

Guglielmo Bilancioni

**Leonardo da Vinci e la fisiologia
della respirazione**



In: "Archivio di Storia della Scienza", Roma, vol. 1, n. 2, giugno 1919 pp. 157-174

STUDI E NOTE VINCIANE

LEONARDO DA VINCI E LA FISIOLOGIA DELLA RESPIRAZIONE

LEONARDO, uomo universale, è forse malagevole e anche artificioso studiarlo in un singolo angolo del suo sapere. Le sue conoscenze non rimangono come frammenti sconnessi, vette isolate di una peregrinazione ardua, e la sua inquietudine è di unire e di fondere in un sistema ordinato e vivo quanto tiene vigile la sua mente lucida e ingegnosa.

L'unità della sua aspirazione del sapere risulta evidente anche in un problema particolare di anatomia e fisiologia, come nel capitolo relativo alla respirazione; per trattarne compiutamente occorrerebbe entrare, come egli faceva, nei numerosi altri problemi che si riconnettono più o meno direttamente a quello. E così la meccanica del respiro mentre da un lato si riattacca allo stato del sangue nel cuore e nei vasi, dall'altro si ripercuote sulla fisiologia degli intestini; e mentre la struttura e disposizione morfologica dello scheletro e della muscolatura del torace deve studiarli insieme con la conformazione scheletrica del tronco, della colonna della spina, del collo, a formare una architettura solidale, dall'altro l'apparato respiratorio è il fondamento, direi quasi il presupposto, per la formazione della voce e deve conoscersi nelle sue necessità vitali per raggiungere la costruzione di un apparecchio pratico e utile da palombaro.

Inoltre la fisiologia della respirazione doveva essere, nel concetto vinciano, oggetto di uno svolgimento ampio e accurato e richiamando le caratteristiche della sua mente sovrana, si intende questa predilezione, avendosi nel ritmo dell'anelito una delle manifestazioni più caratteristiche e sorprendenti della vita, poiché vivere è respirare. «Ancun acte, en effet, – scriveva CLAUDE BERNARD nelle sue *Leçons sur les phénomènes de la vie* – parmi ceux qu'exécute l'organisme ne présente à un égal degré ces deux attributs fondamentaux: l'universalité et la continuité. Le phénomène respiratoire est universel en ce qu'il se retrouve chez tous les êtres et dans toutes leurs parties jusqu'au plus petit des éléments ayant figure: il est continu, c'est à dire qu'il ne saurait subir d'interruption sans entraîner *ipso facto*, la suspension de la vie elle même».

In questo studio di una delle funzioni del corpo animale che più soddisfa alle esigenze delle menti speculative – onde fra poco sedurrà BERNARDINO TELESIO e ripetute volte FABRIZIO D'ACQUAPENDENTE, – LEONARDO mostra sovente l'artiglio del leone e, in complesso, dà un esame ordinato e completo della anatomia descrittiva e topografica e della fisiologia dell'apparato respiratorio.

Il suo bisogno di riflessione e di perfezione è ancor qui attivo e operoso; giammai non si sazia il suo intelletto, se il ver non lo illustra. Donde il precetto: "Farai prima ciascun articulo delli strumenti che movano, e quelli definisci separatamente, e poi li componi a poco a poco, tanto che con chiara cognizione si possa comporre il tutto». (A, folio 3 recto)¹.

Egli tuttavia non può sottrarsi al tributo di errori alle conoscenze monche e incerte del tempo suo e si risente spesso di essere al limitare della grande scoperta della circolazione del sangue, ma non di avere ancora squarciato il velo dell'iside arcana: troppi elementi e troppi dati di fatto mancavano oppure erano contraddittori perché la dottrina fisiologica del respiro – connessa intimamente a quella del moto del sangue – potesse avere quella chiarezza e quella definita concretezza raggiunta da LEONARDO in molti altri campi del lavoro scientifico.

*
* *

LEONARDO procede con metodo; anzitutto vuole dare una dimostrazione d'insieme dell'apparato respiratorio:

«La dimostrazione del costato richiede prima le semplici coste, ignude, colli spazi traforati; di poi li muscoli che si congiungano alli lor lati, colli quali insieme s'incatenano; poi li muscoli, che sopra lor si tessano, servendo alli moti dilatativi e restrittivi d'esse coste...» (B, f. 16 v.).

Quindi espone i rapporti dei varii visceri, secondo la anatomia topografica. E consiglia:

«Farai questa dimostrazione *a b c d e* polmone, fegato, milza, stomaco, diaframma, spina...».

Abbozza una struttura dei polmoni – che sarà poi descritta da MARCELLO MALPIGHI –distinguendo un parenchima proprio dalle arborizzazioni date dai rami intrapolmonari:

«La sustanzia del polmone è dilatabile e estensibile, ed è inframessa, infralle ramificazioni della trachea, acciò che tal ramificazione non si dislochi dalli lor siti; e questa tal sustanzia s'interpone in fra essa ramificazione e le coste del petto, a uso di morbida coltrice» (B, f. 37 v.).

Non ci si può rendere conto delle varie particolarità morfologiche del polmone se non disegnandolo sotto diversi aspetti:

«Farai questo polmone in prima intero, veduto per 4 aspetti, colla sua intera perfezione; di poi faralo vedere traforato, sol colla ramificazione della sua trachea, per 4 altri aspetti. Fatto che hai questo, fa il simile nella dimostrazione del core, prima intero, e poi colla ramificazione delle sue vene e arterie.

¹ Le citazioni di frammenti vinciani e le indicazioni del folio (f) della facciata (r o v) fatte senza altre indicazioni si intendono tolte dai Quaderni d'anatomia, A oppure B, a seconda dell'indicazione, conservati a Windsor.

Di poi farai per 4 aspetti vedere come si mistano le vene e arterie del core colla ramificazione della trachea; di poi fa una ramificazione di nervi, sola, per 4 aspetti, e poi la tessi in 4 altri aspetti del core e pulmone insieme giunti...» (B, f. 37 v.).

Il continuo ripiegarsi nella documentazione scientifica non gli vieta di aderire ad ARISTOTELE, il quale ha combattuto vivacemente *l'idea del vuoto, dell'inane*, ad onta degli esperimenti di LEUCIPPO e delle logomachie dell'epicureismo.

