

Articoli/Articles

LE ORIGINI DELLA FISIOLOGIA MODERNA:
STUDI SUL MOVIMENTO UMANO

BIANCA ROSA D'ESTE
Cattedra di Storia dell'Educazione Fisica
e degli Sport, ISEF, Padova

SUMMARY

BACK TO THE ORIGINS OF THE MODERN PHYSIOLOGY
OF HUMAN MOTION

Curiosity and attention for human morphology are the main features of artistic expression during the age of Humanism. However, the need to discover the inner mechanism that links the outer shape with the bodily dynamics, led Leonardo to study myo-articular and skeleton functions, which were to be first dealt with by the iatrophysic School in the XVII century. The postulates of this school were to become the foundations of the modern physiology of the locomotive apparatus.

Ancora negli ultimi anni di vita Lorenzo Ghiberti (1378-1455) faceva notare, illustrando nei *Commentari* l'arte toscana del tempo, come nelle opere artistiche contemporanee fossero assai rari gli accenni a uno studio apprezzabile di *notomia*. Solo nel drammatico verismo dello *scheletro* affrescato da Masaccio (Tommaso di ser Giovanni di Simone Guidi, 1401-1428), fra 1426 e 1427, ai piedi della *Trinità*, in Santa Maria Novella, egli riscontrava un serio approccio alla morfologia umana (fig. 1).

Parole chiave/key words: Tuscan Art (between the XVth and the XVIIth)
Biomechanics - History of Medicine.

Questo dipinto rappresenta, infatti, l'iniziale esempio del radicale mutamento intervenuto in epoca umanista, quando l'artista - abbandonata la concezione medievale per la quale pittura e scultura altro non erano se non proiezioni di un modello esistente solo nella sua mente - si volge a indagare l'Uomo, prestando maggiore attenzione e curiosità all'essenza fisica più che morale¹.

I primi significativi studi di figure atteggiate nell'attimo fuggente che intercorre fra stasi e movimento - stupendo momento di equilibrio bilanciato, più tardi definito atto di moto inerziale - si hanno con Donatello (Donato di Betto Bardi, 1386-1466). La sua sensibilità giunse a fondere nel bronzo il calco di una gamba, con la relativa anca, per rendere più plastico l'abbandono di Oloferne alla morte, mentre la tendenza a sottolineare la realtà della forma, aerodinamicamente scolpita nello spazio,



Fig. 1 - Masaccio: scheletro

lo indurrà a esercitarsi su cadaveri escoriati ancor prima di affrontare modelli viventi. Documento manifesto del nuovo orientamento stilistico l'opera del Pollaiuolo (Antonio di Jacopo Benci, 1429-1498), che portò alle estreme conseguenze la trasposizione artistica dei preparati anatomici onde pervenire alla scoperta dell'intimo meccanismo che regola struttura e dinamica corporea. Intuendo che l'armonia del corpo è la risultante non solo dei caratteri di superficie, ma di tutte le parti in un gioco complesso di rapporti, egli determinò il delinearsi di un'Anatomia intesa quale esercizio indispensabile all'artista per adattare occhio e mano alla tensione dinamica del ritmo: come trasparente evidente dalla tormentata visione della *Battaglia dei Nudi*, che, incisa nel 1475, esibisce il complesso ingranaggio delle masse muscolari in alternanze risolte col variare dei chiaro-scuro (fig. 2).

