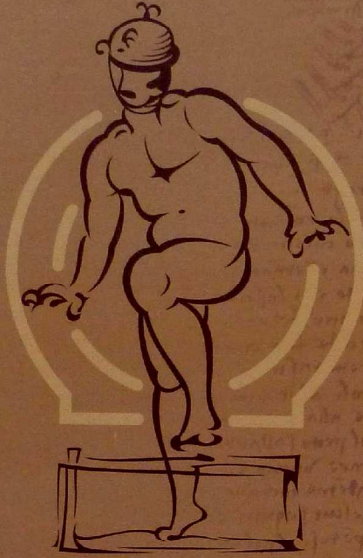


ANTHELIOS
EDIZIONI



I segreti del corpo

La prima edizione dei disegni anatomici di Leonardo da Vinci
e il lungo viaggio alla scoperta della 'meravigliosa macchina' umana

The secrets of the body

The first edition of the anatomical drawings by Leonardo da Vinci
and the long journey to discover the 'marvellous machine of the human body'

Die Geheimnisse des Körpers

Die erste Ausgabe der anatomischen Zeichnungen von Leonardo da Vinci
und die lange Reise auf der Entdeckung der menschlichen 'wunderbaren Maschine'

I segreti del corpo
The secrets of the body
Die Geheimnisse des Körpers



I segreti
del corpo



Anthelios
COMUNICAZIONE



Hanno realizzato l'iniziativa
l'Istituto Pedagogico Italiano di Bolzano, l'Agenzia Anthelios, la Facoltà di Medicina dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca

Per l'Università degli Studi di Milano Bicocca hanno partecipato

Marcello Fontanesi	<i>Rettore dell'Università e presidente del comitato scientifico</i>
Lodovico Frattola	<i>prorettore</i>
Andrea Stella	<i>preside della Facoltà di Medicina</i>
Paolo Mingazzini	<i>coordinatore scientifico</i>
Maria Cristina Messa	<i>docente di Medicina Nucleare</i>
Giovanni Tredici	<i>docente di Anatomia Umana</i>
Vittorio A. Sironi	<i>docente di Storia della Medicina</i>

Per l'Istituto Pedagogico Italiano hanno partecipato

Daniela Pellegrini Galastri	<i>direttrice dell'Istituto</i>
Mauro Sparapani	<i>progettazione</i>
Teresa Maffeo	<i>organizzazione</i>
Luisanna Fiorini	<i>web e Nuove Tecnologie</i>
Paola Mazzini	<i>ideazione</i>

Consulenti scientifici

Andrea Felis	<i>per la storia e la filosofia</i>
Diego Gottardi	<i>per la matematica e la fisica</i>
Valter Carbone	<i>per le scienze sperimentali</i>
Carla Maria Braga	<i>per l'arte</i>

Hanno partecipato inoltre ai lavori del Comitato Scientifico

Ernesto Capanna	<i>per l'Università Sapienza di Roma</i>
Domenico Lini	<i>già direttore del Museo della Scienza e della Tecnologia - Milano</i>
Carlo Barbieri	<i>Università Ambrosiana - Milano - Coordinatore scientifico Anthelios</i>

Contribuiti dell'Ospedale Centrale di Bolzano

Giampiero Bonatti	<i>servizio di Radiologia</i>
Patrizia Pernter	<i>servizio di Radiologia</i>
Eduard Egarter Vigl	<i>servizio di Anatomia e Istologia Patologica</i>
Luzian Osele	<i>servizio di Medicina Nucleare</i>
Mohsen Farsad	<i>servizio di Medicina Nucleare</i>

Sono presenti come consulenti per le moderne tecnologie

Roberto Molinari e Mario Carcano	<i>General Electric Healthcare</i>
Giancarlo Tamborini e Gianfranco Mattavelli	<i>Philips Healthcare</i>
Michela Buonpensiero e Mauro Alberici	<i>Carl Zeiss</i>

Paolo Mingazzini
Docente di Chirurgia Vascolare
Università degli Studi di Milano-Bicocca

La scoperta della circolazione del sangue

~ DA LEONARDO AD HARVEY ~

La circolazione ematica è forse il più interessante argomento degli studi di Fisiologia fioriti nel Rinascimento.

