

## La fatica come misura del 'lavoro utile'

MARCO SARACENO\*

### 1. Introduzione

Le ricerche sulla fatica compiute dal fisiologo italiano Angelo Mosso alla fine del XIX secolo sono presentate dagli storici come una delle 'fonti',<sup>1</sup> se non come l'atto di nascita stesso,<sup>2</sup> delle moderne scienze del lavoro umano. Tale interpretazione che vede l'ergonomia, la psicologia<sup>3</sup> e la sociologia del lavoro,<sup>4</sup> emergere da questi primi studi sui limiti psicofisiologici della produttività umana ha alimentato l'idea di un'origine 'produttivistica' della scienza del lavoro. Secondo tale lettura, lo studio del funzionamento psico-fisiologico dell'uomo al lavoro sarebbe quindi una parte di un progetto sociale più ampio, dedito all'adattamento del corpo umano in vista dell'aumento della produttività. Da tale prospettiva, la nozione di fatica è stata interpretata come un'applicazione all'attività umana della gestione razionale della produzione ispirata dagli studi sul rendimento meccanico. Senza mettere in dubbio la fondatezza di questa lettura, confermata dalla temperie igienista e produttivista nella quale l'opera di Mosso s'iscrive, in quest'articolo si mostrerà che, se la nozione di fatica si trova all'origine delle scienze del lavoro umano, non è solo per il suo ruolo di "lato compassionevole dell'ossessione produttivista",<sup>5</sup> ma anche perché, attraverso tale nozione, la questione dell'efficacia economica si mostra come connessa alla questione antropologica dell'intenzionalità dell'attività umana. Detto altrimenti, riflettendo sul fenomeno psicofisiologico della fatica, le ricerche di Angelo Mosso, più che prestarsi a diventare uno strumento della meccanizzazione del corpo, fanno emergere la gestione economica del lavoro come fundamentalmente legata all'esperienza vitale dell'uomo.

Fin dalle prime ricerche sul rendimento delle macchine a vapore, verso la fine del XVIII secolo, la nozione di utilità apparve immediatamente come necessaria alla misura del rendimento. Gli ingegneri meccanici avevano, in effetti, evidenziato che per calcolare il lavoro di una macchina non è sufficiente misurare in kilogrammetri la forza calorica che rilascia, ma bisogna mettere in relazione la spesa di energia totale che implica il suo utilizzo (lavoro totale) con il risultato pratico che permette d'ottenere (lavoro utile).<sup>6</sup> In tal senso,

---

\* Université Paris Ouest Nanterre – La Défense, [marco-saraceno@libero.it](mailto:marco-saraceno@libero.it)

<sup>1</sup> G. RIBEILL, *Les débuts de l'ergonomie en France à la veille de la Première Guerre mondiale*, «Le Mouvement Social», n. 113, 1 ottobre 1980, pp. 3-36.

<sup>2</sup> ANSON RABINBACH, nella sua ricchissima monografia consacrata alla scienza del lavoro, parla di Mosso come del 'Galileo' di tale disciplina: A. RABINBACH, *The human motor. Energy, fatigue, and the origins of modernity*, University of California Press, 1992, p. 7.

<sup>3</sup> Vedere a titolo di esempio la recente ricerca di Roberta Passione che inizia con un capitolo consacrato a Mosso, R. PASSIONE, *Le origini della psicologia del lavoro. Nascita e declino di un'utopia liberale*, Milano, Franco Angeli, 2012.

<sup>4</sup> Si rimanda a questo proposito alla centralità del problema della fatica nel libro fondatore della sociologia del lavoro europea: G. FRIEDMANN, *Machine et humanisme. 2. Problèmes humains du machinisme industriel*, Paris, Gallimard, 1946.

<sup>5</sup> RABINBACH, *The human motor*, 1992 cit., p. 290.

<sup>6</sup> CHARLES AUGUSTIN COULOMB è il primo a definire la nozione di 'lavoro utile' o 'effetto utile'. L'ingegnere francese sottolinea che la nozione fisica di "lavoro" applicata al rendimento della meccanica industriale si divide in due concetti: il lavoro totale, definibile come la spesa totale di energia, e il lavoro reale effettuato, cioè l'effetto utile per ottenere il quale si è impiegata la spesa. Da un punto di vista economico, evidentemente, è l'effetto utile che definisce il valore di un lavoro. C.A. de COULOMB, *Résultat de plusieurs expériences destinées à déterminer la quantité d'action que les hommes peuvent fournir par leur travail journalier, suivant les différentes manières dont ils emploient leurs forces*, in ID., *Théorie des machines simples, en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages*, Paris, Bachelier, 1821, pp. 255-297. Su Coulomb vedi: F. VATIN, *Le travail selon Coulomb*, in ID., *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Éd. de l'Université de Bruxelles, 1999, pp. 33-46.

l'osservazione dei motori a vapore aveva permesso di mostrare che durante un ciclo produttivo solo una parte dell'energia è trasformata in ciò che economicamente può definirsi lavoro, mentre un'altra è dispersa nel processo di trasformazione.<sup>7</sup> La nozione di effetto utile (o lavoro utile) permetteva ugualmente di spiegare il fenomeno della perdita crescente di efficacia, sarebbe a dire il fenomeno dell'aumento marginale della spesa nel tempo: una macchina a vapore, infatti, consuma sempre la medesima quantità di energia calorica, ma più la sua struttura meccanica si usura più l'energia sarà dispersa facendo diminuire l'effetto utile.<sup>8</sup> Nelle analisi economiche applicate alla meccanica, la misura del rendimento appare dunque legata alla definizione dell'utilità, la quale dipende evidentemente da una scelta 'valoriale' umana e sociale. Tuttavia, nel caso delle macchine, il problema della definizione dell'utile poteva essere aggirato poiché l'effetto richiesto a una macchina era riconducibile al suo lavoro motore misurabile in kilogrammetri.

Ripercorrendo la storia della fisiologia, l'idea di utilizzare il calcolo di rendimento economico per studiare le funzioni organiche appare in concomitanza con lo sviluppo di una metodologia sperimentale che concepiva lo studio dell'attività vitale all'interno delle leggi generali dell'energia.<sup>9</sup> Immediatamente si pose il problema di definire che cosa è passabilmente 'utile' per l'organismo. In effetti, dopo aver calcolato la spesa energetica in kilogrammetri, com'è possibile individuare l'effetto utile di un'attività che si definisce 'vitale'? È in tale contesto di ridefinizione della nozione d'effetto utile all'interno del funzionamento del corpo umano che appare il concetto di fatica.<sup>10</sup> In effetti, seguendo la storia della misura del lavoro umano, la nozione di fatica introdotta da Angelo Mosso appare come il tentativo di ricondurre la nozione di effetto utile a quella di effetto 'voluto'. È quotidianamente evidente, infatti, che il risultato di un lavoro umano non dipende solamente dal rendimento economico dell'energia accumulata grazie agli alimenti o alla respirazione, ma anche dal miglioramento dell'efficacia dei movimenti ottenuta grazie allo sforzo volontario. Come ha sottolineato lo storico francese François Vatin,<sup>11</sup> la nozione di fatica non fa altro che ricondurre la nozione di lavoro di cui si erano appropriate la meccanica e la termodinamica alla sua origine antropologica, poiché, anche nel caso del lavoro di una macchina, il suo rendimento è definito in funzione di un effetto socialmente 'voluto'.

Per rendere conto del contesto in cui si sviluppa l'analisi di Mosso, la prima parte di quest'articolo sarà consacrata alle teorie di Auguste Chauveau e Jules-Etienne Marey. In effetti, i due fisiologi, cercando di far emergere la specificità dell'attività fisiologica umana

<sup>7</sup> Riguardo alle relazioni tra la storia della meccanica industriale e la storia delle teorie economiche del valore vedere: F. VATIN, *Le travail. Économie et physique, 1780-1830*, Paris, PUF, 1993.

<sup>8</sup> In questo senso, gli ingegneri civili della Francia del Secondo Impero parlavano senza troppe difficoltà di 'fatica' del manto stradale come grandezza da prender in conto per calcolare il rendimento dei pedaggi in rapporto al costo di manutenzione. Cfr. B. GRALL, *Économie de forces et production d'utilités. L'émergence du calcul économique chez les ingénieurs des ponts et chaussées, 1831-1891*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2003, pp. 179-182.

