

45. L'origine della pratica degli aromi risale quanto meno alla medicina egiziana ed è pienamente accolta nel *Corpus Hippocraticum*. In età moderna continua ad essere a tal punto diffusa che medici come Girolamo Mercuriale o Ambroise Paré costruiscono appositi congegni per facilitare l'uso delle fumigazioni vaginali. È probabile che lo spunto iniziale sia stata la perdita di sensi costantemente associata all'attacco isterico, per far fronte alla quale il primo intervento dovette consistere, verosimilmente, nel fare inalare alla donna sostanze fetide che, provocando una sorta di momentanea asfissia, suscitavano uno shock e una immediata ripresa dei sensi nella donna. Successivamente e per analogia alle inalazioni per via nasale dovettero connettersi le fumigazioni aromatiche per via vaginale. Supponendo gli organi genitali come principio di tutte le malattie femminili, è evidente che la maggiore attenzione venne indirizzata sull'utero avvalorando l'idea che fosse dotato di una animalesca sensibilità. Per un approfondimento cfr. PAGANO A., *Esalazioni e profezie. La Pizia delfica tra corporeità e divinazione*. In: *Studi sull'Entusiasmo*, a cura di A. Bettini e S. Parigi, Milano, Franco Angeli, 2001, pp. 33-50.

Correspondence should be addressed to:
Antonella Pagano, Cattedra di Storia della Scienza, Facoltà di Lettere e Filosofia, Villa Mirafiori, Via Carlo Fea, Roma, I.

Articoli/Articles

*TESTES ALTERUM CEREBRUM. SUCCO NERVEO
E SUCCO SEMINALE NELLA MACCHINA
DEL VIVENTE DI GIOVANNI ALFONSO BORELLI*

MARIA CONFORTI

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Patologia
Sezione di Storia della Medicina
Università di Roma "La Sapienza", I

SUMMARY

*SUCCUS NERVEUS AND SUCCUS SEMINALIS
IN BORELLI'S LIVING MACHINE*

*Analogy between testicles and brain is an ancient one, and it has often taken the form of an analogy between semen and 'succus nerveus' (a liquid substance produced by the brain and circulating in the nerves). The paper deals with an Early Modern version of the analogy, outlined by Giovanni Alfonso Borelli in his *De motu animalium* (1680-81). Elements from the medical tradition of Antiquity and Renaissance can be traced in Borelli's system, together with the effort towards the creation of a mechanical-chemical model of the machine of the living organism. Nervous and seminal fluids are supposed to animate and perfect the machine.*

Come Jean Starobinski ha indicato in un suo breve saggio, i 'fluidi immaginari' hanno nella medicina moderna, e in particolare nella neurofisiologia, una storia di lunga durata, che è anche la storia della trasformazione di alcuni elementi della medicina galenica e dei suoi sviluppi rinascimentali¹. Citando Gaston Bachelard, Starobinski ricorda il "*puissant attrait pour l'imagination*" posseduto dai fluidi². Del resto Claude Bernard aveva già preso in considerazione la questione, affermando che "*les anciens avaient, sur la nature du fluide nerveux, des idées qu'il n'est*

Key words: Iatromechanics - History of neurophysiology - Male reproductive system - Semen

pas sans intérêt de rappeler... Elle était en réalité, pour eux, aussi satisfaisante que celles que nous avons aujourd'hui"³. Nello schema fisiologico della macchina corporea elaborato da Giovanni Alfonso Borelli - schema leggibile nella prima ma soprattutto nella seconda parte del *De motu animalium* (1681), oltre che in altre opere dello scienziato messinese - ha grande importanza, per la neurofisiologia ma anche per la teoria della generazione, così come per la spiegazione di alcune patologie, il *succo nerveo* che si supponeva irrorasse l'intero organismo, con una circolazione parallela a quella sanguigna⁴.

1. Succo nerveo e succo seminale

Il succo svolgeva una serie di funzioni essenziali, provvedendo alla sensibilità, al moto, al nutrimento. Nel *De motu*, come accade in altri testi coevi, non è del tutto chiara la distinzione fra gli spiriti animali della tradizione e il succo nerveo, e spesso Borelli fa ricorso alla terminologia tradizionale. Succo sembrerebbe essere infatti, nel suo sistema, una sorta di materializzazione (*substantia corporea*) di enti immateriali: ma in questo potrebbe non distinguersi del tutto dalle sostanze messe in campo dalla medicina e filosofia tradizionale per "bridge the metaphysical gap between body and soul, between matter and mind"⁵. In realtà l'idea di *spiritus* aveva subito una profonda trasformazione nel passaggio dal Rinascimento all'età moderna⁶:

*Nemo insuper dubitat, quod, praeter organa summa arte in animali praeparata, datur quoque causa motiva impetum faciens, & hic esse spiritus, qui intus alit, & infusus per omnes artus molem corporis agit. Verum talis spiritus ob mobilissimam eius naturam furibundo, & phanatico motu organa animalis impelleret, & sic animal non efficeret vitales operationes, prout exigit finis naturae. Quare ut in horologio, sic in animali, seu automate naturae adiungi debet machina regulatrix, quae necessitate mechanica refrenet vim motivam, ut non transgrediatur leges a Divino Architecto institutas. Talis porro machina similis esse videtur regulatori pendulo horologij, nam illa quoque sua vi oscillatoria motum sanguinis, & spirituum regulare debet, ne temerario, & furibundo cursu eo diffluere permittat*⁷.

Il succo è 'adattato' da Borelli al modello meccanico di macchina corporea, nella quale sono previsti meccanismi di regola-

zione che ne controllano l'impeto e lo utilizzano al meglio. Nella fisiologia di Borelli si presta grande attenzione ai tempi diversi dei singoli processi e meccanismi: "*omnes... motus vitales fiunt certis, ac determinatis velocitatibus, rithmis, ac periodis*"⁸. E se i processi di tipo chimico richiedono tempi lunghi e una lunga permanenza dei fluidi nelle parti adibite a 'laboratorio', i processi di mistione e separazione necessitano di tempi più brevi.

Borelli descrive la qualità e le funzioni di diversi fluidi corporei nella seconda parte del *De motu*: parla della composizione e della funzione del sangue, del latte, del succo nerveo, dello sperma. Quasi a malincuore, come si vedrà meglio più avanti, ammette di utilizzare categorie chimiche nel tentativo di descrivere le parti componenti di questi fluidi.

