
Prefazione

La Biomeccanica è una scienza nuova e antica allo stesso tempo. Aspetti fondamentali della vita come il movimento, l'evoluzione, lo sforzo, la fatica, hanno interessato l'uomo dai tempi più lontani. Galileo scrive:

... questo grandissimo libro [della natura] che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri né quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, e altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intendere umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

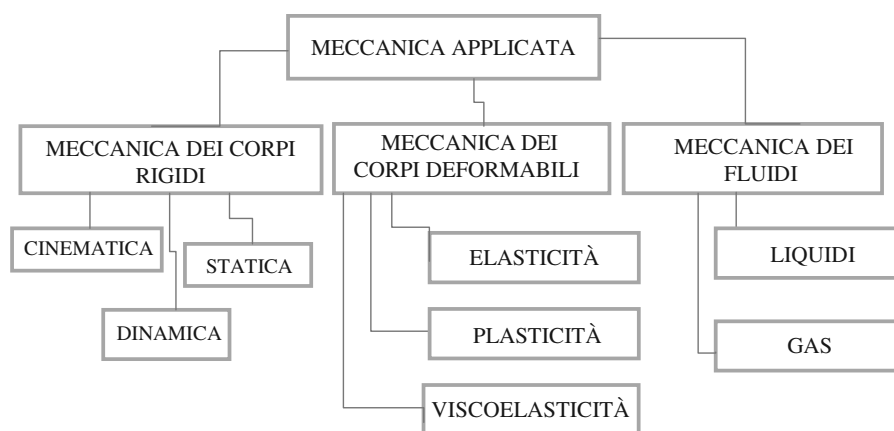
Non molto tempo fa la scienza della natura parlava una sola lingua e studiava molte cose, il moto degli astri, la caduta dei gravi, l'anatomia, la fisiologia, la botanica. Oggi i domini del sapere sono profondamente differenziati, nei metodi e nei linguaggi. La forte tendenza alla specializzazione ha portato l'uomo ad acquisire conoscenze profonde in ambiti molto ristretti e il dialogo tra diverse discipline è diventato difficile. Se un medico si trova ad affrontare la diagnosi di un problema posturale o di analisi della deambulazione, dovrà necessariamente fare ricorso alla valutazione quantitativa del movimento e della postura, misurando velocità, accelerazioni, posizioni in diversi punti del corpo del paziente, per risalire alle azioni muscolari, alle reazioni del suolo e ad altri parametri rilevanti. Da questi dati trarrà le sue conclusioni diagnostiche. Questo gli richiederà, se non vuole considerare questa fase della sua indagine come una "scatola nera", conoscenze e abilità nel campo della meccanica, che la sua formazione di base non prevedeva. Un discorso analogo vale per gli esperti di scienze motorie che si propongono di aiutare un'atleta a migliorare le sue prestazioni. Dall'altra parte della barricata gli ingegneri si cimentano col problema complesso di ideare, progettare e realizzare una protesi o un arto artificiale che porti a migliorare le condizioni di vita di una persona. Si tratta di un problema che richiede conoscenze complesse e profonde nel campo dell'ingegneria, ma questo non basta. La protesi verrà impiantata in un organismo vivente in continuo mutamento, a contatto con fluidi le cui proprietà vengono studiate in medicina e biologia. I materiali con cui la protesi verrà a contatto non sono inerti, ma in continua evoluzione. Come rea-

girà l'organismo alla presenza del corpo estraneo? Quale sarà la vita prevedibile della protesi impiantata nel paziente? Quali saranno gli effetti sulla sua salute? A queste domande un ingegnere con una formazione tradizionale, non sa rispondere. Ammesso che riconosca i propri limiti e voglia interagire con i medici, dovrà affrontare un altro problema, anzi due. Il primo è quello della comunicazione. Se un medico parla di "flessione dell'anca", l'ingegnere chiama lo stesso movimento "rotazione della coscia rispetto al tronco". Il secondo problema, non meno importante è metodologico. Mentre il medico è, dai tempi più antichi, abituato all'osservazione sistematica del paziente, secondo metodi sostanzialmente empirici, l'ingegnere ricorre spesso all'uso di modelli matematici ottenuti con un processo di semplificazione e astrazione dal problema reale. La storia recente insegna che nel campo della bioingegneria i risultati più importanti sono arrivati quando le conoscenze medico-biologiche e quelle dell'ingegneria si sono integrate, dando materia al sapere e ai metodi di una nuova scienza, che non ripudia i propri genitori, ma rivendica la propria autonomia. I testi di bioingegneria e di biomeccanica presenti nella letteratura non sfuggono alle contraddizioni di cui si è parlato. Per questo ritengo sia importante trattare gli argomenti della biomeccanica, con uguale rispetto verso le sue molte anime.

