

ELEMENTI DI INNOVAZIONE DIDATTICA NELLO STUDIO DEL «CUORE» AL LICEO SCIENTIFICO Un approccio storico, anatomico, fisiologico (1)

di Marina Minoli *

Un percorso didattico sul cuore e il sistema circolatorio, svolto nella quarta classe di un liceo scientifico.

Innovativo perché consapevole dei diversi approcci con cui si può studiare un organo del corpo umano - tenendo presente la complessità strutturale e funzionale e le interrelazioni con altri sistemi, garanzia del buon funzionamento dell'organismo.

Innovativo perché «reintroduce» nel lavoro scolastico la dimensione storica, fondamentale per comprendere i passi con cui procede la scienza, rivisitando le scoperte man mano realizzate.

Come abbiamo documentato più volte in questa rivista, il riferimento al cammino di una disciplina dà significato a informazioni complesse che, altrimenti, sarebbero solo memorizzate. Anche dal punto di vista del metodo sperimentale che, alla nascita della anatomia e della fisiologia, mostra la sua enorme potenzialità.

* *Biologa dell'Ordine Nazionale, titolare della cattedra di Biologia e Chimica presso il Liceo Scientifico "Marconi" di Chiavari. Esperta di comunicazione scientifica e didattica delle scienze*

È possibile realizzare un percorso didattico per guidare in modo coinvolgente studenti liceali allo studio dell'anatomia e fisiologia del sistema cardiovascolare?

È la domanda dalla quale è partita la sfida che ho affrontato nell'attivare una proposta di lavoro orientata a superare un apprendimento dell'anatomia di tipo mnemonico-nozionistico.

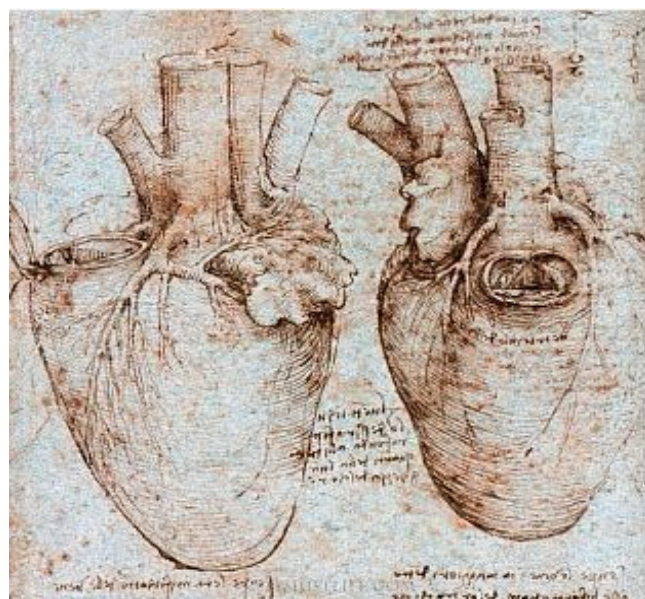
L'anatomia e la fisiologia affascinano molto gli studenti anche perché richiamano pregresse conoscenze di biologia cellulare, ma il rischio è di rendere noioso lo studio proponendo approcci che mirano a comunicare un elevato numero di termini scientifici e non la complessità dei sistemi biologici.

Continuando anche in questo caso la mia ricerca didattica, ho ideato per le classi quarte di liceo scientifico un percorso di formazione interattivo e multidisciplinare che propone una visione dinamica del corpo umano, orientato a creare competenze sulla salute, utili anche per scelte individuali future.

D'altra parte, nel secolo XVI, a partire da Leonardo da Vinci, si afferma un atteggiamento nuovo nello studio del corpo umano: l'osservazione diretta, la ricerca della comprensione della struttura interna del corpo. Perciò, dal punto di vista del metodo sperimentale, la nascita della «scienza anatomica» e, parallelamente, gli inizi della fisiologia sono un'occasione interessante per formare la capacità di riflessione degli studenti.