Al succo nerveo (*substantia spiritiuosa*) è dedicato l'intero capitolo XI della seconda parte del *De motu*. Il succo nerveo è "*immediata et proxima causa motiva corporis animalis*" (come descritto nella prima parte dell'opera, il moto muscolare è causato dall'*'esplosione'* provocata nel muscolo dall'incontro fra succo nerveo e parti nitrose). Ma al succo nerveo è attribuita anche una funzione più alta, quella - analoga alla funzione nutritiva attribuitagli da Thomas Willis - di "*subministrare formam vivificam, et plasticam*" all'organismo. Esistono in realtà due tipi di succhi che circolano nei nervi: il succo che provvede alla sensibilità e al movimento, che è contenuto nelle cavità delle fibre nervose, e quello che provvede alla nutrizione e alla formazione delle parti, che è negli interstizi fra le fibre nervose. I due succhi non hanno la stessa funzione e soprattutto non agiscono nel medesimo tempo.

La composizione del succo nerveo è descritta in termini chimici:

*"Cum dubitare non possimus, succum in nervis a cerebro communicatum summe spirituosam, salinam, & volatitem naturam habere, tum quia est instrumentum animae sensitivae, & loco motivae, tum etiam, quia sapor eius dulcis, & gratus salinam naturam evidentissime declarat"*⁹.

In un altro passo, il succo è descritto per analogia con sostanze odorose dall'aroma molto forte, come lo Zibetto o il Muschio, in grado di disperdersi nell'aria profumandola.

Il capitolo XII dell'opera è dedicato allo sperma (*succus spirituosus seminalis*), o meglio alla sua parte più sottile e aerea. La

base dello sperma è un succo ottenuto dal sangue per una separazione di tipo meccanico, analoga a quella attraverso la quale si derivano la bile o l'urina. Ma l'aggiunta di un tipo particolare di fermento, prodotto nelle *columnulis spongiosis* e nel dotto dell'epididimo, lo rende straordinariamente *vivificans*, e in grado di animare l'automa contenuto nell'uovo che è nell'utero:

*"in transitu, incuneatione, et quasi terèbratione per labyrintheos ductus testium, consentaneum est, ut succi spirituosi, eorumque partes acquirant insignes, et diversas situationes, positura, configurationes, et impetus motivos animasticos, similes, eiusdemque indolis, quibus variae partes animalis, quod generari debet, apti nati sunt moveri. Porro talis vis motiva a semine contacta tam valida, et efficax est, ut ad instar facultatis magneticae, vel seminum veneni, aut pestis penetrare momento possit per uteri poros, et sua ineffabili energia agitare, affingere et animare authoma embryonis in ovo efformatum"*¹⁰.

Il modello utilizzato da Borelli è corpuscolare se non apertamente atomista (il rifiuto dell'azione a distanza e l'analogia con il magnetismo fanno pensare a una spiegazione dell'effetto magnetico nei termini di un effluvio di atomi), e prevede il ricorso a una *ineffabilis energia*, simile al magnetismo o a quella che si riscontra nei *semina* dei veleni o delle malattie contagiose¹¹.

Il meccanismo di produzione del succo è quindi il risultato di un'interazione di operazioni fisiche e operazioni chimiche: *"in substantia cerebri testiculorum ex flore sanguinis chimica fermentatione, et mechanica cribratione elaboratur nobilissimus succus, seu balsamum"*¹².

L'analogia e la 'solidarietà' fra succo nerveo e spirito che entra nella composizione dello sperma è molto evidente. Oltre all'analogia tra gli organi - il cervello, i testicoli - che producono i fluidi, e alla loro interazione nel momento del coito, è la natura stessa dello spirito seminale, *spirituosissimus et actuosissimus*, a dimostrarlo. Lo spirito prodotto nei testicoli (prop. CLXXI) viene ad aggiungersi agli spiriti animale e vitale, e Borelli lo considera un *potentissimum elixir, seu balsamum*¹³ in grado di aumentare e perfezionare il corpo e l'anima dell'organismo che lo produce. Responsabile della crescita dei ragazzi durante la pubertà, e della loro assunzione dei caratteri secondari maschili,

ma anche di qualità come la forza d'animo e il coraggio fisico, esso si diffonde nel corpo dell'animale aumentandone il vigore.

Il succo seminale ha dunque una sua 'circolazione' nell'organismo, resa visibile dagli effetti che produce. Borelli - che ribadisce che nessuna azione fisica è possibile a distanza - ritiene che essa possa avvenire soltanto attraverso i vasi sanguigni, i vasi linfatici o i nervi. La prima ipotesi è scartata a causa dell'impossibilità per il succo seminale di inserirsi nelle arterie, dove il moto del sangue è troppo veloce, o nelle vene, dove la mescolanza con i residui di sangue impuro lo corromperebbe. I vasi linfatici, la cui scoperta era relativamente recente, sono scartati in quanto vasi escretori. Restano i nervi, che così risultano destinati alla diffusione e circolazione di tre diversi *succi*: l'animale, il nutritivo, e il seminale. La via dei nervi è scelta perché più diretta e più facile. La somiglianza dell'orgasmo con un *deliquius convulsivus* che colpisce il cervello, il midollo spinale e il sistema nervoso, porta un'ulteriore conferma all'ipotesi di Borelli di una circolazione del succo seminale attraverso il sistema nervoso.

L'analogia tra circolazione del sangue e circolazione dello spirito seminale è esplicitata nella prop. CLXXIII, dove Borelli riassume lo schema di circolazione degli spiriti nei nervi e ne delinea i moti, dividendoli in tre coppie oppostive (in uno schema di *'andata e ritorno'* fra centro e periferia che riproduce l'alternanza fra circolazione arteriosa e venosa): gli spiriti animali si spostano dal cervello alle diverse parti del corpo per metterle in movimento, e rimandano al cervello le sensazioni; gli spiriti responsabili dei moti locali risalgono al cervello, e il cervello distribuisce alla periferia i succhi nutritivi; gli spiriti animali intervengono nei testicoli nella produzione dello sperma, e lo spirito seminale ritorna ai diversi organi, e in particolare al cervello, per aumentarne la potenza e accrescerne il vigore.

