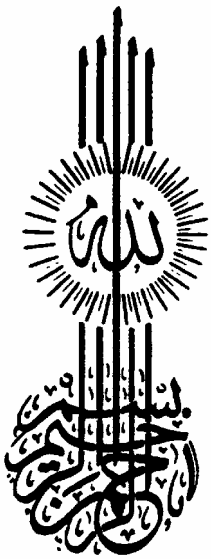
بسم الله الرحمن الرحيم

# المرجع في التجهيزات الطبية الحيوية

## Handbook of Biomedical Instrumentation

# (الجزء الأول)


تأليف

**ر. س. كاندبور**

**R. S. Khandpur**

ترجمة

| الدكتور | الدكتور | الدكتور |
|---|---|---|
| أمير سعيد التيناوي | محمد سمير طليمات | ممدوح منيف منيف |

قسم العلوم الطبية التطبيقية بكلية المجتمع بالرياض



النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٣١هـ (٢٠١٠م).

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Handbook of Biomedical Instrumentation
By: R.S. Khandpur
© TATA McGraw-Hill, 2008

**فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر**

كاندبور، ر. س.

المرجع في التجهيزات الطبية الحيوية/ ر. س. كاندبور؛ أمير التيناوي؛ محمد سمير طليمات؛ ممدوح منيف. - الرياض، ١٤٣١هـ، ٢مج.

٥٩٨ص، ٢١×٢٨سم

ردمك: ٠ - ٠٦٤١ - ٥٥ - ٦٠٣ - ٩٧٨ (مجموعة)

٧- ٠٦٤٢ - ٥٥ - ٦٠٣ - ٩٧٨ (ج١)

١- الأجهزة الطبية أ. التيناوي، أمير (مترجم) ب. طليمات، محمد سمير (مترجم) ج. منيف، ممدوح (مترجم) د. العنوان

ديوي ٦١٠,٢٨ ١٤٣١/٤٥٠٤

رقم الإيداع: ١٤٣١/٤٥٠٤

ردمك: ٠ - ٠٦٤١ - ٥٥ - ٦٠٣ - ٩٧٨ (مجموع)

٧- ٠٦٤٢ - ٥٥ - ٦٠٣ - ٩٧٨ (ج١)

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره - بعد اطلاعه على تقارير المحكمين - في اجتماعه الثامن عشر للعام الدراسي ١٤٢٩/١٤٣٠هـ المعقود بتاريخ ١٤٣٠/٦/٧هـ الموافق ٢٠٠٩/٥/٣١م.

**النشر العلمي والمطابع ١٤٣١هـ**

## الإهداء

إلى
من كانوا لنا في هذه الحياة سبباً
وكانت حياتهم في سبيلنا كلها تعباً
وكان خفض جناح الذل لهم من ربنا طلباً
وذكر من لا ننسى منهم أحياء وأمواتاً أماً أو أباً
فعجباً إن لم يكن أول الإهداء لهم عجباً

إلى من يقاسموننا الحياة بحلوها ومرها
أزواجاً وأولاداً

إلى من سينهلون من نتاجنا هذا
أساتذة ومهندسين وطلاباً ورواداً
نهدي هذا العمل

المترجمون

# مقدمة المترجمين

لقد كانت هناك زيادة هائلة خلال العقود الماضية في أعداد وأنواع وتعقيدات الأجهزة الطبية المُستخدمة في المنشآت الصحية. ويعتمد الطب الحديث اعتماداً شبه كامل على هذه الأجهزة ورغم ذلك فإنه من الصعب إيجاد كتاب باللغة العربية يصف الأسس الفيزيولوجية والمبادئ الهندسية التي يستند إليها عمل تشكيلة عريضة من التجهيزات الطبية، حيث تفتقر المكتبة العربية إلى مراجع من هذا النوع بشكل خاص وإلى مراجع في الهندسة الطبية والإكلينيكية عموماً. ومساهَمةً منا في ملء هذه الفجوة وإغناءً للمكتبة العربية بهذا النوع من الكتب قمنا بعون الله وتوفيقه بترجمة هذا الكتاب "المرجع في التجهيزات الطبية الحيوية" الذي يسعدنا أن نقدمه بين أيديكم، والذي نرجو أن يستفيد منه الطلاب في دراستهم والأساتذة في تدريسهم، والمهندسون الطبيون والإكلينيكيون في عملهم.

إن ترجمة الكتب العلمية إلى اللغة العربية مغامرة مليئة بالمصاعب. فمن ناحية ينبغي الالتزام بالنص الأصلي ومن ناحية أخرى يجب أن تكون الترجمة بلغة عربية سلسة وسليمة وتعكس المفهوم العلمي والمعنى الصحيح بصورة دقيقة ومفهومة. إن تحقيق هذه العناصر كلها مجتمعة أمر صعب جداً لا يقدِّر صعوبته إلاّ من خاض غمار هذه التجربة. لقد بذلنا كل جهد ممكن لنحقق جميع العناصر المذكورة أعلاه ونرجو من الله أن نكون قد وفّقنا في ذلك لخير وفائدة القراء والمهتمين بمواضيع هذا الكتاب، وأن نكون ساهمنا بجزء ولو يسير في إغناء المكتبة العربية بمثل هذا النوع من المراجع.

وأخيراً وعرفاناً منا بالجميل نشكر جامعة الملك سعود ومركز الترجمة فيها وكلية المجتمع بالرياض على تشجيع وحث منسوبي الجامعة على التميز والريادة. ولا ننسى في هذا المجال أن نشكر المحكمين والمراجعين وكل من ساهم بشكل أو بآخر في إنجاز هذا العمل.

# مقدمة الطبعة الثانية
# PREFACE TO THE SECOND EDITION

يسعدني جداً أن أقدم بين أيديكم الطبعة الثانية المُعدلة والموسعة لكتابي *"المرجع في التجهيزات الطبية الحيوية"*. إن تعديل وتحديث الكتاب أصبح ضرورياً، ليس فقط بسبب التغيرات التكنولوجية التي حدثت في العقد الأخير، وإنما أيضاً بسبب الشعبية الكبيرة للكتاب بين المحترفين في مجال التجهيزات الطبية الحيوية، بالإضافة إلى الطلاب والمدرسين أيضاً في المعاهد الأكاديمية. إنني أشعر بالفخر بأنني ساعدت مجتمع التدريس بالبدء بمقررات كثيرة في التجهيزات الطبية الحيوية في كليات الهندسة والكليات متعددة التقنيات (البولي تكنيك) عبر البلاد، والتي أصبحت أسهل، في معظم الحالات؛ وذلك نتيجة الطبعة الأولى من الكتاب.