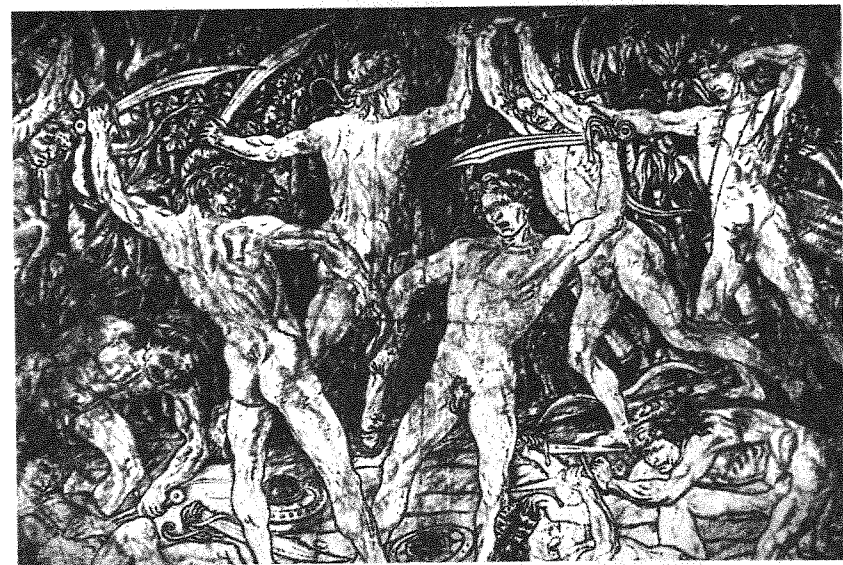


Fig. 2 - Pollaiuolo: Battaglia dei Nudi

Svanisce così, alle soglie del Rinascimento, il simbolismo metafisico delle composizioni simmetriche, mentre si sviluppa quel lavoro di specificazione tridimensionale delle strutture per le quali si articola e muove il corpo. Nasce quindi il realismo di maniera, il cui tema principale fu da un lato l'esaltazione antropocentrica, attraverso l'iperbolizzazione eroica delle figure, dall'altro la ricerca dell'espressione fisionomica e l'esplorazione della coordinazione motoria².

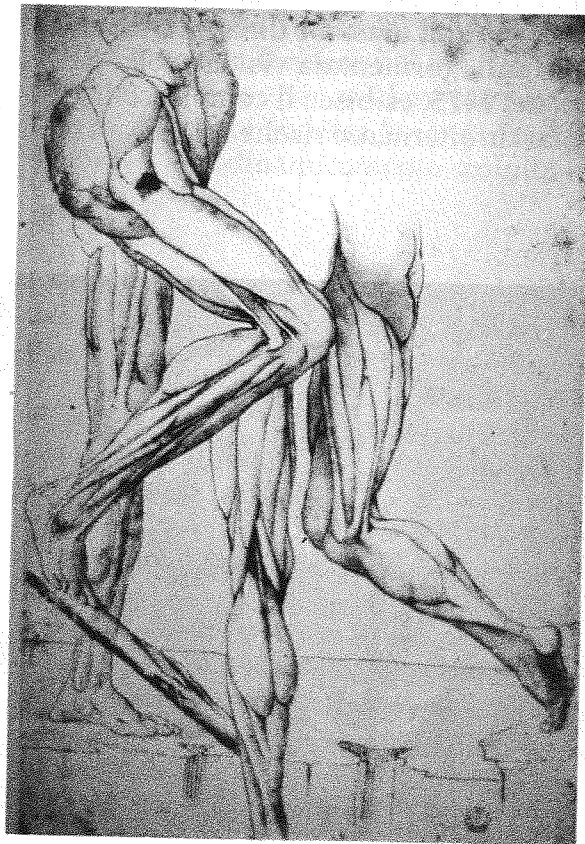


Fig. 3 - Beccafumi: studio della gamba in visione antero-posteriore

Importante esempio al riguardo è il fondo esistente presso il Gabinetto *Disegni e Stampe* degli Uffizi, che raccoglie i progetti elaborati in funzione propedeutica al lavoro pittorico da numerosi artisti vissuti a Firenze fra 1500 e 1600. L'osservazione di alcuni di essi ci consente infatti di rilevare come questi autori si fossero già resi conto, in base a semplici deduzioni empiriche, che il movimento non può essere espresso sottostando



