

Engineering in Medicine & Biology

*Progettare  
una carriera  
in Ingegneria  
Biomedica*





Copyright © IEEE 2003 – 2015 Tutti i diritti riservati.

*Copyright e autorizzazioni di ristampa:*

La ristampa delle presenti informazioni viene autorizzata nel rispetto dell'originale. Le biblioteche sono autorizzate a effettuare fotocopie oltre le limitazioni imposte dalla legge statunitense sui diritti d'autore per uso privato degli utenti di quegli articoli presenti in questo volume che riportano un codice in fondo alla prima pagina, a condizione che la tariffa a copia indicata nel codice venga interamente corrisposta

Copyright Clearance Center,  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923.

Per altre autorizzazioni di ristampa o ripubblicazione, scrivere  
all'Intellectual Property Rights Manager di IEEE Operations Center,  
445 Hoes Lane, Piscataway, New Jersey USA 08854.



# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

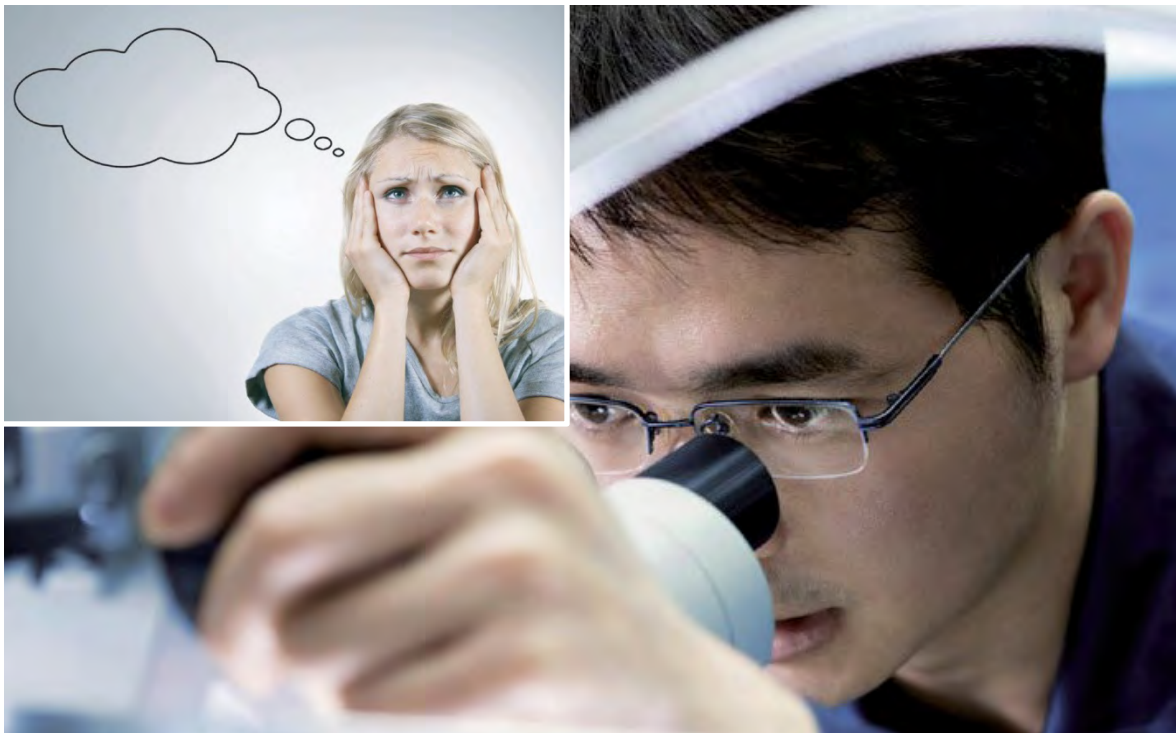
## L'Ingegneria Biomedica è la cosa giusta per te?

*Che tipo di carriera immagini per te? Medico? Avvocato? Scienziato? Ingegnere? Insegnante? CEO? Manager? Rappresentante commerciale?*

Non esiste “un solo” percorso verso una carriera nell'Ingegneria Biomedica: proprio perché questa importante area tecnico-scientifica è interdisciplinare, esistono molti modi per tracciare la tua carriera accademica in questo entusiasmante campo. Gli ingegneri biomedici utilizzano le proprie competenze in biologia, medicina, fisica, matematica, ingegneria e comunicazione per fare del mondo un luogo più sano. Le sfide poste dalla diversità e dalla complessità dei sistemi viventi necessitano di persone creative, competenti e dotate di immaginazione che lavorano in team di medici, scienziati, ingegneri e perfino uomini d'affari al fine di monitorare, ripristinare e potenziare la normale funzionalità fisiologica. L'ingegnere biomedico segue una formazione che lo pone nel punto in cui scienza, medicina e matematica si incontrano per risolvere problemi di natura medica e biologica.

Il campo dell'ingegneria biomedica comprende individui con titoli di studio formalmente riconosciuti in Ingegneria Biomedica e individui con titoli di studio in altre discipline ingegneristiche i quali, attraverso il corso di studi (ad esempio, un corso complementare in biologia) o attraverso l'esperienza, hanno raggiunto piena competenza su una o più aree di ricerca e applicazione biomedica. Molto raramente, anche i biologi o gli scienziati biomedici che hanno acquisito competenze in ingegneria vengono inclusi in questo campo.

Una definizione di Ingegneria Biomedica potrebbe descrivere vari aspetti che abbinano, in diversa proporzione, biologia o medicina da un lato e una delle discipline ingegneristiche dall'altro. Di conseguenza, l'Ingegneria Biomedica è un settore molto vasto; a una persona molto dotata sarebbero necessarie più vite per acquisire la piena competenza solo in alcune delle tante discipline collegate. Ciò significa che è importante comprendere la vastità del settore, ma occorre concentrarsi su ciò che davvero ti interessa. La presente brochure descrive molte questioni e argomenti di interesse per gli ingegneri biomedici di oggi.



*Gli ingegneri biomedici utilizzano le proprie competenze in biologia, medicina, fisica, matematica, ingegneria e comunicazione per fare del mondo un luogo più sano.*



# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Cosa fanno gli ingegneri biomedici?

Forse sarebbe più facile rispondere alla domanda: "Cosa non fanno gli ingegneri biomedici"? Gli ingegneri biomedici lavorano in industrie, istituti universitari, ospedali e agenzie governative. Alcuni potrebbero trascorrere le proprie giornate progettando, costruendo o testando dispositivi meccanici quali protesi e ortesi, mentre altri progettano circuiti elettrici e software informatici per strumentazioni mediche. Tali strumenti possono spaziare da sistemi di imaging quali i tradizionali raggi x, la tomografia computerizzata (una specie di raggi x tridimensionali elaborati dal computer) e la risonanza magnetica per immagini, a piccoli dispositivi impiantabili, quali i pacemaker, impianti cocleari e pompe di infusione per la somministrazione di farmaci.