لقد تم في الطبعة الثانية مُراجعة المادة الموجودة بشكل شامل مع الأخذ بعين الاعتبار التطورات في التكنولوجيا وإدخال طرق حديثة ومُحَسَّنة للتشخيص والمعالجة الطبيان. لقد تم إضافة سبعة فصول جديدة تشمل مواضيعاً مثل أنظمة التصوير الطبي النووي مُغطيةً الكاميرا غاما، وكاميرا الـ PET، وكاميرا الـ SPECT. لقد نضجت تقنية تفتيت الحصى ولم تعد مُستخدمة فقط من أجل تفتيت حصى الكلية والحصى الصفراوية وإنما أيضاً من أجل أغراض علاجية. لقد تم تضمين آلة التخدير، وأجهزة التنفس الاصطناعية لإكمال تغطية التجهيزات لغرفة العمليات. إن فصول التجهيزات المخبرية الإكلينيكية وأنظمة التزويد بالدواء المُؤتمتة هي فصول جديدة هامة أخرى. يغطي فصل التصوير بالأشعة السينية والتصوير الشعاعي الرقمي المعلومات التي يُحتاج إليها كثيراً في هذا الجهاز الحيوي المُستخدم عالمياً في المرافق الطبية.

إن دخول المتحكمات الصغرية والكمبيوترات الشخصية إلى التجهيزات الطبية أدى إلى تكامل الأتمتة والذكاء المُدمج داخل التجهيزات الطبية على نطاق واسع. لقد أدى هذا إلى استبدال تقنيات تسجيل وأنظمة إظهار كانت وطيدة لوقت طويل. لقد تم استغلال ميزات هيكلية الكمبيوتر الشخصي بالكامل فيما يخص سعة تخزينه العالية للبيانات والإظهارات ذات الشاشات الكبيرة في التطبيقات البحثية والإكلينيكية للتجهيزات الطبية. بناءً عليه،

وحيثما كان ذلك ضرورياً، تم القيام بالإشارة في هذه الطبعة إلى الكمبيوترات الشخصية كجزء متمم للتجهيزات الطبية.

بهدف فهم الروابط بين علوم الحياة و التقنيات الهندسية فإنه من الضروري للمهندسين أن يكون لديهم فهمٌ كافٍ حول تشريح وفيزيولوجيا الجسم البشري. تم في الفصل الأول إعطاء وصف موجز للأنظمة الفيزيولوجية الهامة، وبالتحديد الجهاز القلبي الوعائي، والجهاز التنفسي، والجهاز العصبي. وقد تم أيضاً وصف أنظمة فيزيولوجية خاصة في فصول أخرى حيثما كان ذلك ضرورياً.

تم تقسيم الطبعة الجديدة إلى ثلاثة أبواب. يعالج الباب الأول أنظمة القياس، والتسجيل والمراقبة. يغطي الباب الثاني أنظمة التصوير الحديثة بينما تم تكريس الباب الثالث للتجهيزات العلاجية.

تمت مُراجعة المراجع بشكل واسع لتشمل مادة البحث الحديثة من المجلات البحثية من جميع أنحاء العالم. إن تضمينها في الأماكن المناسبة في النص يشكل الرابط الضروري بين الحالة الراهنة للتكنولوجيا وجهاً لوجه مع مجال الأبحاث التي هي قيد الإنجاز.

عندما كتبت طبعتي الأولى كان أولادي فتياناً. لقد كبروا الآن وهم متزوجون ولديهم أطفالهم، وهم من دفعني لتحديث هذا الكتاب. وفيما أنا أعبر عن شكري لهم لإقناعهم لي بهذه المبادرة فإن عرفانيَ بالجميل والنابع من القلب يذهب إلى زوجتي السيدة Ramesh Khandpur التي أمضت وقتاً طويلاً تشاهد التلفاز وحيدةً بينما كنت أعمل في غرفة عملي. غالباً ما دخل أحفادي الصغار Harsheen and Aashna، إلى غرفة عملي لكي يبهجوني بمزاحهم الذي جعل مهمتي جميلة وممتعة في آن. شكري إلى جميع قرائي الذين أرسلوا اقتراحاتهم التي تم تضمين معظمها في هذه الطبعة.

آمل أن ينال هذا الكتاب نفس القبول بين قُرَّائِه وأن يثبت أنه مفيد للمحترفين والطلاب العاملين في مجال التجهيزات الطبية الحيوية.

**شاندي غراف**
**٣١ كانون الأول ٢٠٠٣**
**أر أس كاندبور**

# مقدمة الطبعة الأولى
# PREFACE TO THE FIRST EDITION

لقد كانت هناك زيادة هائلة خلال العقدين الماضيين في استخدام التجهيزات الإلكترونية في المجال الطبي من أجل الأغراض البحثية والإكلينيكية. إلاّ أنه من الصعب إيجاد كتاب يصف الأساس الفيزيولوجي كما يصف المبادئ الهندسية التي يستند إليها عمل تشكيلة عريضة من التجهيزات الطبية. لقد تمت كتابة هذا الكتاب لملء هذه الفجوة.

تم تصميم الكتاب ليغطي تشكيلة واسعة من القُراء. سيجد مستخدمي التجهيزات الطبية أن الكتاب مفيد لهم حيث أنهم سيكونون قادرين على تقدير مبدأ التشغيل، والكتل المكونة الرئيسية للتجهيزات التي يعملون عليها كل يوم. لقد تم القيام بمحاولة تقديم التفاصيل الفنية المعقدة للتجهيزات مع شرح تصويري وواضح للمعلومات الضرورية. وهكذا يؤمن الكتاب مرجعاً مفيداً للكادر الطبي أو شبه الطبي الذي تكون معرفتهم بالتجهيزات الطبية محدودة.

يتطور مجال الهندسة الطبية الحيوية بسرعة ويتم تأسيس أقسام جديدة في الجامعات والكليات التقنية والمعاهد الطبية والمستشفيات في جميع أنحاء العالم. إضافة إلى المهندسين المتخرجين ذوي العلاقة بتطوير تقنيات التجهيزات الطبية سوف يجد الكتاب قراءً في العدد المتزايد للطلاب الذين يأخذون دورات في القياسات الفيزيولوجية في الكليات التقنية.

يقتضي الاستخدام الواسع الانتشار ومتطلبات التجهيزات الإلكترونية الطبية أن يكون هناك مهندسي خدمة وصيانة أذكياء. بالإضافة إلى امتلاك المعرفة بمبادئ التشغيل، فإنه من المهم لهم أن يعرفوا التفاصيل لتجهيزات تجارية من مُصَنِّعين مختلفين. لقد تم إعطاء وصف مختصر لتجهيزات نموذجية من مُصَنِّعين طليعيين حيثما بدا ذلك ضرورياً لتوضيح مادة الموضوع.