Questa circolazione è fatta sostanzialmente da un'unica massa di *spiritus*, così come la massa totale del sangue non aumenta e non diminuisce se non insensibilmente: *"susplicari licet, quod iisdem spiritus, circuitu facto, accurrant ad reficiendum, et replendum cerebrum, fontem spirituum"*¹⁴. Borelli è consapevole dell'obiezione che gli si potrebbe muovere: *"Dices, non conspici vias manifestas"*¹⁵. L'assenza di evidenza osservativa o sperimentale

tale è giustificata con un argomento piuttosto debole, quello del lungo tempo occorso nella storia della medicina per identificare la circolazione del sangue.

Un'ulteriore descrizione del meccanismo di funzionamento del seme maschile, questa volta dal punto di vista della generazione, è nel caput XIV (*De animalis generatione*) del *De motu*. Per Borelli la generazione si spiega con un *concursum* del seme maschile e dell'uovo femminile. Il seme incontra l'uovo materialmente, nonostante gli ostacoli che l'anatomia dell'apparato riproduttivo femminile sembrava opporre all'evidenza osservativa di questa tesi, ostacoli che avevano fatto pensare a un'azione a distanza dell'aura del seme. Borelli rifiuta questa ipotesi, che era stata anche di William Harvey, come incredibile. La sua tesi, appoggiata alle evidenze offerte dalle ricerche anatomiche sugli insetti e su altri animali svolte da Marcello Malpighi, è che il seme fecondi l'uovo uscito dall'ovaio. Ma per Borelli, che pure come si vede aderisce al *mainstream* 'ovista' della cultura medico-scientifica moderna, la cui affermazione risale secondo Jacques Roger agli anni intorno al 1670, il ruolo del seme maschile nella generazione è essenziale, e di gran lunga superiore a quello previsto appunto da alcune versioni dell'ovismo nelle quali l'automa presente nell'uovo riceve dal seme soltanto una *vis motiva*¹⁶. La morte di Borelli gli ha probabilmente impedito di venire a conoscenza della scoperta degli spermatozoi, osservati da Antoni van Leeuwenhoek nel 1677 e descritti nella celebre lettera pubblicata nel 1678 dalle *Philosophical Transactions*. Si può pensare che Borelli vi avrebbe trovato una conferma alla sua teoria di una conformazione estremamente complessa del seme, tale da informare l'automa presente nell'uovo, a sua volta privo di forma propria:

"non videtur credibile quod in substantia cerebri testium nil aliud fiat, quam seligi ex flore sanguinis particulas se moventes, easque a vinculis crassarum partium omnino liberari ad instar spiritus vini; sed consentaneum esse puto, ut in tam proluxa chimica elaboratione, et percolatione per canales labyrinthicos testicularum, multis, et miris modis situentur, disponantur, moveanturque partes seminis, et proinde resultet quaedam universalis forma, composita ex pluribus partibus vitalibus diversimode configuratis: uno verbo, fiet vitale authoma; et hoc addito materiae rite di-

*spositae in ovo, cui insunt organica inchoamenta una cum omnibus instrumentis, succis, et officinis, quae ad nutritionem, et incrementum animalis requiruntur, resultat tamen ovum perfectum, et foecundum*¹⁷.

L'insistenza di Borelli sull'importanza della disposizione e del movimento delle parti del seme per la costituzione dell'*authoma vitalis* destinato alla generazione fa pensare a una forma di atomismo. Borelli specifica che l'automa costituito attraverso la fermentazione nel seme è un organismo a tutti gli effetti, destinato alla creazione di un nuovo organismo:

*"semen habere vim plasticam, ac esse corpus organicum; quomodo enim absque partibus diversae indolis, absque instrumentis, et motibus diversis se applicare poterit ad elaborandas diversas partes succi cicatriculae ovi, easque diversis modis agitando efformare organa omnia, quae carinam animalis in eadem cicatricula constituat?"*¹⁸

Borelli riprende in questa chiave l'antica idea che il seme fosse costituito da sostanze provenienti da tutte le parti del corpo del genitore.

2. Il succo nerveo e la neurofisiologia dei moderni

Borelli introduce il succo nerveo nel *De Motu* parlando del moto muscolare e della *vis motiva* che ne è responsabile¹⁹. Il succo nerveo destinato alla sensibilità e al moto bagna la parte interna dei nervi, composti di *fibrulae* che hanno una *textura spongiosa* che consente il propagarsi di un moto di tipo ondulatorio dall'origine delle fibre nervose alla loro estremità e viceversa²⁰. Per Borelli c'è un margine di incertezza su ciò che avviene nel cervello, cioè su come avvenga l'azione degli spiriti animali all'origine dei nervi: *"Hinc fieri posse percipimus, ut iisdem cerebri succi, seu spiritus agitati commoveant, vel convellant, aut concussivo motu, aut acredine pungitiva (qua forte pollut) principia fibrarum alicuius nervi, et sic eum irritent, et titillent"*²¹. La questione che aveva preoccupato Descartes, quella delle ghiandole presenti nei nervi e che le osservazioni anatomiche non avevano rilevato, è risolta da Borelli nel senso che è la stessa *textura spongiosa* delle fibre nervose a funzionare da valvola: *"videmus enim a spongia madida guttulas pendulas non effluere"*.

La sistemazione teorica di Borelli viene pubblicata negli anni '80, ma la storia delle elaborazioni teoriche della medicina 'moderna' a proposito del sistema nervoso è più antica, e il testo del *De Motu* fa riferimento - in questo come in altri casi - a discussioni e testi dei decenni precedenti²². Si possono fissare alcune date, relativamente alla storia delle scoperte anatomiche e fisiologiche sul cervello: nel 1664 Thomas Willis pubblica il *De Cerebri anatome*, che avrà grande influenza sulle ricerche successive e rappresenta uno dei primi e più insigni esempi di collaborazione scientifica (le ricerche furono condotte da Willis con la collaborazione di Richard Lower, e le tavole furono incise da Christopher Wren). Willis considera che gli spiritus siano ricavati per distillazione dalla parte migliore (*volatilis, spirituosa et elementis activis praedita*²³) del sangue. Willis distingue fra succo con funzione nutritiva e succo con funzione di animazione e sensibilità:

*"Enimvero supponimus... medullam oblongatam una cum partibus nervosis duplici humore perfundi; sc. uno spirituosus et summe activo, qui omnino a Caerebro aut Cerebello profluit, et exinde in totum nervosum genus drivatus, facultates sensitivam et loco motivam iis elargitur; atque altero humore molliori, magisque oleoso et sulphureo, qui a sanguine sup-peditatus, et cuilibet parti immediate affusus, iis caloris et vegetationis author existit"*²⁴.