«Quando il pulmone ha mandato fora il vento, e che lui diminuisce, di quantità, per tanto quant'era il vento, che d lui uscì, allora si debbe esaminare donde lo spazio della cassa del diminuito pulmone attragga a sè l'aria, che riempie il suo accrescimento, con ciò sia che in natura non si dà vacuo. E ancora si dimanda donde, nell'accrescimento del pulmone, scacci fori l'aria del suo ricettacolo, per qual via essa aria si fugga, e fuggita che è, dove essa è ricettata» (B, f. 17 r.).

Seguiamo LEONARDO nello studio analitico della funzione respiratoria. Egli ricerca subito i fondamenti di essa, notando come le vere potenze dell'atto siano i muscoli, la cui azione può essere automatica oppure subordinata alla volontà. Il pulmone segue passivamente i moti del torace: questa è nozione galenica.

«Mostra qui quali muscoli son causa dello aliare, che si fa colli muscoli e nervi, che sono attaccati alle costole di fuori, che tirano in alto esse coste, e 'l tenerume consente». (A, f. 4 v.).

«Perché fu fatto la cartilagine *a h* giunta alla costa *h c*. Fu fatta perché la cartilagine si piegassi al moto volontario del muscolo *df*, il quale, tirando l'arco *a h c*, lo distende e cresce la corda d'esso arco, cioè lo spazio *a c*, e per l'accrescimento di tali spazi in tutto il petto si ha...» (A, f. 4v.).

Sebbene il periodo sia interrotto, in questo ordine di potenze toraciche si intravede e traluce il fondamento anatomico e fisiologico della teoria leonardesca del volo, che, affermando essere il peso non un ostacolo, ma condizione essenziale per volare, gittava con prodigiosa chiaroveggenza le basi dell'aviazione moderna.

E come l'un pensier dell'altro scoppia, negli scorci di questa prosa, LEONARDO passa ad accennare alla esistenza di ciò che oggi diciamo innervazione cerebrale del respiro.

Al VINCI è già noto come si possa modificare il meccanismo del respiro per impulsi volontari e per effetto di emozioni psichiche. Il dominio diretto della volontà si esplica sul respiro in moltissime circostanze, e in primo luogo nell'arte del canto e nel linguaggio oratorio; come, d'altro lato, si hanno modificazioni del suo ritmo in svariati stati psichici, nell'attenzione, nel lavoro intellettuale prolungato, nella fatica mentale, nelle intense e piacevoli emozioni estetiche.

Il pulmone «è mosso da altri, cioè dal primo motore, ch'è il core, il quale, nel suo ristrignersi, si tira dietro le vene, colle quale lui rende l'aria riscaldata al

polmone, e lo apre, e questo polmone si po fermare volontariamente, o per obliuione, cioè dimenticanza, per soprabbondante cogitazione; e in questo mezzo il core ritira d'esso l'aria riscaldata, che lui li dette; ma questo atto non po fare molte volte, perché, non rinfrescandosi di nuova aria, si verrebbe a soffocare» (B, f. 13 r.).

«Que' muscoli che han moto volontario e non volontario, con ciò sia che loro son quelli che aprano e serrano il polmone; aprano, quando essi lasciano il loro ufizio, cioè del raccortarsi, che in tal tempo le coste, ch'era prima tirate e costrette insieme pel raccortare di tal muscoli, allor rimangano in libertà e tornano alla loro naturale distanza, allora il petto s'allarga; perché e non si può dare vacuo in natura, il polmone, che di dentro toccava le coste, è necessario che lui seguiti il lor dilatamento; e così aprendosi il polmone, a uso di mantice, tira l'aria che riempie il suo creato spazio» (A, f. 15 v.).

Ma accanto alle intuizioni geniali, troviamo i residui di antiche dottrine, scorie ingombranti, soma passiva che graverà ancora nell'opera di DESCARTES, di SCHWAMMERDAM e di BOERHAAVE.

La ragione di ciò dipese dal fatto che quando la dottrina del cuore e del circolo sanguigno era presso che compiuta, quella dei polmoni e della loro funzione era a pena incominciata. Invero a bene intendere il moto del sangue non era necessario precedesse altra scienza, bastavano pochi dati di fatto osservati scrupolosamente e con esattezza (gli argomenti fondamentali su cui poggia il CESALPINO si riducono a pochi); mentre a rendersi ragione piena dei moti dell'aria nella respirazione e dei suoi effetti sul sangue, occorreua che precedessero la meccanica e la chimica dei corpi aeriformi, che si svilupparono fra il XVII e il XVIII secolo.

Sino al '500 s'aveua della natura dell'aria e delle sue proprietà fisiche un'idea vaga e indistinta, fra ciò che si concepisce come spirito e ciò che appare materia in senso proprio, sopravvivenza dell'antica credenza nel binomio anima-respiro.

Dovrà aversi la dimostrazione, per opera del PORTA, del KEPLER, del GALILEI che l'aria essendo pesante costituisca una materia non differente da tutta la restante, eccetto che nell'apparenza; dovranno aversi le esperienze del TORRICELLI, del GUERICKE, del BOYLE, le quali rivelarono che oltre all'essere pesante essa è elastica e perciò capace di dare tutti gli innumeri effetti naturali che parvero misteriosi agli antichi.

*

* *

Una rassegna delle opinioni di questi ultimi mostra come fosse vetusta l'origine di alcuni concetti dominanti all'epoca della rinascenza e come fosse lenta e tarda la loro caduta di fronte alle verità nuove.

LEUCIPPO e DEMOCRITO – a quanto sappiamo da ARISTOTELE nel *De anima* – presero a considerare la respirazione, ravvicinandola alla combustione. L'anima

essendo nel sistema del primo un essere igneo, forse identico al fuoco, egli considerava la respirazione come un fenomeno assolutamente necessario alla vita, poichè la vita, al pari del fuoco, abbisogna dell'aria, senza della quale si estingue. E DEMOCRITO riteneva il calore condizione essenziale della vita; nell'anima, aggregato di atomi ignei, riponeva il centro di questo calore.

ANASSIMENE immaginava l'origine di tutte le sostanze da un elemento primordiale ben definito, l'aria; da questa per processi di rarefazione e di condensazione si sarebbero formate le altre sostanze.