تم تقسيم الكتاب إلى أربعة أجزاء. يتعامل الجزء الأول مع تجهيزات التسجيل والمراقبة. ويحتوي هذا الجزء على أحد عشر فصلاً.

يبدأ الفصل الأول بالشرح بأن الجسم البشري هو منبع لعدد هائل من الإشارات الهامة جداً من أجل التشخيص والمعالجة. يتم التقاط هذه الإشارات من سطح الجسم أو من داخله. يتطلب هذا إلكترودات بأحجام وأشكال وأنواع مختلفة. توجد أيضاً بعض البارامترات التي يجب مراقبتها بشكل روتيني مثل الحرارة وتدفق الدم وضغط الدم والوظائف التنفسية. يتم تحويل هذه البارامترات، التي هي بشكل أساسي غير كهربائية بطبيعتها، إلى إشارات كهربائية مقابلة بواسطة مبدلات متنوعة. تشكل الإلكترودات والمبدلات مجموعات البناء الأولى لمعظم التجهيزات الطبية التشخيصية ولذلك يتم وصفها في الجزء الأول من هذا الكتاب.

بعد التقاط الإشارات ذات الاهتمام من الجسم يتم معالجتها وتقديمها بشكل مناسب أكثر من أجل التفسير. يكون الإظهار عموماً على أنبوب صورة من أجل مراقبة سريعة وبصرية أو تسجيلاً على ورق رسم بياني. تسهل مثل هذه التسجيلات الدراسة المُفصلة من قبل الأخصائيين في وقت لاحق مناسب. يتم تغطية أنظمة الإظهار والتسجيل والمسجلات الطبية الحيوية الأكثر استخداماً على وجه العموم في الفصول الثلاثة المتتالية.

يتلو ذلك تقديم لأنواع متعددة من أجهزة مراقبة (مونيتورات) المريض. تساعد الأنظمة الممرضين والكادر الطبي بجمع المعلومات عن البارامترات الفيزيولوجية الحيوية من المريض بسرعة قبل وأثناء وبعد العملية وفي جناح العناية المشددة حيث يتم إبقاء حالة المريض تحت مراقبة دائمة.

بعيداً عن الوصف لتجهيزات تقليدية من أجل مراقبة معدل ضربات القلب وضغط الدم ومعدل التنفس والحرارة فقد تم تضمين فصل مستقل عن تجهيزات مراقبة اضطراب النظم. يمسح هذا الصنف من التجهيزات بشكل متواصل أشكال نظم الـ ECG ويصدر إنذارات وفقاً لأحداث يمكن أن تكون مُنْذِرة أو مهدِّدة للحياة. يتضمن الفصل وصفاً لتجهيزات المراقبة الإسعافية المتنقلة أيضاً.

إن تجهيزات المراقبة الخاصة بالجنين هي مجال آخر حيث تم الإفادة فيها عن تقدم كبير في السنوات القليلة الأخيرة. أصبحت التجهيزات من أجل مراقبة معدل ضربات قلب الجنين المبنية على أساس إزاحة دوبلر موثوقة أكثر بسبب دارات معالجة إشارة أفضل واستخدام معالجات صغرية. إن الذكاء الآن مدموج في أجهزة مراقبة قلب الجنين لتأمين معالجة البيانات من أجل إجراء دراسات الترابط لمعدل ضربات قلب الجنين والنشاط المخاضي.

يسمح القياس اللاسلكي عن بُعد بفحص البيانات الفيزيولوجية للأشخاص في الشروط الطبيعية وفي الأجواء المحيطة الطبيعية بدون إزعاج أو إعاقة للشخص أو الحيوان تحت الاختبار. إن المراقبة عن بعد هي أكثر الطرق راحةً لتقييم حالة المريض أثناء النقل ضمن المستشفى من أجل إجراء دراسات الإجهاد قبل تسريحه من الأجنحة القلبية. يشرح فصل القياس الطبي الحيوي عن بعد التقنيات والتجهيزات من أجل مراقبة البيانات

الفيزيولوجية من خلال القياس عن بعد في مواقف متنوعة. ويتضمن أيضاً إرسال الإشارات الطبية الحيوية عبر خطوط التلفون من أجل دراستها وتحليلها في مكان بعيد.

تُستخدم الكمبيوترات والمعالجات الصغرية بشكل واسع في التجهيزات الطبية المُصمَّمة لأداء قياسات إكلينيكية روتينية وخصوصاً في تلك الحالات التي يمكن أن يعتبر فيها اعتبار حساب ومعالجة البيانات كجزء من القياس وعملية التشخيص. لم يتم شرح استخدام المعالجات الصغرية في تجهيزات وأنظمة متنوعة في مواقع متعددة في الكتاب فقط وإنما يعطي فصل كامل رؤية شاملة عن تطبيقات الكمبيوتر والمعالج الصغري في المجال الطبي.

مع الاستخدام المتزايد لتجهيزات العلاج والمراقبة فقد تم تضمين المريض كجزء من دارة كهربائية وبذلك عُرِّضَ لإمكانية تأمين ممر لتيارات تسريب مميتة بشكل كامن. تنشأ مثل هذه الحالة بشكل خاص عندما يحمل المريض قثاطر موجودة في جوفه. يصف فصل كامل عن سلامة المريض حالات متنوعة تتطلب انتباهاً لتجنب وقوع حوادث يمكن تفاديها. كما تم أيضاً مناقشة تدابير وقائية يجب اتخاذها أثناء تصميم التجهيزات الطبية الكهربائية من وجهة نظر سلامة المريض.

يُفَصِّل الجزء الثاني التقنيات المختلفة للتحليل والقياس في الطب ويتألف من سبعة فصول. يتعلق الفصلان الأولان بقياس تدفق الدم وحجمه.

إن تدفق الدم هو أحد أهم البارامترات الفيزيولوجية وهو أيضاً أحد أصعب البارامترات للقياس. لقد أعطى هذا دفعاً لمجموعة متنوعة من التقنيات في مسعى لتحقيق المتطلبات لنظام قياس تدفق مثالي. لقد تم تطوير التقنيتين الباضعة وغير الباضعة معاً. لقد أثبتت تقنية دوبلر فوق الصوتية أنها مفيدة بشكل خاص في قياس تدفق الدم. لقد تم إعطاء شرح مُفصَّل في الفصل الثاني عشر عن الطرق الحديثة لقياس تدفق الدم متضمناً تلك التي تستخدم تقنية دوبلر الليزرية. يُفَصِّل فصل مستقل عن قياس النتاج القلبي بإسهاب أحدث ما تم التوصل إليه في هذا المجال المهم.