Willis, che in realtà riprendeva una tesi già accettata da Francis Glisson (*Anatomia hepatis*, 1654) e da Walter Charleton (*Exercitationes pathologicae*, 1661), fu attaccato per aver sostenuto la teoria della funzione nutritiva del succo nervoso. A differenza di quanto farà Borelli, che identifica pienamente il succo nervoso con gli spiriti animali, Willis parla del succo come semplice *vehiculum* degli spiriti:

*"Nisi enim spirtus animales jugiter emanantes in tali latices, qui illis pro vehiculo est, fundarentur, ipsi non esse contigui, neque animae sensitivae systasin connectere et continuare possint"*²⁵.

Nel 1665 Marcello Malpighi pubblica il *De Cerebro*, nel quale riassume fra l'altro la discussione sul carattere cavo delle fibre

nervose - una cavità non riscontrabile con l'indagine microscopica. La soluzione di Malpighi, che accetta l'analogia fra struttura del testicolo e struttura del cervello, è quella di immaginare non cavità, ma *intestinula, plicae, circumvolutiones, spatiola*. La soluzione adottata da Borelli tiene evidentemente conto di queste ricerche. Le ricerche degli anatomisti italiani sul cervello e i nervi erano molto vivaci, e già avviate quando in Italia si diffuse il testo di Willis. Lo testimoniano la corrispondenza fra Borelli e Malpighi negli anni intorno al 1665; e lo stesso Malpighi risolve così la questione del succo nerveo nella sua autobiografia:

*"Nervei succi existentia apud plures controvertitur, vel saltem ejus natura diversimode exponitur, sicut et usus, ita ut nil fere obscurius occurrat apud Auctores. Illud tamen mihi videtur in hac re maximum habere momentum, quod sectis extremis nervorum tubulis, ubi in ultimas solvuntur propagines, succus erumpit... Nec obstat, nervum ligatura facta non turgere, cum lateraliter propagines habeat reticulariter propagatas, in quas idem succus, impedito ulteriori progressu derivari potest; languidus enim est impetus, quem a cerebro recipit nerveus succus, unde ex quocunque impedimento comprimente, et vetante ulteriorem insinuationem, retardari, sisti, et ad latera derivari potest"*²⁶.

Del tutto contrario alla possibilità di dire qualcosa di sensato sul succo nerveo Niels Stensen:

*On voit encore moins de certitude sur le sujet des esprits animaux. Est-ce le sang? seroit-ce une substance particuliere separée du chyle dans les glandes du mesentère? ... Il y en a qui les comparent à l'esprit de vin, et l'on peut douter si ce ne seroit point la matière mesme de la lumiere? Enfin, les dissections dont nous nopus servons d'ordinaire, ne nous peuvent éclaircir l'esprit, sur aucun de ces doutes"*²⁷.

3. Anatomie dell'apparato genitale maschile

Borelli tratta dell'apparato genitale maschile nella seconda parte del *De motu animalium*, quella dedicata ai moti interni del corpo vivente (*de internis animalium motionibus*)²⁸.

La proposizione dedicata alla struttura e la funzione dei testicoli (CLXVI) riprende le osservazioni anatomiche di Claude Aubry, lorenese che aveva studiato a Padova ed era diventato cattedratico di anatomia a Pisa nel 1656. Allievo e amico dello

stesso Borelli, aveva eseguito anatomie comparate di un testicolo umano e di uno di cinghiale a Firenze nel corso del 1657, pubblicando in un foglio volante le sue ricerche nelle quali si mettevano per la prima volta in evidenza i tubuli seminiferi²⁹. Borelli presenta queste esperienze come un risultato 'di scuola': ricorda che vi avevano assistito lui stesso e Malpighi che infatti le nomina nella sua autobiografia, e che era stato su suo consiglio che Aubry aveva pubblicato la tavola con il testo che la accompagna. Aubry era poi morto giovane, in una data anteriore al 1659.

Nel testo di Aubry, ammesso che è molto difficile dire qualcosa di sensato a proposito della struttura anatomica fine dell'organo, e in particolare *quibus conglobatur particulis*, si ricapitolano i principali problemi posti dalla struttura e dalla funzione dei testicoli, secondo diversi medici antichi e moderni, tra i quali Nathaniel Highmore, Francis Glisson, Joannes Vesling. La conclusione cui Auberius giunge è che *genuina testis virilis substantia nullatenus glandulosa, sed omnino vasata: Itaut totus sit, totum vas, testis*. L'appartenenza o meno dei testicoli al gruppo delle ghiandole era un punto di grande importanza, decisivo per stabilirne la funzione³⁰. Di parere completamente diverso erano la tradizione e gli autori da lui citati: Vesling riteneva che la sostanza del testicolo fosse *glandulosa, alba, mollis*, così come quella dell'epididimo³¹. Highmore, che aveva sostenuto di aver osservato nel testicolo un *ductus novus* che Aubry, benché non riesca a *exacte exporrigere* nell'uomo, osserva; Highmore aveva inoltre sostenuto che l'epididimo non aveva una struttura *glandulosa* se non al suo inizio, e Aubry contesta questa osservazione: *Principium Epididymis non glandulosum ex Highmor. Sed solis contextum vasis*³².

Auberius ricapitolava in questo modo i passaggi del seme: *semen inchoative generatur in teste intra vasa testicularia, e quibus mox stillat in ductum, e ductu dein per fistulas convehitur ad Epididymida*. La conclusione è chiarissima nell'escludere del tutto la natura di ghiandola del testicolo: *Reliqua Epididymidis series plane vasculosa, et ita in teste, et Epididymide virilibus nil quidquam est glandulosae substantiae*. Secondo il parere di Aubry, le questioni che restavano aperte riguardavano la natura e la quan-

tità dei vasi nel testicolo (*an vasa testicularia plura sint? An unicum, multiplici flexura breviatum?*) e il rapporto fra i vasi osservati e i vasi deferenti e quello fra i vasi e il dotto osservato da Highmore.