Alla filosofia ionica si riannodano anche, sebbene posteriori, IPPON, IDAIO e specialmente DIOGENE D'APOLLONIA. Quest'ultimo attribuisce all'aria, il corpo più sottile e che penetra dovunque, un certo raziocinio che fa sì che essa regoli le trasformazioni del mondo che sono poi le sue proprie, e che consente agli esseri che la ispirano di essere ragionevoli.

«Gli uomini e gli altri animali – egli dice – vivono respirando l'aria. E questi è per essi l'anima e la forza del pensiero e quando se ne separa, allora essi muoiono e la forza del pensiero svanisce»².

La teoria di EMPEDOCLE sulla respirazione – in ed espirazione – e sulla circolazione del sangue è ancora rude, ma fondata su uno esperimento analogico che colpisce, uno dei primi della scienza greca. La dottrina; è presentata con un esempio di grazia omerica. Come una fanciulla, se immerge una clessidra nell'acqua, questa non può entrare dal sottile beccuccio, sin che col dito si ottura l'orificio superiore, impedita dall'aria che le si oppone; così l'aria non può entrare per i pori del corpo, finchè il sangue pulsando non rifluisce nell'intimo. In tal guisa, per l'alternò flusso, respirano gli esseri e, col moto del sangue, si ricambia la vita.

Secondo EMPEDOCLE la prima inspirazione del primitivo organismo vivente si produsse uscendone l'umidità che era nel neonato, sì che l'aria esterna, per il vuoto così formatosi, entrò nella cavità dei vasi. In seguito avvenne che lo stesso calore naturale dell'organismo, tendendo ad uscire, spingesse fuori l'aria, donde l'espirazione; mentre poi, ritirandosi alla sua volta e lasciando entrare l'aria, si ebbe l'inspirazione. Pulsando il sangue verso la superficie del corpo e scacciando l'aria per le narici, con il suo afflusso produce l'espirazione, per l'uscita dell'aria, quando invece rifluisce in dietro e l'aria rientra ad occupare le cavità lasciate dal sangue, succede l'inspirazione³.

IPPOCRATE non si dà cura di ricercare quale sia la fonte del calore animale, supponendo che sia innato e insito segnatamente nel ventricolo sinistro del cuore; né presume che la respirazione valga a produrlo, dato che per essa viene refrigerato il polmone. E questo calore, che dice maggiore nei giovani, ritiene cosa immortale, quasi unificando il calore animale e lo spirito, soffio divino e principio della vita. E poichè ha questa frase: «hominis anima semper producitur

² A. MIELI, *La scienza greca. I prearistotelici*, Firenze, Libreria della Voce, 1916, cap. I.

³ E. BIGNONE, *I poeti filosofi della Grecia. Empedocle. Studio critico*. Torino, Bocca, 1916, pag. 246, 359, 471.

usque ad mortem», GALENO nei commenti all'ippocratico *De morbis popul.* pensa che vi intenda la sostanza dell'anima coincidente col calore naturale.

Similmente, senza indagarne la causa, PLATONE nel *Timeo* giudica che l'animale abbia nelle vene e nel sangue un certo calore, fonte del fuoco.

ARISTOTELE, il quale distingueva gli animali «a sangue caldo» da quelli «a sangue freddo», dal vedere che in genere quelli, fra i primi, serbano in vita un certo calore, al contrario di quelli in cui la vita è estinta, arguisce che tutto il loro corpo goda di un calore naturale. È lungi dall'ammettere che questo calore proceda dalla respirazione, così che gli animali che hanno il polmone pieno di sangue abbisognano maggiormente di respirare per porre riparo al soverchio calore e refrigerarsi. In conseguenza di ciò, egli osserva, si fa la respirazione più frequente allorquando siamo riscaldati.

PRASSAGORA considerava la respirazione come una corroborazione e con FILOTIMO la ritiene servire a nutrimento dello spirito animale. ERASISTRATO riguardava la respirazione intesa specialmente a fare che le arterie si empiano; FILISTIONE e DIOCLE la consideravano una ventilazione e refrigerazione del calore innato; ASCLEPIADE come la generazione dell'anima.

ARETEO è fra quelli che nella respirazione ammettono una cagione di refrigerazione invece che la sede del calore, essendo il cuore ricettacolo di questo. Così dopo d'aver detto che gli animali vivono di cibo e di spirito e che la respirazione soprattutto vi apporta la vita, soggiunge che i polmoni contengono in sé la causa di attrarre l'aria, che fra essi risiede il cuore – il viscere caldo e il principio della vita e della respirazione, – ciò che imprime al polmone l'impulso ad attrarre l'aria fredda.

GALENO supponeva il calore innato, che consiste nel buon sangue e giova alla conservazione di quello; la ventilazione che viene dalla respirazione, opera una moderata refrigerazione, mentre serve pure ad eliminare le parti fuliginose che ridondano e provengono dalla combustione del sangue. L'utilità della respirazione sta nella conservazione del calore innato, come quella che impedisce il calore smoderato, e nella nutrizione dello spirito, che è l'essenza dell'anima, il suo primo strumento.

I suoi seguaci riguardarono l'aria che si respira come quella che eccita il fuoco animale, per un meccanismo analogo a quello dei fornelli a vento. Ma ben diverso era il concetto di altri, che rendeva ragione del calore animale a mezzo degli urti e attriti che il sangue soffre nei vasi.

ORIBASIO dice il cuore centro e fonte del calore nativo pel quale l'animale si regge, onde esso ne tiene il luogo principale, in specie di quelle parti che servono alla vita. Con l'inspirazione si introduce aria a refrigerare e moderare il calore fervente dei polmoni; con respirazione si elimina quanto v'è di combusto e di fuliginoso.

Fra coloro che riguardano i polmoni come lo strumento destinato a moderare, anziché a produrre, il calore animale annoverato PAOLO D'EGINA: egli ritiene che nella diastole del cuore entri aria fredda dal polmone, mentre nelle

sistole si eliminano le fuliggini superflue. ATTUARIO pensa che il cuore sia il viscere più caldo, tesoro del calore naturale e della forza vitale.

