

بسم الله الرحمن الرحيم

بیومکانیک مقدماتی

تألیف و تدوین

دکتر امیر ناصر سادات مرعشی

استاد دانشگاه آزاد اسلامی

سال ۱۳۸۲

سادات مرعشی، امیرناصر، ۱۳۲۸ -

بیومکانیک مقدماتی / تألیف امیرناصر سادات مرعشی. -- تهران:
دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۳۸۴.
[۱۰]، ۴۳۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 964-463-272-9

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا.
کتابنامه. ص. ۴۴۲.
نمایه.

۱. بدن انسان -- حرکت شناسی. ۲. بدن انسان -- حرکت شناسی کاربردی.
۳. اندامهای مصنوعی. الف. دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران).
مرکز نشر. ب. عنوان.

۶۱۲/۷۶

ب ۲ س / ۰۳ ۰۲ ۰۳

۸۴۹۱ - ۸۲ م

کتابخانه ملی ایران

این کتاب در جلسه مورخ ۸۲/۳/۱۳ شورای چاپ و
نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسید.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب : بیومکانیک مقدماتی
تألیف و تدوین : دکتر امیرناصر سادات مرعشی
ناشر : انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی : انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول : سال ۱۳۸۴
تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه
قیمت : ۳۶۰۰ تومان
شابک : ۹۶۴-۴۶۳-۲۷۲-۹
تلفن مرکز پخش: ۶۲۹۸۸۶۸
ISBN: 964-463-272-9

آدرس: خیابان ولی عصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

یادداشت

«غرض نقشی است کز ما باز ماند...»

در سالهایی که به تدریس در دانشکده مهندسی پزشکی مشغول بودم، سعی داشتم تا دانشجویان را با بیومکانیک که یکی از مهم‌ترین دروس پیش‌نیاز، برای درک بهتر دستاوردهای توان بخشی است، آشنا و علاقه‌مند سازم، زیرا که برای ساخت انواع ارتوزها و همچنین طراحی مفصل مصنوعی، دانستن بیومکانیک عضوی از بدن که مورد نظر است، لازم و ضروری می‌باشد. از آن گذشته دانشجویان رشته‌های پزشکی و فیزیوتراپی و تربیت بدنی نیز می‌باید با این مقوله آشنائی کافی داشته باشند.

تعادل جسمی انسان در وضعیت‌های مختلف، به هنگام راه رفتن، ایستادن، نشستن، و حرکات سریع ورزشی و غیره از مهمترین مباحث بیومکانیک است که در این کتاب به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است، بعلاوه سعی شده است در فصول مربوط به مفصل مصنوعی با دیدی مهندسی به مطالب نگریسته شود. نهایتاً تألیف و تدوین کتاب حاضر توسط اینجانب، با تخصص ارتوپدی، باعث می‌شود که دانشجویان رشته مهندسی پزشکی، بیومکانیک را از زبان و قلم یک پزشک بشنوند و ببینند و این مسأله موجب خواهد شد که در طراحی‌ها و ساخت ابزار و ادوات مورد نیاز بیماران، دید جامع‌تری نسبت به این مسأله حاصل نمایند.

در خاتمه باید اذعان نمایم که علیرغم سعی فراوان در تنظیم و تفهیم مطالب، باز هم قطعاً این کتاب واجد کاستی‌هایی است که از نظر دقیق صاحب‌نظران گرامی مخفی نخواهد بود، باشد که نگارنده را با نظرات مهرآمیز و یادآوری‌های شوق‌انگیز، در تصحیح این مطلب و به ادامه این مبحث ترغیب و یاری و مددکاری فرمایند.

دکتر امیرناصر سادات مرعشی

مقدمه

کتاب بیومکانیک مقدماتی، تألیف جناب آقای دکتر امیرناصر سادات مرعشی، برای استفاده دانشجویان رشته بیومهندسی که قصد دارند اطلاعات پایه فیزیولوژی و کاربرد آن در مهندسی را کسب نمایند مفید است و این جانب مطالعه این کتاب را به دانشجویان محترم توصیه می‌نمایم. جهت استفاده بهتر از کتاب مذکور پیشنهاد می‌شود، برای معالجه فصل دوم کتاب که از ساختار ماده و مواد صحبت به میان آمده است، دانشجویان محترم قبلاً با محتوای درس مواد (Material) آشنایی بیشتری کسب نموده باشند تا بتوانند از کاربرد بیشتر خواص مواد در فیزیولوژی بهره‌مند شوند. هم‌چنین برای مطالعه فصل نهم کتاب، که در آن از حرکت در انسان صحبت به میان آمده، بهتر است دانشجویان قبلاً با محتوای درس دینامیک بیشتر آشنا شده باشند تا قادر به درک و کاربرد بیشتر این مطالب در فیزیولوژی باشند.