La realizzazione di questo percorso è stata anche per me una costruttiva modalità di aggiornamento che mi ha portato a studiare e selezionare opportune fonti scientifiche, a confrontarmi con il mondo della ricerca, a realizzare nuove azioni nel quotidiano lavoro di insegnamento.

Secondo le recenti indicazioni ministeriali, in termini di aggiornamento professionale, il percorso può essere considerato una «unità formativa» caratterizzata da un coerente sviluppo di differenti e integrate azioni di aggiornamento scientifico-metodologico *learning by doing*.



Disegno di Leonardo da Vinci che riproduce in modo accurato la forma delle camere, le valvole e i vasi coronarici del cuore umano studiati negli anni tra il 1511 e il 1513

Il lavoro complessivo è stato impegnativo perciò la sua descrizione sarà suddivisa in due parti: in questa prima parte illustro i concetti e le attività legati all'impianto storico, nella seconda parte illustrerò più ampiamente i riferimenti a teorie e scoperte recenti.

A documentare che è possibile coniugare il nuovo e l'antico, la storia della scienza e le moderne acquisizioni scientifiche relative al sistema cardiovascolare.

I passi di un approccio «integrato» allo studio del cuore

Per rendere gli studenti protagonisti attivi mentre conoscono il cuore e la sua fisiologia, non si può rifarsi a una sequenza di azioni codificata e predefinita, ma occorre una flessibilità procedurale che avvii l'acquisizione operativa dello specifico linguaggio scientifico.

In particolare, nell'ottica di un lavoro che tenga conto delle diverse discipline e dei diversi approcci metodologici con cui si studia e si è studiato il sistema cardiovascolare, occorre promuovere lo sviluppo di competenze nell'integrare, confrontare, individuare relazioni e che tengano conto anche dei principi di base delle scienze chimiche, fisiche e biologiche fondamentali per comprendere la fisiologia del cuore.

In questo tipo di atteggiamento trova spazio - non casualmente, ma in modo attentamente programmato e guidato - la lettura di saggi scientifici, anche internazionali, per analizzare alcuni moderni aspetti dell'anatomo-fisiologia del cuore.

Per educare alla consapevolezza personale ho utilizzato la strategia, già sperimentata positivamente in altre occasioni, degli studenti «attori» che si documentano nella letteratura scientifica e rielaborano e presentano i risultati dei propri lavori.

Un passo ulteriore, scelto e cercato, è la partecipazione a un seminario scientifico universitario: non incontro casuale con la scienza, ma intenzionale; anche in questo caso, obiettivi e contenuti dell'iniziativa sono stati co-progettati con il fisiologo cellulare.

Lo scopo prioritario di tutto il percorso è stato quello di guidare ad «acquisire», in modo graduale, con il metodo della scoperta, conoscenze scientifiche interconnesse, continuando a chiedersi dei «perché», a porsi domande che educano a pensare e ragionare in relazione anche al proprio vissuto culturale.

Ovviamente, perché questo percorso veda l'attiva partecipazione degli studenti, deve essere integrato in modo armonico nella tempistica del lavoro di classe e sempre mantenuto a un livello adeguato all'età, alla capacità di comprensione, alla tipologia delle singole classi e delle situazioni.

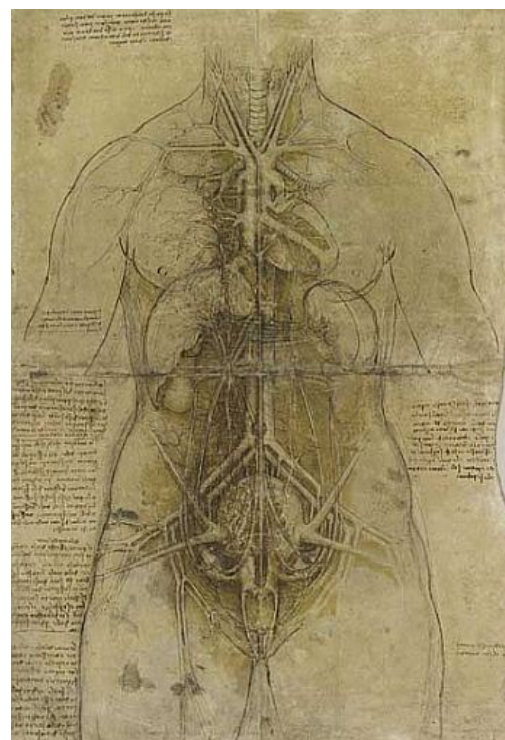
Una rivisitazione storica delle conquiste scientifiche