Ad ogni modo il concetto di uno scambio di aria e di sangue nel *lago del cor*, scambio tutto materiale e fisico, permarrà come un solidissimo e valido pregiudizio intralciante il progresso delle nuove dottrine anatomiche:

Lo gel che m'era intorno al cor ristretto,
Spirito ed acqua fessi, e con angoscia
Per la bocca e per gli occhi uscì del petto.

(DANTE, *Purg.* XXX, 97-99).

RAIMONDO LULLO, il dottore illuminato, asseriva esistere nell'aria uno spirito vitale, che il solo vero filosofo poteva concepire, principio che di continuo si consuma nell'alimentare la vita e che dai corpi dell'universo viene incessantemente riprodotto. Se ciò non fosse, l'aria ben presto si renderebbe inetta a sostenere la respirazione degli animali.

L'ipotesi della generazione degli spiriti animali dall'aria entrata per la trachea nei polmoni, REALDO COLOMBO si lusingò di averla confortata con l'esperienza, che per primo il CESALPINO riconobbe falsa, quando asserì che l'aria insuffiata ad arte per il tubo laringotracheale non passa dalla sostanza dei polmoni nel ventricolo sinistro del cuore. L'ipotesi degli spiriti veniva così respinta e CESALPINO stesso⁴ non seppe vedere a quale altro uso dovesse entrar l'aria nel petto, se non a temperare il soverchio calore del sangue, uscito così fervente dal ventricolo destro a traverso la vena polmonare.

E v'è da pensare che anche per il genio occorra una certa preparazione dell'ambiente scientifico, affinché possa dare tutta l'opulenza dei suoi frutti. Mentre le tavole anatomiche di angiologia mostrano come Leonardo avesse, rispetto al centro della circolazione sanguigna, veduto e interpretato il vero con obiettività impressionante, ricercando nel testo troviamo delle frasi che attestano che la mentalità del loro autore non poteva sottrarsi al tormento della tradizione medievale. Così a proposito della *cagion del caldo del sangue* scrive che:

«Il caldo si genera per il moto del core, e questo si manifesta, perché quanto il cor più veloce si move, il caldo più moltiplica, come c'insegna il polso de febricitanti, mosso dal battimento del core» (B, f. 12 r.).

E dimostrando con disegni il meccanismo d'azione del cuore nota:

«Core aperto nel ricettacolo delli spiriti, cioè nell'arteria; e in *M* piglia, o vero dà il sangue all'arteria, e della bocca, *B*, si rinfresca del vento del pulmone...»

e più oltre, designando dei 'fasci muscolari che contraggono il cuore

⁴ Cfr. in proposito G. BILANCIONI, *Una controversia riaperta: Cesalpino o Harvey?* (Archivio di Fisiologia, vol. X, maggio 1912).

«... e raccorta lo spazio interposto in fra la basa e la cuspidè del core, onde lo viene a evacuare, e attrarre a sè la fresca aria» (B, f. 12 r.).

Si può veramente dimostrare tanta arte di logica impeccabile ragionando, secondo formule rettilinee sino all'assurdo, da false premesse come da vere. Che cosa era l'*orrore del vuoto* se non una premessa rispondente agli abbaglianti *idola theatri* baconiani, che i fatti dimostrarono errata? Data una misteriosa proprietà – l'*acquosità* – nessun sottile ragionamento poteva condurre a conoscere l'intima forma dell'acqua. Ammesso un *succo lapidificatore* la vera natura dei fossili come poteva esser posta in luce dalla osservazione diretta? Accettato per riverenza l'asserto degli scolastici – le funzioni dell'organismo sono determinate dalle facoltà dell'*anima sensitiva* e però indipendenti dell'organizzarsi della materia – non sarebbe stato strano e illogico muovere alla ricerca, in questa organizzazione, dell'origine delle funzioni normali e delle cause delle loro anomalie?

*
* *

In complesso le conoscenze di LEONARDO sulla fisiologia della respirazione superano per particolari e per ampiezza di disegno, nelle indagini che si era proposto, quelle dei contemporanei e dei predecessori.

Così troviamo accennata l'*aria residuale*, data dalla quantità d'aria che rimane nei polmoni dopo una massima espirazione; e dato rilievo alle escursioni *toraco-costali*, in base alla legge secondo la quale le escursioni respiratorie delle pareti toraciche sono in rapporto con l'attività funzionale dei polmoni sottostanti:

«Il polmone sta sempre ripieno d'una quantità d'aria, ancora che esso abbia sospinto fori quell'aria, che si richiede al suo esalare; e, quando si rinfresca di nuova aria, esso s'appoggia nelle coste del petto, e quelle alquanto dilata è sospigne fuori, cornesi vede e si sente, nel tenere la mano sopra del petto nel suo alitare che 'l petto cresce e diminuisce, e tanto più quando qualche gran sospiro è generato. E ha fatto la natura che tal forza si faccia nelle coste del petto, e non nel pannicolo, che termina la sustanzia del polmone, acciò che un superchio raccoglimento d'aria, per creare qualche eccessivo sospiro: tal pannicolo non si venisse a rompere e crepare» (B, f. 17 r.).

Un vero progresso dobbiamo a LEONARDO nello studio del difficile argomento, specie dal lato funzionale, dei muscoli intercostali, che dice *mesopleuri*. A dare un concetto delle controversie e delle incertezze relative a tale capitolo della fisiologia respiratoria, ricorderemo una serie di opinioni le più diverse ed opposte sostenute, a volta a volta, con appoggio di argomentazioni più o meno valide:

- a) i muscoli intercostali esterni sono espiratori, gli interni inspiratori (GALENO, BARTHOLIN);

- b) tanto gli esterni che li interni sono in - ed espiratori a vicenda (MAYOW, MAGENDIE, BURDACH);
- c) tanto gli esterni che gli interni sono inspiratori (BORRELLI, SENAC, BOERHAAVE, WINSLOW, HALLER, CUVIER, DUCHENNE);
- d) ambedue sono espiratori (VESAL, DIEMERBROECK, SABATIER, LONGET);
- e) gli esterni sono inspiratori, gl'interni espiratori, eccetto la loro porzione intercartilaginea (SPIEGEL, VESLING, HAMBERGER, HUTCHINSON).
- f) gli intercostali non hanno grande importanza come motori delle coste – VAN HELMONT E ARANZI negarono loro qualsiasi ufficio attivo e li ritennero destinati a completare la parete toracica – e servono piuttosto a regolare la tensione degli spazi intercostali e a rafforzarla durante l'inspirazione, impedendone la retrazione per l'accresciuta pressione negativa intratoracica (HENLE, MEISSNER, BRUCKE, V. EBNER, LANDOIS).