Fig. 4 - Scavezzi: studio della prensione

a rigide regole di frontalità, geometrismo e parallelismo. La dinamica corporea è anzi, per loro, frutto del variare delle posizioni dell'apparato scheletrico in funzione dei nuclei di forza muscolare, per cui la figura va di continuo scomposta e ricomposta per essere rappresentata in diverse e successive vedute, date dall'incontro delle diverse parti con i piani dello spazio. Le esercitazioni di questi artisti risultano pertanto caratterizzate da un'attenta analisi del sistema di pesi e contrappesi per il quale si realizza il rapporto di congruenza fra carico ed equilibrio. Ne consegue un'armonica disposizione corporea sia nei momenti di maggior tensione espressiva, sia nella ritmica sequenza delle movenze.

Altra interessante caratteristica che accomuna questi lavori è l'ipermorfismo atletico, impresso non solo a muscoli e tendini, ma anche alle strutture articolari e ai segmenti scheletrici d'inserzione. Segno sicuro ed eloquente che l'artista ha ormai acquisito il concetto che qualsiasi attività di potenza o resistenza finisce per modellare la conformazione.

Espressivo appare, in proposito, il disegno a penna del Beccafumi (Domenico di Giacomo di Pace, 1486-1551), che analizza, in visione laterale e posteriore, il gioco dei muscoli dell'arto inferiore, caricato in estensione a Sx e in semiflessione, contro un piano inclinato, a Dx (fig. 3). Altrettanto significativo può dirsi lo studio di Prospero Scavezzi (XVI-XVII sec.), detto il Bresciano, in cui vengono indagati in primo piano a Sx i muscoli dell'arto superiore col polso in flessione e a Dx la mano incavata per evidenziare l'arco di opposizione formatosi, nella prensione di una tavoletta, fra il pollice e le altre quattro dita.

Sullo sfondo si intravede uno scorticato, di spalle, con il blocco delle gambe divaricate in modo da offrire una solida base d'appoggio al busto e agli arti superiori di un atleta disposto in fase di lancio della palla (fig. 4). Rilevante poi, in un altro disegno, l'anatomia dei muscoli estensori delle dita del piede e degli accessori della tibio-tarsica espressa durante il movimento di elevazione del corpo da Giacomo Bertucci (1516-1579), soprannominato Giacomone da Faenza (fig. 5). Plasticamente palese

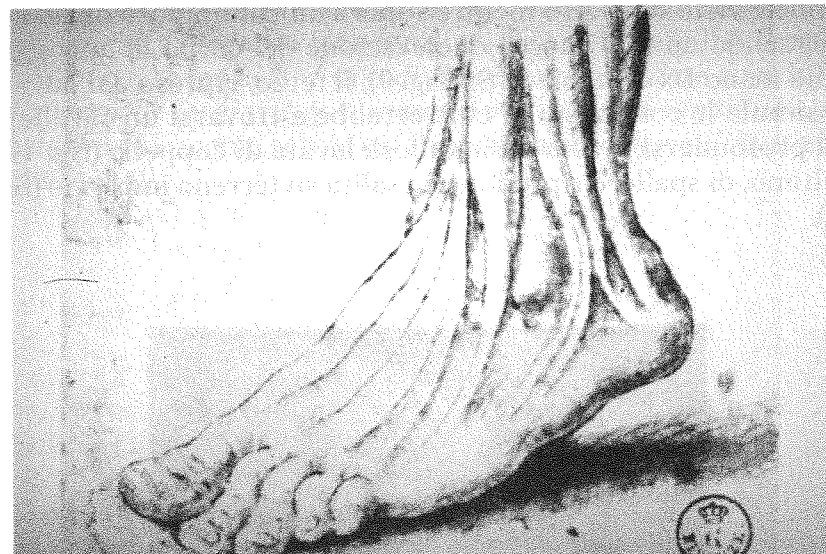


Fig. 5 - Bertucci: estensione del piede

è quindi la complessa azione riprodotta da Andrea Boscoli (1560-1607) che ci mostra, da destra, un escoriato con capo e tronco in leggera estensione-torsione contrapposta e associata al movimento delle estremità superiori (la Dx, semiflessa al gomito, portata all'altezza della spalla; la Sx abdotta indietro e in basso, col polso semiflesso e le dita chiuse su una tavoletta), mentre la gamba d'appoggio scivola in avanti e l'altra, distesa all'indietro, accompagna l'estensione (fig. 6).