Gli ingegneri biomedici possono utilizzare la chimica, la fisica, modelli matematici e simulazioni al computer per sviluppare nuove terapie farmacologiche. Certo, gli ingegneri biomedici hanno compiuto notevoli passi avanti nella comprensione di come si comportano le funzionalità fisiologiche e i sistemi biologici. Potrebbero utilizzare modelli matematici e statistiche per studiare molti dei segnali generati dagli organi quali il cervello, il cuore ed il muscolo scheletrico. Alcuni ingegneri biomedici costruiscono organi, arti, ginocchia, anche, valvole cardiache artificiali e impianti dentali per sostituire funzionalità perdute; altri coltivano tessuti viventi per sostituire organi difettosi. Lo sviluppo di parti del corpo artificiali richiede l'ampio utilizzo da parte degli ingegneri biomedici di concetti di chimica e fisica al fine di sviluppare materiali durevoli compatibili con un ambiente biologico.

Gli ingegneri biomedici aiutano a tradurre organi umani complessi come il cuore o il cervello in migliaia di equazioni matematiche e milioni di punti di dati, che vengono poi eseguiti come simulazioni al computer. Il risultato è una simulazione visiva che appare e si comporta in maniera molto simile all'organo che si simula.

Gli ingegneri biomedici lavorano anche per sviluppare tecnologia wireless che consentirà ai pazienti e ai medici di comunicare da grandi distanze. Molti ingegneri biomedici sono coinvolti nella riabilitazione: progettazione di deambulatori migliori, attrezzature per fare esercizi, robot e dispositivi terapeutici per migliorare le prestazioni degli uomini. Risolvono anche problemi a livello cellulare e molecolare, sviluppando nanotecnologia e micromacchine il cui scopo è di riparare cellule interne danneggiate e alterare le funzionalità geniche. Gli ingegneri biomedici lavorano anche per sviluppare simulazioni tridimensionali che applicano leggi fisiche ai movimenti di tessuti e fluidi. I modelli che ne risultano possono avere un valore inestimabile nella comprensione di come si comportano i tessuti e di come una protesi, ad esempio, potrebbe comportarsi nelle stesse condizioni.



*Alcuni ingegneri biomedici trascorrono le proprie giornate progettando, costruendo o testando dispositivi meccanici quali protesi e ortesi, mentre altri progettano circuiti elettrici e software informatici per strumentazioni mediche.*

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

Alcuni ingegneri biomedici risolvono problemi del settore, a fianco di medici, dirigenti d'azienda, avvocati esperti in materia di brevetti, fisioterapisti, professori, scienziati ricercatori, insegnanti e redattori tecnici. Un'altra area in cui gli ingegneri biomedici eccellono è il settore dello Specialista di Prodotto e Marketing Manager medicale. Mentre queste carriere spesso necessitano di formazione supplementare che va oltre una laurea di primo livello in ingegneria biomedica, risultano tutte adatte a una persona cui è stata impartita una formazione completa in ingegneria biomedica. A volte ingegneri elettronici, meccanici, informatici o altro tipo di ingegneri potrebbero occuparsi di problemi correlati alla Bioingegneria. Trascorsi alcuni anni, potrebbero aver acquisito sufficienti competenze in materia biomedica da poter essere considerati ingegneri biomedici.

## In che modo gli ingegneri biomedici sono diversi dagli altri ingegneri?

Gli ingegneri biomedici devono integrare la Biologia e la Medicina con l'Ingegneria per risolvere problemi correlati ai sistemi viventi. Per questo motivo, gli ingegneri biomedici devono avere basi solide in una disciplina di ingegneria più tradizionale, come l'ingegneria elettronica, meccanica o chimica e, sempre di più, nella scienza dei materiali. La maggior parte dei programmi universitari di Ingegneria Biomedica richiede agli studenti di acquisire una base di formazione costituita da corsi di ingegneria tradizionale. Tuttavia, ci si aspetta dagli ingegneri biomedici l'integrazione delle proprie competenze ingegneristiche con la comprensione della complessità dei sistemi biologici al fine di migliorare la pratica medica. Di conseguenza, gli ingegneri biomedici, che seguano corsi di laurea in ingegneria biomedica (BME) formalmente riconosciuti o in ingegneria tradizionale, devono tutti avere anche una formazione in scienze biologiche.

## Che tipo di istruzione richiede una laurea in Ingegneria Biomedica?

Leggendo le sezioni che seguono, occorre tenere presente che l'istruzione scientifica o tecnologica sono entrambe caratterizzate da componenti tangibili e non tangibili. Le componenti tangibili includono la scienza e la progettazione. Le componenti non tangibili, spesso più importanti, includono le cosiddette "soft skills" (o "competenze trasversali"), quali lavoro di squadra, esperienza pratica, leadership, capacità imprenditoriali, capacità oratorie e di redazione, sostanzialmente un'istruzione a tutto tondo che prepara lo studente a un'ampia varietà di opportunità e sfide cui dovrà far fronte nella vita e nella carriera.



*Alcuni ingegneri biomedici risolvono problemi del settore, a fianco di medici, dirigenti d'azienda, avvocati esperti in materia di brevetti, fisioterapisti, professori, scienziati ricercatori, insegnanti e redattori tecnici.*

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Quanta istruzione è necessaria a un ingegnere biomedico?

Una laurea in ingegneria biomedica di norma richiede un corso di studi universitario della durata minima di quattro anni. A seguito di questo, l'ingegnere biomedico potrebbe assumere una posizione di ingegnere apprendista all'interno di un'azienda di dispositivi medici o farmaceutica, una posizione di ingegnere clinico all'interno di un ospedale, o perfino una posizione commerciale all'interno di un'azienda di biomateriali o biotecnologia. Molti ingegneri biomedici seguiranno una formazione di livello universitario in ingegneria biomedica o in un settore di ingegneria correlato. Un master o un dottorato offrono maggiori opportunità a un ingegnere biomedico nel campo della ricerca e sviluppo, sia che tali occupazioni si trovino in ambito industriale, universitario o governativo. Alcuni ingegneri biomedici scelgono di migliorare la propria istruzione seguendo corsi di laurea in economia aziendale, per poter alla fine essere di aiuto nella gestione di un'azienda o poter gestire le tecnologie sanitarie per un ospedale.