<sup>9</sup> RABINBACH, *The human motor*, 1992 cit.

<sup>10</sup> Lavoisier fu il primo a esprimere a chiare lettere questo progetto: "On peut connaitre, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux de l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu, sous la dénomination commune de *travail*, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire". A.-L. de LAVOISIER, *Mémoire sur la chaleur, lu à l'Académie Royale des Sciences*, Paris, Impr. Royale, 1783. In linea con questo progetto, Gustave Hirn metterà a punto una camera calorifica capace di misurare il calore disperso dall'uomo durante un'attività complessa: G. HIRN, *Recherche sur l'équivalent mécanique de la chaleur*, Colmar, Bureau de la Revue d'Alsace, 1858.

<sup>11</sup> F. VATIN, *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Éd. de l'université de Bruxelles, 1999.

all'interno delle leggi di conservazione dell'energia, mostrano il limite dell'equivalenza termodinamica per la misura del lavoro umano. Entrambi cercano di misurare l'“effetto utile” dell'attività fisiologica usando le categorie di calore e di movimento, rilevando però che, per l'uomo, ‘lavorare’ significa qualche cosa di più complesso che consumare dell'energia per produrre un movimento. Come si vedrà, i due fisiologi, a causa dei loro metodi d'analisi, non potranno che accennare al ruolo della volontà. Sarà Angelo Mosso, del quale parleremo nella seconda parte, che, grazie ai suoi interessi per l'attività fisiologica del cervello, tenterà esplicitamente una ridefinizione del calcolo dell'effetto utile all'interno di una teoria dello stimolo volontario, introducendo la nozione di fatica. Tuttavia, come avrebbe mostrato pochi anni più tardi la nascente psicologia del lavoro, la fatica è solamente una nozione di senso comune che ‘non definisce nulla con precisione’.<sup>12</sup> In tale prospettiva, nelle conclusioni di quest'articolo, si vedrà che il progetto di una misura generale del lavoro volontario a partire dalla fatica si rivelerà un fallimento, incapace di far passare lo studio del lavoro dall'analisi energetica a quella sociologica. La storia del ‘concetto’ di fatica permette quindi di mostrare la difficoltà di una misura scientifica del lavoro umano, presa tra l'esigenza dell'obiettività metrologica e la relatività dell'idea d'utilità.

## *2. Chauveau e Marey: tra lavoro interno ed effetto esterno*

### *Chauveau e il ‘lavoro statico’*

Nel 1880, il veterinario francese Auguste Chauveau, in seguito ad alcune osservazioni sul muscolo cardiaco del cavallo<sup>13</sup> e influenzato dalle ricerche sul calore umano di Gustav Hirn, inizia una serie di esperimenti per misurare l'equivalenza termodinamica del lavoro umano.

Nel 1888, pubblica i primi risultati delle sue ricerche in un articolo intitolato *Le travail physiologique et son équivalence*.<sup>14</sup> Il concetto di lavoro definito dallo studioso francese con l'aggettivo ‘fisiologico’ era usato esplicitamente in contraddizione con il significato della nozione ‘lavoro’ ufficialmente formulato nel 1829 da Coriolis nel glossario della meccanica. In effetti, mentre per la scienza fisica il lavoro è definito come l'energia necessaria al sollevamento di un peso, Chauveau pensava che da un punto di vista fisiologico si potesse parlare di lavoro anche in assenza di movimento. In particolare, secondo Chauveau, l'interpretazione puramente fisica dell'equivalenza termodinamica, riducendo il lavoro al prodotto di un peso per il suo spostamento verticale, non poteva spiegare l'esperienza quotidiana del lavoro umano che spesso non implica alcun movimento.<sup>15</sup>

Souvent le travail statique est le seul ou presque le seul *effet utile* qu'on demande à la contraction musculaire. C'est le cas du travail du portefaix, cheminant avec sa charge sur un plan horizontal et s'appliquant instinctivement à raser le sol, pour imprimer à son centre de gravité que des déplacements insignifiants dans le sens vertical.<sup>16</sup>

---

<sup>12</sup> Vedere in particolare l'opera di disamina delle varie tecniche di misura della fatica pubblicata nel 1924 dal direttore del Bureau International du Travail, Victor Dhers, nel quale si dichiara fallito il tentativo della psicofisiologia di misurare positivamente il lavoro attraverso la fatica. Lo psicologo Henri Piéron nella prefazione dell'opera scriverà addirittura che la fatica non avrebbe mai dovuto cessare di essere una nozione del linguaggio comune. Cfr. V. DHERS, *Les tests de fatigue. Essai de critique théorique*, préface de M. H. Piéron, Paris, Baillière, 1924.

<sup>13</sup> A. CHAUVEAU, *Vue d'ensemble sur le mécanisme du cœur*, Paris, Impr. de Chaix, 1887.

<sup>14</sup> ID., *Du travail physiologique et de son équivalence*, «Revue scientifique», s. 3, X, 1888.

<sup>15</sup> In questo senso, François Vatin ha parlato a proposito delle ricerche di Chauveau di una riabilitazione del “concetto economico e quotidiano” di lavoro: F. VATIN, *Le travail, sciences et société. Essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, cit., p. 51.

<sup>16</sup> A. CHAUVEAU, *Le travail musculaire et l'énergie qu'il représente*, Paris, Asselin et Houzeau, 1891, p. XII. François Vatin sottolinea che Chauveau “dimentica” di citare la sua fonte che è evidentemente Coulomb. Cfr. F. VATIN, *Le travail, sciences et société*, 1999 cit., p. 51.

Per superare la definizione ristretta di lavoro meccanico, il fisiologo propone l'apparente ossimoro di 'lavoro statico'. Se l'esperienza quotidiana conduce a considerare l'atto di sostenere un peso senza spostarlo senza dubbio come un 'lavoro', da un punto di vista energetico, si deve dimostrare nel rispetto delle leggi della termodinamica che, nonostante l'assenza di movimento, tale azione sia definibile come un lavoro nel senso fisico del termine. Riprendendo le parole di Chauveau, si deve spiegare come sia possibile che il muscolo consumi energia durante il

lavoro statico, mentre un motore a vapore ne consuma solamente per fornire del lavoro dinamico.

Secondo il fisiologo francese, al momento della contrazione muscolare, lo stimolo nervoso non attiva una combustione, come lo fa la scintilla di una macchina a vapore, ma un altro tipo di forza tipicamente fisiologica che permette accessoriamente il movimento. Chauveau definisce tale 'forza' fisiologica come l'elasticità di cui sono capaci le fibre muscolari. In questo senso, secondo Chauveau, "il vero *lavoro* commissionato dalle eccitazioni all'organo cerebrospinale" è "l'accorciamento attivo del muscolo, vale a dire la *messa in gioco* della sua contrattilità".<sup>17</sup> Il fisiologo può dunque concludere che un muscolo, ogni volta che si contrae, anche senza produrre un movimento verso l'esterno, "*lavora a suo modo*", vale a dire mette in gioco la sua elasticità. Chauveau stabilisce quindi che il lavoro che produce la contrazione è una caratteristica esclusiva dei muscoli degli esseri animati e che il suo funzionamento non può essere spiegato con le categorie del lavoro meccanico. Il lavoro prodotto dal muscolo non è il risultato di una combustione, ma una trasformazione di energia che ha l'effetto di generare una forza elastica che permette un accorciamento di diversa intensità del muscolo, producendo in tal modo un movimento più o meno importante o addirittura nullo, a seconda dell'importanza dell'accorciamento.

Con gli studi di Chauveau, il problema del rendimento diventa dunque una questione d'organizzazione interna del corpo: infatti, il miglioramento del rendimento (cioè l'aumento della proporzione tra l'energia spesa e l'effetto utile) non dipende più (o non solo) dai fattori esterni che consumano l'energia inutilmente (resistenze, attriti ...), ma dal processo stesso di trasformazione chimica dell'energia in 'elasticità muscolare'. Tuttavia, questo spostamento della questione economica all'interno del muscolo non fa che riproporre il problema della misura dell'effetto utile a proposito dei microscopici processi che avvengono nell'organismo. Ciò diventerà il principale problema per la fisiologia della fine del XIX secolo: in che modo studiare i fenomeni interni con la precisione con la quale si osservano i movimenti fisici. In effetti, fu proprio da preoccupazioni molto simili a quelle di Chauveau che, alla fine del XIX secolo, differenti fisiologi, tra cui Etienne Jules Marey, svilupparono un nuovo metodo d'osservazione fisiologica che permetteva di studiare con precisione i movimenti interni del corpo umano.