Il segreto della circolazione del sangue ha, sin dai tempi più lontani, affascinato le menti degli studiosi. Gli antichi egizi ed i popoli della Mesopotamia reputavano il cuore l'organo centrale. Tra i Greci, *Ippocrate* (430-350 AC) e la sua scuola vi si erano dedicati, dibattendo anche, con la circolazione, l'essenza della vita, centrata sul cuore (teoria cardiocentrica), piuttosto che sul cervello (teoria cefalocentrica).

Aristotele (384-322 AC), allievo di Platone, abbraccia la teoria cardiocentrica e reputa il sistema vascolare atto a mettere in comunicazione tutto il corpo.

Galeno di Pergamo (130-201 DC), famoso chirurgo e medico personale dell'imperatore di Roma, rivoluzionò con i suoi studi le concezioni del tempo, tanto da stabilire con le sue teorie il fondamento dell'insegnamento della Medicina per oltre 15 secoli. Nel sistema galenico tutto ha uno scopo: la Natura agisce in modo perfettamente saggio e nulla è fatto invano, gli organi sono creati per una precisa funzione ed ogni parte dell'organismo contribuisce allo scopo comune. Galeno poneva il fegato al centro della circolazione, da esso il sangue, mescolato al chilo portato dalle vene mesenteriche, è distribuito in tutto il corpo. Il ventricolo sinistro del cuore contiene sangue misto ad aria, che giunge dal cuore destro, attraverso i "pori invisibili" del setto cardiaco. L'aria passa per le arterie e porta ovunque lo spirito vitale, penetrando nel cuore per mezzo dell'arteria venosa, che giunge dai polmoni.

Il *corpus* della medicina galenica passa quasi immutato attraverso il Medioevo, senza progressi apprezzabili. Solo Leonardo e Vesalio, quando spiegano la funzione del cuore, hanno forse intuito la realtà della circolazione, ma in essi la teoria galenica è ancora pregnante. Ma è sicuramente proprio Leonardo che, con il suo metodo d'osservazione critica, dà il maggiore impulso agli studi d'anatomia e fisiologia, che porteranno alla scoperta del meccanismo circolatorio.

Leonardo, infatti, si dedica all'anatomia senza accettare passivamente la tradizione scolastica di Galeno e Mondino; egli non riconosce dogmi a priori, ma ricerca la verità con metodo. Come negli altri campi del sapere, anche nell'anatomia Leonardo ricerca la perfezione, descrivendo la tecnica delle sezioni seriate, delle iniezioni nelle vene e nelle cavità, ma soprattutto egli è veramente artista nella dimostrazione grafica del risultato dei suoi studi nelle tavole anatomiche e nelle corrispondenti spiegazioni riportate a margine, con linguaggio chiaro ed asciutto, la "*Prosa Leonardesca*".

Possiamo allora asserire che Leonardo, se non ha rivoluzionato le conoscenze del suo tempo, anche per non aver pubblicato i suoi manoscritti, ha però influenzato, con il suo metodo, gli anatomici che lo hanno seguito, primo fra tutti il Vesalio 1514-1564 (nei cui disegni anatomici si scorgono spesso analogie con quelli di Leonardo), con l'esempio del suo spirito critico, tanto da consentire in seguito il superamento della concezione galenica della circolazione.

Lo studio del circolo aveva appassionato Leonardo, infatti, quando De Beatis riferisce nei suoi scritti a proposito di "*più di trenta corpi, tra mascoli e femine di ogni età*", oggetto degli studi anatomici di Leonardo, dice anche "*dei quali dieci soltanto per lo studio delle vene*".