بدیهی است دانشجویان محترمی که پایه تحصیلات آنان مهندسی مکانیک باشد کلیه اطلاعات اولیه لازم را برای مطالعه کتاب دارند و از توصیه‌های فوق بی‌نیاز هستند.

دکتر سیدسلیمان نورآذر

دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تابستان ۱۳۸۴

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: بیومکانیک

۱-۱- بیومکانیک: نیرو و انرژی.....	۱
۲-۱- پیشرفت بیومکانیک.....	۱
۳-۱- ماده و حرکت.....	۳
۴-۱- نیرو.....	۴
۵-۱- توصیف نیروها.....	۶
۱-۵-۱- سیستم‌های خطی نیرو.....	۸
۲-۵-۱- سیستم‌های نیرو موازی.....	۸
۳-۵-۱- سیستم‌های نیرو متقاطع.....	۸
۴-۵-۱- سیستم‌های عمومی نیرو.....	۸
۶-۱- آنالیز بعضی از سیستم‌های ساده نیرو.....	۹
۷-۱- سیستم‌های اندازه‌گیری.....	۱۲
۸-۱- انرژی.....	۱۵
۹-۱- اصل بقای انرژی.....	۱۶
۱۰-۱- انرژی پتانسیل و جنبشی.....	۱۶

فصل دوم: ساختار ماده و مواد

۱۹	۱-۲- ساختار ماده و مواد
۲۰	۲-۲- عناصر
۲۱	۳-۲- اتم‌ها
۲۵	۴-۲- اعداد کوانتومی
۳۰	۵-۲- حالت‌های ماده
۳۰	۶-۲- گازها
۳۳	۷-۲- مایعات
۳۴	۸-۲- جامدات
۳۶	۹-۲- تحمل بار در جامدات
۴۱	۱۰-۲- تعاریف تکمیلی و مقدمات
۴۵	۱۱-۲- شکستگی از نظر بیومکانیک
۴۶	۱-۱۱-۲- توانایی جذب انرژی (ENERGY ABSORBING CAPACITY)
۴۶	۲-۱۱-۲- انرژی کرنشی (STRAIN ENERGY)
۴۷	۳-۱۱-۲- مدول یانگ و منحنی‌های تنش-کرنش
۵۱	۴-۱۱-۲- حد خستگی (FATIGUE STRENGTH)
۵۲	۱۲-۲- ویژگی‌های بیومکانیک استخوان
۵۵	۱۳-۲- ضربه‌گیر
۵۶	۱۴-۲- قانون هوک (HOOKE'S LAW)
۶۰	۱۵-۲- تغییر شکل پلاستیک (PLASTICITY)
۶۱	۱۶-۲- شکستگی (FRACTURE)
۶۶	۱۶-۲- خواص مکانیکی بافت‌ها
۶۶	۱۷-۲- استخوان
۶۷	۱۸-۲- تنش بارگذاری بر استخوان

۶۹	۱۹-۲- استحکام استخوان
۷۳	۲۰-۲- ظرفیت ذخیره انرژی در استخوان
۷۳	۲۱-۲- سازگاری یا تطابق استخوان
۷۴	۲۲-۲- تأثیر سن و بیماری بر استخوان
۷۵	۲۳-۲- ویژگیهای مکانیکی نسج نرم
۷۵	۲۳-۲-۱- فیبرهای کلاژن
۷۶	۲۳-۲-۲- فیبرهای الاستین
۷۶	۲۴-۲- ویژگیهای مکانیکی بافت‌های کلاژنی
۷۷	۲۵-۲- مقایسه فیبرهای کلاژنی و فیبرهای الاستیک
۸۵	۲۶-۲- غضروف
۸۵	۲۷-۲- خواص غضروف‌ها

فصل سوم: مرکز ثقل - پایداری و تعادل

۸۹	۳-۱- مرکز ثقل - پایداری و تعادل
۸۹	۳-۲- مرکز ثقل
۹۱	۳-۳- پایداری
۹۲	۳-۴- تعادل ایستاده
۹۳	۳-۵- میزان پایداری
۹۸	۳-۶- ارزیابی تعادل
۹۹	۳-۷- شکل و اندازه‌های بدن
۱۰۳	۳-۸- قطعات بدن