تعمل تجهيزات فحص الوظائف الرئوية كوسائل إضافية في الإجراءات الإكلينيكية المُؤتمتة وتقنيات التحليل من أجل تنفيذ دراسة كاملة لوظائف الرئة من العملية التنفسية. بالإضافة إلى تخطيط سرعة التنفس التقليدي هناك عدة تقنيات جديدة مثل مقياس التنفس فوق الصوتي وأجهزة التحليل المبنية على أساس المعالج الصغري تكون قيد التطوير. إن قياس الغازات هو أيضاً مهم من أجل الدراسات التنفسية. يقدم الفصل الرابع عشر وصفاً مُفصلاً لتجهيزات وأنظمة متنوعة من أجل تقييم الوظيفة الرئوية.

يشكل قياس الغازات مثل الأوكسجين و ثاني أكسيد الكربون في الدم، بالإضافة إلى درجة حموضة (PH) الدم بارامترات اختبار مهمة لدراسة التوازن الحمضي - القلوي في الجسم. لقد تطورت أجهزة تحليل غازات الدم بشكل كبير في السنوات القليلة الماضية. تتضمن التجهيزات الحديثة المُتحكَّم بها بواسطة معالج صغري تخفيفاً للعينة ومعالجة للبيانات آليين. يقدم فصل مستقل عن أجهزة تحليل غازات الدم تفاصيل عن التجهيزات الحديثة

واستخدامها في الممارسة الإكلينيكية. يغطي الفصل السادس عشر مقاييس التأكسج ويصف تقنيات متعددة لتقييم مستوى تشبع الأوكسجين في الدم من خلال تقنيات باضعة وغير باضعة معاً. يعالج فصل عن عدادات خلايا الدم الطرق الإلكترونية لعد خلايا الدم ونظاماً مبنياً على أساس معالج صغري من أجل إجراء حسابات مهمة في الدمويات.

يحتوي الجزء الثالث على أربعة فصول عن أنظمة التصوير الطبية. لقد شهد العقد الأخير عملية لم يسبق لها مثيل في هذا المجال ونتج عنها تقييم وتطوير لفوق الصوت والتصوير المقطعي المُحوسب والمرنان (NMR). لقد أثبت فوق الصوت أنه وسيلة تصوير مفيدة بسبب خاصيته غير الباضعة ومقدرته على تمييز سطوح التماس بين الأنسجة الطرية. يتم الآن تطبيق أنظمة التصوير فوق الصوتية للحصول على صور لكامل مجال الأعضاء الداخلية تقريباً في البطن. يغطي الفصل عن فوق الصوت معلومات شاملة عن هذه التقنية ويتضمن فيزياء فوق الصوت وأنظمة صدى النبضة التي تتضمن تخطيط صدى القلب بالنمط-M وتشكيلة متنوعة من أنظمة المسح والتقنيات. تُعتبر ماسحات الـ CT كأعظم تطور مهم منذ اكتشاف الأشعة السينية. وعلى الرغم من كلفتها العالية أصلاً فإن عدة آلاف منها مُركَّبة في المستشفيات في العالم. مع الأخذ بعين الاعتبار تأثير التشخيص الطبي فقد تم تقديم وصف مفصل لتقنيات المسح المتعددة في أنظمة الـ CT في الفصل التاسع عشر. يتضمن الفصل أيضاً معلومات عن آلة الأشعة السينية الأساسية ومكثفات الصورة. إن التخطيط الحراري - علم إظهار وتفسير شكل درجة حرارة الجلد - هي تقنية أخرى تقف جنباً إلى جنب مع الأشعة السينية وفوق الصوت والفحص الإكلينيكي كمساعد للتشخيصات الطبية. ومع أخذ فائدتها بعين الاعتبار ومعرفة عدم توافر المعلومات عن هذا الموضوع في معظم كتب التجهيزات الإلكترونية الطبية، فقد تم تضمين فصل مستقل لها في هذا الكتاب.

الجزء الأخير مُكرَّس للتجهيزات العلاجية وذلك في ستة فصول.

يُستخدم عموماً نوعان من التجهيزات لتلبية حاجات الطوارئ القلبية، وهما نواظم الخطى ومزيلات الرجفان. تم تطوير تقنية نواظم الخطى القابلة للزرع بشكل كبير في السنوات القليلة الماضية، مما أدى إلى توافر نواظم خطى بضمان فعاليتها مدى الحياة. وهذا أصبح ممكناً بسبب التحسينات في مصادر الطاقة والدارات ذات تيار التصريف المنخفض وتقنيات تغليف أفضل. لقد ساعد توافر نواظم الخطى القابلة للبرمجة في تخصيص المعالجة بناظم الخطى إلى حد بعيد. بشكل مشابه فقد ظهرت مزيلات الرجفان المبنية على أساس المعالج الصغري في السوق لتعطي الإمكانية لتأمين تفريغ شحنة إزالة الرجفان بشكل أكثر فعّالية من خلال ضبط الخرج بشكل مناسب على أساس ممانعة الإلكترود - المريض. وقد تم تغطية هذين الموضوعين في فصلين مستقلين.

إن استخدم التردد العالي في عمليات الجراحة الكهربائية مُتوطد بشكل جيد. ولا توجد تغيرات كثيرة جداً في التصميم الأساسي ما عدا التوافر للنماذج ذات الحالة الصلبة مع تدابير احتياطية للسلامة أفضل من أجل المريض

والمُشَغِّل. إن تطبيق الليزرات من أجل جراحة لا دموية ومن أجل التخثير للبنيات الدقيقة في الأعضاء الحساسة والصغيرة للجسم يتم الآن ممارسته بشكل روتيني في عدة مراكز في العالم. تغطي فصول خاصة آلات الجراحة الكهربائية بالتردد العالي وتطبيقات الليزر في الطب على التوالي.

إن المحافظة على الوظيفة الكلوية في القصور الحاد و المُزْمِن من خلال الديلزة هو تقنية يتم ممارستها بشكل روتيني. تحتوي آلات ديلزة الدم من أجل الاستخدام في المستشفيات على تشكيلة متنوعة من خصائص التحكم والمراقبة وبعض هذه الوظائف تم حوسبتها أيضاً. لقد كانت هناك محاولات أيضاً لإنتاج كلية اصطناعية قابلة للارتداء بحيث يستطيع المرضى الذي يعانون من هذا المرض أن يتمتعوا بحياة قريبة من العادية أثناء إقامتهم بعيداً عن مركز الديلزة. يتضمن الفصل عن ديلزة الدم وصفاً للآلات المتوطدة بشكل جيد مع الإشارة إلى الجهود في تطوير أنظمة محمولة.