La ricerca fisiologica del circolo è testimoniata dall'utilizzo, da parte di Leonardo, di iniezioni nei vasi e di stampi di cera per studiare le valvole cardiache; inoltre dalle numerose note nei suoi fogli, ove disquisisce sull'origine della vita, sulla sede dell'anima e sul moto proprio del cuore.

Il cuore indubbiamente lo affascina, lo definisce infatti "*strumento mirabile, inventato dal sommo maestro*", ne comprende la funzione e scrive "*è un vaso fatto di denso muscolo, vivificato e nutrito da arteria e vena, come lo sono li altri muscoli*", parlando poi della pulsazione cardiaca: "*il core si move da sé, e non si ferma, se non eternamente*".

Anche tutto il sistema circolatorio concentra la curiosità di Leonardo, senza dubbio per le implicazioni di meccanica ed idraulica, di cui egli è conoscitore. Egli intuisce le "*vene capillari*", ma non riconosce il piccolo circolo, attraverso i polmoni.

In altre osservazioni il genio vinciano va molto più in là, come quando descrive le alterazioni patologiche nelle arterie senili, allungate ed ispessite nella parete (arteriosclerosi), oppure quando descrive esattamente le valvole cardiache nella loro forma, mentre la funzione di queste sarà solo in seguito spiegata da Berengario da Carpi.

È interessante notare la differenza nelle illustrazioni sulla circolazione, già commentate da Carlo Pedretti, tra i primi ed ultimi disegni del maestro, ad esempio la tavola K/P 36r; RL 12597r, che si fa risalire al 1493 circa, ove utilizza una figura tratta dal *Fasciculus Medicinæ* di Ketham, ripreso dalla *Anathomia* di Mondino de' Liuzzi (1478), del quale Leonardo s'è sicuramente servito per iniziare i suoi studi, disegnandovi però di propria mano gli organi interni, evidentemente oggetto di dissezioni anatomiche personali.

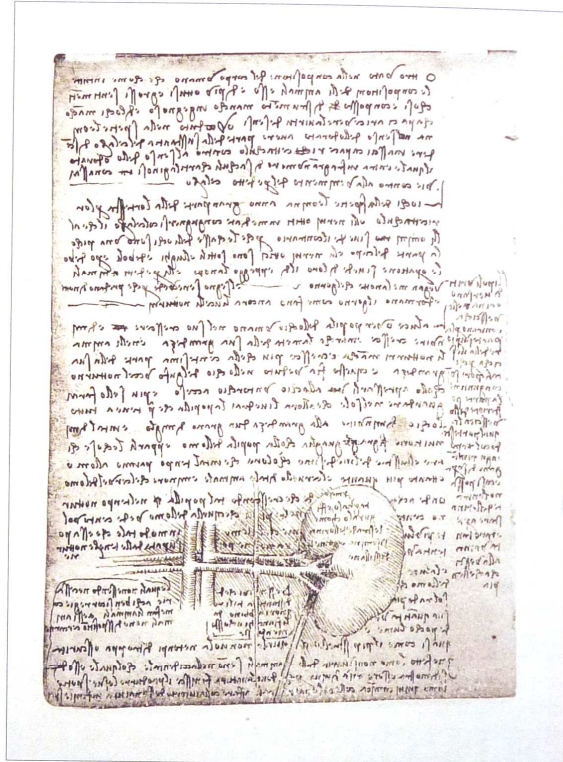
La tavola è impregnata dalle concezioni di Galeno, secondo cui i fluidi naturali originano dal fegato e scorrono nelle vene ed i fluidi vitali originano dal cuore e vanno nelle arterie.

I disegni tracciati da Leonardo in epoche successive dimostrano maggior precisione nella proporzione tra i vari organi; le diramazioni arteriose vengono poi schematizzate, con una ricerca progressiva delle simmetrie e nelle suddivisioni dei rami arteriosi, quasi a voler rendere la riduzione delle turbolenze, spiegate solo in epoca recente, con le teorie dei fluidi in movimento.