فصل چهارم: عضلات دستگاه اسکلتال

۱۰۷	۴-۱- عضلات دستگاه اسکلتال
۱۰۸	۴-۲- انواع انقباض عضلانی
۱۰۸	۴-۲-۱- انقباض ایزوتونیک

- ۱۰۸-۲-۲-۴- انقباض ایزومتریک یا استاتیک
- ۱۰۸-۳-۲-۴- انقباض محیطی یا انقباض با افزایش طول
- ۱۰۸-۴-۲-۴- انقباض ایزوکینتیک
- ۱۰۹-۳-۴- عضله مخطط
- ۱۱۲-۴-۴- مراحل مزدوج شدن تحریک و انقباض
- ۱۱۴-۵-۴- رابطه طول عضله و نیرو
- ۱۱۸-۶-۴- رابطه نیرو- سرعت در عضله
- ۱۱۹-۷-۴- کنترل انقباضات عضلانی
- ۱۲۱-۸-۴- سایر عواملی که روی کشش عضله مؤثرند:
- ۱۲۱-۱-۸-۴- اندازه عضله
- ۱۲۱-۲-۸-۴- نوع انقباض عضله
- ۱۲۲-۳-۸-۴- سرعت انقباض
- ۱۲۳-۴-۸-۴- طول عضله
- ۱۲۳-۹-۴- تقسیم‌بندی فیبرهای عضلات (MUSCLE FIBRE TYPES)
- ۱۲۴-۱-۹-۴- فیبرهای تیپ I
- ۱۲۵-۲-۹-۴- فیبرهای تیپ IIA
- ۱۲۵-۳-۹-۴- فیبرهای تیپ IIB
- ۱۲۵-۴-۹-۴- فیبرهای تیپ IIA و IIB
- ۱۲۶-۱۰-۴- نقش کنترل سیستم عصبی در انقباض عضله
- ۱۲۷-۱۱-۴- شکل عضلات (MUSCLE ARCHITECTURE)
- ۱۳۰-۱۲-۴- سایر عوامل مؤثر بر نیروی عضلات
- ۱۳۰-۱-۱۲-۴- جنس
- ۱۳۱-۲-۱۲-۴- سن
- ۱۳۱-۳-۱۲-۴- ورزش و تغذیه
- ۱۳۲-۴-۱۲-۴- عوامل هورمونی و ژنتیکی
- ۱۳۲-۵-۱۲-۴- رابطه وزن بدن و قدرت عضلانی

۱۳۲	 عمل عضلات (MUSCLE ACTION)
۱۳۴	 عضلات شروع کننده (PRIME MOVERS)
۱۳۴	 عضلات آنتاگونیست (ANTAGONIST)
۱۳۵	 عضلات ثابت کننده (FIXATION MUSCLES)
۱۳۶	 عضلات سینرژیست (SYNERGISTS MUSCLES)
۱۳۶	 انقباض محیطی و مرکزی
۱۳۷	 انقباضات ایزوتونیک و ایزومتریک
۱۳۷	 حرکات اکتیو و پاسیو (ACTIVE & PASSIVE EXERCISE)

فصل پنجم: کاربرد نیروهای عضلانی در اندام‌ها

۱۳۹	 ۱-۵- کاربرد نیروهای عضلانی در اندام‌ها
۱۴۷	 ۲-۵- پیدا کردن نیروها
۱۶۶	 ۳-۵- خستگی و تحمل پذیری عضله
۱۶۹	 ۴-۵- ارزیابی قدرت عضله

فصل ششم: تاثیر اصطکاک و چسبندگی بر حرکت مفاصل

۱۷۵	 ۱-۶- تاثیر اصطکاک و چسبندگی بر حرکت مفاصل
۱۸۳	 ۲-۶- گران روی (VISCOSITY):
۱۸۶	 ۳-۶- چسبندگی ارتجاعی:
۱۸۶	 ۴-۶- عوامل مقاومت کننده در حرکت مفاصل سینوئال:
۱۹۰	 ۵-۶- مقاومت هوا (AIR RESISTANCE)
۱۹۲	 ۶-۶- حرکت درمانی غیرفعال

