel cuore attraverso la trachea, il che farebbe pensare che negasse più in generale l’idea che dell’aria entrasse nel cuore in un qualche modo. Tuttavia, il modello che descriveremo qui sotto fa supporre che egli concepisse questa possibilità, in perfetto accordo con la fisiologia galenica. Tuttavia, è bene sottolineare che il pensiero di Leonardo non può quasi mai essere colto come un dato acquisito, in quanto i suoi quaderni esprimono, piuttosto, un processo in continua evoluzione nel quale si sovrappongono sempre nuovi dati e nuove interpretazioni.

Leonardo, in sostanza, concepiva il cuore come un forno dal quale si originava il calore del corpo: vi è un disegno che prova indiscutibilmente questa concezione (fig. 18). Anche in questo caso l’approccio meccanicistico veniva in aiuto a Leonardo, tuttavia non per interpretare una struttura anatomica realmente osservata, ma per dar ragione a un modello teorico acquisito dalla scienza galenica. Attraverso l’analogia del forno, Leonardo tentava di spiegare il modo in cui il corpo umano producesse calore, assumendo, da una parte, teorie e concetti derivati dalla tradizione classica, ma tentando, dall’altra, di tradurli in un modello obbediente esclusivamente alle leggi fisiche: in questo, secondo noi, sta il pregio e l’originalità di tale tentativo.

Si trattava d’una funzione a due camere, due vasi e due valvole. Nella camera destra Leonardo rappresentava la vena cava e il ventricolo destro dove giungeva il sangue-spirito naturale, a sinistra il ventricolo sinistro dove arrivava l’aria e usciva spirito vitale in aorta. Dal ventricolo destro infatti il sangue passava al sinistro, dove si mescolava all’aria, innescando la combustione che generava il calore dello spirito vitale. Il funzionamento era analogo a quello di un forno, che operava bruciando legna la cui combustione era alimentata con ossi-

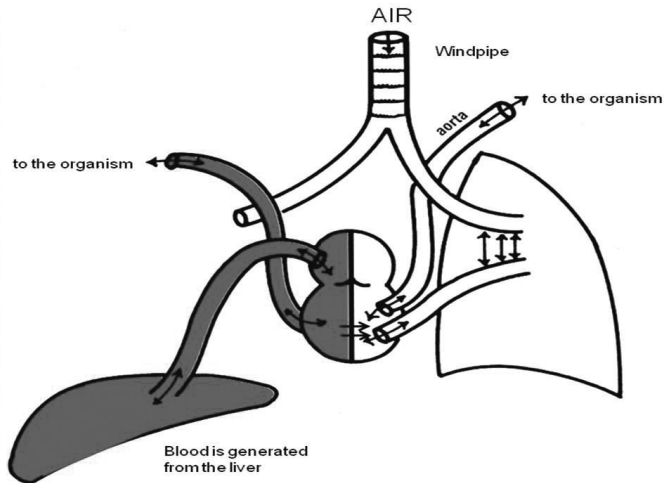


FIG. 14 - Raffigurazione schematica della fisiologia galenica: il sangue-spirito naturale, prodotto dal fegato, giunge all'atrio e poi al ventricolo destro attraverso la vena cava; nel ventricolo destro parte del sangue attraversa invisibili pori del setto interventricolare per giungere al ventricolo sinistro dove, mescolato con l'aria proveniente dai polmoni attraverso la vena polmonare, diventa spirito-vitale.