Gli ingegneri biomedici, in alcune situazioni all'estero, possono proseguire in scuole di Medicina o Odontoiatria al conseguimento della loro laurea di primo livello. Una parte degli ingegneri biomedici, sempre principalmente in alcuni stati esteri, scelgono perfino di iscriversi a corsi di giurisprudenza, con l'intenzione di lavorare nel settore dei brevetti e della proprietà intellettuale correlati alle invenzioni biomedicali. Quale formazione migliore dell'ingegneria biomedica per i nostri futuri medici, dentisti e avvocati esperti in materia di brevetti?

## In che modo l'istruzione liceale può prepararmi per gli studi in ingegneria biomedica?

La professione di ingegnere biomedico richiede istruzione e formazione in una serie di discipline scientifiche, così come in matematica, progettazione, comunicazione, lavoro di squadra e risoluzione dei problemi. Per prepararsi al meglio a un programma di studi universitario in ingegneria biomedica, occorre seguire un corso di studi a tutto tondo al liceo o nella scuola secondaria. Come requisito minimo, questo corso di studi deve includere un anno di biologia, un anno di chimica e un anno di fisica. Corsi avanzati in ognuna di queste discipline costituiscono un vantaggio. I corsi di algebra, geometria, algebra avanzata, trigonometria e matematica non possono mancare. Anche un corso in analisi matematica è tipico per gli studenti che si iscrivono a programmi di ingegneria biomedica. Un corso di programmazione informatica offre agli studenti un chiaro vantaggio per il loro programma universitario. Si potrebbe anche considerare un corso di disegno tecnico o disegno meccanico, o meglio ancora, di disegno assistito dal computer (CAD) come corso facoltativo.

Anche le discipline umanistiche e sociali sono importanti per l'ingegnere biomedico. La preparazione liceale o di scuola secondaria dovrebbe includere vari anni di letteratura e composizione italiana, un corso di oratoria, vari anni di studi storici e sociali e perfino lo studio di una lingua straniera. Poiché il lavoro degli ingegneri biomedici è dedicato al miglioramento dell'assistenza sanitaria a livello internazionale, la capacità di comunicare in un'altra lingua è una competenza di valore.



*La professione di ingegnere biomedico richiede istruzione e formazione in una serie di discipline scientifiche, così come in matematica, progettazione, comunicazione, lavoro di squadra e risoluzione dei problemi.*



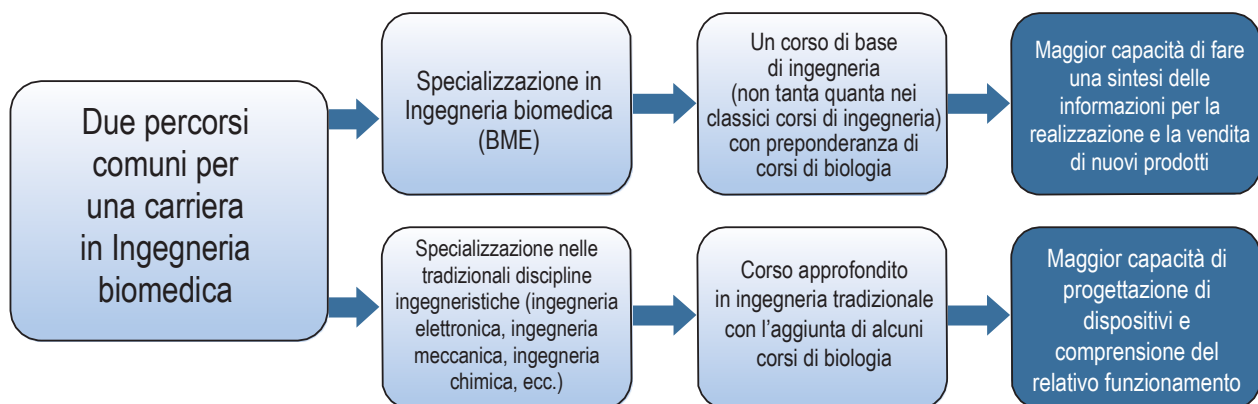
# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Quale specializzazione devo scegliere come studente universitario?

Per gli studenti di scuola secondaria o del primo anno di università si tratta di una domanda difficile, oltre che di una decisione molto personale. Supponiamo che tu desideri diventare un ingegnere biomedico: che percorso immagini di dover seguire? Una prima strada consiste nel fare un passo indietro e far finta che l'ingegneria biomedica non esista. Chiediti quale percorso ti sembra più allettante: biologia (o medicina) o ingegneria? Se sei più attratto da ingegneria, quale percorso in questo settore è più adatto a te: elettronica, informatica, meccanica, chimica, o altro? Se invece sei più attratto da biologia, quale percorso ti sembra migliore: genomica, fisiologia, per l'ambiente e il territorio, ecc.? Non è sempre facile rispondere a queste domande; è meglio esaminare i requisiti del corso per le varie specializzazioni e analizzare le descrizioni dei corsi attinenti a ciascuna di esse. Scoprirai che i cataloghi dei corsi consultabili online possono davvero essere di grande aiuto. (Non lasciarti intimidire dai titoli e dalle descrizioni!) La tua reazione saprà chiarirti tanto sulle motivazioni che ti spingono a voler diventare un ingegnere biomedico.

Se, a seguito di questa scrupolosa analisi, la tua risposta è ingegneria, la domanda seguente deve riguardare la scelta tra una specializzazione in ingegneria biomedica o in una delle classiche discipline di ingegneria. I laureati in Ingegneria Biomedica (BME) acquisiscono conoscenze più approfondite nel settore biomedico ma meno specifiche riguardo una particolare disciplina ingegneristica. Scegliendo ingegneria biomedica, occorre considerare come impostare un programma di studi che preveda corsi elettivi e incentrati sull'ingegneria. Scegliendo invece una specializzazione tradizionale, occorre considerare il modo migliore per aggiungere i corsi giusti (dalla biologia alla fisiologia molecolare) in modo da poter lavorare su progetti di Ingegneria Biomedica sia a scuola che nel corso della propria carriera. Entrambe le tipologie di ingegneri biomedici svolgono un ruolo importante. Il valore specifico dei laureati in ingegneria biomedica è la loro capacità di fare una sintesi delle informazioni provenienti da più discipline nella realizzazione e vendita di nuovi prodotti. I laureati tradizionali sono invece più abili nella progettazione e nella comprensione dei dispositivi stessi.