فصل هفتم: ویژگی‌های آب و آب درمانی

۱۹۵	 ۱-۷- ویژگی‌های آب و آب درمانی (HYDROTHERAPY)
۱۹۶	 ۲-۷- فشار

۲۰۱	۳-۷- شناوری (BUOYANCY)
۲۰۴	۴-۷- کشش سطحی (SURFACE TENSION)
۲۰۵	۵-۷- گرانروی (VISCOSITY)
۲۰۶	۶-۷- جریان مایع (LIQUID FLOW)
۲۰۸	۷-۷- شنا کردن (SWIMMING)
۲۰۹	۸-۷- فواید آب درمانی

فصل هشتم: برخی از کاربردهای درمانی فشار

۲۱۱	۱-۸- برخی از کاربردهای درمانی فشار
۲۱۲	۲-۸- اندازه گیری فشار
۲۱۲	۳-۸- تغییرات فشار در بافت های بدن
۲۱۳	۴-۸- کاربرد فشار به عنوان درمان فیزیکی
۲۱۴	۵-۸- فشار مداوم
۲۱۶	۶-۸- دستگاه های مولد فشار منفی
۲۱۷	۷-۸- دستگاه های مولد فشار مثبت (POSITIVE PRESSURE DEVICES)
۲۱۸	۸-۸- کمپرس متناوب هوا
۲۲۱	۹-۸- اثرات فیزیولوژیک و درمانی فشار متناوب
۲۲۱	۱۰-۸- پیشگیری از ایجاد لخته خونی در ورید های عمقی
۲۲۲	۱۱-۸- کاهش تورم
۲۲۳	۱۲-۸- تشک های موج (RIPPLE MATTRESS)
۲۲۴	۱۳-۸- وسایل ارزیابی و تشخیص
۲۲۵	۱۴-۸- دستگاه های مولد فشار متناوب با فرکانس سریع
۲۲۵	۱۵-۸- ارتعاش

فصل نهم: حرکت در انسان

۲۲۷	۱-۹- مقدمه
-----	------------

۲۲۸	۲-۹- سرعت (VELOCITY)
۲۲۹	۳-۹- شتاب (ACCELERATION)
۲۳۳	۴-۹- حرکت چرخشی (ROTARY MOTION)
۲۳۴	۵-۹- قانون بقای اندازه حرکت (CONSERVATION OF MOMENTUM)
۲۳۷	۶-۹- آزمایش
۲۳۸	۷-۹- شرح و تفسیر حرکات بدن
۲۳۹	۸-۹- روش‌های تصویری شناخت حرکات (راه رفتن معمولی)
۲۴۴	۹-۹- توصیف سیکل گیت
۲۴۷	۱۰-۹- حرکات قسمت‌های مختلف بدن در راه رفتن
۲۵۲	۱۱-۹- فعالیت عضلانی در راه رفتن
۲۵۵	۱۲-۹- مؤلفه‌های راه رفتن راحت و طبیعی (DETERMINANTS OF GAIT)
۲۵۷	۱۳-۹- راه رفتن کودکان
۲۵۷	۱۴-۹- راه رفتن سالخوردگان
۲۵۸	۱۵-۹- دویدن
۲۶۲	۱۶-۹- بیومکانیک بالا و پایین رفتن از پله
۲۶۲	۱-۱۶-۹- بالا رفتن از پله‌ها
۲۶۳	۲-۱۶-۹- پایین آمدن از پله‌ها
۲۶۳	۱۷-۹- پریدن (JUMPING)

فصل دهم: انرژی - راندمان - تحمل پذیری

۲۶۷	۱-۱۰- انرژی - راندمان - تحمل‌پذیری
۲۷۱	۲-۱۰- رابطه نیرو - سرعت
۲۷۶	۳-۱۰- فعالیت‌های ورزشی هوازی و غیر هوازی
۲۷۹	۴-۱۰- بازدهی یا راندمان (EFFICENCY)
۲۸۳	۵-۱۰- ارزیابی کلینیکی به وسیله تست‌های ورزشی
۲۸۵	۶-۱۰- جنبه‌های دیگر تمرینات ورزشی