Fogli B - 8 R

mostra solo le cavità ventricolari, e non le "auricole", pur descritte altrove da Leonardo. A sua discolpa la scritta a fianco, ove egli stesso annota: "fare questa dimostrazione anche per lato e poi una di dietro, per vedere le vene occupate dal core e le vene maggiori".



Fogli B - 13 V

Le figure così schematizzate danno però luogo ad un'anatomia irrealistica, che può tendere ad esplicitare uno schema, ma si allontana dall'abilità artistica di Leonardo nel riprodurre fedelmente al vero la figura umana in ogni suo particolare.

Una delle tavole più dimostrative in tal senso è la K/P 122 r; RL 12281 r, attribuibile agli ultimi anni d'attività del maestro. Essa riproduce una figura femminile (detta *La gran Dame*) che dimostra in trasparenza l'albero arterioso dal cuore alla radice degli arti, insieme agli organi interni.

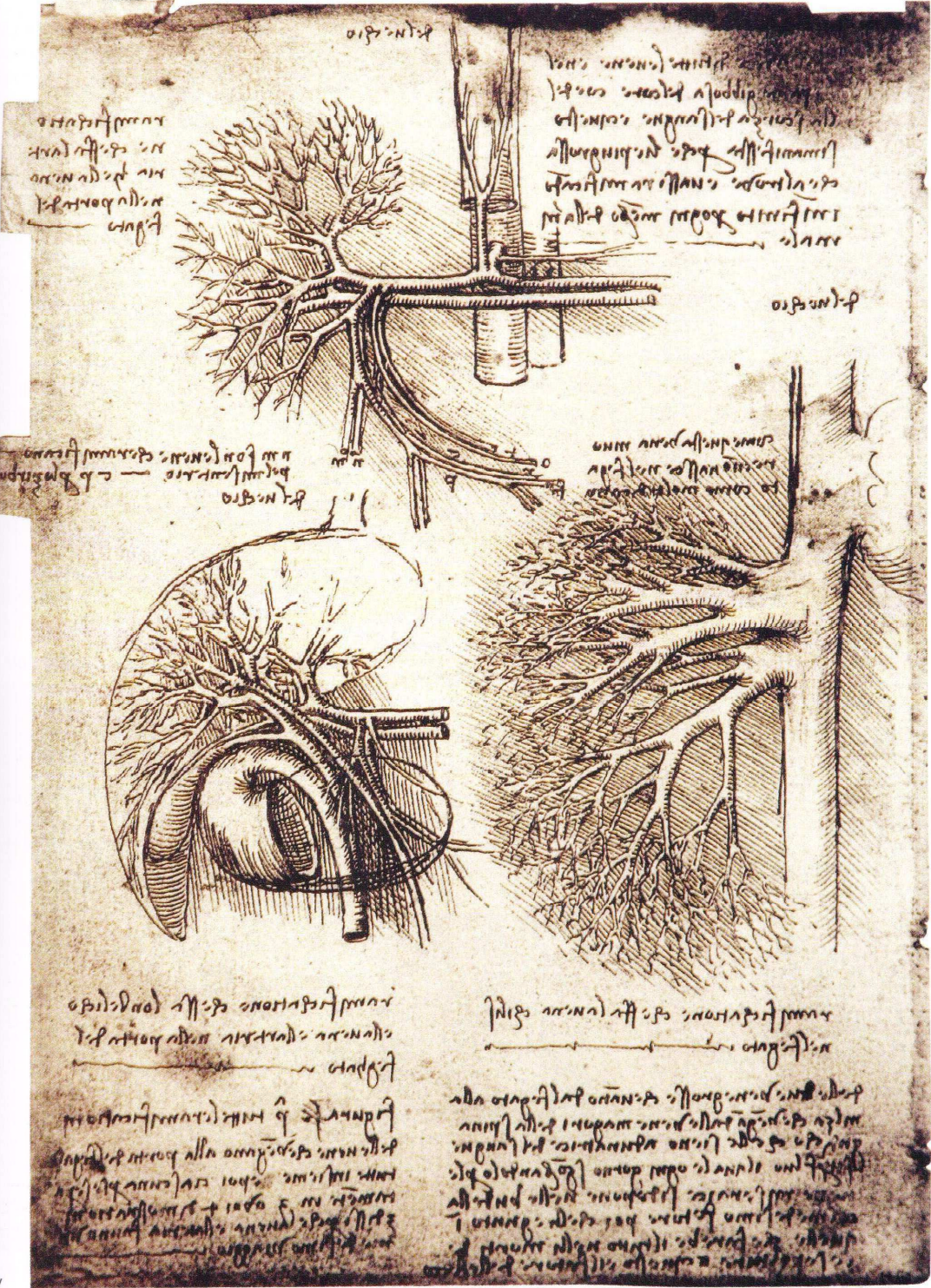
In questa figura le varie strutture vascolari e non sono disegnate con una ricerca geometrica, che le rende un poco irreali. Forse è la ricerca dell'"Ordine della Natura", che tanto ha appassionato Leonardo.