Cominciamo dalla definizione:

«Mesopleuri sono quelli muscoli li quali legano le coste insieme. E otre al legarle e impedire la loro dilatazione, esse impediscono li moti ,trasversali» (A, f. 7 r.).

Studia «l'ufizio de' mesopleuri: a li 3 muscoli, che tiran le coste in alto, direnli *tiranti*. A li 5 muscoli *c d e f*, essendo creati alla dilatation del petto, porrem nome li *dilatanti*.

Li mesopleuri sono li minuti muscoli, interposti infralle coste, dedicati alla dilatazione e attrazione di quelle d'esse coste; e questi due tali moti contrari sono ordinati per il raccorre e respirare dell'aria nel pulmone, che si rinchiude in nel costato; e la dilatazione d'esse coste nasce dalli muscoli estrinseci delle coste, che san situati per la obbliquità *m n* coll'aiuto, dei tre muscoli *o p q* li quali tirando con gran potenza le coste in alto, allargano la lor capacità, nel modo che far si vede alli ventriculi del core; ma le coste, avendo a tornare in basso, non potrebbero discendere, stando l'homo a diacere, per sè medesime, se non fussino li muscoli intrinseci, che hanno obbliquità contraria alli muscoli estrinseci, la quale obbliquità s'astende per la linia *fn*.».

«Della potenza dei mesopleuri.

L'ofizio de' muscoli esteriori è d'alzare e dilatare le coste, e son di mirabile potenza nella loro situazione; conciossia che sono stabiliti, co' loro stremi ultimi, superiori alla medesima spina, dove nascono le disnodate coste, e la loro obbliquità discende in verso l'ombelico. (B, f. 27 v.).

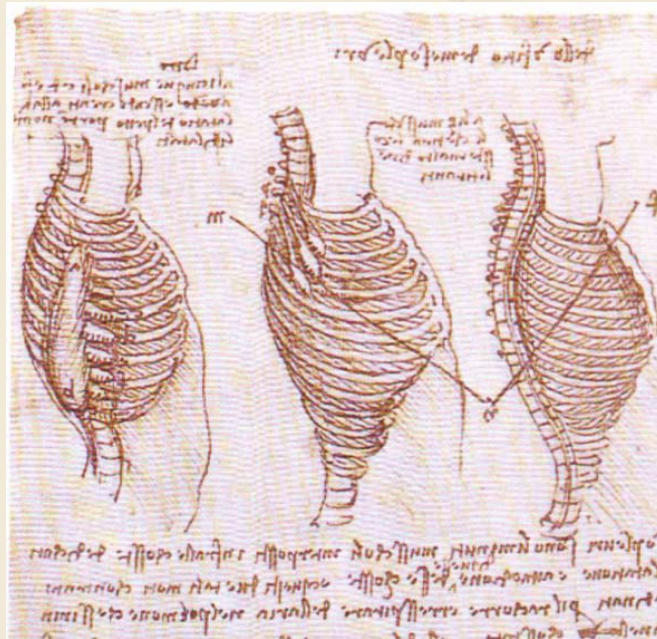


Fig. 1. – GABBIA TORACICA E POTENZE DEI MUSCOLI INTERCOSTALI
[RL 19044 v.]

Non bastano queste potenze muscolari; occorrono degli ordegni nervosi del ritmo respiratorio, provenienti dal midollo spinale.

«Delli Nervi che dan sentimento alli mesopleuri (*che escan della nuca*).

Li minuti muscoli, situati per obliquo, discendenti dalla superior parte della spina, e terminanti in verso il pomo granato, questi son detti *pleurei*, e sono interposti in frall'una e l'altra costa, sol per istrignere li loro intervalli; e li nervi, che dan sentimento a essi muscoli, hanno origine dalla nuca, che passa per la spina della schiena, e 'l lor infimo nascimento della nuca è dove la schiena confina colle reni. (B, f. 30 r.).

LEONARDO ha esteso gli studi della meccanica respiratoria agli effetti sulle parti lontane, analizzando e raccogliendo – come gli permettevano i mezzi – i dati sulle oscillazioni della pressione intratoracica e intraddominale nei due tempi del ciclo respiratorio. Condizione precipua in questi fatti è l'intervento del setto diaframmatico.

Il diaframma è il muscolo proprio dell'inspirazione contendosi tende a spianare la sua curva e si ottiene così un abbassamento, meno evidente per il centro tendineo – che aderisce al pericardio – e molto pronunciato per le parti laterali della cupola. In tal guisa aumenta il diametro verticale del torace. Le fibre costali inoltre, facendo punto fisso nel centro tendineo, innalzano le ultime sei costole, le quali si volgono nello stesso tempo in fuori producendo un aumento dei diametri trasversi del torace.

La medesima contrazione del diaframma riduce l'ampiezza del cavo addominale, i visceri sono sospinti verso la parte anteriore dell'addome; e, comprimendo le radici della vena porta, favorisce il circolo addominale. Il diaframma interviene nel riso, nel singhiozzo, nello sbadiglio e in ogni atto che richieda sforzo (defecazione, vomito).

«Quando, co' muscoli trasversali del corpo, si prieme fori le superfluità delle intestine, essi muscoli non farebbon bene, nè con potenza, il loro ofizio, se il polmone non si empiessi d'aria; imperò che, non essendo esso polmone ripien d'aria, egli non empie di sè tutto il diaframma; onde tal diaframma resta lento, e le intestine, premute dalli detti muscoli, trasversali, si piegano inverso quel sito, che li dà loco, il quale sarebbe lo diaframma. Ma se tal polmone starà pieno tutto d'aria, e che tu non li dia esalazione di sopra (per la bocca), allora il diaframma sta tirato e duro, e resiste al montare in alto le intestina, premute dalli muscoli trasversali; onde, per necessità, le intestine sgombrano per lo intestin diretto, gran parte della superfluità, che in esso si rinchiude». (B, f. 14 v.).