### 3. Marey e l'*optimum* dinamico

Per 'metodo grafico' s'intende una tecnica di analisi fisiologica che si fonda sull'idea secondo cui le funzionalità organiche possono essere studiate a partire dall'analisi dei tracciati dei loro movimenti. In tal senso, con il metodo grafico, il movimento in senso lato diventa il concetto centrale nello studio fisiologico. Tuttavia, anche se, a partire dagli anni 1870-1880, gli strumenti si servono del ritmo organico per oggettivare le variazioni dell'attività fisiologica, il loro scopo principale non è quello di misurare una quantità di movimento o l'intensità di una forza. Va detto, infatti, che il primo di questi strumenti grafici, sarebbe a dire

<sup>17</sup> CHAUVEAU, *Du travail physiologique et de son équivalence*, 1888 cit., p. 130.

il chimografo inventato da Karl Ludwig,<sup>18</sup> non fu creato per misurare il ‘lavoro’ meccanico del cuore, ma perché nel movimento cardiaco si scorse un mezzo per oggettivare la sua funzione organica.<sup>19</sup> Al contrario, Etienne-Jules Marey, fisiologo appassionato di meccanica animale, s’interessò al metodo grafico alla ricerca di strumenti per analizzare e misurare la potenzialità cinematica degli esseri viventi.<sup>20</sup> Tale interesse per il movimento colloca le ricerche di Marey esplicitamente in una prospettiva ‘economica’, in effetti, lo scienziato francese riteneva che il progresso scientifico dipendesse precisamente dalla capacità di misurare il ‘rendimento’ dei movimenti fisiologici:

Si l’on savait dans quelles conditions s’obtient le maximum de vitesse, de force ou de travail que peut fournir l’être vivant, cela mettrait fin à bien des discussions et à bien de tâtonnements regrettables.<sup>21</sup>

In tal senso, secondo il fisiologo francese, il metodo grafico avrebbe permesso di misurare il lavoro meccanico di ciascun organo “combinando l’iscrizione degli sforzi sviluppati a ogni istante con quella delle distanze percorse”.<sup>22</sup> Marey pensava dunque di servirsi degli strumenti fisiologici per applicare alla ‘macchina animale’ il principio del ‘diagramma di Watt’, misurando il lavoro effettuato usando il tracciato del ciclo di produzione. Questo progetto condurrà tra l’altro Marey a mostrare i limiti stessi del metodo grafico. Secondo il fisiologo, infatti, gli strumenti fisiologici, riconducendo tutti i movimenti al moto lineare di uno stilo su un foglio di carta, non permettevano di studiare i movimenti complessi come la locomozione i quali, a causa della struttura muscolare, sono sempre alternati, cioè composti da una contrazione e da un’estensione. Per calcolare il rendimento dei movimenti dei motori animati, si deve quindi tracciare una curva che riproduca per i moti alternati il diagramma che Watt aveva disegnato per il moto circolare della macchina a vapore. A questo fine, il fisiologo sviluppa uno strumento chiamato ‘fucile fotografico’ che gli consente di prendere dodici immagini al secondo, riuscendo in questo modo a tracciare delle sorte di curve del movimento degli animali. Secondo Marey, combinando le curve cronofotografiche di un uomo che corre, con le curve della forza, fornite da una piattaforma dinamografica posizionata al suolo,<sup>23</sup> si può riprodurre per il movimento locomotorio il principio del diagramma di Watt. In altre parole, attraverso l’osservazione della variazione della quantità di movimento in funzione della forza applicata si otterrebbe la misura dell’effetto utile del lavoro umano. Questo progetto, nella prospettiva di Marey, ha una ragione pratica immediata poiché permetterebbe di ‘educare’ il movimento in modo da ottimizzare il suo rendimento finale. In tal senso, per esempio, la cronofotografia potrebbe mostrare in che misura “il colpo di martello del fabbro sia differente da quello dell’apprendista”.<sup>24</sup>

<sup>18</sup> Riguardo alle origini del metodo grafico e in particolare alla creazione del chimografo, cfr. S. DE CHADAREVIAN, *Graphical method and discipline. Self-recording instruments in nineteenth-century physiology*, «Studies in history and philosophy of science part A», XXIV, n. 2, 1993, pp. 267-291.

<sup>19</sup> In altre parole, si può dire che il metodo grafico fu l’allargamento alla fisiologia di una tendenza che aveva già interessato la maggior parte delle scienze della natura e dell’uomo: il passaggio dalla ‘messa in ordine’ in una tabella, nella quale i dati sono solamente enumerati, alla messa in ordine su un grafico continuo, in cui i dati assumono un senso come elementi di una funzione. Cfr. J. GOODY, *The Domestication of the savage mind*, Cambridge, Cambridge University Press, 1977.

<sup>20</sup> Sull’importanza della questione del movimento in Marey vedi: L. DIBATTISTA, *Il movimento immobile. La fisiologia di E.-J. Marey e C.E. François-Franck (1868-1921)*, Firenze, Olschki, 2010, pp. XIV-XV e F. DAGOGNET, *Etienne-Jules Marey. La passion de la trace*, Paris, Hazan, 1987, pp. 46-47.

<sup>21</sup> É.-J. MAREY, *La machine animale*, Paris, G. Baillièrè, 1878, p. VIII.

<sup>22</sup> ID., *La méthode graphique dans les sciences expérimentale et principalement en physiologie et médecine*, Paris, Masson, 1878, p. XII.

<sup>23</sup> Per la descrizione di questo metodo cfr. ID., *De la mesure des forces dans les différentes actes de locomotion*, «Comptes rendues de l’Académie des Sciences de Paris», 8 octobre 1883.

<sup>24</sup> ID., *Le mouvement*, Paris, Masson, 1894, p. 138. Marey sviluppa in questo senso un abbozzo di ergonomia degli strumenti grazie anche alla collaborazione con l’ingegnere Charles Frémont: “Il n’est pas douteux que le

Marey non vede più nel movimento il risultato di un lavoro ‘interno’ d’ordine fisico-chimico, ma osserva il movimento stesso come un lavoro particolare regolato dall’efficacia meccanica della struttura muscolo-scheletrica. Tuttavia, se la cronofotografia permette di oggettivare il lavoro ‘utile’ nel rapporto tra la quantità di forza applicata e la quantità di movimento realizzato, essa non dice nulla dell’impatto dell’attività esterna sull’equilibrio interno dell’organismo. Così, anche se i due progetti di ricerca di Chauveau e Marey condividono lo stesso ‘interesse economico’ restano fundamentalmente separati a causa dei loro diversi oggetti di studio. Se l’energetismo di Chauveau cerca di comprendere come il corpo umano converte l’energia per eseguire un accorciamento del muscolo, lo studio cinematico di Marey vuole studiare come quest’accorciamento si produce dinamicamente. In questo modo, l’energetismo e la cinematica sembrano concentrarsi su due aspetti complementari dello studio del lavoro: mentre Chauveau, definisce il rendimento come il consumo equilibrato delle riserve energetiche, Marey lo definisce come l’utilizzo efficace dei movimenti meccanici. Vedremo giustamente che il coordinamento di queste due ‘economie corporali’ sarà il problema principale che cercherà di risolvere Mosso attraverso il concetto di fatica.

Ora, prima di diventare l’oggetto delle ricerche di Angelo Mosso, il fenomeno di abbassamento marginale della quantità di lavoro era già emerso come un aspetto fondamentale della misura del rendimento energetico. In particolare, la ‘scoperta’ della fatica muscolare fu il più importante dei risultati sperimentali del ‘miografo’, uno strumento progettato da Hermann von Helmholtz per misurare l’intensità delle contrazioni muscolari. Il miografo è costituito da un sensore posto sul muscolo o sul nervo e collegato direttamente o tramite un trasmettitore ad uno stilo che traccia su un rullo di carta annerita una serie di segmenti le cui altezze rappresentano l’intensità delle differenti contrazioni. La curva che unisce le sommità dei segmenti diminuisce con il tempo, il che significa che l’intensità della contrazione muscolare diminuisce in funzione della durata dell’esperimento. Il primo fisiologo ad aver fatto quest’osservazione fu Hugo Kronecker che, applicando il miografo ad un muscolo di rana separato dal corpo e stimolato elettronicamente, riuscì a tracciare la prima curva della fatica.<sup>25</sup> La curva tracciata dal miografo mostrava in particolare che la rapidità dello sfinimento muscolare dipendeva dal tempo e dall’intensità dello stimolo elettrico. Questa scoperta permetteva d’immaginare che, in una contrazione volontaria, lo sfinimento energetico del muscolo dipendesse ugualmente dall’intensità dello stimolo, il quale, in questo caso, è regolato dall’attività psichica della volizione. La misura di tale grandezza, mostrando in che modo la volontà ‘usa’ l’energia muscolare per realizzare un movimento, avrebbe potuto illuminare la relazione tra la disponibilità energetica e l’efficacia cinematica, che restava oscura nelle ricerche di Marey e Chauveau. Fu esattamente a questo problema, con evidenti echi psico-fisici, che s’interessò Angelo Mosso.