Quasi a passo di danza sembra incedere, infine, l'escoriato di Alessandro Allori (1535-1607), che, attraverso l'eloquenza della muscolatura anteriore del corpo, sembra esprimere non solo la forza fisica, ma anche la gioia di vivere (fig. 7). Altrettanto bella è la sua serie di *scheletri animati*: il primo, in appoggio monopodale Dx, pare correre in discesa con lo sguardo volto in alto, mentre l'arto superiore Dx è portato in avanti con la mano estesa, quasi a prevenire una possibile caduta (fig. 8); il se-

condo è visto da dietro mentre supera un voluminoso ostacolo, eseguendo un movimento di elevazione del corpo in appoggio sulla mano Dx e sul piede Sx (fig. 9); il terzo, ripreso dal davanti, simula le condizioni in cui verrebbe a trovarsi un cavaliere nel profondersi in una cerimoniosa levata di cappello (fig. 10); l'ultimo, di spalle, è riprodotto in salita su terreno impervio (fig. 11).

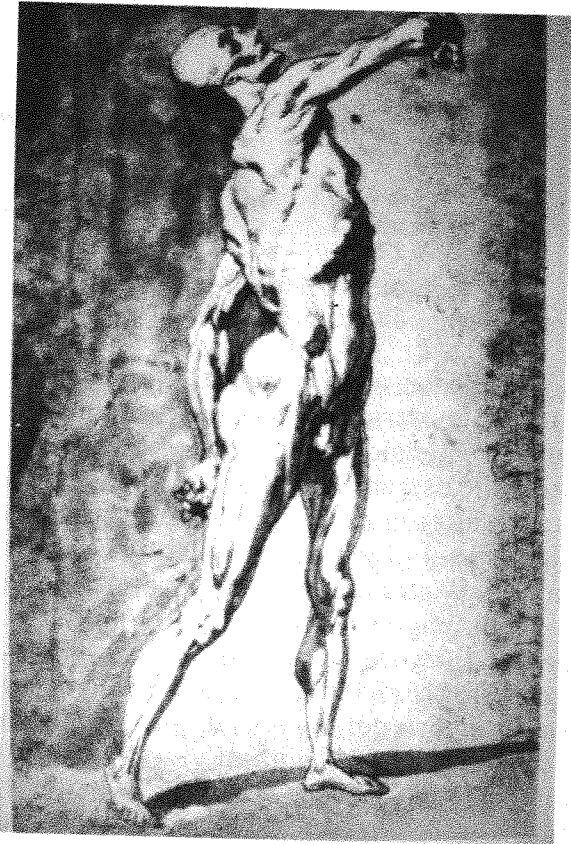


Fig. 6 - Boscoli: studio escoriato da destra

Fra gli artisti è tuttavia Leonardo (1452-1519) a tentare, al di là della pura eleganza iconografica, un'attenta analisi della dinamica corporea al fine di *individuare, sorprendere e tradurre, attraverso le leggi che governano il microcosmo umano, l'alitare del mondo*, come scrive sul Proemio ai *Quaderni d'Anatomia* (1489-1516)³.