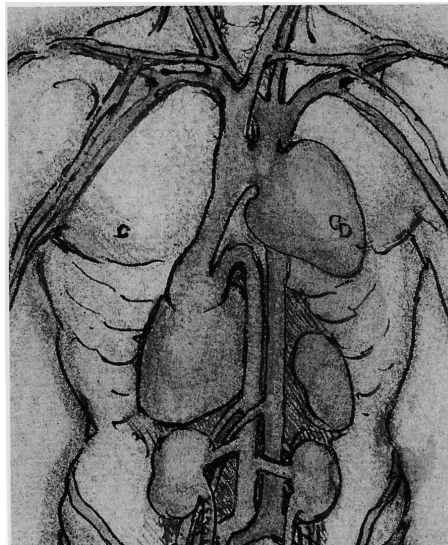


FIG. 15 - Raffigurazione schematica di Leonardo di alcuni organi interni in cui si vede chiaramente la vena cava originarsi dal fegato come una fontana e giungere all'atrio destro del cuore.



FIG. 16 - Raffigurazione da parte di Leonardo dei pori nel setto interventricolare, che dimostra la sua adesione alla fisiologia galenica.

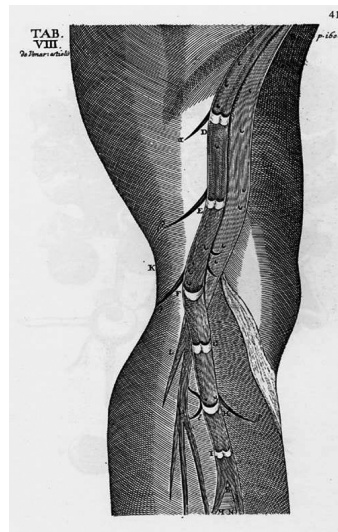
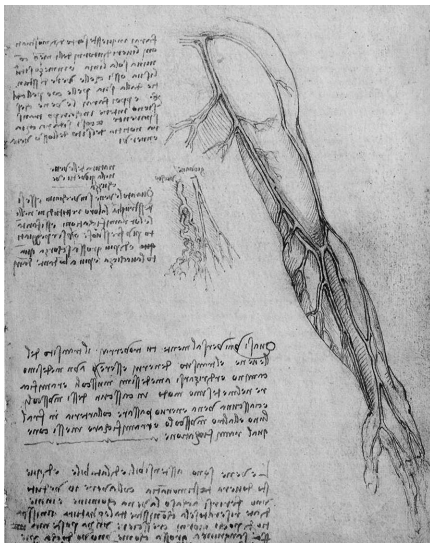


FIG. 17 - Illustrazione delle vene di Leonardo nel braccio in cui non sono raffigurate le valvole (sinistra), presenti invece nella tavola raffigurante una gamba pubblicata da Girolamo Fabrici d'Acquapendente (1603) (destra).

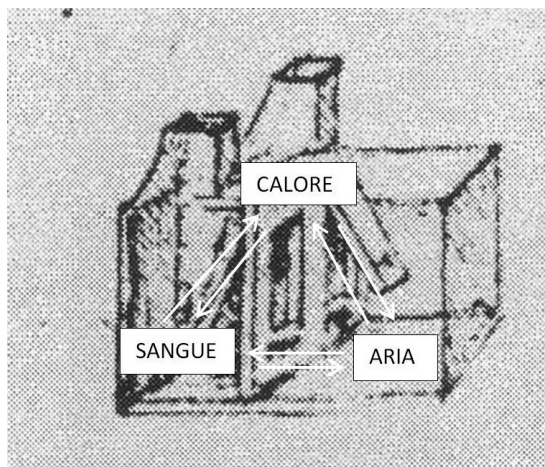


FIG. 18 - Raffigurazione del modello di cuore-fornace di Leonardo e schema del “triangolo della combustione” al suo interno da lui pensato.

geno. Il ventricolo destro, dunque, forniva il combustibile, mentre il ventricolo sinistro l'ossigeno proveniente dai polmoni; il fuoco della combustione, infine, usciva dall'aorta, mentre i fumi prodotti da essa venivano espulsi con l'espirazione (fig. 18). Sempre sulla base di questo modello, era facile immaginare per Leonardo che i polmoni costituissero un sistema di raffreddamento per mitigare il calore prodotto dalla combustione all'interno del cuore (fig. 19). Leonardo utilizzò questa teoria per spiegare, per esempio, perché un respiro troppo corto e frequente potesse portare alla morte; in quanto, cioè, tale respiro non era sufficiente per espellere completamente i fumi della combustione prodotti all'interno del cuore che, di conseguenza, si fermavano nei polmoni danneggiando irrimediabilmente i tessuti.