#### 4. Angelo Mosso: misurare in kilogrammetri il lavoro della volontà

##### *Il lavoro del cervello*

Nell’opera di Mosso la relazione tra energia, movimento e volontà non è una questione che appare immediatamente nei termini economici che si è seguiti nelle analisi di Marey e

---

jour où l’on abordera l’étude des diverses formes du travail professionnel, on découvrira les lois qui doivent régler la masse des divers outils, la longueur de leur manche, et même les dimensions que chaque outil doit avoir, suivant la taille et la force de celui qui l’emploie”, ID., *L’économie de travail et l’élasticité*, «La revue des idées», I, n. 4, 1904, p. 177. Si veda anche l’articolo pubblicato da Fremont in seguito alla collaborazione con Marey: C. FRÉMONT, *Les mouvement de l’ouvrier dans le travail professionnel*, «Le monde moderne», I, n. 2, 1895, pp. 187-193.

<sup>25</sup> H. KRONECKER, *Über die Ermüdung und Erholung der quergestriphen Musklen*, «Arbeiten aus der Physiologischen Anstalt zu Leipzig», VI, 1871, pp. 177-266.

Chauveau, ma emerge in seno ad una ricerca sulla materialità dell'attività psichica. Professore di Medicina nel laboratorio del materialista olandese Jacob Moleschott, Mosso inizia una serie di studi sul movimento del cervello utilizzando il pletismografo<sup>26</sup> per misurare le variazioni del flusso di sangue durante l'attività intellettuale.<sup>27</sup> Dietro questo interesse, si scorge l'influenza del Maestro olandese, sostenitore di un 'materialismo radicale' secondo il quale i pensieri, i sentimenti, e in generale tutte le manifestazioni della psiche sarebbero riducibili a dei movimenti di materia.<sup>28</sup> È quindi per tracciare i 'movimenti dell'anima' che Mosso comincia a servirsi degli strumenti del metodo grafico. Si può dire che il fisiologo italiano, nei suoi primi lavori sui movimenti del cervello, sia alla ricerca di una sorta di 'movimento primo' che sarebbe la causa e la ragione di tutte le azioni. In questa prospettiva, lo studio dei movimenti interni del cervello avrebbe dovuto fornire la causa materiale degli atti volontari, pensando così lo stimolo in termini meccanici come la trasmissione di una quantità di movimento.<sup>29</sup> Queste ricerche sui movimenti cerebrali concepiscono dunque il 'lavoro del cervello' esplicitamente in senso meccanico: infatti, l'attività cerebrale è pensata come un processo durante il quale un'energia chimica è trasformata nel movimento (circolazione del sangue) che permette la produzione di tutti gli atti psichici che presiedono alla vita umana.

Tuttavia, durante le sue ricerche, quest'interpretazione meccanico-energetica ereditata dal materialismo 'volgare' di Moleschott subisce un duro colpo d'arresto. Durante gli anni '80 del XIX secolo, Mosso, grazie al suo impiego come medico all'ospedale di Torino, ha la possibilità di trattare diversi casi di pazienti con fratture del cranio causate da incidenti o da malattie come la sifilide. Attraverso queste 'fessure sull'anima', il fisiologo riesce ad osservare direttamente la materia cerebrale e ad analizzare le variazioni del flusso sanguigno in seguito alle 'attività' del cervello. Il primo risultato di queste ricerche sembra coerente con le teorie materialiste: ogni emozione produce un aumento del flusso di sangue, dimostrando

---

<sup>26</sup> Si tratta di uno strumento inventato dallo stesso Mosso per misurare l'aumento dei flussi sanguinei attraverso le variazioni di volume degli arti. Lo strumento si compone di un cilindro riempito di liquido in cui si immerge un braccio; al minimo gonfiamento dell'arto causato dall'aumento di pressione sanguigna nei vasi, il volume del liquido aumenta facendo muovere uno stilo che traccia le variazioni su un chimografo.

<sup>27</sup> A. MOSSO, *Introduzione ad una serie di esperienze sui movimenti del cervello dell'uomo*, «Archivio Scientifico Medico», I, 1876-77, pp. 216-224; A. MOSSO, C. GIACOMINI, *Esperienze sui movimenti del cervello dell'uomo*, «Archivio Scientifico Medico», I, 1876, pp. 247-278.

<sup>28</sup> Nella sua opera principale, Moleschott definisce il pensiero come un fluido che circola nel cervello, attraverso minuscole canalizzazioni, sospinto da una forza meccanica (cfr. J. MOLESCHOTT, *Der Kreislauf des Lebens*, Mainz, Zabern, 1852).

<sup>29</sup> In questo senso, Mosso s'inserisce in un più ampio dibattito riguardo alla possibilità d'applicare l'equivalenza termodinamica alla misura dell'attività psichica. Vedere a tale proposito la controversia tra Richet e Gautier sulla «Revue Scientifique». Il primo considera possibile misurare il 'lavoro' del pensiero attraverso l'aumento della temperatura cerebrale (cfr. C. RICHET, *La pensée et le travail chimique*, «Revue scientifique», s. 3, XIII, 1887, pp. 83-85. L'articolo è la continuazione di ID., *Le travail psychique et la force chimique*, «Revue scientifique», s. 3, XII, 1886, pp. 788-789). Per il secondo (Gautier), definire il pensiero un lavoro è semplicemente un controsenso, in quanto si tratterebbe di un lavoro privo di movimento (cfr. M.A. GAUTIER, *L'origine de l'énergie chez les êtres vivants*, «Revue Scientifique», s. 3, XII, 1886, pp. 737-742). Chauveau considera che la sua nozione di 'lavoro fisiologico' metterebbe un termine a questo dibattito mostrando che il lavoro nell'uomo non è accompagnato da una combustione o da un movimento. In questo senso anche il pensiero può essere pensato all'interno delle leggi dell'energia, senza doverlo concepire come un atto materiale: "J'ai trouvé dans la notion de travail physiologique, chemin faisant, plusieurs avantages, entre autres celui de simplifier la théorie de la calorification, et cet autre, non moins important, d'éviter les écueils semés autour de l'application des lois de la thermodynamique au travail physiologique qui se traduit par les manifestations de l'instinct et de l'intelligence (voir, dans la Revue de 1886, 2<sup>ème</sup> sem., et 1887, 1<sup>er</sup> sem., la discussion soulevée par M. Gautier et à laquelle ont pris part MM. Ch. Richet, Herzen, Hirn). Le terrain sur lequel j'ai été amené permet, en effet, à tous les physiologistes, quelle que soit leur opinion sur la nature et l'origine de la pensée, de se rencontrer pour étudier ensemble la délicate question des transformations de l'énergie dans les centres cérébraux" (cfr. A. CHAUVEAU, *Le travail musculaire et l'énergie qu'il représente*, 1891 cit., pp. 312-313).

così che l'attività del cervello richiede un aumento di scambio chimico, vale a dire un lavoro fisiologico. Tuttavia, nelle sue conclusioni, Mosso si allontana dall'idea di una materialità del pensiero sviluppata da Moleschott. Infatti, studiando le variazioni di temperatura nel cervello,<sup>30</sup> Mosso dimostra che la produzione di calore che si può osservare nell'organo cerebrale non è connessa all'attività psicologica e che quindi, secondo le leggi termodinamiche, la 'produzione di pensiero' non è riducibile alla trasformazione dell'energia in un movimento. In questo senso, il modello meccanico è castigato dal fisiologo torinese insieme all'animismo degli spiritualisti:

Quando si è giunti colla mente all'estrema divisione della materia, all'ultima localizzazione dei processi psichici, si sente che non giova il dire che si è materialisti, o spiritualisti. Le scuole si confondono nel nulla della nostra ignoranza. L'essenza della materia è altrettanto incomprensibile quanto quella dello spirito. Da Lucrezio che diede trenta prove per dimostrare la materialità dell'anima, fino ai materialisti moderni non si è fatto un passo che valga a farci conoscere l'essenza del pensiero. Nel fondo molti materialisti abbattono un dogma per innalzarne un altro. Se noi rigettiamo le ipotesi degli spiritualisti, con eguale severità allontaniamo dai confini della scienza sperimentale coloro che oggi pretendono di spiegare con dottrine materialistiche il meccanismo con cui si genera il pensiero.<sup>31</sup>

Le osservazioni sulla circolazione del sangue nel cervello conducono dunque Mosso a due conclusioni fondamentali: da un lato, si mostra che durante l'attività cerebrale vi è un 'lavoro fisiologico' che trasforma l'energia (come testimonia l'aumento del flusso sanguigno), dall'altro lato, si dimostra che il lavoro del cervello non è spiegabile come una trasmissione meccanica. Così Mosso, attraverso i suoi studi sull'attività cerebrale, si avvicina al problema dello stimolo volontario. Infatti, se il cervello non agisce meccanicamente, come può essere che gli stimoli volontari "prodotti dal lavoro cerebrale" *passino* ai muscoli? Il problema non si presenta immediatamente in questi termini al fisiologo italiano. Mosso dovrà passare per la fisiologia muscolare prima di formulare la sua soluzione alla questione del ruolo dello stimolo psicologico nel funzionamento economico del lavoro fisiologico. Se ne deduce che Mosso inizia i suoi studi sulla fatica muscolare avendo in vista tutte le domande che la sua ricerca sui movimenti del cervello aveva lasciato aperte. Se si considera l'analisi dell'attività cerebrale in continuità con gli esperimenti sulla fatica muscolare, sembra chiaro che Mosso si interessi al fenomeno della fatica per cercare l'equivalenza energetica tra lavoro muscolare e lavoro cerebrale. Ciò avrebbe permesso quella misura dell'attività psichica che appariva impossibile da un punto di vista puramente meccanico. In questo senso, nel suo testo del 1891, *La fatica*,<sup>32</sup> Mosso dichiara di voler studiare il fenomeno muscolare solo come introduzione al 'vero soggetto' del suo libro, che avrebbe dovuto essere il lavoro intellettuale. Tuttavia la parte del libro dedicata al lavoro intellettuale rimarrà piuttosto aneddotica. Al contrario, per trovare il più importante contributo di Mosso alla psico-fisiologia del lavoro, si dovrà esaminare la sezione 'introduttiva' dedicata alla fatica muscolare.<sup>33</sup>

<sup>30</sup> Tali ricerche saranno premiate dall'Accademia reale inglese con la *Croonian lecture*, A. MOSSO, *Phénomènes psychiques et la température du cerveau*, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», CLXXXIII, 1892, pp. 299-309 e «Archives Italiennes de Biologie», XVIII, 1893, pp. 277-290.

<sup>31</sup> MOSSO, *Nuovi studi di fisiologia sperimentale. La circolazione del sangue nel cervello durante l'attività di pensiero*, «Nuova antologia», 1 marzo 1882, p. 60.

<sup>32</sup> MOSSO, *La fatica*, Milano, Treves, 1891.

<sup>33</sup> Questa disparità riguardo al valore scientifico tra le ricerche sul lavoro muscolare e le ricerche sul lavoro intellettuale era già stata sottolineata dai commentatori contemporanei di Mosso, vedere a questo proposito: P. MANTEGAZZA, *La fatica*, «Nuova antologia», 16 luglio 1891, pp. 297-311 e C. HENRY, *A travers la science et l'industrie. La fatigue intellectuelle et physique d'après Angelo Mosso*, «Revue Blanche», VII, n. 34, 1894, pp. 170-178.



## 5. L'ergografia

A differenza di Chauveau e di Marey, Mosso, seguendo la sua idea di utilizzare il lavoro muscolare come porta d'entrata per l'osservazione del pensiero, studia le contrazioni muscolari senza interessarsi (se non in minima parte) né al processo chimico che le produce, né alla struttura meccanica nella quale operano. Il fisiologo italiano si interessa al 'lavoro muscolare' come espressione terminale del lavoro del cervello. In questo senso, senza forzare i testi del fisiologo italiano, sembra che ciò che motiva la sua ricerca sul movimento muscolare sia lo stesso problema che aveva agitato per mezzo secolo la psico-fisica: vale a dire, lo studio della transizione dello stimolo nervoso dal centro alla periferia. A questo proposito, si deve ricordare che uno dei Maestri di Mosso fu quel Moritz Schiff, professore presso l'Università di Firenze che, come assistente di Magendie, aveva partecipato alla scoperta dei nervi sensoriali e che aveva esplicitamente dichiarato che se la fisica è in grado di misurare la velocità della luce, allora la fisiologia deve essere in grado di misurare la velocità di atti psichici.<sup>34</sup> In tal senso, Mosso, ispirato da una tradizione che si trova all'incrocio tra il materialismo fisiologico, la teoria del parallelismo psicofisico e la metafisica energetista, pensava che, osservando la natura dello stimolo cerebrale che permette le contrazioni volontarie, si sarebbe potuto dimostrare che il cervello lavora, energeticamente parlando, senza alcun movimento visibile e senza nessuna generazione di calore.

Per questo scopo, Mosso s'interessa alla fatica come fenomeno universale al quale sono soggette tutte le forme di lavoro degli esseri animati. Si può dire dunque che nella fatica Mosso cerchi una misura generale del lavoro umano che gli permetta di osservare il lavoro della volontà, seguendo il 'filo di Arianna' delle leggi sulla conservazione dell'energia, senza tuttavia dover risolvere il 'problema ultimo' dell'origine dell'energia. È in ragione di quest'obiettivo particolare che il fisiologo svilupperà un nuovo strumento di misurazione che avrà un'importante fortuna. In effetti, prima di Mosso, tutti gli studi sperimentali sul movimento muscolare avevano usato due strumenti: il miografo, per misurare la velocità e l'intensità delle contrazioni, e il dinamografo per misurare il lavoro prodotto da un movimento muscolare. Tuttavia, tali strumenti non permettevano di studiare l'evoluzione delle contrazioni realizzate con stimolo volontario: il miografo, da parte sua, era utilizzabile esclusivamente sui muscoli staccati dal corpo, escludendo quindi l'influenza della volontà, il dinamografo, invece, se usato per misurare la forza di un gruppo di muscoli, forniva dati instabili poiché, quando un muscolo si affaticava, un altro interveniva in sostituzione. Per ottenere risultati soddisfacenti, Mosso doveva superare i limiti dei due strumenti e sviluppare quindi un metodo sperimentale che riuscisse ad isolare il movimento di un muscolo senza doverlo separare dal resto del corpo. Infatti, siccome l'obiettivo del fisiologo era d'utilizzare l'abbassamento del lavoro prodotto come dato per comprendere il funzionamento dello stimolo volontario, occorreva uno strumento in grado di misurare l'esaurimento di un movimento *volontario* di un muscolo *isolato*.

Nel 1890, Mosso costruisce uno strumento con le caratteristiche desiderate e lo presenta sulle pagine della rivista «Archives Italiennes de Biologie» da lui stesso fondata.<sup>35</sup> Lo strumento è costituito da una tavola, sulla quale si posiziona l'avambraccio del soggetto; il braccio è bloccato con un sistema di pinze in modo da evitare qualsiasi movimento, mentre due tubi immobilizzano l'anulare e l'indice, lasciando libero il dito medio e riuscendo così, secondo Mosso, a isolare il movimento del suo muscolo flessore.<sup>36</sup> A questo dito si applica

---

<sup>34</sup> M. SCHIFF, *Sulla misura della sensazione e del movimento*, Firenze, Bettini, 1869.

<sup>35</sup> A. MOSSO, *Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme*, «Archives Italiennes de Biologie», XIII, 1890, pp. 123-186.