Borelli ricorda anche le osservazioni e le tavole molto accurate di Regnerus de Graaf, pubblicate nel 1668, divenute - dopo la morte precoce di Aubry - il testo anatomico di riferimento per la discussione successiva sull'argomento³³. De Graaf indica con chiarezza che nessuno dei suoi sessi può rivendicare un'eccellenza sul piano della generazione, perché entrambi vi concorrono in modo distinto e specifico. De Graaf non nomina Aubry, anche se potrebbe forse essere rivolta anche contro di lui l'insistenza sulle differenze tra anatomia umana e dei 'bruti animali'; da quest'ultima sarebbe impossibile ricavare informazioni e osservazioni valide. Anche se poi lo stesso de Graaf consiglia di ricorrere all'esame del testicolo di ghio per osservare l'inserzione delle arterie nel testicolo. Tuttavia de Graaf fa propria senza esitazioni la conclusione cui Aubry era giunto: *ostendo... cadere... eorum sententiam, qui corpora Testiculorum glandulosa existimant, atque inter glandulas ipsa recensent*³⁴. De Graaf aderisce anche all'opinione - che sarà ripresa da Borelli - sulla formazione nei *vascula seminaria* degli spiriti animali che si aggiungono allo sperma derivato dal sangue e consentono la generazione. Tuttavia egli mantiene una riserva sul rapporto tra il succo nerveo e gli spiriti presenti nel seme, e - da anatomico - considera la questione secondaria e non risolvibile con le evidenze disponibili (*ingenue fatemur nos... adhuc ignorare*³⁵).

Il fatto che i testicoli siano costituiti da vasi è essenziale: i vasi sono infatti per Borelli necessari perché possa svolgersi il processo fermentativo che arricchisce il seme del succo seminale. Borelli loda Aubry ma riconosce che de Graaf ha visto molte cose che non erano state chiare nelle osservazioni anatomiche toscane di metà secolo: tra queste l'innesto delle arterie spermatiche nei testicoli. In ogni caso, l'attenzione di Borelli si concentra sulla struttura dei vasi osservati da Aubry: le *columnulae vermiculares* non sono *fistulae* lisce, come i vasi sanguigni, ma sono di struttura *spongiosa*. Descritte per analogia con i favi ripieni di miele, sono piene di *fluores quidam fermentitii*³⁶.

4. *Testes alterum cerebrum?*

Come scrive Domenico Bertoloni Meli, Borelli *pushes even further* l'analogia fra sistema nervoso e apparato riproduttivo già istituita da Malpighi³⁷. La proposizione CLXIX della parte seconda del *de motu* istituisce una vera e propria analogia tra struttura e composizione del cervello e dei testicoli (*testiculorum substantiam, & organicam structuram similem cerebro quodammodo esse*). Borelli, come gran parte della medicina del suo tempo, distingue tra gli organi interni: esistono i *viscera*, di colore rosso, e irrorati di sangue; le *glandulae*, acquisizione recente e di grande importanza teorica, come il pancreas, e infine il cervello, la cui sostanza è *mediam inter glandulosam et medullarem*. Le ghiandole erano al centro dell'interesse degli anatomisti dopo la pubblicazione dell'*Adenographia, sive glandularum totius corporis descriptio* di Thomas Wharton (1656), e la loro struttura e funzione era stata indagata dalla scuola anatomica italiana: da Niels Stensen e da Lorenzo Bellini³⁸. Borelli ritiene, con l'anatomia più recente, che i testicoli non siano ghiandole. Ma a differenza di Aubry e de Graaf egli compie un passo ulteriore, e afferma che sono composti della stessa sostanza e strutturati nello stesso modo del cervello e del sistema nervoso, e crea quindi un terzo gruppo di organi, eccellenti e analoghi: *cum constant ex columnulis, seu fibris nerveis similibus spongiosis*³⁹. I testicoli sono però secondo Borelli un *cerebrum sui iuris*, e per questo risultano quasi del tutto privi di nervi, avendo un sistema nervoso proprio: *testes propriis nervis abundant, scilicet sui generis propagatis a cerebrali testium substantia, quae sui iuris est, nec cerebro, seu regiae animalis facultatis subijcitur*⁴⁰.

Entrambi gli organi sono una *fabrica* volta al bene dell'individuo - il cervello - e della specie - i testicoli, e si perfezionano in due momenti cruciali per l'organismo: nella fase embrionale per il cervello, nella pubertà per i testicoli. L'eccellenza dei due organi e dei loro prodotti, e il loro *mirabilis consensus*, è dimostrata dalla loro funzione⁴¹. Ma Borelli, come si è visto, affida l'importanza da lui attribuita al succo seminale soprattutto al meccanismo della sua circolazione nel corpo. Come anche per il fluido nerveo, Borelli deriva dalla circolazione del sangue un'a-

nalogia forse impropria, e che per molti versi è riconducibile a echi antichi, ma che ribadisce l'importanza attribuita alla scoperta di William Harvey nella creazione di un '*automa*' corporeo.

Borelli non parla del seme femminile, se non in modo del tutto episodico, né utilizza la terminologia piuttosto diffusa di '*testicoli femminili*' per definire le ovaie. Probabilmente in questo fa parte della stessa temperie e dello stesso ambiente di Niels Stensen, che chiude definitivamente la lunghissima età dell'analogia fra apparato genitale maschile e femminile. Tuttavia l'insistenza sul ruolo essenziale svolto dal succo seminale per la conservazione e il potenziamento degli organi vitali (in particolare del cervello) e delle loro funzioni lascia una lacuna nella sua fisiologia - quella del funzionamento della neurofisiologia femminile. Anche volendo ragionare per analogia - come inviterebbero a fare alcune considerazioni di Regnerus de Graaf⁴² - estendendo al corpo femminile, dotato di un seme specifico, gli stessi vantaggi procurati al corpo dell'uomo dal succo seminale, resta il fatto che il silenzio del testo su questo punto è assoluto.