لقد اكتسبت تجهيزات المعالجة الفيزيائية مثل آلة العلاج بالإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة وآلة العلاج بالإنفاذ الحراري بالأمواج الميكروية ووحدات المعالجة بالأمواج فوق الصوتية دوراً وطيداً في المستشفيات. بشكل مشابه يتم الآن بشكل روتيني استخدام تقنية التشخيص الكهربائي والمعالجة الكهربائية في أقسام المعالجة الفيزيائية. إن توسعاً لهذه التقنية كان التطور لمنبه صغير من أجل تشكيلة متنوعة من التطبيقات مثل إزالة الألم والتحكم بالتَبَوُّل والصَرْع ... الخ. إن المعلومات عن هذه التقنيات غير متوفرة عادة في الكتب عن هذا الموضوع. إن التضمين لفصل كامل عن هذه التقنيات يملأ هذه الفجوة.

تم تضمين عدد كبير من المراجع في النهاية، لمساعدة القُرّاء الأكثر اهتماماً في البحث بشكل مريح عن مادة إضافية عن الموضوع الذي يهتمون له.

أعبر عن شكري لمدير المنظمة المركزية للتجهيزات العلمية في تشانديغار لموافقته الكريمة على نشر هذا الكتاب. وأنا مقر بالجميل لمُصَنِّعين متعددين للتجهيزات الإلكترونية الطبية الذين قدَّموا معلومات قَيِّمة عن المنتجات بالإضافة إلى بعض الصور الفوتوغرافية المهمة.

أخيراً أنا ممتن لزوجتي Ramesh Khandpur التي ساعدتني في تصحيح ومقارنة النص المطبوع. وأعبر عن شكري أيضاً للمساعدة التي توفرت لي في هذا العمل من قبل أطفالي Vimal, Gurdial and Popila. لقد ضجروا جميعاً من شدة عدم الاهتمام ومن تجاهلي لهم لمدة طويلة أثناء التحضير للمخطوطة.

**أر أس كاندبور**

# المحتويات

**الإهداء** ..... هـ
**مقدمة المترجمين** ..... ز
**مقدمة الطبعة الثانية** ..... ط
**مقدمة الطبعة الأولى** ..... ك

**الباب الأول: تجهيزات المراقبة والتسجيل والقياس**

**الفصل الأول: أسس التجهيزات الطبية** ..... ٣
(١,١) التشريح والفيزيولوجيا ..... ٣
(١,٢) أنظمة الجسم الفيزيولوجية ..... ٤
(١,٣) مصادر الإشارات الحيوية الطبية ..... ١٣
(١,٤) النظام الأساسي للتجهيزات الطبية ..... ١٥
(١,٥) متطلبات الأداء لأنظمة التجهيزات الطبية ..... ١٧
(١,٦) الأنظمة الذكية للتجهيزات الطبية ..... ١٩
(١,٧) الضوابط العامة في تصميم أنظمة التجهيزات الطبية ..... ٢٨
(١,٨) تنظيم الأجهزة الطبية ..... ٣١

**الفصل الثاني: الإشارات الكهروحيوية والإلكترودات** ..... ٣٥
(٢,١) منشأ الإشارات الكهروحيوية ..... ٣٥
(٢,٢) إلكترودات التسجيل ..... ٤٣
(٢,٣) إلكترودات الفضة-كلور الفضة ..... ٥٤

(٢,٤) إلكترودات الـ ECG ..... ٥٦
(٢,٥) إلكترودات الـ EEG ..... ٦٦
(٢,٦) إلكترودات الـ EMG ..... ٦٧
(٢,٧) الناقلية الكهربائية لهلام (جل) وكريمات الإلكترودات ..... ٧٠
(٢,٨) الإلكترودات الميكروية ..... ٧١

**الفصل الثالث: المبدلات (المجسات) الفيزيولوجية ..... ٧٥**
(٣,١) مقدمة ..... ٧٥
(٣,٢) تصنيف المبدلات..... ٧٥
(٣,٣) خصائص أداء المبدلات..... ٧٩
(٣,٤) مبدلات الحركة والوضعية والإزاحة ..... ٨١
(٣,٥) مبدلات الضغط ..... ٨٩
(٣,٦) مبدلات قياس درجة حرارة الجسم ..... ٩٥
(٣,٧) المبدلات الكهروضوئية ..... ١٠٩
(٣,٨) الحساسات الليفية البصرية ..... ١١٦
(٣,٩) الحساسات الحيوية ..... ١٢٢
(٣,١٠) الحساسات الذكية..... ١٢٦

**الفصل الرابع: أنظمة التسجيل.....١٢٧**
(٤,١) نظام التسجيل الأساسي ..... ١٢٧
(٤,٢) اعتبارات عامة لمكيفات الإشارة..... ١٢٨
(٤,٣) المضخمات الأولية ..... ١٣١
(٤,٤) مصادر الضجيج في القياسات ذات المستوى المنخفض..... ١٤٤
(٤,٥) تقنيات تحليل الإشارة الطبية الحيوية..... ١٤٧
(٤,٦) تقنيات معالجة الإشارة ..... ١٥١
(٤,٧) المضخم الرئيسي ومرحلة القيادة ..... ١٥٢
(٤,٨) أنظمة الكتابة..... ١٥٤
(٤,٩) مسجلات الكتابة المباشرة ..... ١٥٥
(٤,١٠) مسجل النفاث الحبري..... ١٦٥

(٤,١١) المسجل بمقياس الجهد ..... ١٦٧
(٤,١٢) المسجلات الرقمية ..... ١٧١
(٤,١٣) مسجلات الشريط التجهيزاتية ..... ١٧٧

**الفصل الخامس: المسجلات الطبية الحيوية ..... ١٨١**
(٥,١) جهاز تخطيط كهربية القلب ..... ١٨١
(٥,٢) جهاز تخطيط القلب الشعاعي ..... ١٩٥
(٥,٣) جهاز تخطيط أصوات القلب ..... ١٩٦
(٥,٤) جهاز تخطيط كهربية الدماغ ..... ٢٠١
(٥,٥) جهاز تخطيط كهربية العضلات ..... ٢٠٩
(٥,٦) المسجلات الطبية الحيوية الأخرى ..... ٢١٥
(٥,٧) تجهيزات التغذية الحيوية الراجعة ..... ٢١٦