<sup>36</sup> In realtà, Mosso non riuscì mai a isolare veramente un solo muscolo. Immediatamente dopo la prima descrizione dell'ergografo, differenti fisiologi mostrarono i limiti meccanici dello strumento proponendo delle correzioni più o meno fondamentali. Vedere in particolare E. KRAEPELIN, A. HOCH, *Ueber die Wirkung der*

una corda alla quale è sospeso un peso, la corda è collegata a una leva che muove uno stilo, quest'ultimo è posizionato davanti al rullo di carta annerita di un chimografo. Così, ad ogni sollevamento del peso dalla parte del muscolo flessore, lo stilo traccia l'amplitudine e la durata del movimento muscolare. Mosso chiama lo strumento 'ergografo', poiché permette d'oggettivare su una curva il rendimento di un lavoro volontario. In questo senso, secondo Mosso, il lavoro fisiologico di Chauveau, era rappresentato insieme al movimento volontario, oggetto delle ricerche di Marey.

Unendo le altezze dei sollevamenti tracciati dall'ergografo si ottengono delle curve discendenti verso un punto zero che rappresenta il momento in cui il muscolo non è più in grado di fare alcun movimento. La differenza grafica più evidente rispetto alle curve miografiche delle rane di Kronecker risiede nell'irregolarità dei tracciati. In effetti, il miografo del fisiologo tedesco, azionato dai muscoli staccati delle rane, traccia delle linee rette inclinate, mentre l'ergografo, azionato da movimenti volontari, produce delle curve estremamente irregolari: alcune hanno una forma concava, altre convessa, alcune mostrano una discesa costante, altre una discesa interrotta da brevi rilanci. Se le forme delle curve dei sollevamenti volontari sono più eterogenee di quelle dei tracciati ottenuti stimolando elettricamente i muscoli delle rane, ciò potrebbe naturalmente essere dovuto all'influenza della volontà individuale.

Mosso, ripetendo le esperienze all'ergografo a mesi di distanza e in condizioni psicofisiologiche differenti, rileva che, nonostante le variazioni sensibili rispetto alla quantità di lavoro effettuata, ogni individuo riproduce delle curve (ergogrammi) aventi sempre la stessa forma, come se il modo di affaticarsi all'ergografo fosse l'espressione di una qualità individuale indipendente dalla quantità di lavoro prodotto. Le esperienze di Mosso mostrano, dunque, che ogni individuo ha il suo modo *proprio* di affaticarsi: alcuni si stancano "d'un colpo", passando molto rapidamente da un sollevamento importante all'inazione, altri tracciano una curva che scende lentamente verso il punto zero, altri ancora dopo una prima fase di discesa riprendono il lavoro per poi continuare la fase di sfinimento ("forma a S rovesciata"). La fatica sembra quindi dipendere dalla personalità individuale, che si tende a far coincidere con la facoltà volitiva. A dimostrazione di ciò, il fisiologo cerca un contro-esempio, misurando l'esaurimento muscolare causato da movimenti involontari ottenuti con una stimolazione elettrica. Nei primi esperimenti, Mosso posiziona gli elettrodi direttamente sul muscolo e traccia con l'ergografo una linea retta come quelle delle rane di Kronecker, confermando così le sue prime esperienze. Tuttavia, quando Mosso applica gli elettrodi al nervo mediano del braccio, ottiene dei tracciati che hanno una 'qualche somiglianza' con la curva del lavoro volontario. Secondo il fisiologo, ciò significa che il processo *personale* della fatica non ha sede nella volontà come si potrebbe immaginare, ma nel muscolo stesso. Questa scoperta conduce Mosso a una prima conclusione inaspettata:

C'est compliqué que ce soit l'acte psychique qui donne origine à une série de contractions volontaires, nous devons maintenant reconnaître que la fonction des muscles en elle-même n'est pas moins compliquée, et que les changements dans leur état sont également caractéristiques et variables. Le résultat le plus nouveau et le plus intéressant des recherches faites au moyen de l'ergographe, (...) consiste en ce que nous devons maintenant transporter à la périphérie et dans les muscles, certains phénomènes de la fatigue que l'on croyait, auparavant, d'origine centrale et essentiellement liés aux fonctions du système nerveux.<sup>37</sup>

Mosso, che aveva iniziato i suoi esperimenti in cerca della misura del lavoro del cervello, si ritrova di fronte ad un fenomeno che sembra spiegarsi senza la partecipazione del sistema

---

*Theebestandheile auf körperliche und geistige Arbeit*, in E. KRAEPELIN, *Psychologische Arbeiten*, I, 1895, pp. 378-488; A. BINET, N. VASCHIDE, *Examen critique de l'ergographe de Mosso*, «L'année psychologique», IV, 1897, pp. 253-266.

<sup>37</sup> MOSSO, *Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme*, 1890 cit., p. 141.

nervoso centrale. Eppure, questa scoperta, invece di indicare l'impossibilità del progetto mirante a studiare il lavoro cerebrale attraverso il fenomeno di sfinimento muscolare, ne dimostra la fondatezza. Infatti, l'aver dimostrato che i muscoli si esauriscono 'personalmente', anche senza l'intervento della volontà, prova, secondo Mosso, che le trasformazioni fisiologiche che sono alla base della produzione del lavoro sono le stesse alla periferia e al centro. Su questa prima intuizione, il fisiologo ipotizza che durante un lavoro volontario si assiste a due tipi di lavori fisiologici: uno all'interno dei muscoli e uno nella sede cerebrale della volontà. In tal senso, i sollevamenti compiuti con uno stimolo volontario dovrebbero portare a un esaurimento più rapido, in quanto effetto di due lavori contemporanei. Per dimostrarlo, Mosso somma le altezze di ogni sollevamento e calcola in kilogrammetri il lavoro totale prodotto da un muscolo durante un esercizio all'ergografo. Attraverso il confronto tra i kilogrammetri prodotti dal lavoro volontario e quelli prodotti dal lavoro compiuto con stimolo artificiale, il fisiologo osserva che il lavoro compiuto con stimolo artificiale è più produttivo di quello compiuto con stimolo volontario, ma al contrario l'intervento della volontà permette di sollevare carichi più pesanti. Il lavoro della volontà ha quindi un ruolo evidente nella spesa energetica del corpo, poiché il muscolo, quando lavora volontariamente, si affatica più rapidamente. Tuttavia, l'intervento della volontà non è una spesa inutile, ma serve a realizzare degli sforzi particolarmente importanti.

Un'ulteriore dimostrazione dell'unità energetica dell'organismo è fornita dalla ripetizione in sequenza delle esperienze con stimolo elettrico e con stimolo volontario. Mosso osserva quanto segue: quando un muscolo si esaurisce con uno stimolo artificiale, può ancora compiere dei sollevamenti volontari e, viceversa, quando nessun movimento è possibile con la volontà, se si applica una scossa elettrica, si ottiene una certa quantità di lavoro. Ciò dimostrerebbe che l'inibizione dovuta allo sforzo volontario non è correlata alla spesa d'energia muscolare. Un altro esperimento mostra ancora più evidentemente il lavoro della volontà. Dopo aver esaurito il muscolo con un lavoro volontario, si continuano i sollevamenti durante alcuni secondi con l'eccitazione elettrica; si riprende poi con il lavoro volontario e si potrà notare che i sollevamenti effettuati durante il secondo intervento della volontà sono più importanti di quelli realizzati con la scossa elettrica. Secondo Mosso, ciò mostra che la volontà dopo essere stata 'esaurita', in seguito ad una breve fase di riposo, è stata in grado di tornare al lavoro in modo più efficace: infatti, la differenza di quantità di lavoro non può essere spiegata come un fenomeno periferico poiché il muscolo non ha mai smesso di operare.

L'osservazione della fatica conduce Mosso a considerare lo stimolo volontario non come l'origine dell'energia che i muscoli convertirebbero in seguito in lavoro, ma come un risultato della medesima trasformazione energetica che nei muscoli produce una contrazione. Per convalidare questa conclusione, Mosso osserva direttamente il lavoro intellettuale. Inizia così a sottomettere i suoi colleghi professori a delle esperienze ergografiche prima e dopo le sessioni di esame o le conferenze. I risultati, secondo il fisiologo, sono chiari: uno sforzo mentale, come ad esempio una lezione all'università, ha un impatto immediato sulla quantità di lavoro muscolare misurata all'ergografo. La diminuzione non è visibile solo durante i sollevamenti volontari, cosa che convaliderebbe l'esistenza di una fatica-volontà, ma anche durante i movimenti con stimolazione artificiale. Questo non può essere spiegato, secondo Mosso, che dall'idea di una forza comune che agisce in tutto il corpo:

La più grande gioia che ho sentito durante i miei studi sulla fatica, è d'aver scoperto che la depressione delle forze, determinata dall'azione del pensiero o da quella del movimento, produce degli effetti identici. Sia che l'uomo lavori con i muscoli, sia che lavori con il cervello, la natura della fatica è sempre la stessa, perché non esiste che una forza: la forza nervosa.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> ID., *Mens sana in corpore sano*, Milano, Treves, 1903, p. 216.