Per Borelli il succo seminale provvede dunque a due funzioni essenziali ma distinte: quella della generazione, che era stata ovviamente presa in considerazione dalla tradizione, e quella dell'*auctio* e *perfectio* del corpo. Anche se nel far questo con ogni probabilità Borelli riscriveva alcuni tratti della tradizione, e in particolare la concezione, molto antica, dell'eccellenza fisiologica del genere maschile, va anche detto che il suo tentativo, nel momento del trionfo dell'ovismo e della massima attenzione prestata all'apparato genitale femminile, è quello di attribuire all'apparato genitale maschile una sua specificità, e una sua importanza come oggetto di studio. Importanza del resto già ribadita da Regnerus De Graaf nel suo trattato.

Nel sistema di Borelli, l'analogia e la comunicazione fra cervello e testicoli, e fra *succi* nerveo e seminale, non è un dettaglio secondario, ma l'elemento che lega i fenomeni più problematici - e i settori più vitali di ricerca - della medicina, e non solo della medicina, del suo tempo: la sensibilità e la generazione. La tradizione successiva lascerà cadere l'analogia: Marcello Malpighi per primo, nel cui sistema questa particolare relazione non ha più posto⁴³.

5. Per un modello meccanico-chimico del corpo vivente

A partire dalla proposizione CXXVII della seconda parte del *de motu*, Borelli descrive il meccanismo di produzione dei fluidi corporei, quelle che chiama *mistiones*. In questa proposizione si riafferma e si perfeziona il modello, già illustrato in precedenza da Borelli, del setaccio. Il setaccio è una *machina* semplice, che consente a Borelli di rendere compatibile un'opzione di fondo meccanicista e l'assunzione - compiuta abbastanza a malincuore - delle spiegazioni e delle tecniche operative dei chimici, le cui spiegazioni sono riservate soltanto ad alcuni fenomeni per i quali non è possibile la spiegazione in termini di *mistio*.

La chimica è necessaria per conoscere le caratteristiche dei fluidi composti che si diffondono nel corpo: *receptum est, sanguinis anatomiam non nisi Chimicis distillationibus fieri posse*⁴⁴. Vi sono forti rischi connessi all'utilizzazione di operazioni chimiche per l'analisi dei composti: il fuoco e il calore, necessari per separare le parti, possono distruggere o alterare i composti. Ancora più rischiose delle tecniche sembrano a Borelli le teorie dei chimici. Ma nonostante tutte le sue riserve, Borelli accetta di considerare la fermentazione come uno dei processi essenziali della macchina corporea (proposizione CXXXV, *Opificium fermentationis separatorium exponitur*). Il riferimento alle opere di Thomas Willis è esplicito, anche se leggendo il testo di Borelli resta la sensazione che il suo sforzo sia quello di limitare la portata della fermentazione intesa come processo vitale per eccellenza, e di definirne l'azione in modo preciso, salvando in alcuni casi una procedura strettamente meccanica di mistione o di separazione delle sostanze. Si veda ad esempio la proposizione CXVIII, intitolata significativamente *Possibile est, ut operatio separationis humorum aetherogearum simul mistorum absque ulla fermentatione, solummodo necessitate mechanica a vasorum exiguorum configuratione perficiatur*: qui Borelli utilizza l'immagine del cuneo che può lacerare delle *texturae* compatte. Così i reni, composti di *fistulae* anguste nelle quali i liquidi stazionano per poco tempo, sono in realtà uno strumento che separa meccanicamente le parti componenti del sangue⁴⁵. La fermentazione richiede vasi ampi e tempi piuttosto prolungati; essa avviene anche nella produzione dello sperma, o almeno della sua parte

più sottile, ed è reso evidente dalla quantità di tempo (*prolixa mora, et motus tarditate*⁴⁶) richiesta dal processo.

Lo schema della macchina corporea delineato da Borelli è quello di un automa che funziona secondo principi derivati dalla fisica (meccanica ma anche, e non certo in posizione secondaria, dinamica dei fluidi). L'onnicomprensività del meccanismo della circolazione ha la funzione di ricondurre a principi meccanici, o comunque descrivibili nei termini della 'nuova scienza', elementi - come gli spiriti - che rischiavano di riproporre i problemi legati al galenismo: qualità occulte, elementi e spiegazioni introdotti *ad hoc* e non verificabili sperimentalmente. La chimica, pur offrendo spiegazioni originali e per molti versi convincenti (vedi appunto il caso delle ricerche di Thomas Willis) era ancora un sapere per molti versi 'sospetto', anche perché tendeva a fornire una versione di corpuscolarismo non del tutto compatibile con l'atomismo radicale che sembra l'opzione di Borelli.

Il modello adottato da Borelli, quindi, comprende una *machina* che funziona secondo principi meccanici, al cui interno scorrono fluidi conoscibili secondo le leggi della dinamica dei fluidi, e con casi *locali* di trasformazioni e fenomeni di tipo chimico (l'esempio più clamoroso, in ogni senso, è quello del moto muscolare, che prevede un meccanismo di esplosione di sostanze). Lo sforzo di Borelli è quello - ammirevole, anche se per molti versi già anacronistico nel momento della pubblicazione del *De motu* - di chiamare tutte le scienze a lui note, e quindi anche la chimica, a interpretare la fisiologia della *machina* corporea. La potenza di quest'ultima metafora ha travolto, presso molti interpreti, la sottigliezza e la ricchezza delle considerazioni di Borelli su moltissimi punti, e anche la complessità della sua proposta e delle diverse conoscenze da lui messe in campo. Ciò detto, sussistono in questo modello molti punti di tensione con le stesse opzioni iniziali di Borelli; e uno dei punti di più vistosa presa di distanza da quello che oggi definiremmo 'riduzionismo' fisico-chimico è appunto la questione dell'azione dei fluidi - della loro parte più 'spiritosa' - nell'animazione della *machina*. La circolazione del succo seminale, la sua parentela non dimostrata con il succo nerveo, la sua funzione nutritiva e di migliora-

mento delle prestazioni fisiche e psichiche dell'uomo sono forse l'esempio più indicativo dell'impossibilità di Borelli di sfuggire del tutto a un paradigma di tipo vitalistico, che se da un lato affondava le sue radici nel pensiero rinascimentale e in alcune sue persistenze nel Seicento italiano (si pensi a certe versioni 'gassendiste' della teoria dell'anima corporea), soprattutto meridionale, dall'altro faceva riferimento ad alcuni temi della medicina contemporanea (si pensi a Francis Glisson e al suo 'campanellismo') e anticipava sviluppi settecenteschi.