فصل یازدهم: زیست فنی بیومکانیک

۲۸۷	۱-۱۱- ارگونومی
۲۸۹	۲-۱۱- سنجش و اندازه گیری بدن انسان (انسان سنجی)
۲۹۲	۳-۱۱- دسترسی عمودی برای انجام کار
۲۹۲	۴-۱۱- نحوه قرارگیری و ارتفاع موضع کار از زمین
۲۹۴	۵-۱۱- وضعیت یا حالت نشستن
۲۹۶	۱-۵-۱۱- بلندی یا ارتفاع صندلی
۲۹۶	۲-۵-۱۱- عرض صندلی
۲۹۶	۳-۵-۱۱- عمق صندلی
۲۹۷	۴-۵-۱۱- ارتفاع و عرض پشتی صندلی
۲۹۷	۵-۵-۱۱- زاویه صندلی
۲۹۸	۶-۵-۱۱- زاویه تکیه گاه پشت
۲۹۹	۷-۵-۱۱- رویه کوبی و رومبلی
۲۹۹	۸-۵-۱۱- نشیمنگاه های مخصوص و استثنائی
۳۰۰	۶-۱۱- کار عضلانی (MUSCULAR WORK)
۳۰۳	۷-۱۱- فعالیت های سنگین و انرژی مورد نیاز
۳۰۶	۸-۱۱- بالا رفتن از پله
۳۰۸	۹-۱۱- دیسک بین مهره ای (THE INTERVERTEBRAL DISC)
۳۱۵	۱۰-۱۱- بلند کردن اجسام سنگین

فصل دوازدهم: بیومکانیک بعضی از موارد اختصاصی

۳۱۹	۱-۱۲- شکل و نوع حرکت در مفاصل سینوئال
۳۲۲	۲-۱۲- ستون فقرات (The Spinal Column)
۳۲۸	۱-۲-۱۲- نقش ستون فقرات در بلند کردن اجسام
۳۳۱	۲-۲-۱۲- ساختمان مهره های ستون فقرات
۳۳۲	۳-۲-۱۲- قسمت های عملی ستون فقرات

۳۳۳	۱۲-۲-۴- دامنه حرکتی ستون فقرات.....
۳۳۵	۱۲-۳- مفصل خاصره‌ای - رانی (THE HIP JOINT).....
۳۳۶	۱۲-۳-۱- نیروهای وارده بر مفصل هیپ.....
۳۳۸	۱۲-۳-۲- عضلات ابدوکتور مفصل هیپ.....
۳۴۲	۱۲-۳-۳- نقش گردن استخوان ران.....
۳۴۴	۱۲-۴- مفصل زانو KNEE JOINT.....
۳۴۸	۱۲-۴-۱- استخوان کشکک (PATELLAR BONE).....
۳۴۸	۱۲-۴-۲- مقدار نیروهای وارده بر مفصل زانو.....
۳۴۹	۱۲-۴-۳- منیسک‌ها (THE MENISC).....
۳۵۱	۱۲-۴-۴- مفصل کشککی - رانی (THE PATELLOFEMORAL JOINT).....

فصل سیزدهم: طراحی و ساخت مفاصل مصنوعی

۳۵۷	مفاهیم اولیه بیومکانیک برای طراحی و ساخت مفاصل مصنوعی.....
۳۵۸	۱۳-۱- سینماتیک (KINEMATICS).....
۳۶۵	۱۳-۲- سینتیک - نیرو و گشتاور (KINETICS - FORCE AND MOMENT).....
۳۶۹	۱۳-۳- قیود مفصلی (JOINT CONSTRAINT).....

فصل چهاردهم: آلیاژهای فلزی

۳۷۳	۱۴-۱- ویژگی‌های عمومی مواد عضوی.....
۳۷۶	۱۴-۲- فلزات و آلیاژها (METALS AND ALLOYS).....
۳۸۱	۱۴-۳- خواص الکتروشیمیایی (ELECTROCHEMICAL PROPERTIES).....
۳۸۳	۱۴-۴- جنبه‌های بیومکانیکی (BIOMECHANICAL FEATURES).....
۳۸۴	۱۴-۵- سایش (WEAR).....
۳۸۴	۱۴-۶- جنبه‌های بیولوژیکی (BIOLOGIC ASPECTS).....
۳۸۷	۱۴-۷- دورنمای آینده.....

فصل پانزدهم: بیومکانیک مفصل مصنوعی زانو..... ۳۸۹

تشریح مکانیکی و هندسه سطوح مفصلی..... ۳۸۹

۱-۱۵- قطعه تیبیا..... ۳۸۹

۲-۱۵- قطعه فمورال..... ۳۹۰

۳-۱۵- استخوان کشکک..... ۳۹۱

۴-۱۵- تثبیت ایمپلنت..... ۴۰۰

۵-۱۵- مفصل..... ۴۰۷

۶-۱۵- آزمایش پروتز..... ۴۱۷

خلاصه:..... ۴۲۳

۷-۱۵- بازنگری نکات مهم بیومکانیکی در مفاصل مصنوعی زانو..... ۴۲۴

فهرست راهنما..... ۴۲۹

www.ketaboo.ir