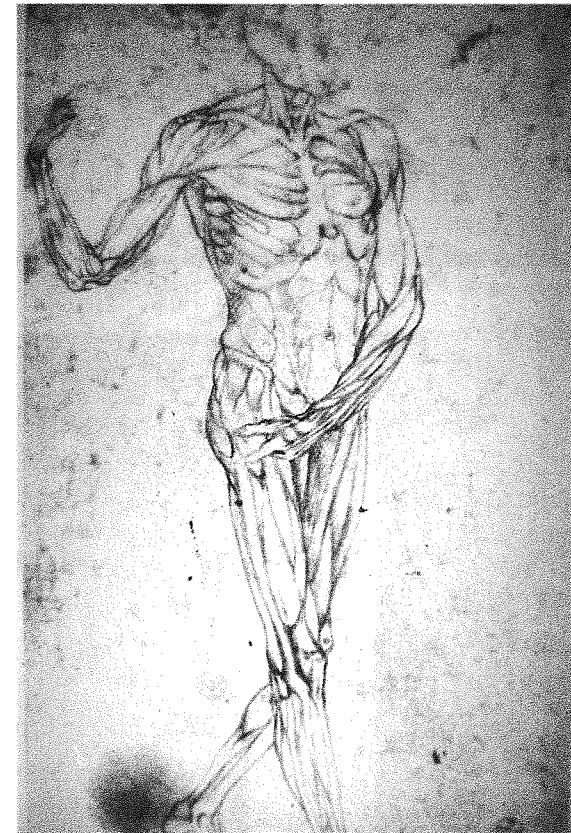


Fig. 7 - Allori: passo di danza

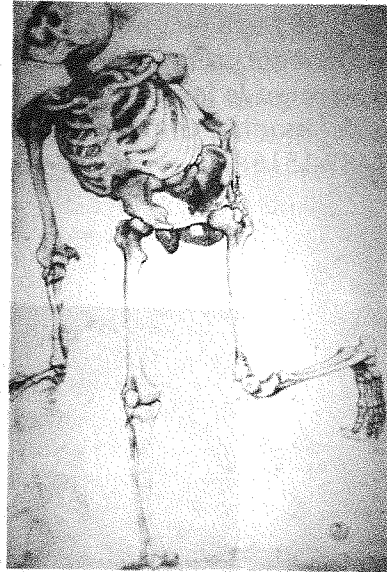


Fig. 8 - Allori: discesa



Fig. 9 - Allori: ostacolo in salita

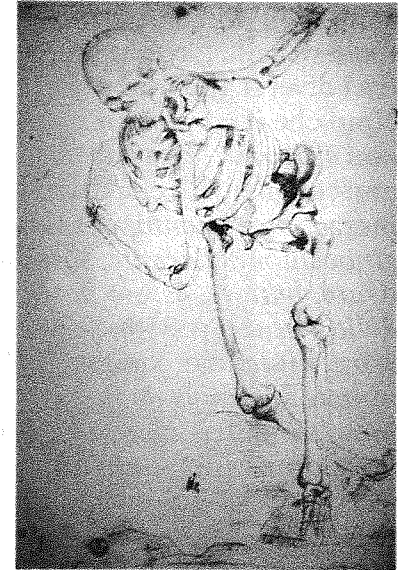


Fig. 10 - Allori: figura che si scappella

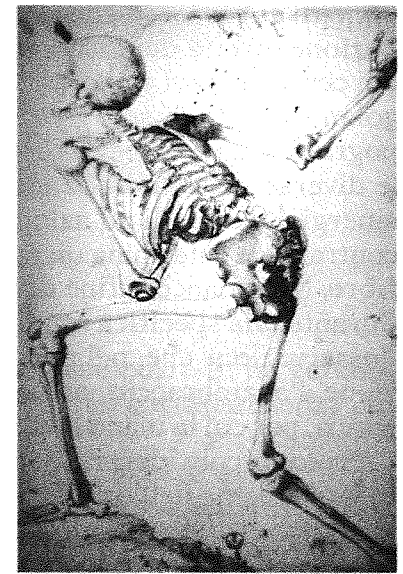


Fig. 11 - Allori: in salita

Per penetrare il mistero della vita, egli confrontò sistematicamente l'immagine settoria col modello vivente, in modo da rendere nella loro palpitante realtà i rapporti funzionali esistenti fra i diversi apparati e sistemi. In particolare, partendo dal principio che *il corpo non si può muovere se una parte dei muscoli non s'allenta*, Leonardo estese l'indagine al gioco coordinato dei muscoli in quelli che definì i 18 atteggiamenti fondamentali: *fermezza, movimento, corso, ritto, appoggiato, a sedere, chinato, ginocchioni, giacente, sospeso, portare, essere portato, spingere, tirare, battere, essere battuto, aggravare e alleggerire* (*Trattato della Pittura*, p. 359). Suddiviso il movimento in azionale, ossia *senza mutamento di luogo* (*Tr. Pitt.*, p. 300), e locale, *quando l'animale si muove da luogo a luogo* (c.s.), egli fece distinzione fra moto semplice, *ch'è quello che l'uomo fa nel piegarsi semplicemente innanzi, o indietro, od in traverso* (*Tr. Pitt.*, p. 351), e moto composto, *quello che per alcuna operazione si richiede piegarsi in giù e in traverso in un medesimo tempo* (*Tr. Pitt.