Ho avviato il percorso dopo avere trattato con le classi lo studio dell'equilibrio chimico, le teorie acido-base ed elettrochimica trattando sia in modo teorico sia in modo sperimentale la pila di Volta e la pila Daniell, il processo di elettrolisi, quindi i concetti di forza elettromotrice, spontaneità o non spontaneità di un processo chimico.

Come portare gli studenti a capire che principi di base della chimico-fisica sono alla base della comprensione di alcune fondamentali funzioni del vivente, individuando anche relazioni tra differenti scienze troppo spesso presentate in modo frammentato e nettamente separato?

Non si tratta di «chiudere» la programmazione di chimica per «aprire» quella di biologia, ma di studiare un sistema come quello cardiovascolare, e la conducibilità elettrica del cuore, partendo dalle ricerche storiche sulla corrente elettrica nei viventi e non viventi eseguite nel passato.

L'obiettivo didattico-scientifico è stato quello di «far parlare» gli scienziati che, grazie a numerosi tentativi e accesi confronti, per esempio tra i seguaci di Galeno di Pergamo e quelli di William Harvey, hanno condotto a comprendere la struttura anatomica e la fisiologia del cuore.



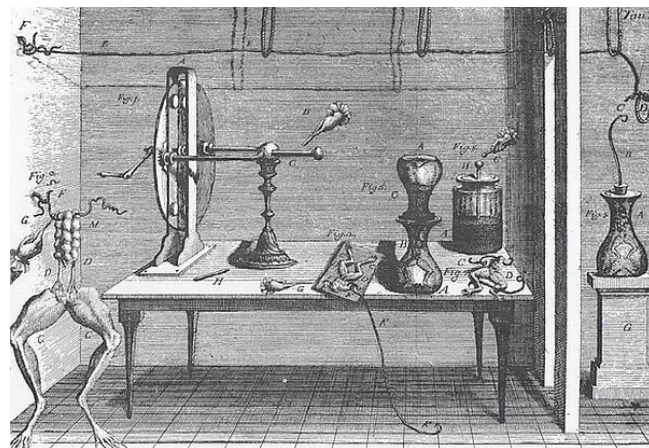
Il disegno, tracciato da Leonardo da Vinci tra il 1509 e il 1510, rappresenta il sistema cardiovascolare e gli organi principali del corpo di una donna

L'analisi di esperimenti storici ci ha reso consapevoli che le conquiste scientifiche sono raramente il risultato di improvvisazioni, ma sono l'esito finale di idee, continui confronti, in alcuni casi vere diatribe, rimodulazioni sperimentali: alternanza di successi e sconfitte che dovrebbero stimolare a rimettersi in gioco con nuove progettualità.

Abbiamo iniziato dalle intuizioni di Luigi Galvani sull'elettricità animale leggendo le descrizioni degli storici esperimenti con le rane e le vivaci narrazioni dei contrasti iniziali tra Galvani e Alessandro Volta e in conclusione abbiamo visto come la scienza arriva a concludere che ogni cellula si comporta come una microscopica pila.

Abbiamo preso in considerazione e ripercorso in laboratorio alcune fasi del lavoro sperimentale dei due scienziati costruendo anche, con materiale povero, la storica pila di Volta.

Gli studenti «attori» si sono poi immedesimati nelle idee di Galvani o di Volta e sono stati protagonisti e interpreti nella «ricostruzione» di un attivo confronto dialettico tra i due scienziati.



Ricostruzione del laboratorio di Luigi Galvani

Le basi sperimentali della disputa tra Luigi Galvani e Alessandro Volta

Nel 1791 Luigi Galvani, anatomista e fisiologo bolognese, pubblica le sue scoperte nel *De viribus Electricitatis In motu Muscolari commentarius*, nel quale afferma, in seguito a numerosi e accurati esperimenti sulle rane, che il muscolo è in grado di accumulare e rilasciare energia elettrica come una bottiglia di Leida.