**الفصل السادس: أنظمة مراقبة المريض ..... ٢١٩**
(٦,١) مفاهيم النظام ..... ٢١٩
(٦,٢) المونيتور القلبي ..... ٢٢٠
(٦,٣) أنظمة المراقبة بجانب سرير المريض ..... ٢٣٢
(٦,٤) المونيتورات المركزية ..... ٢٣٦
(٦,٥) قياس معدل ضربات القلب ..... ٢٣٨
(٦,٦) قياس معدل النبض ..... ٢٤١
(٦,٧) قياس ضغط الدم ..... ٢٤٥
(٦,٨) قياس درجة الحرارة ..... ٢٧٢
(٦,٩) قياس معدل التنفس ..... ٢٧٢
(٦,١٠) التجهيزات المخبرية القثطارية ..... ٢٧٩

**الفصل السابع: تجهيزات المراقبة المتنقلة واضطراب النظم ..... ٢٨٥**
(٧,١) اضطرابات النظم القلبية ..... ٢٨٥
(٧,٢) مونيتور اضطراب النظم ..... ٢٨٦
(٧,٣) تقنيات كشف الـ QRS ..... ٢٩٠

(٧,٤) فحص اختبار الجهد ..... ٢٩٨
(٧,٥) تجهيزات المراقبة المتنقلة ..... ٣٠٠

**الفصل الثامن: تجهيزات مراقبة الجنين ..... ٣٠٧**
(٨,١) جهاز مراقبة قلب الجنين (جهاز التخطيط القلبي المخاضي) ..... ٣٠٨
(٨,٢) طرق مراقبة معدل ضربات قلب الجنين ..... ٣٠٩
(٨,٣) مراقبة نشاط المخاض ..... ٣٢٦
(٨,٤) نظام التسجيل ..... ٣٢٨

**الفصل التاسع: التطبيب والقياس الطبي الحيوي عن بعد ..... ٣٣١**
(٩,١) القياس اللاسلكي عن بعد ..... ٣٣١
(٩,٢) أنظمة القياس عن بعد وحيدة القناة ..... ٣٣٧
(٩,٣) أنظمة القياس عن بعد اللاسلكية متعددة القناة ..... ٣٤٢
(٩,٤) القياس عن بعد لعدة مرضى ..... ٣٤٨
(٩,٥) أنظمة القياس عن بعد القابلة للزرع ..... ٣٤٨
(٩,٦) إرسال الإشارات الفيزيولوجية التمثيلية عبر الهاتف ..... ٣٥١
(٩,٧) التطبيب عن بعد ..... ٣٥٥

**الفصل العاشر: مقاييس التأكسج ..... ٣٦٥**
(١٠,١) قياس التأكسج ..... ٣٦٥
(١٠,٢) مقياس التأكسج الأذيني ..... ٣٧٠
(١٠,٣) مقياس التأكسج النبضي ..... ٣٧٣
(١٠,٤) مقاييس التأكسج بالانعكاس الجلدي ..... ٣٧٧
(١٠,٥) مقياس التأكسج الوعائي ..... ٣٧٩

**الفصل الحادي عشر: مقاييس تدفق الدم ..... ٣٨١**
(١١,١) مقاييس تدفق الدم الكهرومغناطيسية ..... ٣٨١
(١١,٢) أنواع مقاييس التدفق الكهرومغناطيسية ..... ٣٨٥
(١١,٣) مقاييس تدفق الدم فوق الصوتية ..... ٣٨٩

(١١,٤) مقياس تدفق الدم بالرنين المغناطيسي النووي ..... ٣٩٨
(١١,٥) مقياس تدفق الدم بالدوبلر الليزري ..... ٤٠١

**الفصل الثاني عشر: قياس النتاج القلبي ..... ٤٠٣**
(١٢,١) طريقة تخفيف المؤشر ..... ٤٠٣
(١٢,٢) طريقة تخفيف الملوّن ..... ٤٠٥
(١٢,٣) تقنيات التخفيف الحراري ..... ٤٠٧
(١٢,٤) قياس النتاج القلبي المستمر مستنتجاً من شكل موجة الضغط الأورطي ..... ٤١٣
(١٢,٥) تقنية الممانعة ..... ٤١٦
(١٢,٦) الطريقة فوق الصوتية ..... ٤١٨

**الفصل الثالث عشر: أجهزة تحليل وظائف الرئة ..... ٤٢١**
(١٣,١) قياس وظائف الرئة ..... ٤٢١
(١٣,٢) قياس التنفس ..... ٤٢٦
(١٣,٣) مقاييس سرعة التنفس ..... ٤٣٣
(١٣,٤) قياس الحجم ..... ٤٣٧
(١٣,٥) أجهزة تحليل وظائف الرئة ..... ٤٤٢
(١٣,٦) أجهزة تحليل غازات التنفس ..... ٤٤٦

**الفصل الرابع عشر: الأجهزة المخبرية الأكلينيكية ..... ٤٥٥**
(١٤,١) التشخيص الطبي بالاختبارات الكيميائية ..... ٤٥٥
(١٤,٢) القياس الطيفي الضوئي ..... ٤٥٦
(١٤,٣) أجهزة من نوع المقياس الطيفي الضوئي ..... ٤٥٨
(١٤,٤) مقاييس الألوان ..... ٤٦٨
(١٤,٥) المقاييس الطيفية الضوئية ..... ٤٧٠
(١٤,٦) أنظمة التحليل الكيميائية الحيوية الآلية ..... ٤٧٥
(١٤,٧) المقاييس الضوئية اللهبية الإكلينيكية ..... ٤٨٥
(١٤,٨) جهاز تحليل الإلكتروليتات المعتمد على إلكترودات الإنتقاء الأيوني ..... ٤٨٩

**الفصل الخامس عشر: أجهزة تحليل غازات الدم ..... ٤٩٥**
(١٥,١) التوازن الحمضي القلوي ..... ٤٩٥
(١٥,٢) قياس درجة حموضة الدم ..... ٤٩٧
(١٥,٣) قياس الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في الدم ..... ٥٠٢
(١٥,٤) قياس الضغط الجزئي للأكسجين في الدم ..... ٥٠٧
(١٥,٥) المراقبة داخل الشريانية لغازات الدم ..... ٥١٠
(١٥,٦) جهاز تحليل غازات دم كامل ..... ٥١٤

**الفصل السادس عشر: عدادات خلايا الدم ..... ٥٢٥**
(١٦,١) أنواع خلايا الدم ..... ٥٢٥
(١٦,٢) طرق عد الخلايا ..... ٥٢٨
(١٦,٣) عدادات كولتر ..... ٥٣٢
(١٦,٤) التمييز الآلي والعد التفاضلي للخلايا ..... ٥٤٠