Egli ripete però, anche in questo disegno tardivo, gli stessi errori di Galeno ed Avicenna: la vena cava inferiore passa direttamente nella vena cava superiore ed il disegno del cuore

Andrea Vesalio nel 1543, nel suo *De Humani Corporis Fabrica*, sovvertendo completamente le teorie di Galeno, allora universalmente accettate, descrive per la prima volta l'anatomia del cuore ed il decorso dei vasi e dichiara di non aver visto i fori del setto, attraverso i quali il sangue dovrebbe passare dal ventricolo destro al sinistro.

È Michele Serveto 1509-1553 che espone per primo l'ipotesi della circolazione polmonare, il sangue "dopo avvenuta nel polmone la miscela col pneuma, torna nel core attraverso le vene polmonari". Serveto affermò anch'egli che il setto cardiaco non è perforato. Fu poi bruciato sul rogo a Ginevra nell'ottobre 1553.

Realdo Colombo di Cremona, allievo di Vesalio, descrive esattamente per primo, nel 1558, la circolazione del sangue e, riferendosi a chi crede che il sangue passi dal ventricolo destro al sinistro attraverso il setto, dice: "costoro battono una strada falsa, perchè il sangue va per la vena arteriosa al polmone e lì si attenua,



והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

והוא נקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא
הוא הנקרא
העין והוא

quindi misto all'aria, attraversa l'arteria venosa, va al ventricolo del cuore sinistro, ciò che fino a quest'oggi nessuno aveva osservato e nessuno lasciò detto nei suoi scritti"; ed ancora: "quando il cuore si dilata riceve il sangue dalla vena cava nel ventricolo destro e nello stesso tempo il ventricolo sinistro riceve per mezzo dell'arteria polmonare il sangue con l'aria". Realdo descrive anche esattamente la funzione delle valvole cardiache, che "lasciano passare il sangue arcato, che si sparge per tutto il corpo ed il sangue naturale (venoso), che viene portato al polmone".

Harvey stesso conobbe e citò il libro di Colombo, ma Realdo conserva l'errore di considerare alle vene la funzione di portare nel corpo il sangue nutritivo.

Anche *Guido Guidi*, anatomico e chirurgo di fama di quel tempo, afferma che il setto non ha pori, e che il sangue non può passare dal ventricolo destro al sinistro.

Andrea Cesalpino 1519-1603, allievo di Realdo Colombo ha chiara visione della circolazione del sangue e stampa la sua concezione 60 anni prima di Harvey: "dalla vena cava penetra il sangue nel ventricolo destro del cuore, dal quale si apre l'uscita dal cuore nel polmone, dal polmone vi è un altro ingresso al ventricolo sinistro, dal quale è aperto l'adito all'aorta"; "cosicché è perpetuo il movimento dalla vena cava attraverso il cuore ed attraverso i polmoni nell'aorta"; "il sangue che giunge nel polmone dal cuore si distribuisce nelle capillari e giunge a contatto con l'aria che arriva dai bronchi".