Galvani è convinto che esista un'elettricità «animale», che si origina negli animali, indipendente da stimoli esterni, «fisici», provocati per esempio dai metalli. Utilizzando bacchette di vetro, pone a contatto due nervi della rana e ottiene una contrazione muscolare.

Dimostra così che l'eterogeneità non è necessaria per la produzione di energia elettrica, poiché i due nervi sono omogenei.

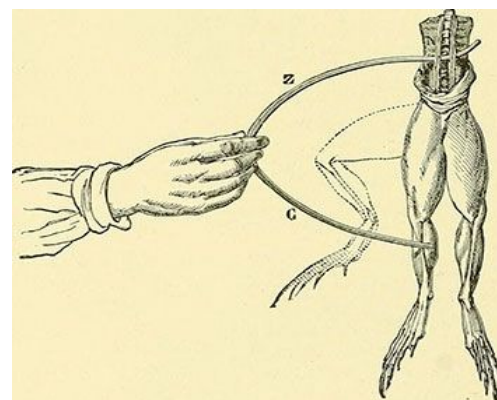
Ipotizza quindi che il muscolo della rana sia un serbatoio dell'elettricità che fluisce attraverso i nervi, e che funzioni come una bottiglia di Leyda, che si scarica al contatto tra armatura interna (i nervi ne costituiscono l'elettrodo) ed esterna (superficie dei muscoli).

La metodologia di Galvani è rigorosamente sperimentale: i suoi esperimenti sono facilmente riproducibili e suscitano l'interesse anche di Alessandro Volta, fisico dell'Università di Pavia, che passa da un iniziale entusiasmo a una profonda critica. Nel 1792 Volta formula la «teoria speciale del contatto» in cui, confutando l'elettricità animale, afferma che l'elettricità si genera tra metalli (conduttori di prima classe) di specie diverse nel punto di contatto tra essi e i conduttori di seconda classe (umidi).

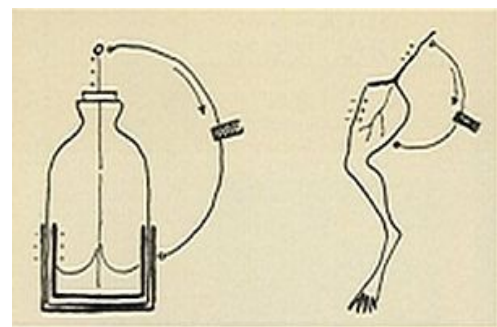
Volta nega un'elettricità specifica del mondo animale e, utilizzando una strumentazione originale (l'elettrometro condensatore) riesce a misurare il potenziale di contatto. Per Galvani le rane sono generatori di elettricità, per Volta sono solo dei rivelatori dell'elettricità prodotta nel contatto tra conduttori di specie diversa.

Nuovi esperimenti dei galvaniani mostrano che le contrazioni avvengono anche senza metalli, ponendo semplicemente in contatto i nervi crurali con i muscoli delle zampe delle rane, ma Volta replica sostenendo che l'elettricità si può generare anche dal contatto tra soli conduttori umidi (come nel contatto tra nervi e muscoli). E arriva, alla fine del 1799, a inventare la pila.

«I problemi affrontati da Galvani e Volta erano e sono estremamente complessi. A tutt'oggi la spiegazione della pila richiede sia la teoria del contatto che quella elettrochimica, la biofisica è in continua evoluzione e i paradigmi della fisica e quelli della biologia sono ancora, in parte, in contrasto: nonostante la biologia molecolare, la differenza tra un'entropia in aumento secondo la fisica ed un'evoluzione verso forme più complesse di organizzazione secondo la biologia permane. In ogni epoca la controversia tra Galvani e Volta ha avuto qualcosa da insegnare, oggi ci illumina sulla possibilità di interpretazioni alternative, sulla fertilità, anche prolungata nel tempo, di alcuni programmi di ricerca, sul rapporto tra riduzionismi ed approcci interdisciplinari.» (cfr.: Fabio Bevilacqua, *La controversia Galvani-Volta*, pagina 18, ppp.unipv.it/silsis/Pagine/PDF/contrVG.pdf).