Se, tuttavia, la scelta ricade su biologia, è comunque necessario approfondire se l'obiettivo è una carriera come professionista in una disciplina della medicina o come scienziato ricercatore o tecnico. Tieni presente che è quasi sempre più difficile per chi ha conseguito una specializzazione in biologia acquisire le basi di ingegneria per passare a un programma di laurea in Ingegneria Biomedica, soprattutto perché i corsi di biologia non approfondiscono materie di studio come matematica e fisica che sono essenziali per l'ingegneria. In parallelo, una specializzazione di ingegneria tradizionale consente di acquisire nozioni di biologia di livello sufficiente per sostenere il confronto.



*Due percorsi comuni per una carriera in Ingegneria biomedica*

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Che tipi di corsi universitari mi prepareranno per diventare un ingegnere biomedico?

La progettazione è cruciale per la maggior parte delle attività biomediche e ingegneristiche. Per realizzare progetti, gli ingegneri biomedici devono avere solide basi di biologia, chimica, fisica, matematica e ingegneria. Sebbene il programma di studi di ingegneria biomedica varia da università a università, la maggior parte dei programmi prevede corsi di biologia e fisiologia, biochimica, chimica organica e inorganica, fisica generale, progettazione di circuiti elettronici e strumentazioni, statica e dinamica, segnali e sistemi, biomateriali, fenomeni di termodinamica e trasporto e progettazione ingegneristica. Gli studenti seguono anche una serie di corsi di scienza e ingegneria avanzati correlati alla propria specializzazione in ingegneria biomedica. Le specialità classiche includono bioelettronica, biomeccanica, biomateriali, sistemi fisiologici, elaborazione dei segnali biologici, ingegneria della riabilitazione, telemedicina, realtà virtuale, chirurgia robotica e ingegneria clinica. Le specialità nuove includono ingegneria cellulare e tissutale, ingegneria neurale, biologia computazionale e bioinformatica. Molti corsi di ingegneria e scienze includono pratica di laboratorio per offrire agli studenti applicazioni sul campo e reali.

Oltre ai corsi di ingegneria e scienze, lo studente di ingegneria biomedica dovrebbe seguire corsi di lingua e letteratura italiana, redazione tecnica, etica e discipline umanistiche (come storia, scienze politiche, filosofia, sociologia, antropologia, psicologia e letteratura). Alcuni studenti proseguono lo studio di una lingua straniera sperando che questo assicuri loro un internato o una posizione fissa come ingegneri all'estero. Anche i corsi in economia aziendale sono comuni tra gli studenti interessati all'ingegneria gestionale.

Molte università incoraggiano attivamente programmi di scambio della durata di almeno sei mesi all'estero, in una università estera in cui si impartiscono lezioni in una componente del programma di studi di ingegneria biomedica.



*Gli studenti di Ingegneria biomedica seguono anche una serie di corsi di scienza e ingegneria avanzati correlati alla propria specializzazione in ingegneria biomedica.*



# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Che tipo di esperienza pratica posso aspettarmi di fare durante la formazione come ingegnere biomedico?

Molti programmi di formazione universitaria in ingegneria biomedica offrono agli studenti un'opportunità per fare esperienza pratica prima del conseguimento della laurea. Internati durante l'estate in aziende di dispositivi medici e farmaceutiche sono comuni, così come lo sono esperienze di ricerca, sempre durante l'estate, presso istituti universitari e agenzie governative, inclusi gli Istituti Nazionali di Sanità (National Institutes of Health - NIH) ed enti regolatori quali l'FDA (Food and Drug Administration) negli Stati Uniti. Alcune università offrono programmi educativi formali di cooperazione in ingegneria biomedica in cui lo studente trascorre vari semestri lavorando presso un'azienda biomedica o un ospedale, guadagnando crediti universitari e uno stipendio. Esperienze di vita reale di questo tipo consentono allo studente di esplorare possibilità di carriera e di definire meglio il proprio ruolo nella comunità di ingegneria biomedica. Tutti i programmi di ingegneria biomedica evidenziano l'importanza della progettazione senior in cui gli studenti imparano prima a individuare, quindi a utilizzare le proprie competenze di ingegneria per risolvere problemi di biomedica.

Un numero notevole di studenti di ingegneria biomedica intraprende attività di ricerca in un laboratorio di università o di ricerca, partendo da un livello iniziale e lavorando verso un coinvolgimento maggiore nelle attività di laboratorio. Esperienze di questo tipo costituiscono una preparazione eccellente per i successivi corsi di laurea e hanno valore speciale per gli studenti che pianificano di proseguire verso una laurea magistrale o un dottorato di ricerca. Tuttavia, gli studenti di norma devono saper tenere un approccio proattivo al fine di ottenere queste posizioni, poiché il numero degli studenti che desiderano fare ricerca è molto più alto di quanti siano i posti disponibili per gli studenti universitari nei laboratori di ricerca.



*Un numero notevole di studenti di Ingegneria Biomedica intraprende attività di ricerca in un laboratorio universitario o di ricerca, partendo da un livello iniziale e lavorando verso un coinvolgimento maggiore nelle attività di laboratorio.*

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Il mercato del lavoro dell'Ingegneria biomedica

Il mercato del lavoro dell'Ingegneria Biomedica è ancora ridotto, ma in rapida crescita in termini percentuali. Il numero di ingegneri biomedici specializzati cresce a ritmi ancora maggiori. È difficile trovare dati affidabili ed esaurienti. Potrebbero interessarti le informazioni rese disponibili online dal Bureau of Labor Statistics (Dipartimento di Statistica del Lavoro), che riportano la suddivisione della forza lavoro statunitense dettagliata per categoria, inclusa l'ingegneria biomedica, e dall'American Society for Engineering Education (Associazione Americana per la Promozione della Formazione in Ingegneria), che traccia il numero di chi ha conseguito lauree di primo livello, lauree magistrali e dottorati di ricerca in vari campi dell'ingegneria.

Il mercato del lavoro dell'Ingegneria biomedica è aperto solo ai laureati in Ingegneria Biomedica ma anche a molti studenti laureati nelle discipline dell'Ingegneria tradizionale (spesso con titoli di corsi complementari in biologia) e, in misura molto minore, agli specializzati in biologia (con una qualche formazione ingegneristica e computazionale). Gli specializzati in Ingegneria Biomedica sono antagonisti dei laureati in Ingegneria in alcuni posti di lavoro e programmi di laurea. Ovviamente, chi vincerà un confronto specifico sarà colui che è in possesso dei requisiti che più si avvicinano alle necessità del posto di lavoro o programma in questione. Sarà un ingegnere biomedico se la componente biomedica ha la preponderanza, mentre si tratterà di un ingegnere proveniente da altre discipline, come elettronica o meccanica, se ad avere la preponderanza è la componente ingegneristica. I bioingegneri e gli ingegneri più tradizionali sono avvantaggiati rispetto ai biologi specializzati quando si richiede maggiore competenza in ingegneria o progettistica. Gli ingegneri tradizionali sono avvantaggiati e ricevono remunerazioni più elevate in ambiti più tecnici rispetto ai biologi specializzati, mentre gli ingegneri biomedici specializzati si trovano a metà strada tra i due.