Si nota quindi che, senza togliere ad Harvey il merito di aver dimostrato matematicamente la circolazione, il progresso verso la conoscenza del meccanismo circolatorio è rappresentato da una crescita continua, soprattutto ad opera degli anatomici in Italia.

La vera rivoluzione è stata quella di togliere il fegato dalla posizione centrale del circolo del sangue, come stabilito nel primo secolo da Galeno, per mettervi il cuore. Salvatore De Renzi, professore di Storia della Medicina all'Università di Napoli a metà del 1800, paragona in modo assai suggestivo, questa conquista di Andrea Cesalpino, alla *rivoluzione Copernicana*, che toglie dal centro del sistema planetario la terra, per mettervi il sole.

Le valvole venose invece, già visibili nei disegni di Leonardo, furono scoperte da Camano nel 1541, ma pienamente descritte da *Fabrizio d'Acquapendente* nel 1574, confermando appieno le osservazioni del Cesalpino. Harvey, dopo aver trascorso un periodo all'Università di Padova, ritorna in Inghilterra nel 1603, quando Fabrizio d'Acquapendente pubblica il *De Venarum Ostiis* sulle valvole delle vene.

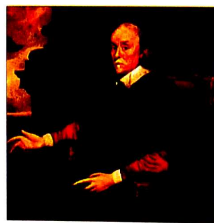
La circolazione del sangue, che Leonardo intravide e che in seguito gli studiosi sopra citati descrissero, trovò in William Harvey il suo completamento, con perfetta conoscenza ed estrema chiarezza nell'esposizione. Harvey stabilisce infatti, con i suoi studi, dimostrandolo con esperimenti, la definitiva sistemazione del sistema circolatorio.

William Harvey 1578-1657 studia a Cambridge, ma quindi anche a Padova, proprio come allievo di Fabrizio d'Acquapendente, poi torna a Londra ove per vent'anni si dedica agli studi sul circolo, nel 1628 pubblica a Francoforte il "*De Motu Cordis*", che distrugge definitivamente la concezione di Galeno, ancora al tempo insegnata nelle università.

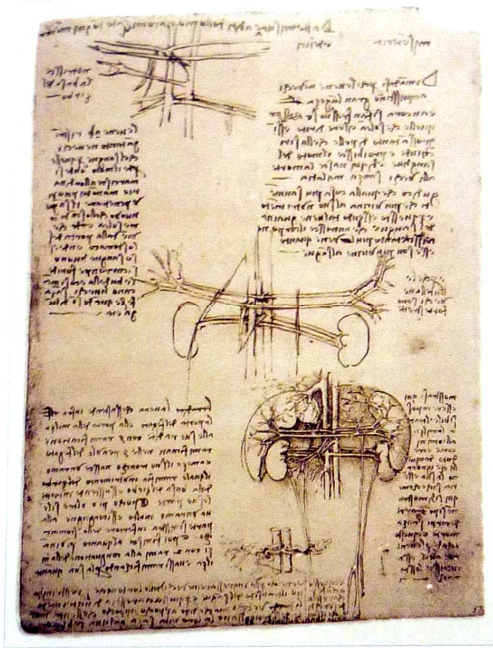
Harvey non solo definisce chiaramente il meccanismo circolatorio, ma ha il merito d'averlo confermato con dimostrazioni fisiche e matematiche. Attraverso le leggi della meccanica egli conclude anche che il moto del sangue nelle arterie deriva dall'urto che le colonne liquide fanno contro le pareti elastiche delle arterie stesse. Harvey calcola il volume della massa liquida rapportandolo col tempo e con il numero di pulsazioni, ponendo i concetti alla base dei moderni studi emodinamici sul circolo.

"rationibus et ocularibus experimentis, quod sanguinis per pulmones et cor, pulsus ventriculorum pertranseat, et in universum corpus impellatur et per ipsas venas undique de circumferentia ad centrum ab exiguis venis in maiores remeet et illinc in venam cavam ad auricolam cordis tandem venat"; "necessarium est concludere circolari quondam motu in circuito agitari".