La fatica osservata all'ergografo si presta dunque a diventare l'unità di misura di ogni forma di lavoro. In effetti, con questa nozione di forza allo stesso tempo fisiologica e psicologica, Mosso pensa di poter definire la fonte energetica del lavoro senza far riferimento né al calore né al movimento. In altre parole, la fatica mostra che l'economia del lavoro umano non dipende dal rapporto tra consumo calorico e movimento, ma dalla quantità di 'forza' psico-fisiologica applicata.

### 6. *La fatica come percezione*

Anche se, come si è visto, l'edificio teorico di Mosso s'inserisce in una tradizione che pensava il lavoro umano, compreso quello del cervello, all'interno delle leggi termodinamiche, le ricerche del fisiologo italiano mettono definitivamente in crisi il rapporto analogico tra macchina a vapore e corpo umano. Per spiegare il motivo di questa sconfessione, si devono mettere in relazione gli studi di Mosso con quelli di Chauveau e Marey. I due fisiologi francesi avevano definito la spesa come direttamente proporzionale alla quantità di lavoro umano, concependo quindi il tempo come un'unità lineare nel calcolo del rendimento. Mosso, invece, osservando i tracciati dell'ergografo dimostra che l'affaticamento segue un percorso diverso rispetto alla diminuzione del lavoro meccanico prodotto. L'analisi di tale fenomeno è realizzata con l'aiuto dell'assistente Arnaldo Maggiora e consente di definire la 'legge dell'esaurimento' o 'legge di Maggiora': "il lavoro compiuto da un muscolo quando è già affaticato gli nuoce maggiormente che un lavoro più importante compiuto in condizioni normali".<sup>39</sup> La fatica non ha dunque un andamento lineare, ma aumenta in funzione della quantità di sforzo accumulata. L'esaurimento della capacità di lavoro non sarebbe esclusivamente un fenomeno di consumo di materiale energetico, ma anche l'effetto dell'avvelenamento di sostanze auto-generate dall'organismo (acido lattico)<sup>40</sup> e, soprattutto, di una sensazione psicologica correlata all'intensità dello sforzo. Lo scienziato italiano riprende in questo senso alcuni temi tipici della psico-fisica: quando si è già stanchi, se si aggiunge a 50 grammi sollevati un grammo supplementare, ciò provoca un'immediata sensazione di difficoltà, al contrario quando si comincia un lavoro si possono aggiungere 2 o 3 grammi senza sentire alcuna differenza. Attraverso quest'analisi 'psico-fisica' della sensazione di fatica, Mosso rompe definitivamente con la metafora del motore umano e sostiene esplicitamente che

il corpo non è fatto come una locomotiva che consuma la stessa quantità di carbone per ogni kilogrammetro di lavoro.<sup>41</sup>

Il lavoro, quindi, non è più solo il risultato di un'attività dell'organismo, ma anche un'eccitazione sensoriale che ha un effetto sull'organismo stesso. La 'legge di esaurimento' di Mosso è il primo tentativo di una possibile associazione dello studio sulla *soglia psico-fisica* e delle ricerche sull'energia fisiologica. Per tale ragione, per spiegare come la fatica aumenta, senza relazione diretta con l'aumento del lavoro prodotto, Mosso utilizza le esperienze psico-fisiche sulla soglia percettiva dell'eccitazione luminosa:

Succede del sentimento della fatica ciò che succede di tutti gli eccitamenti, i quali agiscono sui nostri nervi, che cominciamo a percepirli solo nel momento che hanno raggiunto una certa intensità. (...) L'occhio fissa una fiamma, nel principio sente lo stimolo della luce nella sua intensità completa; dopo scema rapidamente l'eccitabilità sua; e passato questo primo periodo della stanchezza, la sensibilità va scemando più lentamente. (...) Basti per ora questo cenno per far comprendere che quanto a primo aspetto può sembrare una imperfezione del nostro corpo, è

<sup>39</sup> A. MAGGIORA, *Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme*, «Archives Italiennes de Biologie», XIII, 1890, p. 209.

<sup>40</sup> Mosso scopre il fenomeno chimico della fatica facendo una trasfusione tra un cane affaticato e uno a riposo, A. MOSSO, *La fatica*, 1891 cit., p. 149.

<sup>41</sup> *Ibid.*, p. 169.

invece una delle sue perfezioni più meravigliose. La fatica crescendo più rapidamente del lavoro compiuto, ci salva dal danno che recherebbe all'organismo la minore sensibilità.<sup>42</sup>

Il fisiologo torinese arriva in questo modo a distinguere due cause della fatica: lo sfinimento energetico e la percezione psichica dello sforzo. Tale scoperta permette a Mosso di spiegare la differenza tra l'abbassamento della quantità di effetto utile esteriore e la decrescita effettiva dell'energia disponibile. In effetti, dal momento che la psico-fisica aveva mostrato che l'intensità di una sensazione diminuisce nel tempo, nel caso della sensazione di fatica c'è il rischio che, dopo il primo sentimento di stanchezza, l'individuo senta sempre meno la fatica e continui il lavoro senza rendersi conto della perdita di energia che lo accompagna. Questo sarebbe ovviamente pericoloso per il corpo perché, mentre la sensazione diminuisce d'intensità, l'esaurimento energetico aumenta, domandando uno sforzo (un'eccitazione) sempre più importante e diventando quindi un fattore di rischio per l'organismo. Secondo Mosso, per questo motivo la fatica aumenta più velocemente del lavoro: per inibire il movimento prima della scomparsa della sensibilità. Detto altrimenti, l'organismo attiverrebbe la fatica in modo da far abbassare l'effetto utile ottenibile con una quantità di sforzo volontario, rendendo così necessaria una fase di riposo.

### *7. Conclusione: l'effetto utile tra conservazione e surmenage*

Le ricerche di Mosso sulla fatica, facendo emergere l'importanza dello stimolo volontario per il rendimento umano, mettono in connessione la nozione di effetto utile con quella di 'sforzo'. È lo sforzo della volontà che permette di ottenere un effetto utile, ma tale sforzo appare non come un'attività regolata dalla crescita marginale della spesa energetica, ma come un'eccitazione regolata da una sensazione particolare chiamata fatica. Lo sfinimento appare in tale contesto come una nozione estremamente fluttuante, utile a spiegare l'inafferrabile natura dello sforzo volontario. La fatica, definita sia come il risultato del consumo energetico, sia come un effetto percettivo 'speciale', permette di spiegare l'azione della volontà, allo stesso tempo, come un lavoro che diminuisce d'intensità in funzione della spesa energetica e come un'eccitazione (lo sforzo) che, al contrario, senza l'intervento della fatica, aumenterebbe nel tempo a causa della perdita di sensibilità. La relazione tra questi due aspetti dell'esaurimento dello sforzo volontario sarà il problema principale con cui si confronteranno i continuatori dell'opera di Mosso. Riprendendo rapidamente in questa conclusione due interpretazioni dello stimolo volontario osservato all'ergografo, apparirà come la nozione di fatica non risolve il problema della duplicità dell'effetto utile lasciata aperta da Chauveau e Marey (equilibrio energetico e movimento efficace). Al contrario, l'inafferrabilità della nozione di fatica rivelerà che la questione stessa del 'calcolo' del rendimento, in quanto legato alla definizione dell'utilità d'un lavoro, non si riduce ad un problema metrologico, ma rappresenta una questione antropologica sul 'senso' del lavoro nella 'vita' umana.

Da un lato, considerando che l'inibizione completa del movimento osservabile all'ergografo sia il risultato di una decrescita più rapida della spesa rispetto alla linearità del lavoro meccanico, la fatica appare come un fenomeno energetico profilattico, necessario a proteggere l'organismo contro i rischi di un'attività prolungata. Tale interpretazione sarà ripresa in modo particolare dalla fisiologa polacca Josepha Ioteyko che tenterà, partendo da questa considerazione, di definire l'equazione generale dell'economia umana.<sup>43</sup> In particolare,

---

<sup>42</sup> *Ibid*, p. 171.