BIBLIOGRAFIA E NOTE

1. Questo lavoro è parte di un progetto attivato presso la Sezione di Storia della Medicina, in collaborazione con Valentina Gazzaniga, sulla storia dei fluidi nella medicina dall'antichità all'età moderna. Cfr. STAROBINSKI J., *Note sur l'histoire des fluides imaginaires (Des esprits animaux à la libido)*. Gesnerus 1966; 23: 176-187. Per un quadro generale sugli sviluppi moderni della teoria degli spiritus, PUTSCHER M., *Pneuma, Spiritus, Geist: Vorstellung vom Lebensantrieb in ihren geschichtlichen Wandlungen*. Wiesbaden, Franz Steiner, 1973; DEBUS A.G., *Chemistry and the Quest for a Material Spirit of Life*. In: FATTORI M., BIANCHI M. (eds.), *Spiritus*. Roma, Ateneo, 1984, pp. 245-263; CLERICUZIO A., "Spiritus vitalis": studio sulle teorie fisiologiche da Fernel a Boyle. *Nouvelles de la république des lettres* 1988; 2: 33-84; CLERICUZIO A., *The Internal Laboratory: The Chemical Reinterpretation of Medical Spirits in England (1650-1680)*. In: RATTANSI P. and CLERICUZIO A. (eds.) *Alchemy and Chemistry in the 16th and 17th Centuries*. Dordrecht-Boston-London, Kluwer, 1994, pp. 51-83.
2. STAROBINSKI J., op. cit., p. 176.
3. BERNARD C., *Sur la physiologie et la pathologie du système nerveux* (1858), cit. in: DEL GAIZO M., *Ipotesi di antichi fisiologi e specialmente di G. A. Borelli sulla esistenza del succo nervoso*. *Atti della Reale Accademia Medico-Chirurgica di Napoli* 1916; 69: 85-108.
4. Per Borelli, ancora molto utile DEL GAIZO M., op. cit. Il contributo di Del Gaizo contiene un'informazione ampia e precisa sulle teorie di Borelli e dei suoi contemporanei, e inoltre fa giustizia di un luogo comune non ancora del tutto superato dalla storiografia, quello della netta separazione fra iatromeccanica e iatrochimica. Borelli è infatti avvicinato a Claude Bernard per la sua concezione 'riduzionistica', fisico-chimica, della neurofisiologia, una tesi questa già avanzata da Angelo Mosso. Del Gaizo si sforza anche di difendere Borelli dall'accusa di materialismo ed empietà, avvicinandolo a posizioni rosminiane - un tentativo che oggi sembra datato, ma che illumina indirettamente sulle questioni in gioco nella storiografia medica italiana tra Otto e Novecento, la cui storia resta da scrivere. Del Gaizo si rifa' alla tradizione napoletana di storiografia medica, citando più volte il lavoro di Luigi Chiaverini *Esame genealogico e comparativo delle principali scoperte e dottrine mediche*. Napoli, Tip. del Sebezio, 1839 (2a ed.). Al *De motu* si farà riferimento così: DMA, I, XX (op-pure: p.). L'edizione consultata è Roma, Ex Typographia Angeli Bernabò, 1680-1681.
5. WALKER D.P., *Medical Spirits and God and the Soul*. In: *Spiritus*, op. cit., pp. 223-244: 223.

6. CLERICUZIO A., *The Internal...* op. cit., pp. 51-52: "Behind the continuity, we find a metamorphosis of meaning in the notion of spirit".
7. DMA, II, CXVI.
8. Ibid.
9. DMA, II, p. 64.
10. Per la storia dello sviluppo delle teorie oviste, ROGER J., *Les sciences de la vie dans la pensée française du 18. siècle: la génération des animaux de Descartes a l'Encyclopédie*. Paris, A. Colin, 1963.
11. Cfr. BORELLI G.A., *Delle cagioni de le febbri maligne di Sicilia negli anni 1647 e 1648*. [Cosenza], s.n., [1649]
12. DMA, II, CLXXI, p. 351.
13. DMA, II, CLXXI, titolo.
14. DMA, II CLXXXIII, p. 356.
15. Ibid.
16. ROGER J., op. cit., p. II, cap. II, § 1.
17. DMA, p. 384.
18. Ivi, p. 385.
19. DMA, I, pp. 3-4. L'esperimento che Borelli propone per mostrare che la *vis motiva* arriva ai muscoli attraverso i nervi e non attraverso le arterie era già noto a Galeno: *de motu musc.* 1.1-2.
20. DMA, II, prop. XXIII.
21. DMA, II, prop. XXIV.
22. Cfr. MEYER A. e HIERONS R., *On Thomas Willis's Concepts of Neurophysiology*. *Medical History* 1965; 9: 1-13, 142-155; CLARKE E.S., *Brain Anatomy before Steno*. In: SCHERZ G. (ed.) *Analecta Medico-Historica 3. The Historical Aspects of Brain Research in the 17th Century*. Pergamon Press, 1968: 27-33.
23. WILLIS TH., *Cerebri anatome: cui accessit nervorum descriptio et usus*. Londini, typ. J. Flesher, 1664, cap. IX.
24. Ibid.
25. Ivi, cap. XX.
26. MALPIGHI M., *Autobiografia*. In: *Opera Posthuma*, Londini, 1698, p. 27.
27. STENSEN N., *Discours sur l'anatomie du cerveau*, Paris, Robert de Ninville, 1669, pp. 6-7.
28. Nel contesto della discussione sul moto dei muscoli, il meccanismo dell'erezione è utilizzato come modello (estensibile ad altri casi) di movimento spiegabile in termini rigorosamente meccanici: un esempio immediatamente comprensibile di *inflatio* muscolare non dovuta all'azione di *spiritus* o di altre *facultates* incorporei: DMA, II, XIII, *digressio*.
29. Cfr. *Testis examinatus a Vavclio Dathirio Bonglaro*, Florentiae, ex Typographia Ioannis Francisci Barbettis, 1658. L'opera consiste di un foglio composto di una tavola, che rappresenta in sezione il testicolo umano e quello di cinghiale, e di una pagina a stampa di commento, nella forma di un'epistola *Benigno Lectore*. Il nome dell'autore è un anagramma di Claudius Auberius. Cfr. BELLONI L., *Dall'occhiale di Galileo all'anatomia microscopica di Marcello Malpighi: il Testis examinatus (Firenze 1658) di Claudius Auberius*. *Rendiconti dell'Istituto Lombardo, classe di scienze* 1964; 98: 205-226; e BELLONI L., *Claudius Aubrius e Francesco M. Fiorentini sull'assunzione di latte da parte del feto nell'utero*. *Physis* 1977; 19: 377-382. L'opera avrebbe dovuto essere ristampata a Padova insieme ad altri lavori di allievi di Borelli.
30. *Vd. infra*, §4
31. VESLING I., *Syntagma Anatomicum*. Amstelodami, apud Joannem Janssonium a Waesberge, & Elizeum Weyerstraet, 1666, cap. VI.