Il testo parte dagli strumenti elementari per la rappresentazione del movimento e della postura, descritti nei Capitoli 1 e 2. È anche presente una breve trattazione dei sistemi sperimentali per l'analisi del movimento basati su metodi ottici. Nel Capitolo 3 si presenta una breve descrizione delle articolazioni e dei movimenti elementari del corpo umano. È qui adottata la terminologia medica per creare una base di comunicazione dell'ingegnere con medici e biologi. Il Capitolo 4 è dedicato alla descrizione dei muscoli principali degli arti inferiori e superiori, in relazione alla funzione motoria. Il Capitolo 5 riguarda la cinematica. Si parte dalle relazioni fondamentali per il punto materiale e il corpo rigido, per passare agli argomenti più specificamente biomeccanici, come lo studio del gesto atletico in alcune discipline sportive e l'analisi del cammino. Nell'esposizione di questi argomenti si fa riferimento a strumenti di analisi e modellazione. Tra questi *OpenSim*, un ambiente di modellazione e simulazione *Open Source* sviluppato da un gruppo di ricerca dell'Università di Stanford, che si propone alla comunità scientifica come piattaforma comune. Per il lavoro di simulazione matematica *Matlab* e *Simulink*, impiegati tra l'altro in alcuni programmi riportati in Appendice (disponibile sulla piattaforma online Springer ExtraMaterials – <http://extras.springer.com>). Una menzione a parte merita GNU Octave, un software per l'analisi numerica in gran parte compatibile con Matlab. Trattandosi di un'ambiente aperto, gode del contributo di migliaia di ricercatori che nel tempo hanno costruito moduli e toolbox per la soluzione dei problemi più vari. Octave può considerarsi un'efficace alternativa gratuita a Matlab, specie per quegli utenti che intendano portare il proprio contributo allo sviluppo di questo ambiente. Il Capitolo 6 è legato all'esposizione dei principi della geometria delle masse, baricentri e momenti d'inerzia, con applicazioni specifiche in biomeccanica. Il Capitolo 7 contiene una trattazione delle forze che intervengono nei tipici problemi di meccanica e biomeccanica. L'ottavo è completamente dedicato all'analisi statica. Dopo una concisa esposizione dei principi che governano l'equilibrio, sono riportate applicazioni tipiche in biomeccanica, come la determinazione delle forze muscola-

ri, le reazioni nelle articolazioni e altro. Il Capitolo 9 è dedicato alla dinamica e ai fenomeni impulsivi. Gli esempi che corredano i diversi argomenti sono completati da esercizi, dedicati agli studenti che affrontano lo studio della materia. Nel testo sono presenti in genere i soli risultati, mentre la soluzione completa degli esercizi è presentata nell'Appendice. Quest'ultima, accessibile, come si è detto, online sulla piattaforma Springer ExtraMaterials (<http://extras.springer.com>), comprende sei paragrafi nei quali sono presentate le basi di matematica, richiami su matrici e vettori, software sviluppato in appoggio agli argomenti del testo, e infine gli esercizi divisi per argomento.

La biomeccanica è oggi un ramo della bioingegneria, scienza che ha derivato il suo sviluppo dal riconoscimento che i metodi e gli strumenti della meccanica sono utili per comprendere e risolvere problemi in fisiologia e in medicina. I campi della meccanica interessati sono diversi. La figura ne mostra l'articolazione.



Senza volersi impegnare in un'esegesi sulle molte definizioni della biomeccanica, adotteremo quella che, a nostro avviso, è più diffusa e accettata, con qualche modesto cambiamento, per includere nell'analisi sia il movimento che le sollecitazioni statiche: *La biomeccanica è la scienza che studia il movimento e le sollecitazioni dei sistemi biologici, in relazione alle forze che producono questi effetti.*

In questo volume tratteremo essenzialmente la meccanica dei corpi rigidi. I principi teorici sono essenzialmente quelli della meccanica Newtoniana, espressi in forma vettoriale. Lo studio di sistemi complessi, come il corpo umano, ci ha suggerito di prendere in prestito dalla robotica alcuni strumenti fondamentali di lavoro, come le matrici omogenee di trasformazione, che permettono di gestire l'analisi di spostamenti, velocità e accelerazioni per sistemi composti da molti segmenti interconnessi. Quest'approccio ha richiesto di accettare molte semplificazioni in cambio di notevoli benefici nella costruzione di un modello matematico e nell'elaborazione analitica. Tra queste cito l'analogia tra articolazioni corporee e giunti meccanici e l'ipotesi di omogeneità del materiale nei segmenti corporei, spesso adottata per rendere più agevole la trattazione dei problemi.

Il testo è rivolto a discenti e studiosi dei diversi campi disciplinari coinvolti. Mi auguro possa essere utile agli Ortopedici e agli studenti delle Scuole di Specializzazione in Ortopedia, agli esperti impegnati nelle discipline connesse alle scienze motorie, agli Ingegneri e agli studenti di Ingegneria, in particolare quelli in Bioingegneria che hanno la Biomeccanica come materia obbligatoria.

La materia presentata è propedeutica allo studio di materie e argomenti più avanzati e specialistici della bioingegneria.

Il materiale del libro proviene principalmente dall'attività d'insegnamento del Corso di Fondamenti di Meccanica e Biomeccanica, al secondo anno del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica, presso l'Università di Cagliari. Per facilitare lo studio si è cercato di trattare le applicazioni insieme agli strumenti analitici necessari. Ringrazio l'Ing. Nicola Cau per la collaborazione nella preparazione e nella stesura degli esercizi.

Cagliari, gennaio 2012

Bruno Picasso

<http://www.springer.com/978-88-470-2332-1>

Fondamenti di Meccanica e Biomeccanica

Meccanica dei corpi rigidi articolati

Picasso, B.

2013, X, 355 pagg., Softcover

ISBN: 978-88-470-2332-1