<sup>43</sup> Secondo la tesi di Ioteyko, l'equazione della fatica sarebbe:  $n = H - at^3 + bt^2 - ct$ . L'altezza dei sollevamenti dell'ergografo diminuirebbe a partire dall'altezza iniziale  $H$  seguendo un meccanismo complesso regolato da tre fattori; i due fattori negativi sono  $a$  e  $c$ :  $c$  appare in un tempo ( $t$ ) più breve e rappresenta l'esaurimento delle risorse energetiche,  $a$  appare più tardi e corrisponde al meccanismo di intossicazione;  $b$ , unico parametro positivo, esprimerebbe lo sforzo nervoso, ed è positivo perché, nella concezione fisiologica di Ioteyko, lo sforzo

secondo Ioteyko, tutto l'organismo è regolato dalla legge del minimo sforzo e la fatica interviene nel funzionamento fisiologico per evitare una spesa troppo importante e poco produttiva. La fatica 'periferica' osservata con l'ergografo sarebbe quindi una reazione fisiologica attivata per evitare una spesa cerebrale sproporzionata. Nel momento in cui il muscolo esaurito non può più lavorare efficacemente, l'organismo inibirebbe il movimento per evitare un aumento esagerato dell'attività nervosa. Secondo Ioteyko, in effetti, esisterebbe una gerarchizzazione dello sfinimento, che fa in modo che il muscolo interrompa il movimento per proteggere i centri nervosi che rappresentano l'organo più prezioso per la vita umana. In tal senso, l'effetto utile del lavoro sarebbe direttamente dipendente dalla conservazione vitale, poiché l'organismo interrompe qualsiasi azione che potrebbe mettere in pericolo la sua salute. In questa prospettiva, l'utilità è completamente separata dall'intenzionalità, infatti la volontà stessa è regolata dall'economia energetica dell'organismo.

Secondo questa concezione, la scoperta della relazione tra volontà e corpo nella realizzazione di un lavoro, invece di relativizzare la nozione di rendimento mettendola in connessione con l'esperienza individuale dell'attività, allargava l'idea di rendimento alla vita intera.<sup>44</sup> Tuttavia, il progetto si rivelerà rapidamente un fallimento. In effetti, la maggior parte delle conclusioni dell'ergografia si sostengono sull'analogia tra la forma discendente degli ergogrammi e l'esperienza quotidiana di ciò che si definisce fatica. In effetti, le curve ergografiche non sono direttamente l'oggettivazione di un fenomeno, ma il semplice tracciato di un esercizio eseguito in condizioni meccaniche particolari. Sarà proprio questa la critica mossa dall'allievo di Mosso, Zaccaria Trèves, alla teoria della fatica di Ioteyko. In particolare, modificando l'ergografo,<sup>45</sup> Trèves mostra che l'inibizione del movimento osservata da Mosso e Ioteyko non è il risultato di un fenomeno psicofisiologico, ma di una condizione meccanica sfavorevole, che rende il peso rapidamente insopportabile. Ripetendo le esperienze ergografiche in condizioni meccaniche attentamente definite (scelta del peso ottimale, eliminazione del lavoro di sostegno), l'assistente di Mosso scopre che un muscolo può lavorare parecchie ore prima che il minimo movimento risulti impossibile. In questo modo, Trèves mostra che la fatica non è un processo cui la volontà sarebbe sottomessa ma, al contrario, una sensazione che può essere continuamente superata con l'aumento dello sforzo volontario. Perciò, il fisiologo italiano, osservando l'esperienza quotidiana del lavoro umano, spiega il fenomeno d'interruzione del lavoro non come un'inibizione fisiologica dell'attività, ma come il risultato di un calcolo d'utilità marginale:

En général, si on suspend un travail intéressant, ce n'est pas à cause d'un sentiment intolérable d'effort, mais parce qu'on s'aperçoit que le travail qu'on exécute ne présente plus les qualités nécessaires et ne vaut pas l'effort qu'il nous coûte.<sup>46</sup>

---

nervoso rappresenta una reazione contro la fatica muscolare. L'equazione è presentata inizialmente all'Accademia delle scienze di Parigi in alcune comunicazioni presentate insieme al matematico Charles Henry: C. HENRY, J. IOTEYKO, *Sur une loi de décroissance de l'effort à l'ergographe*, «Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris», 30 marzo 1903; ID., *Sur l'équation générale des courbes de fatigue*, «Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris», 24 agosto 1903; a proposito delle ricerche matematiche sulla curva ergografica, Ioteyko pubblicherà un lungo articolo riassuntivo: J. IOTEYKO, *Les lois de l'ergographe. Etude mathématique et physiologique*, «Extrait des Bulletins de l'Académie Royale de Belgique», Bruxelles, 1904. I risultati principali saranno ripresi nella monografia sulla fatica pubblicata nel 1920 (IOTEYKO, *La fatigue*, Paris, Flammarion, 1920).

<sup>44</sup> Tale idea è 'ispirata' a Ioteyko da Charles Henry. Matematico francese, studioso dell'estetica scientifica e ispiratore dei puntinisti, si servirà dell'ergografia per definire una legge generale di equilibrio matematico universale, secondo la quale ogni attività umana, dalla contrazione muscolare fino al piacere estetico, sarebbe una forma di lavoro implicante una determinata spesa e un determinato effetto utile sull'organismo. C. HENRY, *Sensation et énergie*, Paris, Institut général de psychologie, 1911.

<sup>45</sup> Z. TRÈVES, *Modification à l'ergographe*, «Archive Italiennes de Biologie», XXXVI, 1901, pp. 44-47.

<sup>46</sup> ID., *Le travail, la fatigue et l'effort*, «L'année psychologique», XII, 1905, p. 50.

In questo senso la curva ergografica, mostrando un effetto utile esclusivamente ‘meccanico’ non dice nulla sull’azione ‘economica’ della volontà:

Si donc l’organisme fonctionne de telle façon qu’il dissimule pour ainsi dire à soi-même par des mécanismes si compliqués l’apparition de la fatigue en élevant les effets utiles de son activité, nous devons reconnaître l’impossibilité absolue d’étudier les lois de la fatigue dans l’activité musculaire volontaire d’après la courbe de l’effet utile.<sup>47</sup>

L’uomo, dunque, non regola la sua attività in relazione alla proporzione tra energia spesa e energia disponibile, ma in funzione della percezione dell’efficacia del suo gesto per la realizzazione di un fine. Trèves critica quindi l’ergografia reintroducendo l’evidenza del lavoro economico quotidiano: un operaio può arrivare fino ad ammalarsi a causa del *surmenage* se lo si obbliga a continuare la sua attività per raggiungere il solo ‘effetto utile’ che gli interessa, vale a dire il salario.

Al termine di questo percorso la nozione psicofisiologica della fatica permette di far emergere la contraddizione stessa della nozione di effetto utile. Il concetto di ‘utilità’ di fronte all’esperienza quotidiana della fatica sembra sdoppiarsi: da un lato, l’utile sembrerebbe essere il risultato dell’azione che non provoca fatica, dall’altro lato, l’utile sembra essere un risultato per il quale si è disposti ad affaticarsi. In tal senso, la nozione di fatica, sviluppata da Mosso come misura unitaria della spesa energetica e del movimento volontario, appare come l’espressione di una circolarità epistemologica che non è solamente della fisiologia, ma anche dell’economia e della sociologia. L’*impasse* della misura del lavoro umano è in realtà l’impossibilità della definizione assoluta della sua ‘utilità’, tale *impasse* marcherà il fallimento dell’ergografia. All’alba del ventesimo secolo, infatti, il lavoro umano non è più solo una spesa ‘utile’ alla produzione, ma anche un’attività ‘utile’ per lo sviluppo pacifico della società, un’attività ‘utile’ per lo sviluppo psico-fisiologico equilibrato degli individui e, infine, ‘un’utilità morale’ per il benessere che permette d’ottenere. Il rapporto tra pena e guadagno si modifica radicalmente in queste diverse ‘utilità’, se la fatica permette di riassumerle tutte in un solo termine, non è per la precisione della sua misura, ma esclusivamente per la banalità della sua esperienza.

---

<sup>47</sup> *Ibid*, p. 54.