32. Cfr. *De Ductu novo Testium ex Disq. Anatom. Highmori* lib. I. p. 4 cap. I, in: VESLING I., *Syntagma...* op. cit., Appendix; pars X: "Haec prater vasa per membranas ipsamque testis substantia disseminata, in medio ejusdem substantia Corpus quoddam teres, album ac densum vasi deferenti haud dissimile, nec minus, invenitur: nulla aut obscura cavitate donatum. Quod a testium fundo ad superiorem illius partem ascendens, in tunicae albuginae interiorem partem fundo ad superiorem illius partem affixum, sed & illam ad B perforare, ac in Parastatarum caput se inserere videtur, cui quam pertinacissime adhaeret, nec nisi sectione separabile est. In inferiore ac media parte non nisi vasorum interventu membranae alligatur. Per ductum hunc (ab Anatomicis nusquam adhuc designatum) semen a testibus elicatum in parastatas educi merito statuimus, cum in omnium animalium testiculis, licet non ejusdem magnitudinis, reperitur, nullaque alia, per quam ducatur, via assignetur, illi ergo hoc officium pertinere non dubitamus".
33. GRAAF, R. DE., *De virorum organis generationi inservientibus*. Lugduni Batavorum, ex off. Hackiana, 1668. Il lavoro di de Graaf deve essere considerato insieme a quello 'parallelo' sull'apparato riproduttivo femminile, *De mulierum organis generationi inservientibus*. Lugduni Batavorum, ex off. Hackiana, 1672. L'edizione consultata è da cui si cita è contenuta in GRAAF R. DE, *Opera omnia*. Lugduni Batavorum sump-tibus Io. Ant. Huguetan, 1678.
34. Epistola a F. de La Boe Sylvius, 20 febbraio 1668, ivi, p. xii. De Graaf attribuisce a Highmore un parziale allontanamento dall'idea che il testicolo sia una ghiandola: GRAAF R. DE, *De virorum...* op. cit., p. 18.
35. Ivi, p. 27.
36. DMA, II, CLXVIII, p. 343.
37. BERTOLONI MELI D., *The new anatomy of Marcello Malpighi*. In: BERTOLONI MELI D. (ed.) *Marcello Malpighi anatomist and physician*. Firenze, Olschki, 1997, pp. 21-62: 46.
38. Sulla discussione sulle ghiandole e sulle ricerche di Malpighi - pubblicate dopo la morte di Borelli - cfr. ivi, pp. 45-51.
39. DMA, II, CLXIX.
40. Ivi, p. 348.
41. La posizione di Borelli riflette un'opzione antiaristotelica, in relazione alla teoria del seme come residuo della *concoctio* del cibo, bene esemplificata da quello che dice del seme Tommaso Campanella: "*seminatio quamvis speciei causa conservandae constituta sit, tamen individuo quoque... semen ex puro sanguine in spermaticis concocto venis, atque in testiculis absoluto; spiritibusque repleto, fit, nequaquam superfluum excrementum existimari debet, sed pars utilissima, atque optima... quae omnes hominis partes confusas imperfectasque habeat*"; e in margine: "*Contra Aristot. cui semen excrementum*". CAMPANELLA T., *Medicinalium juxta propria principia libri septem*. Lugduni ex off. Joannis Pillehotte, 1635, lib. II, cap. III, art. V.
42. De Graaf riconosce la specificità degli organi riproduttivi femminili e, caso piuttosto raro, insiste sull'importanza del clitoride come organo non ridicibile a un 'pene imperfetto', ma dotato di una propria funzione specifica, quella di provocare il piacere femminile, necessario perché le donne accettassero il coito e i problemi e le fatiche della gravidanza.
43. La comparazione tra cervello e testicoli ha una storia più antica, come dimostra quanto si afferma in un manuale anatomico del Cinquecento. Cfr. BORGARUCCI P., *Della contemplatione anatomica, sopra tutte le parti del corpo humano*. In Vinegia, presso Vincentio Valgriso, 1564, cap. XXVII, de' testicoli, et natiche del cervello: "chiamano gli anatomici, testicoli quelle parti elevate del cervello, che ne vengono dopo la volta sudetta, nell'andar verso il cervellino". Ringrazio Silvia Marinozzi per avermi segnalato questo testo.

44. DMA, II, CXXXI, p. 261.
45. Borelli fa qui riferimento a due spiegazioni della funzione dei reni, una meccanica, una chimica, attribuendole ripetutamente a Lorenzo Bellini e Thomas Wharton.
46. DMA, II, CLXVII, p. 343. Analogamente de Graaf, che però non parla di fermentazione e si limita a indicare un'analogia con il transito del chilo: "*Hinc patet vasculorum nostrorum... longissimos ductus, primario a studiosissima rerum Natura conformatos esse, ut seminalis materia diuturniori mora ac transitu melius elaboraretur... vascula Testiculorum semen conficiant esse tantopere involuta, propter unam et solam causam, ut semen melius concoquatur*". GRAAF R. DE, *De virorum...* op. cit., p. 29.

Correspondence should be addressed to:
Maria Conforti, Sezione di Storia della Medicina, Viale dell'Università, 34A - 00185, Roma.