Si deve supporre che Leonardo ipotizzasse l'entrata di aria nel cuore, proprio perché egli aveva già ben compreso, come riportato nei suoi quaderni, che non può esserci combustione senza aria (cioè ossigeno): “dove l'aria non è proporzionata a ricevere la fiamma, nessuna fiamma vi può vivere, né nessuno animale terrestre o aereo [...]”. Dove non vive la fiamma, non vive animal che aliti”. Interessantissima, inoltre, quest'analogia fra combustione e respirazione che sembra realmente precorrere i tempi, sebbene fosse inserita in un contesto ancora profondamente legato al pensiero classico. Per inciso, l'ossigeno fu scoperto dal farmacista svedese Karl Wilhelm Scheele (1742-1786) nel 1771 e il suo ruolo nella combustione e nella respirazione fu stabilito per la prima volta da Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794)

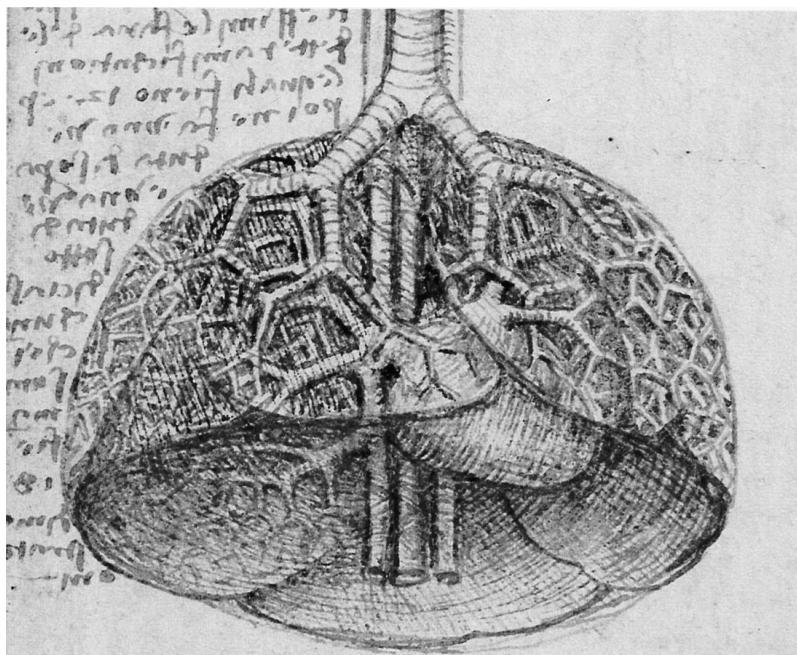


Fig. 19 - Raffigurazione dei polmoni da parte di Leonardo che esprime chiaramente come fossero uno strumento (un “mantice”) per il raffreddamento del calore prodotto dal cuore.

nel 1781.

Tuttavia, rimane poco chiaro se egli ipotizzasse che l’aria giungesse al cuore attraverso le vene polmonari, come nel modello galenico, o in qualche altro modo. In effetti, in un altro passo Leonardo sembrava assumere che essa giungesse al cuore attraverso il pericardio, ma si tratta, comunque, di passaggi di difficile interpretazione.