«Il raccortare e stendersi che fanno li già detti muscoli son causa di dare il continuo moto alle fecce delle intestine. Pruovasi: $a b c d$ è, lo spazio dove sta il polmone nel petto; $b a$ e $b c$ son le coste del petto, le quali aprano e serrano lo spazio $a c$. Com'è detto di sopra, nell'aprire esso spazio $a c$, la diaframma, pannicol grosso, che s'interpone infralle intestine e 'l polmone, pella dilatazione delle coste si viene a dirizzare, e così dirizzandosi, diminuisce lo spazio $a d c e$, nel qual si serra le predette intestine; e così diminuendo e crescendo detto spazio, le intestine ancora loro crescano e poi diminuiscano, quando son premute; e questo modo dura quanto la vita» (A, f. 15 v.).

È strano come dopo avere ammesso che il diaframma, con la sua discesa, fa da torchio sul pacco intestinale, LEONARDO ammetta, che il polmone non aumenti che il suo diametro trasversale:

«La diaframma, cioè il pannicolo grosso, che sta sotto le punte del polmone, non è alterato, né in alcuna parte sospinto dallo accrescimento del polmone, perché tal polmone cresce per latitudine, e non per la sua lunghezza, se già esso diaframma non fussi sospinto dal vento, ovvero aria, che dà loco allo accrescimento del polmone, che allora sarebbe possibile che la diaframma, sospinta dall'aria, dessi loco al suo accrescimento, e lei spingessi, il fegato, e 'l fegato lo stomaco, al quale lui fa coperchio, e così seguirebbe lo spignimento di tutte le intestine, e questo continuo, moto verrebbe a causare con tanta maggior celerità, lo sgomberamento, delle intestine, quanto l'esercizio nell'omo fusse fatto con maggior veemenzia. (B, f. 17 r.).

Probabilmente l'ultimo asserto del VINCI è da riferire al fatto che egli non si è liberato di una tenace opinione galenica, che cioè esista uno strato d'aria tra la parete del torace e i polmoni:

«...L'accrescimento del polmone, quando s'empie d'aria, è latitudinale, e non per la sua lunghezza, come veder si po nel gonfiar il polmone d'un porco; e

l'aria, che s'inframmetta infra el polmone disgonfiato e le coste che 'l circondano, nel crescere del polmone, si fugge nella parte di sotto, in fra 'l polmone e 'l diaframma, e fa gonfiare esso diaframma allo 'n giù, contro allo stomaco, donde esso stomaco, essendo premuto, manda le cose da lui contenute dentro alle intestine.

Ancora essa aria, premuta in fra 'l polmone e 'l diaframma, s'appoggia nella cassa, che veste il cuore, e quel poco omore, che sta nel fondo d'essa cassa, s'innalza e bagna tutto il cuore, e così al continuo, con tal bagnare, inumidire l'infocato core, e fa che esso non dissecca per lo tanto moversi» (B, f. 17 r.).

In queste ultime righe si allude al liquido pericardico; anche quando, nelle autopsie, se ne rinveniva una notevole quantità, non era ritenuto un trasudato o un essudato, un prodotto cioè patologico, ma un fluido che avesse il compito di agevolare la funzione cardiaca.

*
* *

Accanto ai gruppi muscolari precipui nell'atto della respirazione, vi sono delle potenze ausiliari che intervengono in date contingenze. Determinate le potenze muscolari in - ed espiratorie, dalle quali dipende la dilatazione e il restringimento ritmico del cavo toracico, LEONARDO ha cercato di discernere quali tra esse intervengono ed hanno azione preponderante durante il ritmo respiratorio ordinario e quali entrano in gioco nel ritmo forzato.

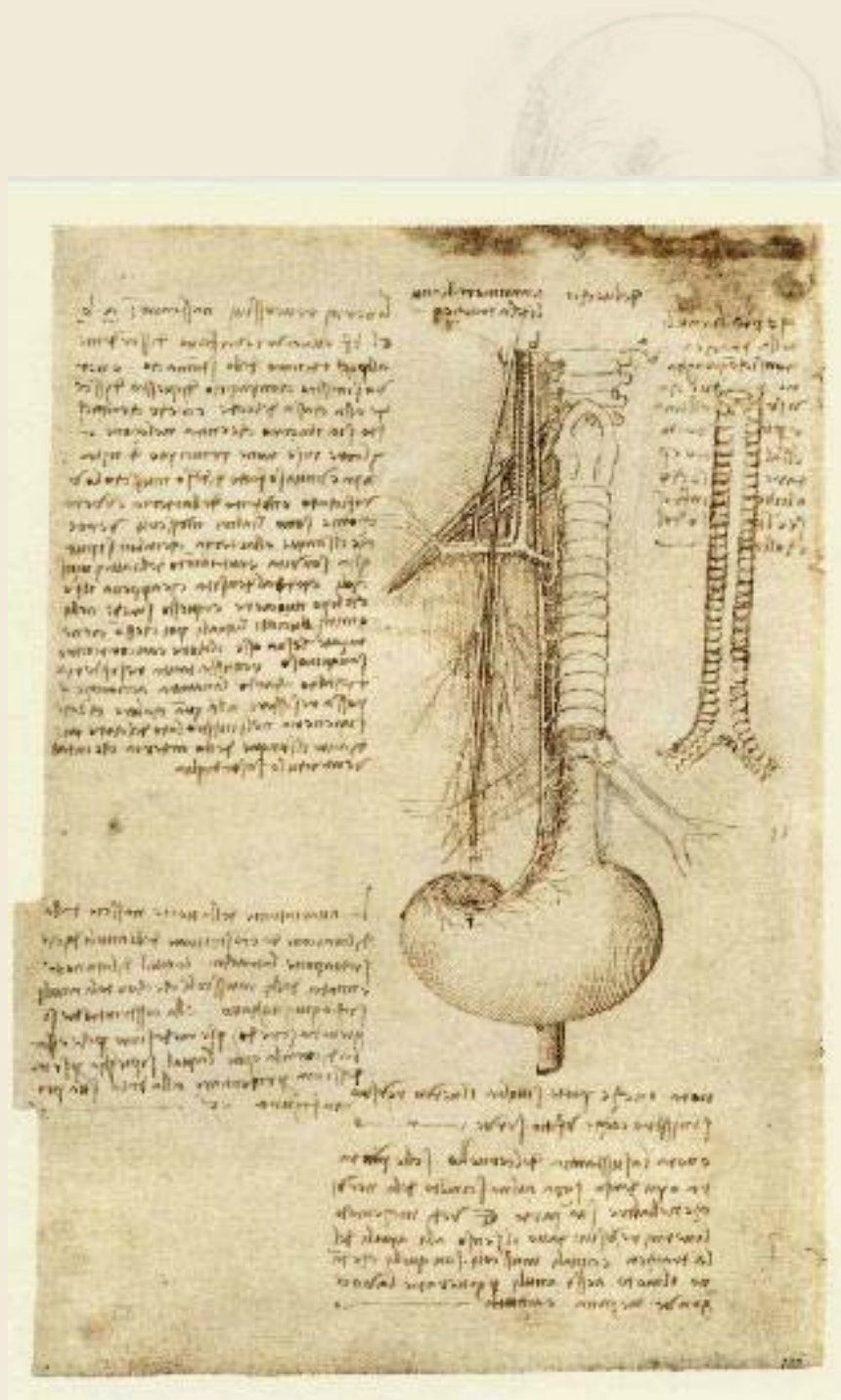
In quest'ultimo debbono avere còmposito importante i muscoli della cintura scapolare e del collo:

«Del sommo alzamento e abbassamento delle spalle, che diserve al moto delle coste. Perché il sommo alzare e abbassare delle spalle, mediante li muscoli del collo, stabiliti nelli spondili della sua spina impedisce, alzandosi esse spalle, il moto delle coste nel loro discenso» (B, f. 16 v.).

«Li Nervi, aver muscoli; nati alli ultimi spondili del collo, servano all'anelito, quando l'omo sta diritto, e servano a esso anelito insieme colli muscoli che nascono nell'ultimo spondile de la spina del dorso, e l'operazione di questi muscoli del petto che sono *o r, o t, o q*, congiunti alla punta della spatola *o*, la qual punta si posa sopra la fronte dell'aiutorio h...» (A, f. 14 v.).

Vuole armonizzare e innestare lo studio morfologico del torace con quello dell'impalcatura architettonica dell'intero edificio scheletrico nel suo tratto superiore e accanto alla figura in cui delinea l'impianto dei muscoli del collo e del torace, avverte:

«Falla due tanti maggiore, colla medesima grossezza di coste e muscoli, e sarà più intelligibile.



*Fig. 2. – DECORSO DEI NERVI VAGHI E DEI REVERSIVI:
I PRIMI MERITANO VERAMENTE IL NOME DI PNEUMOGASTRICI.*

«Ancora questa figura sarebbe confusa, se prima non facessi il meno 3 dimostrazioni, innanzi a questa, di simili fili; delle quali dimostrazioni, la prima, debbe essere delle semplici ossa, di poi seguiti li muscoli che nella tetta nascano sopra le coste, e in ultimo li muscoli che nascano della torace insieme colle sua coste, e in ultimo questa qui di sopra.» (A, f. 4 v.).

In queste ricerche trae elementi di conoscenza, e di raffronti dallo studio – insieme scientifico e pitorico – degli atteggiamenti del corpo umano, nelle diverse posture dinamiche della figura dell'uomo nel lavoro manuale. Inoltre trae partito da considerazioni generali sulla fisiologia dei muscoli, come quando scrive:

«Delli muscoli quasi universalmente accade che lor non movano il membro dove sono stabiliti, ma movano il membro dove il nervo partorito dal muscolo si congiunge, eccetto quel che alza e move il costato in servizio dello anelito.

«Tutti questi muscoli son sollevatrici delle coste, e la sollevazion delle coste son dilatazion del pecto, e la dilatazion del petto è ampliacion del polmone, e l'ampliacion del polmone è attrattiva dell'aria, la qual per bocca penetra nell'aumentata capacita d'esso polmone. (A, f. 16 v.).

Nella respirazione forzata adunque entrano numerosi muscoli accessori – quali gli sterno-cleido-mastoidei, i pettorali, gli scaleni, i trapezi, i dentati, gli estensori della colonna vertebrale e intervengono attivamente quelli che servono ad abbassare la laringe, a dilatare la glottide, i muscoli del palato, delle fauci e il dilatatore delle pinne nasali:

Ricerca i muscoli dilatatori dell'ala del naso – raccomanda LEONARDO, soggiungendo poi: «Guarda se il muscolo che alza le anari del cavallo, è il medesimo che sta qui all'omo in *f*, che esce de' il foro dall'osso» (A, f.13 v.).

*

* *

Tutto questo studio anatomico e fisiologico della respirazione è connesso intimamente al problema della voce, poiché l'aria espirata è l'agente meccanico di quella. Sebbene qui non possa, entrare in tale questione, che ha formato, oggetto di uno studio a sè⁵, pure desidero, riferire un breve passo in cui, schematicamente è posto il problema anche dal punto di vista sperimentale:

«Regola a vedere come si genera il suono della voce nella fronte della trachea. La qual s'intenderà col separare essa trachea insieme col polmone dell'uomo, el qual polmone, empiuto di vento, e poi serrato con prestezza, subito si potrà vedere in che modo la fistola ditta trachea generi essa voce; e questo si vedrà e sentirà bene 'n un collo d'un cecere od'un'oca, la quale spesse volte si fa cantare poi che è morta» (A, f. 3 r.).

⁵ G. BILANCIONI: *L. da V. e la fonetica biologica* (Nel volume *Per il IV Centenario della morte di L. da V.*, Bergamo, 1919, p. 159).

Senza volere deformare o forzare nell'ambito di nostri concetti, i lineari e sobri appunti del VINCI, dobbiamo infine aggiungere che da essi risulta come egli distinguesse la respirazione nasale dalla boccale. Si è discusso ampiamente, si può dire sino ai nostri giorni, intorno a queste due modalità del respiro, da fisiologi e da patologi, che non dovrà meravigliare se in LEONARDO v'è su ciò poco più di un rapido cenno:

«Quando s'inghiotte o manda giù il boccone, e non si può alitare» .