I tentativi di Luigi Galvani di provare l'esistenza della «elettricità» animale mediante la contrazione delle cosce di rana



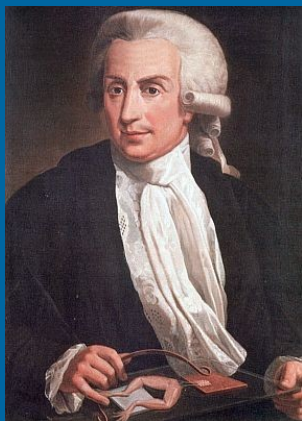
Esperimento di Galvani senza conduttori esterni. Confronto con bottiglia di Leida (Da M. Sirol, *Galvani e le galvanisme*,

Galvani e Volta a confronto, gli studenti si immedesimano negli scienziati

Immedesimarsi nelle idee degli scienziati, individuare in esse punti di forza e debolezza, per presentarle in un confronto dialettico: una vera confutazione scientifica tra studenti protagonisti.

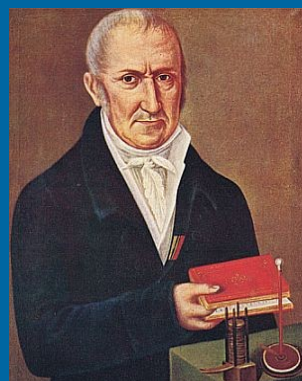
Partendo da letture scientifiche guidate effettuate in classe, gli studenti hanno scelto di interpretare Galvani o Volta, privilegiando approfondimenti specifici relativi soprattutto ai differenti esperimenti effettuati dai due scienziati.

Il primo passo è stato una breve analisi delle rispettive biografie e pubblicazioni principali.



Luigi Galvani, nato nel 1737, laureato in medicina e in filosofia, nel 1766 diventa professore di anatomia nell'Accademia di Bologna dove insegna in seguito anche ostetricia; dal 1783 si occupa prevalentemente di elettrofisiologia. Nell'aprile 1798 viene privato della cattedra per non aver voluto giurare fedeltà alla Repubblica Cisalpina; reintegrato, muore però il 4 dicembre dello stesso anno.

*Luigi Galvani (1737-1798).
Ritratto di autore sconosciuto*



Alessandro Volta, nato nel 1745, abbandona presto gli studi, ma a soli diciotto anni è già in contatto con i maggiori esperti europei di elettricità. Nel 1778 è nominato professore di Fisica Sperimentale all'Università di Pavia. Diversamente da Galvani viaggia molto e mantiene una fitta corrispondenza con numerosi scienziati. Nel 1794, la *Royal Society* gli conferisce la medaglia *Copley* per l'interpretazione dei fenomeni galvanici del 1792. Nel 1801 a Parigi riceve una medaglia d'oro da Napoleone per l'invenzione della pila. Nel 1819 si ritira a Como, dove muore nel 1827, a ottantadue anni.

Alessandro Volta (1745-1827)

In seguito si sono definite (nelle due classi quarte in cui insegno) coppie di lavoro Galvani-Volta: studenti che devono sostenere con forza di convinzione comunicativa le idee dello scienziato scelto, proponendo critiche all'antagonista che deve rispondere in modo argomentativo.

È stata una sorta di semplice «teatro scientifico» nel quale tutti gli studenti, anche coloro che normalmente manifestano incertezze espressive, hanno esposto con entusiasmo il lavoro svolto.

Per orientare la rielaborazione ho suggerito agli studenti una serie di domande tra cui, per esempio: In quale contesto storico e con quali premesse si inseriscono gli esperimenti di Galvani? Quali obiezioni pone Volta alle conclusioni di Galvani? Quali modifiche sperimentali sono attuate da Galvani e Volta per dimostrare la validità delle proprie teorie?