*, p. 352). Dopo aver considerato il caso dei moti determinati da impressioni sensoriali e da stati d'animo, egli passò a descrivere movimenti *automatici*, che ritenne (*erroneamente*) conseguenti all'azione diretta dei muscoli volontari, mancandogli la nozione dei centri motori spinali. Per evidenziare le leggi fisiche che regolano il moto, associò, poi, il concetto sistematico a quello topografico, così da pervenire, mediante un accurato esame delle diverse associazioni e inserzioni, sia a distinguere i muscoli sinergici da quelli ad azione antagonista, sia a rilevare che la contrazione determina un accorciamento con ispessimento delle fibre. Non mancò infine di chiarire le linee di forza sviluppate durante una specifica attività mio-articolare: come ad esempio l'osservazione che, nel passaggio dalla supinazione alla pronazione, l'avambraccio, per la posizione obliqua del radio, si accorcia, per cui la mano risale leggermente (*Dell'Anatomia A*, 1v.).

Preso in considerazione il centro di gravità in funzione del mantenimento dell'equilibrio, Leonardo corresse quindi l'errore vitruviano, dimostrando come, inserito il corpo in un quadrato, a piedi uniti e braccia aperte di 90°, il centro di gravità si

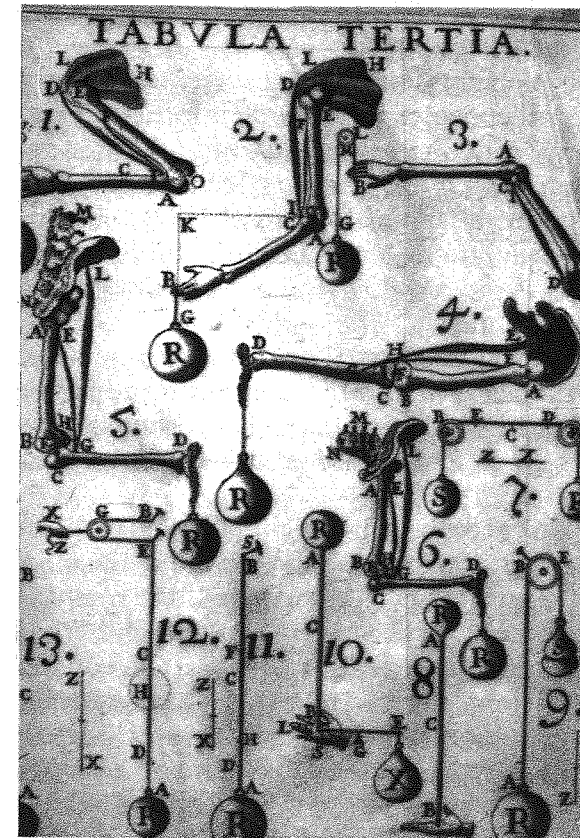


Fig. 12 - Borelli: leve di II grado

trovi nel pube; mentre se la figura viene posta in un cerchio, a braccia divaricate a X, esso si sposta in corrispondenza dell'ombelico (*Cod. Veneto 121*, n. 1).