«Non si può inghiottire e alitare o fare voce 'n un medesimo tempo.

«Nè si può alitare per il naso e per la bocca 'n un medesimo tempo; e questo prova chi voi sonare un zufolo over fiuto col naso e un con bocca in pari tempo.

«Se tirarai il fiato pel naso e lo vorrai mandar fuori per bocca, tu sentirai il sono che fa il tramezzo, cioè il pannicolo in...». (A, f. 3 r.).

In queste righe v'è pure in embrione la dottrina dei riflessi delle prime vie respiratorie. Il meraviglioso meccanismo per cui nell'atto del deglutire la glottide si chiude non poteva non impressionare LEONARDO:

«Entra ed esce l'aria per la bocca *d*, e quando il cibo passa sopra il ponte *n*, e' potrebbe caderne qualche particella per la bocca *d* e passare per *c*, che sarebbe mortale; ma la natura ha ordinato li sacchi *a b*, li quali ricevano essa particula e la vengano a riservare, insine che, col tossire, il vento, che esce con impeto de' polmoni per la via *c*, si raggira, spinge le gocce premute dalla pariete de' sacculi *a b*, per la via *d*, e così si scatta essa materia nociva for del suo sito» (A, f. 3 r.).

Da queste carte vinciane l'eccitazione a pensare è continua: un commento genera l'altro e il lievito della meditazione si trasmette. Dall'esame fisiologico del respiro il VINCI è portato a considerare delle interessanti correlazioni o inibizioni funzionali tra il primo tratto dell'apparato digerente a quello respiratorio e fonatorio. Per un mirabile congegno la glottide si chiude nel momento in cui si inghiottisce; e un istinto provvido vuole che noi non respiriamo nell'atto della deglutizione. Meno noto si è che ogni movimento di deglutizione è immediatamente seguito da un'espiazione per le fosse nasali, a cui naturalmente segue l'atto inspiratorio.

Nelle sequele degli argomenti degni di meditazione LEONARDO è minuto e preciso e vi comprende molti atti del segmento respiratorio:

«Figura donde diriva il catarro

Le lacrime

Lo starnuto

Lo sbavaglio

Il tremito

...

Del singhiozzo ...» (B, f. 21 r.).

Questi propositi di studio di riflessi così importanti fra le prime vie respiratorie (specialmente il naso) e il diaframma, a mezzo di particolari fibre

nervose, saranno completati da conoscenze posteriori di anatomia e di fisiologia, insospettate all'epoca della rinascenza. Esse appariranno ordinate nel *Ragguaglio sulla starnutazione* del COTUGNO, il quale fece incidere in rame un cane aperto, in cui si scorgeva il diaframma in convellimenti per il riflesso starnutatorio suscitato dalle barbe di una penna introdotta nelle narici.

*
* *

L'aria, secondo il VINCI, è una specie di fluido che ravvolge la sfera della terra e dell'acqua; essa «in se é condensabile e rarefattibile inverso lo infinito e quanto più si prieme, più pesa in fra l'altra aria».

Questo elemento presenta notevoli analogie con l'acqua:

«movesi l'aria come fiume e tira con seco li nuvoli si come l'acqua corrente tira tutte le cose che sopra di lei si sostengono».

LEONARDO aveva un concetto sufficientemente esatto sull'azione dell'aria nella respirazione che, anticipando LAVOISIER, paragona alla combustione:

«dove l'aria non è proporzionata a ricevere la fiamma, nessuna fiamma vi può vivere, nè nessuno animale terrestre o aereo... Dove non vive la fiamma, non vive animal che aliti».

E nel paragone istituito fra il mondo e il corpo dell'uomo – vero microcosmo – non riesce a difendere il suo pensiero dall'ossequio verso gli errori vigenti per la mancata conoscenza del circolo sanguigno:

«...se l'omo à in sè il lago del sangue, dove cresce e discescìe il polmone nello alitare, il corpo della terra à il suo oceano mare, il quale ancora lui cresce e discescìe ogni sei ore per lo alitare del mondo...».

Ad ogni modo appare forse ingiusta e inopportuna l'osservazione che l'AMORETTI nel *Ragionamento intorno ai disegni di Leonardo da Vinci* compresi nella raccolta del GERLI fa a proposito di un apparecchio da palombaro – di cui, com'è noto, LEONARDO ingegnosamente si occupò, – che volle modificare

per mezzo d'una maschera ampia che contenesse una quantità d'aria. Egli non sapea forse allora che l'aria respirata presto si vizia, e perde la respirabilità...».

Con il paragone balenato al suo spirito, LEONARDO apre un'era nuova della fisiologia, che culminerà con LAVOISIER, nella dottrina della combustione mediante l'ossigeno.

“Le plus grand physiologiste du XVIII siècle, HALLER, d'une érudition prodigieuse, après avoir cherché quelle était la raison d'être de la respiration, dit: Plus je cherche la cause de la respiration, plus je me convains que c'est pour faire passer de l'air par le larynx, organe vocal.”

“La chaleur, disait HALLER, a son origine dans le coeur. Comment? Pourquoi? Il ne s'évertue par à le rechercher. Il dit *calor insitus in corde*, et cela lui suffit. D'autres auteurs, comme MARTINE, faisaient venir la chaleur du frottement des globules du sang contre la paroi des vaisseaux. Vous voyez quel abîme entre ces idées absurdes et la clarté qu'a apportée LAVOISIER !”

Con intima gioia riferiamo queste parole di un recente discorso di RICHET su *Les maitres de la physiologie*, poiché, pur senza nominarlo apertamente, vi è contenuto il più grande elogio della intuizione del nostro.

PROMETEO non ha acceso al sole la sua face; gli esseri viventi ricevono invece di continuo il fuoco che alimenta la loro vita dall'aria che li circonda e che essi scompongono e ricompongono.

Con la felice e balda imagine della fiamma, che lingueggia e sussulta, LEONARDO ha coronato degnamente il quadro che si era proposto quando, nel primo folio dell'anatomia, nell'indice delle funzioni vitali del corpo umano, poneva la “causa dell'alitare”.

Roma, Università, Maggio 1919.

GUGLIELMO BILANCIONI.