Come esempio riporto la riflessione presentata da uno studente in risposta alla domanda: Come è possibile reinterpretare oggi, alla luce delle attuali conoscenze scientifiche, i principi di Galvani e Volta? Esiste una contrapposizione reale tra le idee dei due scienziati?

«Galvani e Volta riescono definitivamente a dimostrare le proprie conclusioni attraverso significativi esperimenti, grazie ai quali al giorno d'oggi si sa che entrambi avevano ragione.

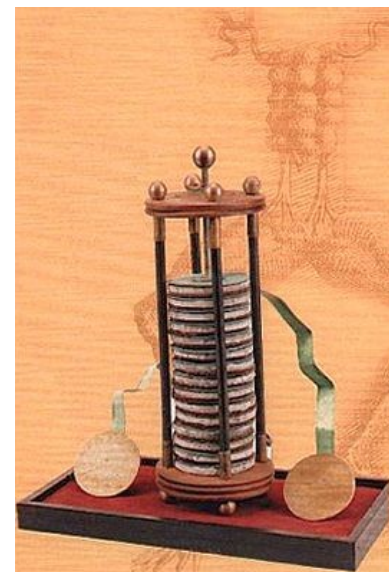
Volta costruì la prima pila: una pila di dischi di rame e zinco separati da dischetti di cartone imbevuti in acqua salata. Se la colonna era abbastanza alta, essa veniva scossa: aveva dimostrato la necessità di metalli eterogenei e conduttori umidi per la produzione di energia elettrica.

Alla luce delle moderne conoscenze scientifiche, gli scienziati ritengono che non esista divario tra le opinioni di Volta e Galvani e che i loro esperimenti siano, in realtà, complementari.

Entrambi commisero degli errori perché Volta non si era accorto che ciò che stava osservando erano reazioni chimiche di ossido-riduzione e Galvani riteneva che ci fosse qualcosa di completamente diverso nell'energia biologica.

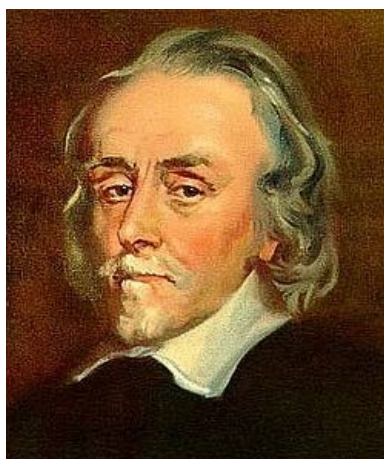
Galvani aveva, però, inteso quello che anni dopo gli scienziati hanno in qualche modo confermato: ogni cellula del nostro organismo funziona come una pila di Volta.

I dischi imbevuti di sale sono assimilabili alle membrane, lo zinco e il rame agli ioni all'interno o all'esterno della membrana (separazione di carica). La contrazione è, pertanto, dovuta a corrente elettrica che scorre attraverso il sistema nervoso e non a una eterea forza vitale.»



Ricostruzione moderna della pila di Volta. L'immagine è tratta dal catalogo della mostra 1799 e la corrente fu. Duecento anni dalla pila di Volta (cfr. ppp.unipv.it e meetingrimini.org)

Harvey e i galenisti: contrasto di idee



William Harvey (1578-1657)

Una riflessione insieme agli studenti sulla citazione di William Harvey: «Tutto quello che sappiamo è infinitamente meno di quello che ci rimane da conoscere» ha aperto il mio lavoro di lettura alle classi del capitolo *I misteri del cuore* del libro *I dieci esperimenti più belli* di Gorge Johnson.

Sono poi stati svolti approfondimenti da parte di alcuni studenti per una migliore comprensione delle basi scientifiche del contrasto tra Harvey e i galenisti, seguaci di Galeno di Pergamo.

I concetti fondamentali sono stati condivisi con tutti gli studenti della classe e verificati nella prova scritta a fine percorso.

Galeno di Pergamo, medico e filosofo, nacque a Pergamo, città della Magna Grecia - Turchia occidentale, nel 130 d.c. Partendo da una cultura filosofica, si dedicò agli studi di Medicina diventando da medico dei gladiatori di Pergamo a medico di Marco Aurelio.