In prospettiva, occorre comprendere che gli ingegneri con una laurea di primo livello (inclusi i laureati in ingegneria biomedica) hanno accesso a una vasta gamma di carriere. Sono incluse quelle che richiedono un livello di istruzione avanzato come dottorati di ricerca, laurea in giurisprudenza, dottorato in medicina o infermiere registrato e Master in gestione d'impresa. Molti ingegneri con laurea di primo livello raggiungono posizioni di ingegneri di progettazione, spesso dopo aver conseguito una laurea magistrale. Questi occupano anche posizioni nei settori di produzione, field engineering, commerciale e marketing. In qualche modo riservato agli ingegneri biomedici è il grande mercato del lavoro nel settore regolatorio, come la collaborazione con la Food and Drug Administration su nuovi prodotti e la realizzazione di e la supervisione su protocolli per gli studi clinici sugli animali e sugli esseri umani. Un notevole numero di ingegneri biomedici con una laurea di primo livello occupano posizioni non legate alla progettistica, dove il vantaggio maggiore è costituito dalle conoscenze di tipo tecnico. Ma le posizioni di ingegnere biomedico progettista spesso richiedono almeno una laurea magistrale e spesso un dottorato di ricerca.

Le maggiori opportunità sono riservate agli studenti che hanno acquisito esperienza nella progettazione industriale o clinica. Si può iniziare acquisendo questo tipo di esperienza grazie a internati, lavori durante l'estate, una progettazione clinica senior o con esperienze e competenze valide in laboratorio o informatiche.



*Le maggiori opportunità sono riservate agli studenti di Ingegneria biomedica che hanno acquisito esperienza nella progettazione industriale o clinica.*

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Quali sono alcune delle aree chiave dell'ingegneria biomedica?

Analizzando i paragrafi del seguito saranno evidenti le sovrapposizioni tra le varie aree dell'ingegneria Biomedica. Le tecnologie trasversali includono i dispositivi di diagnostica, imaging e computazione. Le tecnologie biomolecolari si moltiplicano da area ad area. Questo è un segno evidente della rapida evoluzione e della vitalità della Bioingegneria.

### Applicazioni pratiche

**L'Ingegneria clinica** supporta e fa progredire l'assistenza ai pazienti applicando le competenze di ingegneria e di gestione alla tecnologia dedicata all'assistenza sanitaria. Gli ingegneri clinici possono avere pianta stabile negli ospedali, dove le responsabilità possono includere la gestione dei sistemi delle apparecchiature mediche della struttura, garantendone la sicurezza e l'efficacia e collaborando con i medici al fine di adattare la strumentazione alle specifiche necessità del medico stesso e dell'ospedale. Nell'industria, gli ingegneri clinici possono occuparsi di sviluppo di prodotti medicali, dalla progettazione alla vendita e all'assistenza, per garantire che i nuovi prodotti rispondano alle esigenze della pratica medica.

**L'Ingegneria della riabilitazione** rappresenta l'applicazione della scienza e della tecnologia per migliorare la qualità della vita di persone con disabilità. Ciò può includere la progettazione di sistemi di comunicazione "aumentata", alternativa per coloro che non sono in grado di comunicare secondo i metodi tradizionali, l'accesso facilitato ai computer per persone con disabilità, lo sviluppo di nuovi materiali e configurazioni di sedie a rotelle e la realizzazione di protesi per gambe per gli atleti paralimpici.

### Partire dalla fisiologia

**Neuroingegneria:** Questo settore emergente e interdisciplinare comprende lo studio del cervello e del sistema nervoso e include aree come la sostituzione o il ripristino di abilità sensoriali e motorie (ad esempio, impianti della retina per il ripristino parziale della vista o stimolazione elettrica di muscoli paralizzati per supportare la posizione eretta di una persona), lo studio della complessità dei sistemi neurali in natura, lo sviluppo di neuro-robot (braccia robotiche controllate dai segnali provenienti dalla corteccia motoria del cervello) e la neuroelettronica (ovvero, sviluppo di dispositivi di microelettronica impiantabile nel cervello con grande potere computazionale). Sono inclusi anche dispositivi di diagnostica.

**Bioingegneria del sistema cardiovascolare:** Le malattie cardiovascolari rappresentano il problema sanitario più importante del mondo industrializzato. La bioingegneria del sistema cardiovascolare utilizza sistemi di analisi per imaging, quantitativi, tecnologie molecolari e nanotecnologie per migliorare la comprensione dei sistemi cardiovascolari e diagnosticare i problemi. Come agiscono le proteine nel controllo della meccano-trasduzione a livello endoteliale? Come si adattano i microvasi in condizioni di stress ambientale? In che modo l'offerta di nuovi farmaci e nuove tecniche di imaging vascolare possono essere utilizzate per comprendere cosa accade a livello molecolare a seguito di un infarto? Queste domande e molte altre sono l'oggetto delle indagini di questa promettente area di medicina preventiva e terapeutica, che include lo studio degli organi a livelli subcellulari e coinvolge svariate discipline.

**Modellazione del sistema fisiologico:** Molte tecniche diagnostiche e innovazioni terapeutiche recentemente migliorate sono il risultato della modellazione dei sistemi fisiologici. In questo settore, vengono sviluppati modelli di processi fisiologici (ad esempio, il controllo dei movimenti degli arti, le reazioni biochimiche del metabolismo) per giungere a una comprensione migliore delle funzioni degli organismi viventi. La modellazione viene inclusa anche nelle apparecchiature di diagnostica e di simulazione dei pazienti a scopi formativi.



# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Quali sono alcune delle aree chiave dell'ingegneria biomedica?

### *Tecnologie e strumentazioni elettroniche*

**Le strumentazioni, i sensori e le apparecchiature di misurazione** implicano la progettazione hardware e software di dispositivi e sistemi utilizzati per misurare i segnali biologici. Si passa dallo sviluppo di sensori in grado di rilevare un segnale biologico di interesse, all'applicazione di metodi per l'amplificazione e il filtraggio del segnale in modo da approfondirne lo studio, al trattamento di fonti di interferenze in grado di disturbare il segnale, alla realizzazione di un sistema di strumentazioni completo come un'apparecchiatura radiologica o un sistema di monitoraggio della funzionalità cardiaca.