**الفصل السابع عشر: مساعدات ومقاييس السمع ..... ٥٤٩**
(١٧,١) آلية السمع ..... ٥٤٩
(١٧,٢) قياس الصوت ..... ٥٥٣
(١٧,٣) مقياس السمع الأساسي ..... ٥٥٥
(١٧,٤) مقياس السمع بالنغمة الصافية ..... ٥٥٩
(١٧,٥) مقياس السمع الكلامي ..... ٥٥٩
(١٧,٦) نظام مقياس السمع بيكسي ..... ٥٦١
(١٧,٧) نظام قياس السمع بالاستجابة المستثارة ..... ٥٦٤
(١٧,٨) معايرة مقاييس السمع ..... ٥٦٧
(١٧,٩) مساعدات السمع ..... ٥٦٩

**الفصل الثامن عشر: سلامة المريض ..... ٥٧٧**
(١٨,١) أخطار الصدمة الكهربائية ..... ٥٧٨
(١٨,٢) تيارات التسريب ..... ٥٨٨
(١٨,٣) القواعد الناظمة لسلامة الأجهزة الكهروطبية ..... ٥٩٢

(١٨,٤) جهاز تحليل السلامة الكهربائية ..... ٥٩٣
(١٨,٥) اختبارات الأجهزة الطبية الحيوية..... ٥٩٤

**الباب الثاني: أنظمة التصوير الحديثة**

**الفصل التاسع عشر: آلات الأشعة السينية والتصوير الشعاعي الرقمي..... ٦٠١**
(١٩,١) أساس علم الأشعة التشخيصي..... ٦٠١
(١٩,٢) طبيعة الأشعة السينية..... ٦٠٣
(١٩,٣) إنتاج الأشعة السينية ..... ٦٠٥
(١٩,٤) آلة الأشعة السينية ..... ٦١٠
(١٩,٥) إظهار الأشعة السينية ..... ٦٢٤
(١٩,٦) آلات الأشعة السينية السنية ..... ٦٢٩
(١٩,٧) وحدات الأشعة السينية النقّالة والمحمولة ..... ٦٣٠
(١٩,٨) البارامترات الفيزيائية لكواشف الأشعة السينية ..... ٦٣٢
(١٩,٩) التصوير الشعاعي الرقمي ..... ٦٣٢

**الفصل العشرون: التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة السينية ..... ٦٣٩**
(٢٠,١) التصوير المقطعي المحوسب..... ٦٣٩
(٢٠,٢) مكونات النظام ..... ٦٤٦
(٢٠,٣) هندسة القنطرة..... ٦٦٦
(٢٠,٤) جرعة المريض في ماسحات التصوير المقطعي المحوسب ..... ٦٦٦

**الفصل الحادي والعشرون: أنظمة التصوير الطبية النووية..... ٦٦٩**
(٢١,١) النظائر المشعة في التشخيص الطبي..... ٦٦٩
(٢١,٢) فيزياء النشاط الإشعاعي ..... ٦٧٠
(٢١,٣) كواشف الإشعاع ..... ٦٧٤
(٢١,٤) جهاز تحليل ارتفاع النبضة ..... ٦٧٧
(٢١,٥) تجهيزات مراقبة الامتصاص..... ٦٧٨
(٢١,٦) الماسح مستقيم الخطوط ذو النظير المشع ..... ٦٧٩
(٢١,٧) كاميرا غاما..... ٦٨١

(٢١,٨) كاميرات غاما متعددة البلورات ..... ٦٨٤
(٢١,٩) التصوير المقطعي المحوسب بالإصدار (ECT) ..... ٦٨٩
(٢١,١٠) التصوير المقطعي المحوسب بالإصدار أحادي الفوتون (SPECT) ..... ٦٩٢
(٢١,١١) التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (ماسح PET) ..... ٦٩٧

**الفصل الثاني والعشرون: نظام التصوير بالرنين المغناطيسي..... ٧٠٥**
(٢٢,١) مبادئ أنظمة التصوير بالرنين المغناطيسي النووي..... ٧٠٥
(٢٢,٢) تقنيات إعادة بناء الصورة..... ٧١٦
(٢٢,٣) المكونات الأساسية للرنين المغناطيسي النووي..... ٧٢٨
(٢٢,٤) التأثيرات البيولوجية للتصوير بالرنين المغناطيسي النووي ..... ٧٤١
(٢٢,٥) ميزات نظام التصوير بالرنين المغناطيسي النووي..... ٧٤٢

**الفصل الثالث والعشرون: أنظمة التصوير فوق الصوتية..... ٧٤٣**
(٢٣,١) فوق الصوت التشخيصي ..... ٧٤٣
(٢٣,٢) فيزياء الأمواج فوق الصوتية..... ٧٤٤
(٢٣,٣) فوق الصوت الطبي..... ٧٥٢
(٢٣,٤) جهاز صدى النبضة الأساسي ..... ٧٥٣
(٢٣,٥) المسح-A..... ٧٦١
(٢٣,٦) جهاز تخطيط صدى القلب (النمط-M) ..... ٧٦٤
(٢٣,٧) الماسح-B ..... ٧٦٨
(٢٣,٨) أنظمة التصوير فوق الصوتية بالزمن الحقيقي..... ٧٧٠
(٢٣,٩) الماسحات بالمصفوفة الخطية متعددة العناصر ..... ٧٧٤
(٢٣,١٠) محول المسح الرقمي..... ٧٩٤
(٢٣,١١) التأثيرات البيولوجية للأمواج فوق الصوتية..... ٧٩٦

**الفصل الرابع والعشرون: أنظمة التصوير الحرارية ..... ٧٩٩**
(٢٤,١) التخطيط الحرارية الطبي..... ٧٩٩
(٢٤,٢) فيزياء التخطيط الحراري ..... ٨٠١
(٢٤,٣) كواشف تحت الحمراء..... ٨٠٥

(٢٤,٤) تجهيزات التخطيط الحرارية ..... ٨٠٦
(٢٤,٥) التخطيط الحراري الطبي الكمي ..... ٨١٠
(٢٤,٦) كاميرا الفيديكون البيروكهربائية ..... ٨١٣
(٢٤,٧) الكاميرا الحرارية المبنية على أساس حساس تحت الحمراء بمصفوفة ذات مستوي محرقي رقمي... ٨١٦

## الباب الثالث: أجهزة المعالجة

**الفصل الخامس والعشرون: ناظمات الخطى القلبية ..... ٨٢١**
(٢٥,١) الحاجة إلى ناظم الخطى القلبي ..... ٨٢١
(٢٥,٢) ناظمات الخطى الخارجية ..... ٨٢٢
(٢٥,٣) ناظمات الخطى القابلة للزرع ..... ٨٢٦
(٢٥,٤) التطورات الحديثة في ناظمات الخطى القابلة للزرع ..... ٨٤٨
(٢٥,٥) جهاز تحليل نظام نظم الخطى ..... ٨٥١