Consapevole dell'infinita varietà degli aspetti e delle forme umane, egli seppe inoltre liberarsi dal canone fisso dei classici, riuscendo a documentare, con accurate misurazioni antropometriche, l'esistenza di costituzioni indipendenti dal tipo me-

dio, che adombrano i Biotipi fissati dalla Scuola di N. Pende (1880-1970) nel 1939.

Purtroppo, l'originale lavoro descrittivo e interpretativo di Leonardo fu, all'epoca, praticamente ininfluenza, da un lato perché i contemporanei non erano in grado di intendere l'arditezza del suo pensiero, d'altro canto perché la sua opera anatomica rimase ignorata fino alla fine del XVIII secolo, quando fu ritrovata e riordinata da Robert Dalton, bibliotecario della Raccolta Reale di Windsor, dove era conservata dal 1689 per legato di Maria II Stuart.

Solo nel '600, sviluppatosi il metodo sperimentale, fisici e matematici (*prima che i medici*) cominciarono ad affrontare lo studio delle modalità di funzionamento dell'impalcatura scheletrica e delle forze che intervengono tanto sullo stazionamento quanto sul movimento.

Personaggio cardine fu, in merito, Galileo Galilei (1564-1642), che, considerato il corpo umano come una macchina, pose alla base di ogni evento della vita i principi fondamentali della meccanica. Nel corso di successive ricerche egli cercò di formulare leggi fisico-matematiche universali atte a consentire non solo la comprensione dei movimenti articolari, dell'equilibrio e della deambulazione, ma anche di riprodurli artificialmente⁴.

Nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* uscito a Firenze nel 1632, egli espresse infatti la teoria dei *moti circolari, parziali e primitivi delle singole flessure e articoli*, che dimostrò essere variabili a seconda di come vengono a trovarsi reciprocamente le superfici di contatto, e la cui successione crea i *moti secondari*, che sono quelli visibili (*Op. cit.*, pp. 252-253). Per quanto riguarda poi l'equilibrio, egli lo spiega con la possibilità di spostare il centro di gravità sul poligono di appoggio costituito dal segmento teso fra i sostegni dei due arti, e allo stesso principio collegò (*erroneamente*) anche la progressione umana.

Un'analisi più approfondita sull'apparato motore si deve quindi a Niels Stensen (1638-1686), il quale pubblicò nel 1667 uno studio sistematico sui muscoli dal titolo *Elementorum myolo-*

giae specimen. Opponendosi alla persistente concezione galenica, per cui la *carne* altro non era se non un parenchima informe stimolato dai sensi, Stenone realizzò che il muscolo è un insieme di fibre suddivise in fibrille e pose quella distinzione fra muscoli *bianchi* e *rossi* che generalmente è attribuita a Krause (1868) e Ranvier (1874)⁵. Successive osservazioni lo portarono a chiarire le modalità d'azione dei diversi gruppi muscolari, a distinguere i muscoli volontari in *semplici* e *composti*, a dimostrare, sia pure attraverso rappresentazioni geometriche, l'immutabilità volumetrica delle fibre motrici, di cui precisò la struttura longitudinale durante la contrazione (*Op. cit.*, II ediz., Amstelodami 1669, pp. 81-84).

Determinante fu tuttavia l'opera di Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), il quale, docente di matematica a Messina, Pisa e Roma, compì interessanti ricerche sull'equilibrio, la postura e la dinamica del movimento, animale in generale e umano in particolare, condensati nel *De Motu Animalium*, uscito postumo in due volumi nel 1680 e 1681. Partendo dal presupposto che *la causa effettiva del movimento, e quindi della vita, è l'anima, la quale esplica la sua azione sull'organismo attraverso i nervi, che mettono in moto i muscoli* (*Op. cit.*, II ediz., Lugd. Bat. 1685, pars II, p. 40 e seg.), egli applicò la teoria delle leve all'escursione delle estremità: *le ossa e le parti resistenti del corpo costituiscono sempre delle leve di secondo grado, svantaggiosissime alla potenza, che, considerata nei muscoli, è veramente immensa* (fig. 12) (*Op. cit.*, pars I, p. 12).