**L'elaborazione dei segnali biologici** implica l'estrapolazione di informazioni utili provenienti dai segnali biologici a scopi diagnostici e terapeutici. Ciò potrebbe significare lo studio dei segnali cardiaci per determinare l'eventuale predisposizione di un paziente a una morte improvvisa causata da problemi cardiaci, lo sviluppo di sistemi di riconoscimento del parlato in grado di gestire i rumori di sottofondo, o il rilevamento delle caratteristiche dei segnali cerebrali che possono essere utilizzati per controllare un computer.

### *Immagini e segnali biomedici*

**Imaging ed elaborazione delle immagini:** Esami radiologici, ultrasuoni, risonanza magnetica per immagini (MRI), tomografia computerizzata (TC), medicina nucleare e microscopia fanno parte delle tecniche di imaging utilizzate per consentirci di "vedere" all'interno del corpo umano. Lavorare all'interno di quest'area include lo sviluppo di sistemi di acquisizione di immagini a basso costo, algoritmi di elaborazione delle immagini, algoritmi e standard di compressione di immagini/video e applicazione delle nuove scoperte nel campo dei sistemi di elaborazione dati multimediali nel contesto biomedico.

**La radiologia** si riferisce all'utilizzo di sostanze radioattive quali i raggi x, i campi magnetici come nella risonanza magnetica per immagini e gli ultrasuoni per generare immagini del corpo, degli organi interni e delle strutture. Queste immagini possono essere utilizzate per la diagnosi e il trattamento di malattie, così come per guidare i medici durante gli interventi chirurgici mini-invasivi assistiti dalle immagini.

### *La biologia molecolare incontra i computer*

**L'informatica medica e sanitaria**, una delle aree dell'ingegneria biomedica più vasta e in più rapida crescita, include lo sviluppo e l'utilizzo di strumenti informatici per la raccolta e l'analisi di dati correlati alla Medicina e alla Biologia. Lavorare nel campo della bioinformatica potrebbe implicare l'utilizzo di tecniche sofisticate per la gestione e la ricerca all'interno di basi di dati di sequenze genetiche che contengono milioni di voci. Altre attività sono le analisi automatizzate di immagini, la ricerca di informazioni dalle basi di dati dei pazienti per dedurre relazioni tra malattie e trattamenti e la gestione sicura di dati, ad esempio da dispositivi di diagnostica wireless portatili.

**La bioinformatica (inclusa la genomica)** consiste nella mappatura, sequenziamento e analisi dei genomi, l'insieme di tutto il DNA presente in un organismo. Una comprensione completa del funzionamento dei geni in condizioni di normalità e/o malattia può condurre a individuazione, diagnosi e trattamento migliorati delle malattie.

**La proteomica** consiste nello studio dei proteomi, ovvero l'intero complesso delle proteine prodotte da una specie. I progressi nella proteomica hanno incluso la scoperta di nuovi processi cellulari in grado di spiegare come si verificano le infezioni negli esseri umani: un passo in avanti che sta determinando nuovi trattamenti per le malattie infettive. Inoltre, questi progressi hanno portato alla scoperta di un metodo per l'individuazione di profili proteici all'interno del sangue per la diagnosi precoce del tumore alle ovaie. Lavorare nel campo della proteomica può anche implicare lo sviluppo di dispositivi hardware in grado di fornire una misurazione accurata e rapida dei livelli proteici.

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Quali sono alcune delle aree chiave dell'Ingegneria Biomedica?

### *La Medicina incontra i computer*

**L'informatica** nella biomedicina comprende una svariata gamma di applicazioni e tecnologie, incluso l'utilizzo della realtà virtuale nelle applicazioni mediche (ad esempio, nelle procedure diagnostiche), l'applicazione di tecnologie wireless e mobili in ambiente sanitario, intelligenza artificiale di supporto alla diagnostica e la gestione di questioni di sicurezza legate alla possibilità di rendere disponibili informazioni di tipo sanitario su Internet.

**La telemedicina** a volte chiamata "telesanità" o "sanità elettronica", implica il trasferimento di dati medici in formato elettronico da un luogo ad un altro a fini di valutazione, diagnosi e trattamento di pazienti a distanza. Di norma ciò implica l'utilizzo di dispositivi medici "connessi", tecnologia avanzata di telecomunicazione, sistemi di videoconferenza e computer in rete. La telemedicina può anche riferirsi all'utilizzo di queste tecnologie per la formazione a distanza in campo sanitario.

### *La Meccanica incontra la biologia e la medicina*

**La biomeccanica** è la meccanica applicata alla biologia. Ciò include lo studio del movimento, della deformazione materiale e del flusso dei fluidi. Ad esempio, lo studio della dinamica dei fluidi coinvolta nella circolazione sanguigna ha contribuito allo sviluppo di cuori artificiali, mentre una comprensione della meccanica delle articolazioni ha contribuito alla progettazione di protesi degli arti. La biomeccanica e i materiali ortopedici rappresentano un settore di primaria importanza, una delle aree di maggior successo dell'ingegneria biomedica.

**La robotica in campo chirurgico** include l'utilizzo di sistemi robotici e di elaborazione dell'immagine per l'assistenza interattiva a un team medico sia nella pianificazione che nell'esecuzione di un intervento chirurgico. Queste nuove tecniche sono in grado di ridurre al minimo gli effetti collaterali legati agli interventi chirurgici, poiché consentono di praticare incisioni di dimensioni ridotte, impatto traumatico ridotto e maggiore precisione, riducendo nel contempo i costi.

### *I Materiali si rimpiccioliscono enormemente*

**I BioMEMS** fanno parte dell'area dei cosiddetti MEMS (i sistemi microelettromeccanici) che includono elementi meccanici, sensori, attuatori ed elettronica all'interno di un chip in silicene. I BioMEMS sono i MEMS applicati alla medicina e alla biologia. Esempi di lavoro nel campo dei BioMEMS includono sensori wireless indossati sul corpo, chip di diagnostica economici e monouso e dispositivi sofisticati che miniaturizzano insieme di apparecchiature necessarie per la biologia molecolare. Se da un lato l'utilizzo di micro-robot per gli interventi chirurgici è ancora un traguardo lontano, dispositivi impiantabili di dimensioni estremamente ridotte che rilasciano farmaci vengono già utilizzati, così come videocamere miniaturizzate e ingeribili per l'individuazione di tumori nel tratto gastrointestinale.