**الفصل السادس والعشرون: مزيلات الرجفان القلبي ..... ٨٥٣**
(٢٦,١) الحاجة إلى مزيل الرجفان ..... ٨٥٣
(٢٦,٢) مزيل الرجفان بالتيار المستمر ..... ٨٥٤
(٢٦,٣) مزيلات الرجفان القابلة للزرع ..... ٨٦٢
(٢٦,٤) مزيل الرجفان المتزامن الناظم ..... ٨٦٦
(٢٦,٥) أجهز تحليل مزيلات الرجفان ..... ٨٦٨

**الفصل السابع والعشرون: أجهزة الجراحة ..... ٨٧١**
(٢٧,١) مبدأ الجراحة بالإنفاذ الحراري ..... ٨٧١
(٢٧,٢) جهاز الجراحة بالإنفاذ الحراري ..... ٨٧٥
(٢٧,٣) مفاهيم السلامة في وحدات الجراحة الكهربائية ..... ٨٨٤
(٢٧,٤) أجهزة تحليل الجراحة بالإنفاذ الحراري ..... ٨٨٦

**الفصل الثامن والعشرون: تطبيقات الليزر في المجال الطبي الحيوي ..... ٨٨٩**
(٢٨,١) الليزر ..... ٨٨٩
(٢٨,٢) روبي ليزر النبضي ..... ٨٩٥

(٢٨,٣) انديا غ ليزر ..... ٨٩٧
(٢٨,٤) هيليوم نيون ليزر ..... ٨٩٨
(٢٨,٥) آرغون ليزر ..... ٩٠٠
(٢٨,٦) $CO_2$ ليزر ..... ٩٠٤
(٢٨,٧) إكزيمر ليزر ..... ٩٠٨
(٢٨,٨) الليزرات نصف الناقلة ..... ٩٠٩
(٢٨،٩) السلامة في الليزر ..... ٩١٠

**الفصل التاسع والعشرون: تجهيزات المعالجة الفيزيائية والمعالجة الكهربائية ..... ٩١١**
(٢٩,١) المعالجة بالتسخين بالتردد العالي ..... ٩١١
(٢٩,٢) الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة ..... ٩١٢
(٢٩,٣) الإنفاذ الحراري بالأمواج الميكروية ..... ٩١٦
(٢٩,٤) وحدة المعالجة فوق الصوتية ..... ٩١٩
(٢٩,٥) الجهاز العلاجي/التشخيص الكهربائي ..... ٩٢٢
(٢٩,٦) إزالة الألم من خلال التنبيه الكهربائي ..... ٩٣٢
(٢٩,٧) نظم الحجاب الحاجز بواسطة الترددات الراديوية لمعالجة قصور التهوية المزمن ..... ٩٣٦
(٢٩,٨) منبهات المثانة ..... ٩٣٨
(٢٩,٩) المنبهات المخيخية ..... ٩٣٨

**الفصل الثلاثون: أجهزة الديلزة الدموية ..... ٩٣٩**
(٣٠,١) وظائف الكلى ..... ٩٣٩
(٣٠,٢) الكلية الاصطناعية ..... ٩٤٢
(٣٠,٣) المديلزات ..... ٩٤٤
(٣٠,٤) أغشية الديلزة الدموية ..... ٩٥١
(٣٠,٥) آلة الديلزة الدموية ..... ٩٥٣
(٣٠,٦) آلات الكلى المحمولة ..... ٩٦٥
**الفصل الحادي والثلاثون: أجهزة تفتيت الحصى ..... ٩٦٩**
(٣١,١) مشكلة مرض الحصاة ..... ٩٦٩
(٣١,٢) أول آلة تفتيت حصى ..... ٩٧٠

(٣١,٣) أنظمة تفتيت الحصى الحديثة ..... ٩٧٢
(٣١,٤) المعالجة بموجة الصدم من خارج الجسم..... ٩٨٤

**الفصل الثاني والثلاثون: آلة التخدير.....٩٨٧**
(٣٢,١) الحاجة إلى التخدير ..... ٩٨٧
(٣٢,٢) آلة التخدير..... ٩٨٨
(٣٢,٣) الكترونيات آلة التخدير..... ٩٩٩

**الفصل الثالث والثلاثون: أجهزة التنفس الاصطناعية..... ١٠٠١**
(٣٣,١) آليات التنفس.....١٠٠١
(٣٣,٢) التنفس الاصطناعي.....١٠٠٣
(٣٣,٣) أجهزة التنفس الاصطناعي .....١٠٠٤
(٣٣,٤) أنواع أجهزة التنفس الاصطناعي .....١٠٠٦
(٣٣,٥) مصطلحات جهاز التنفس الاصطناعي .....١٠٠٦
(٣٣,٦) تصنيف أجهزة التنفس الاصطناعية.....١٠١٠
(٣٣,٧) مخططات الضغط - الحجم - التدفق .....١٠١٣
(٣٣,٨) أجهزة التنفس الاصطناعية الحديثة .....١٠١٤
(٣٣,٩) أجهزة التنفس الاصطناعية عالية التردد.....١٠١٦
(٣٣,١٠) المرطبات والمرذذات وماصات المفرزات.....١٠١٨

**الفصل الرابع والثلاثون: تجهيزات المعالجة الإشعاعية .....١٠١٩**
(٣٤,١) استخدام آلات الأشعة السينية ذات الجهد العالي.....١٠١٩
(٣٤,٢) تطور البيتاترون .....١٠٢٠
(٣٤,٣) آلة الكوبالت -٦٠ .....١٠٢٠
(٣٤,٤) آلة المسرع الخطي الطبي .....١٠٢٧

**الفصل الخامس والثلاثون: أنظمة إعطاء الدواء المؤتمتة .....١٠٣٩**
(٣٥,١) مضخات الحقن.....١٠٣٩
(٣٥,٢) مكونات أنظمة حقن الأدوية.....١٠٤١

(٣٥,٣) أنظمة الحقن القابلة للزرع ..... ١٠٤٤
(٣٥,٤) التحكم مغلقة الحلقة في أنظمة الحقن..... ١٠٤٦
(٣٥,٥) أمثلة على مضخات حقن نموذجية ..... ١٠٤٨
**المراجع..... ١٠٥٧**
**ثبت المصطلحات ..... ١٠٧١**
**أولاً: عربي - إنجليزي..... ١٠٧١**
**ثانياً: إنجليزي - عربي..... ١١٤٤**
**كشاف الموضوعات..... ١٢١٩**