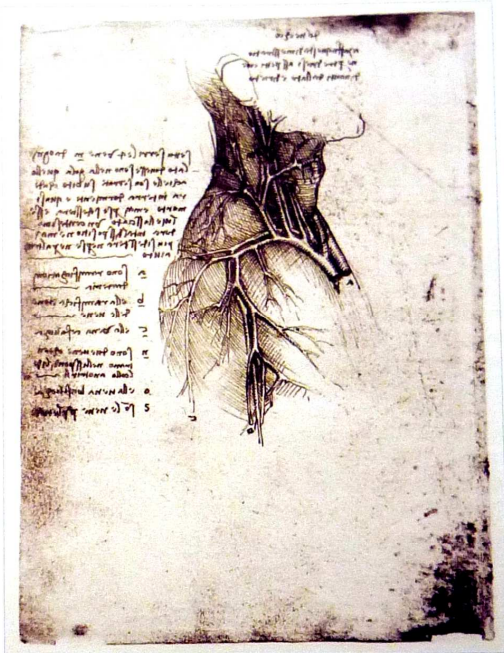
Il ciclo della scoperta della circolazione era infine chiuso con la dimostrazione dei capillari da parte di *Marcello Malpighi*, nel 1661, che ne comprendeva l'esistenza effettiva, sostituendoli così alle "anastomosi" ipotizzate da Harvey.



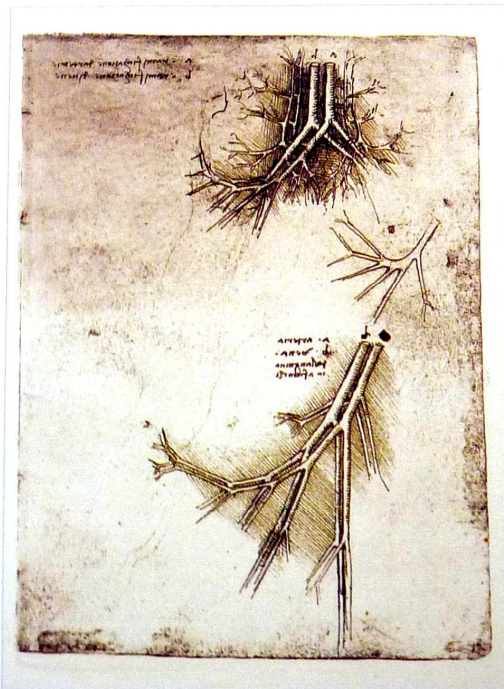
William Harvey, 1578-1657



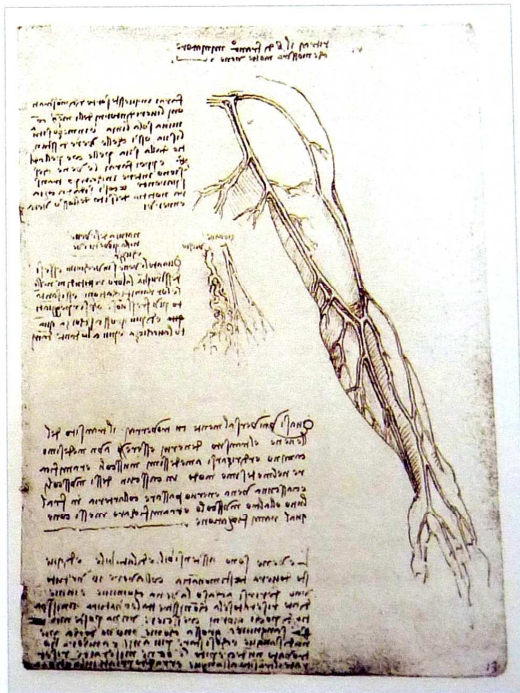
Fogli B - 11 V



Fogli B - 32 V



Fogli B - 9 R



Fogli B - 10 R