Inquadrati in questo senso i movimenti di flesso-estensione e rotazione, Borelli fece distinzione fra i vari tipi di muscolo, non solo dal punto di vista anatomico, ma anche sotto il profilo funzionale, stabilendo, fra l'altro, che *quando i muscoli si contraggono, sia pure contro una lieve resistenza, esplicano una grande forza, in quanto l'inserzione di ciascun muscolo è sempre vicina al centro del movimento* (*Op. cit.*, pars I, p. 15). Ciò gli consentì di esprimere il concetto di *azione agonista* e *antagonista*, nonché quello di *posizione acamatica*, che definì come *stato di tensione intermedia, per la quale si può conservare la direzione*

dell'arto senza la compromissione tonica dei muscoli antagonisti (*Op. cit.*, pars I, p. 169).

Prendendo in esame la contrazione, egli osservò che i muscoli, fatta eccezione per alcuni che si contraggono per una forza elastica propria (come ad esempio il cuore), agiscono secondo la volontà dell'individuo che si propaga dal cervello lungo i nervi, che sono fibre cave ripiene di succo nerveo di natura salina che arriva ai muscoli, dove, a contatto con un quid alcalino presente nella loro struttura, dà luogo alla contrazione per un fenomeno di fermentazione esplosiva, o ebollizione; quando venga a cessare l'azione della volontà si ha interruzione dell'instillazione di succo nervoso e cessano, di conseguenza, la reazione e la contrazione muscolare (*Op. cit.*, pars II, p. 230 e seg.). Proposizioni che prospettano sia la neurotrasmissione dell'eccitamento sia l'esistenza di un fenomeno biochimico alla base dell'attività muscolare. Servendosi poi di rane decapitate, egli anticipò il concetto di *contrazione tetanica* espresso nel 1840 dal fisiologo Carlo Matteucci, osservando che *lo spasmo consiste nella contrazione involontaria dei muscoli provocata dal morso morboso dei nervi... (e) non differisce dal moto volontario nell'azione di per sé, ma in ciò che lo provoca* (*Op. cit.*, pars II, p. 315).

A conclusione di queste tesi Borelli sostenne che diversi moti vitali, per quanto inquadrati in un sistema di rapporti quantificabili in base a dimostrazioni matematico-geometriche, sono sempre delle variabili indiscutibilmente fondate sui singoli processi di interrelazione esistenti fra meccanismo di lavoro e sistema nervoso centrale (*Op. cit.*, pars II, p. 40 e seg.). Formulazione geniale che ha trovato un riscontro scientifico solo due secoli dopo, a seguito dello sviluppo della Fisiologia sperimentale, e che costituisce il presupposto teorico della moderna indagine biomeccanica.

NOTE E BIBLIOGRAFIA

1. BERNABEO R. A., *L'Iconografia Anatomica fra arte e scienza*, Bologna, Esculapio, 1984.
2. BERNABEO R. A., *Artisti Prevesaliani*, in *Immagini Anatomiche e Naturalistiche nei Disegni degli Uffizi, sec. XVI-XVII*, Firenze, Olschki, 1984, pp. 31-36.
3. BERNABEO R.A., D'ESTE B.R., *Forma e funzioni in Leonardo da Vinci*, Sport Master 2 (1990) 28-31.
4. D'ESTE B.R., *Principi di Biomeccanica in Galileo Galilei*, *Attività Fisica e Sport* 3 (1991), 38-40.
5. D'ESTE B.R., *La fisiologia muscolare secondo Stenone e Borelli*, *Educazione Fisica e Sport nella Scuola*, 41 (1988) 14-18.

La corrispondenza va inviata a: B.R. D'Este, Via G. Gozzi n. 49, 30172 VE/Mestre.