**Micro e Nanotecnologia:** La microtecnologia implica lo sviluppo e l'utilizzo di dispositivi misurabili in micrometri (un millesimo di millimetro, o circa 1/50 del diametro di un capello umano), mentre la nanotecnologia include dispositivi nell'ordine di nanometri (circa 1/50.000 del diametro di un capello umano, o dieci volte il diametro di un atomo di idrogeno). Questi settori includono lo sviluppo di sensori di forza microscopici in grado di individuare cambiamenti delle proprietà dei tessuti per aiutare i chirurghi ad asportare solo i tessuti malati e travi a mensola di dimensioni micrometriche che si legano a livello delle proteine cardiache in modo da aiutare i medici nella diagnosi rapida e precoce degli infarti. Questo settore è strettamente correlato e spesso si sovrappone ai MEMS e ai BioMEMS.

**I biomateriali** sono sostanze ingegnerizzate da utilizzare in dispositivi o impianti il cui compito è di interagire con un tessuto vivente. Esempi di progressi in questo campo includono lo sviluppo di rivestimenti in grado di contrastare la comune infezione negli impianti di articolazioni artificiali, materiali che possono essere di aiuto nella somministrazione controllata di farmaci e "scaffold" che supportano la ricostruzione di tessuti e organi.

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Quali sono alcune delle aree chiave dell'ingegneria biomedica?

### Approcci all'ingegneria chimica

**La biotecnologia** rappresenta un insieme di strumenti potenti che utilizzano organismi viventi (o parti di organismi) per realizzare o modificare prodotti, migliorare piante e animali, o sviluppare microorganismi per utilizzi specifici. Alcuni dei primi sforzi nel campo della biotecnologia hanno riguardato le tradizionali tecniche di coltivazione di piante e allevamento di animali e l'utilizzo di lievito nella produzione di pane, birra, vino e formaggio. La biotecnologia moderna implica l'utilizzo industriale di DNA ricombinante, fusione cellulare e tecniche di biotattamento originali, tutti utilizzabili per aiutare a correggere i difetti genetici negli uomini. Implica inoltre la bioremediation: la distruzione di sostanze contaminanti pericolose con l'aiuto di organismi viventi.

**La somministrazione di farmaci** implica la somministrazione di un composto chimico nel punto esatto di applicazione del trattamento. Ciò può correlarsi a varie tecniche terapeutiche che sfruttano la genetica e l'acido nucleico, tra cui il targeting selettivo di mezzi di contrasto per imaging. Lavorare in questo campo può essere molto utile per prevedere gli effetti dei farmaci sui pazienti.

**La ricerca sui biocombustibili** riguarda la ricerca di alternative rinnovabili alla benzina. Alcuni ingegneri chimici e biologi, ad esempio, hanno scoperto metodi in grado di stimolare fortemente la produzione di isobutanolo nel lievito. Tali approcci potrebbero potenzialmente produrre altre sostanze chimiche utili che potrebbero essere largamente sfruttate dalla società. Altri bioingegneri si dedicano alla bioingegnerizzazione di alghe e batteri per la produzione di biocombustibile.

### La biologia si ingegnerizza

*Sebbene questi settori siano ancora agli albori, il potenziale di crescita per il futuro è elevato.*

**L'ingegneria tissutale** è lo studio e l'implementazione di rigenerazione di tessuti connettivi e perfino di organi completi che possono essere utili nel corpo umano. Questi nuovi tessuti e organi vengono prodotti a partire da piccoli campioni di tessuto originale di un individuo, spesso collocati su uno scaffold in grado in seguito di dissolversi. Una volta che il tessuto o l'organo può essere generato e reimpiantato nel donatore originale, i nuovi materiali non avranno bisogno di farmaci anti rigetto. Tali tecniche sono particolarmente utili per la ricostruzione di cartilagini e ossa, così come nella cura di lesioni cutanee.

**La biomeccanica cellulare e molecolare** implica lo studio e le applicazioni che sfruttano le caratteristiche meccaniche delle biomolecole come i geni e le proteine che sostengono le cellule; tutto ciò allo scopo di giungere a una migliore conoscenza di tessuti e organi. In che modo le cellule percepiscono le forze meccaniche? In che modo tali forze influenzano vari importanti risultati, tra cui la crescita delle cellule, il movimento e l'espressione genica? La stimolazione meccanica è in grado di generare cascate di segnali sorprendenti e perfino il cambiamento del fenotipo di una cellula. Comprendere tali fattori può sostenere molte nuove scoperte importanti.

**Ingegneria genetica e biologia di sintesi** L'ingegneria genetica si riferisce alla modifica dei geni di un organismo. Tali approcci possono, ad esempio, consentire lievi modifiche nella composizione genetica del castagno americano, modifiche che potrebbero consentire alla pianta di sopravvivere e prosperare nonostante il cancro del castagno che causa la decimazione di intere foreste sin dai primi anni del 1900. La biologia di sintesi va oltre l'ingegneria genetica. Al posto di frammenti di DNA, interi plasmidi e cromosomi, ad esempio, verrebbero sintetizzati come moduli standard estraibili da una raccolta, un po' come le classiche parti ingegnerizzate possono essere estratte dagli appositi contenitori.



# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

## Dove posso ottenere maggiori informazioni sui programmi di ingegneria biomedica?

Puoi trovare maggiori informazioni sui programmi universitari di ingegneria biomedica dagli esperti di orientamento del tuo liceo o della tua scuola secondaria, nella tua biblioteca di zona e navigando in Internet. La maggior parte delle università fornisce nella propria pagina web la descrizione dei programmi, i requisiti del percorso di studi e i requisiti di ammissione. Inoltre, la maggior parte di questi programmi forniscono moduli di sottoscrizione online. Potresti inoltre trovare informazioni sui programmi di ingegneria biomedica all'indirizzo [www.embs.org](http://www.embs.org) (divertiti a navigare nel sito!). Sono inoltre disponibili valide informazioni presso il National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering e il suo sito web ([www.nibib.nih.gov](http://www.nibib.nih.gov)) così come presso l'American Institute for Medical & Biological Engineers, il Ministero del lavoro e O'Net ([www.onetonline.org](http://www.onetonline.org)). *IEEE PULSE*, che è la rivista di punta della IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, e pubblicazioni come gli *Atti di Ingegneria Biomedica della IEEE* possono essere ugualmente molto utili, così come libri quali *Introduction to Biomedical Engineering*, *Career Development in Bioengineering and Biotechnology*, *Medical Instrumentation: Application and Design*, e la collezione *Biomedical Engineering Handbook*.