Se da una parte questo modello può sembrare, ai nostri occhi, come scorretto e antiquato, si noti che una teoria simile – incentrata cioè sull’idea che il cuore fosse un forno e che le reazioni al suo interno fossero dovute al calore – fu proposta un secolo dopo da un filosofo all’avanguardia come René Descartes (1596-1650), meglio noto come Cartesio, divulgatore di quelle concezioni meccanicistiche che tanto peso avrebbero avuto nello sviluppo della scienza sperimentale. Secondo il filosofo francese, infatti, il cuore era un organo che produceva calore, come per Leonardo. Egli, tuttavia, era a conoscenza del fenomeno della circolazione sanguigna: spiegava dunque i battiti cardiaci

come dovuti al riscaldamento del sangue che giungeva all'interno della fornace del cuore.

Non sappiamo se Leonardo, applicandosi esclusivamente alla medicina, avrebbe potuto precorrere i tempi e compiere quelle scoperte che avrebbero rivoluzionato questa scienza fra XVII e XIX secolo. Tuttavia, egli fu certamente un grande innovatore e crediamo non sia un caso se la medicina successiva compì le sue scoperte maggiori proprio riscoprendo il suo metodo di studio, fondato sulla dissezione, sull'illustrazione anatomica e sul ragionamento basato su modelli meccanicistici.

RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare al prof. Frank Dini per aver attirato la nostra attenzione sulla funzione forno del cuore in Leonardo.

BIBLIOGRAFIA

- LANCIONI, G. (1919), *Leonardo da Vinci e la fisiologia della respirazione*, "Archivio di Storia della Scienza", 1, 2, pp. 157-174.
- BOTTAZZI, F. (1939), *Studi di Leonardo sull'apparato circolatorio sanguigno*, "Rassegna clinico-scientifica. Periodico di dottrina e pratica medica", 8-9, pp. 357-364, 403-411.
- CLAYTON, M. – PHILO R. (1992), *Leonardo da Vinci the Anatomy of Man*, Bulfinch Press, Boston.
- CLAYTON, M. – PHILO, R. (2012), *Leonardo da Vinci Anatomist*, Royal Collection Enterprises Limited, London.
- FABRICI D'ACQUAPENDENTE, G. (1603), *De venarum ostiolis*, ex typographia Laurentij Pasquati, Patavii.
- FREUD, S. (1989), *Leonardo da Vinci and a Memory of his Childhood*, Norton, New York.
- KEMP, M. (2006), *Leonardo da Vinci. Experience, Experiment and Design*, V&A Publications, London.
- MOREA, M. - DE PAULIS, R. (2007), 'Il buso' (the orificie). How much did Leonardo know of the aortic valve?, "Journal of Cardiovascular Medicine", 8, pp. 399-403.
- O'MALLEY, C.D. - SAUNDERS, J.B. (1952), *Leonardo da Vinci on the Human Body*, Henry Schuman Publ., New York.

- PEDRETTI, C. - LAURENZA D. - SALVI, P. (2005), *Leonardo. L'anatomia*, Giunti, Firenze.
- ROBICSEK, F. - ROBICSEK, F. (1991), *Leonardo Da Vinci's Anatomical Studies*, in GABBAY, S. - BONCHEK, L.I. - BORTOLOTTI, U. (eds.) (1991), *Infective Endocarditis of Heart Valves*, Silent Partners, Austin, pp. 205-242.
- ROBICSEK, F. (1991), *Leonardo da Vinci and the sinuses of Valsalva*, "The Annals of Thoracic Surgery", 52, pp. 328-335.
- VALSALVA, A.M. (1740), *Viri celeberrimi Antonii Mariae Valsalvae opera*, Apud Franciscum Pitteri, Venetiis.
- VASARI, G. (1568), *Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori italiani, da Cimabue insino a' tempi nostri*, Appresso i Giunti, Firenze.
- VESALIO, A. (1543), *De humani corporis fabrica*, Ex officina Joannis Oporini, Basileae.
- WELLS, F. C. - CROWE, T. (2004), *Leonardo da Vinci as a paradigm for modern clinician research*, "The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery", 127, 4, pp. 929-944.
- WELLS, F. C. (2013), *The Heart of Leonardo*, Springer, London.