Galeno riteneva che l'anatomia fosse il mezzo primario e indispensabile per la conoscenza del corpo, ma che il sapere medico non potesse limitarsi alle strutture osservabili, ma che dovesse rivolgersi a costituenti primari che comprendono freddo, caldo, fluido e solido.

Galeno propose anche la forma con la quale il cuore viene rappresentato riferendosi a una foglia di edera rovesciata.

Il sangue secondo i galenisti si sarebbe formato nel fegato grazie alla trasformazione del cibo digerito; il sangue così formato verrebbe immesso nella vena cava inferiore in un ramo ascendente che conduce al cuore e uno discendente ai visceri e arti inferiori scorrendo in modo centrifugo.

Il sangue si muoverebbe per una «virtù pulsatile» dei vasi che trasportano sangue arterioso e venoso, non per spinta del cuore.



Galeno di Pergamo (130 circa - 200 circa)

William Harvey, scienziato innovatore se pur cultore della dottrina aristotelica, sostenne invece che con il battito sistolico il cuore si contraeva, diventando più pallido, il sangue veniva spinto fuori e quando con la diastole il cuore si espandeva e si ritingeva di rosso.

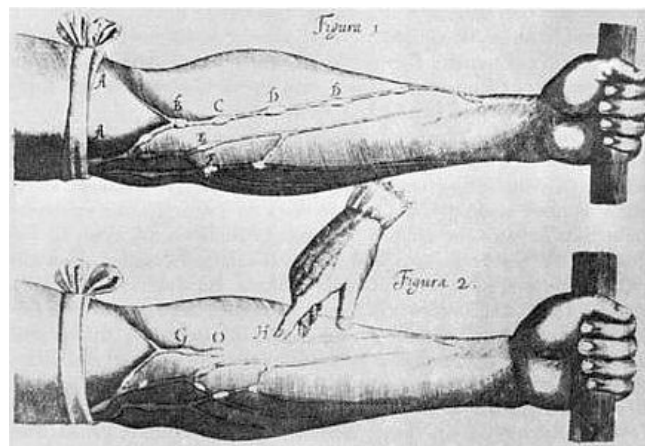
Nuovo concetto: cuore al governo del sistema cardiovascolare.

Didascalia I galenisti sostenevano inoltre che il sangue venisse pompato da sinistra a destra e passasse da un lato all'altro attraverso pori invisibili del setto che divide il lato destro dal sinistro; Harvey ha verificato che il sangue veniva pompato dall'alto al basso (dagli atri ai ventricoli) e non attraverso il setto, reale barriera di separazione tra sezione destra e sinistra del cuore.

(continua)

Marina Minoli

(Biologa dell'Ordine Nazionale, titolare della cattedra di Biologia e Chimica presso il Liceo Scientifico "Marconi" di Chiavari. Esperta di comunicazione scientifica e didattica delle scienze).



Verifica sperimentale della localizzazione dei vasi sanguigni

Indicazioni bibliografiche e sitografiche

- (1) Cardiology Virtual Lab HHMI Biointeractive-Howard Hughes Medical Institute www.hhmi.org/biointeractive/cardiology-virtual-lab.
- (2) George Johnson, *I dieci esperimenti più belli*, Bollati Boringhieri, Torino 2009.
- (3) Marina Minoli, *Progesterone ed arteriosclerosi*, *Pharmacy* 4/2008.
- (4) Marina Minoli, *Il selenio ci aiuterà a conservare la salute?*, *Il Corriere del Ticino Scienza*, Confederazione Elvetica, 12/11/1998.
- (5) Marina Minoli, *Contro la malnutrizione*, *Le Scienze - Scientific american*, 2/2002.
- (6) Marina Minoli, *Si può innovare nella didattica senza tradire il passato?*, www.ilsussidiario.net, 29/8/2015.
- (7) ppp.unipv.it
- (8) Paolo Marazzini, *Il dibattito sulla forza elettromotrice della pila di Volta*, *Emmeciquadro n. 01 - marzo 1998*.