Il campo dell'Ingegneria Biomedica ora usufruisce dei servizi di molte organizzazioni che collaborano per migliorare la vita delle persone in tutto il mondo. Queste associazioni includono la IEEE Engineering in Medicine and Biology (IEEE-EMBS), la Biomedical Engineering Society (BMES), la European Alliance for Medical and Biological Engineering and Science (EAMBES), e l'organizzazione mondiale, ombrello che raccoglie tutte le associazioni di ingegneria biomedica: la International Federation for Medical and Biological Engineering (IFMBE). Qualunque sia il tuo luogo di residenza, dovresti essere in grado di trovare un'organizzazione di Ingegneria Biomedica che ti aiuti a raggiungere i tuoi obiettivi.

## Entra in un'associazione per progredire nella tua carriera

Le associazioni di professionisti sono molto attive nell'aiutare le persone a progredire nelle proprie carriere professionali. Gli studenti, in particolare a livello universitario, dovrebbero cercare di entrare in un'associazione di professionisti, di norma nel settore dedicato agli studenti. Se il tuo interesse è la Bioingegneria, potresti trovare interessante entrare a far parte della Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS), della Biomedical Engineering Society (BMES), dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), della Materials Research Society (MRS), della Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS), o di qualunque altra delle tante associazioni che supportano gli studenti, i ricercatori e gli specialisti professionisti collegati alla Bioingegneria.

Gli autori della presente brochure sono affiliati alla EMBS, che svolge un lavoro imponente in una vasta gamma di aree, tra cui l'unica e più utile pubblicazione per l'ingegnere biomedico alle prime armi, la *IEEE PULSE*. Gli articoli presenti nella rivista Pulse vengono redatti in modo da apparire attraenti agli "studenti di tutte le età", ricoprendo nel contempo argomenti relativi alle tecnologie di ingegneria biomedica allo stato dell'arte e questioni mediche attuali, inclusa una prospettiva a livello globale.

La EMBS è la più antica, la più grande e la più globale associazione di professionisti di ingegneria biomedica nel mondo. Oltre alla pubblicazione della rivista *IEEE PULSE*, l'associazione promuove l'applicazione delle scienze e delle tecnologie ingegneristiche alla medicina e alla biologia, promuove la professione e offre la leadership a livello globale a vantaggio dei suoi membri e di tutta l'umanità diffondendo la conoscenza, determinando standard, incoraggiando lo sviluppo professionale e riconoscendo l'eccellenza. Si tratta di un'associazione di professionisti che offre un servizio a tutto tondo, fornendo alla comunità di ingegneria biomedica internazionale varie riviste, giornali, conferenze, e corsi estivi.

**Speriamo che, se i tuoi interessi sono in linea con i nostri, entri anche tu in EMBS. Ad ogni modo, entra in almeno una delle tante associazioni di professionisti.**

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

La Engineering in Medicine and Biology Society della IEEE promuove l'applicazione delle scienze e delle tecnologie ingegneristiche alla Medicina e alla Biologia, promuove la professione e offre la leadership a livello globale a vantaggio dei suoi membri e di tutta l'umanità diffondendo la conoscenza, determinando standard, incoraggiando lo sviluppo professionale e riconoscendo l'eccellenza.

Il settore di interesse della Engineering in Medicine and Biology Society della IEEE è l'applicazione dei concetti e dei metodi delle scienze fisiche ed ingegneristiche alla Biologia e alla Medicina. Ciò riguarda una vasta gamma di argomenti che va dalla formalizzazione della teoria matematica attraverso la scienza sperimentale e lo sviluppo tecnologico alle applicazioni cliniche pratiche. Include il supporto di attività scientifiche, tecnologiche e formative.

## PUBBLICAZIONI

### *IEEE PULSE*

*Journal of Biomedical Health Informatics*  
*Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*  
*Reviews in Biomedical Engineering*  
*Transactions on Biomedical Engineering*  
*Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*  
*Transactions on Medical Imaging*  
*Transactions on NanoBioscience*  
*Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*

## PRODOTTI ELETTRONICI

Biomedical Essentials  
EMBS Electronic Resource

## CONFERENZE

Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Information Technology in Biomedicine  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Microtechnologies in Medicine and Biology  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Cellular, Molecular and Tissue Engineering  
IEEE EMBS Special Topic Conference on Neural Engineering  
International Symposium on Biomedical Imaging  
International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics

## CORSI ESTIVI

International Summer School on Biomedical Imaging  
International Summer School on Biomedical Signal Processing  
International Summer School on Biocomplexity  
International Summer School on Medical Devices and Biosensors  
International Summer School on Applications of Information & Communication Technology in Biomedicine

[www.embs.org](http://www.embs.org)

# Progettare una carriera in Ingegneria biomedica

[www.embs.org](http://www.embs.org)

## Engineering in Medicine & Biology

Direzione generale EMBS  
445 Hoes Lane  
Piscataway, NJ 08854 USA

Tel.: +1 732 981 2433  
Fax: +1 732 465 6435  
E-mail: [emb-exec@ieee.org](mailto:emb-exec@ieee.org)  
[www.embs.org](http://www.embs.org)  
[www.students.embs.org](http://www.students.embs.org)

EMBS desidera ringraziare le persone dedicate di cui si riporta qui di seguito per l'assistenza fornita nella realizzazione di questo opuscolo

*Faustina Hwang  
Robert Kovacs  
James Macor  
Barbara Oakley  
Kris Ropella  
Bruce Wheeler  
Scott Woodhouse  
Steve Wright*

Desidera inoltre ringraziare anche coloro che hanno sostenuto il nostro impegno fornendo l'autorizzazione all'utilizzo delle fotografie in esso incluse.



## Engineering in Medicine & Biology



La EMBS è la più antica, la più grande e la più globale associazione di professionisti di ingegneria biomedica nel mondo. Oltre alla pubblicazione della rivista Pulse, l'associazione promuove l'applicazione delle scienze e delle tecnologie ingegneristiche alla medicina e alla biologia, promuove la professione e offre la leadership a livello globale a vantaggio dei suoi membri e di tutta l'umanità diffondendo la conoscenza, determinando standard, incoraggiando lo sviluppo professionale e riconoscendo l'eccellenza. Si tratta di un'associazione di professionisti che offre un servizio a tutto tondo, fornendo alla comunità di ingegneria biomedica internazionale una rivista, giornali, conferenze, e corsi estivi.

***Speriamo che, se i tuoi interessi sono in linea con i nostri, entri anche tu in EMBS. Ad ogni modo, entra in almeno una delle tante associazioni di professionisti.***

[www.embs.org](http://www.embs.org)