٩٤

التكنولوجيا والتقنيات القلبية الوعائية

Cardiovascular Techniques and Technology

Gerald Goodman
Assistant Professor, Health Care Administration,
Texas Women's University,
Houston, TX

ربما لا يوجد اختصاص في الطب يحاكي الهندسة الكهربائية بقدر ما يحاكيها اختصاص القلبية (cardiology). إن المعادلة الأساسية E=IR صالحة للتطبيق من دراسة التوصيل الكهربي لنشاط القلب إلى الديناميكيات القلبية الوعائية. إذا استبدل المرء تدفق الإلكترون بتدفق الدم، واستبدل المقاومة الكهربائية بمقاومة الأوعية ونظر إلى القلب كمصدر للطاقة، فعندها يكون لدى المرء ما يلي: نتاج القلب = (تدفق الدم) × (مقاومة الأوعية) بالإضافة إلى ذلك، قد يستخدم اختصاص القلبية تكنولوجيات التشخيص الإلكترونية أكثر من أي اختصاص طبي آخر.

يحدد هذا الفصل مجالات التخصص الطبي المُصنَّفة تحت الأمراض القلبية الوعائية، ويناقش تاريخ التكنولوجيا القلبية الوعائية والقلبية كونها قابلة للتطبيق على الهندسة الإكلينيكية، ويحدد الاتجاهات المستقبلية لهذه التكنولوجيا.

تعاريف
Definitions

من أجل تحديد وتوضيح هذا المجال المتنوع، يجب على المرء أولاً تعريف المجال من الناحية التشريحية. ومن ثم يمكن للمرء أن يحدد التخصصات الطبية التي تُمارس عادة على هذه الأعضاء والأنظمة.

التعاريف التشريحية Anatomical Definitions

يشير القفص الصدري عادة إلى الصدر والرئتين. يمكن أن تكون جراحة الصدر أي عملية في تجويف الصدر. ومع ذلك، فإنها مرتبطة عادة بجراحة القلب أو الشرايين والأوردة الرئيسية.

تشير القلبية إلى القلب نفسه. قد تكون إشارة إلى عضلة القلب، وصمامات القلب، أو غيرها من التراكيب القلبية. يرتبط مصطلح "التاجي" بشكل وثيق بأمراض القلب (مرض الشريان التاجي).

يتم تعريف التاجي بأنه "التطويق على شكل تاج". "وينطبق هذا على الأوعية والأعصاب والأربطة، وغيرها من المجالات. ومن أجل مناقشتنا، فإن "التاجي" يشير إلى ذلك الجزء من نظام الأوعية التاجية (الشرايين التاجية) الذي يخدم عضلة القلب.

تشير الوعائية إلى الأوردة أو الشرايين، أو بصورة أعم، إلى أي بنية متخصصة لنقل السوائل. ويوجد ضمن المصطلحات عدة فئات فرعية:

- القلبية الوعائية: متصلة بالقلب والأوعية الدموية (الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية)؛ وجهاز الدوران.
- الدماغية الوعائية: متصلة بالأوعية الدموية في الدماغ أو مشتركة بها.
- الأوعية المحيطية: متصلة بالأوعية الدموية الكبيرة في الذراعين والساقين والقدمين.
- الأوعية الدقيقة: متصلة بالأوعية الدموية الصغيرة التي تؤدي إلى الأعضاء والأعصاب.

عادة ما تُستخدَم الصفة "قلبي وعائي" بشكل شامل لوصف الأمراض والعلاجات المرتبطة بالقلب وجهاز الدوران المرتبط به.

التعاريف الاختصاصية الطبية للأمراض القلبية الوعائية

Cardiovascular Disease Medical Discipline Definitions

يتفرع من التعاريف التشريحية العديد من التخصصات الطبية الدقيقة الرئيسية لعلاج أمراض الجهاز القلبي الوعائي. إن التخصُّصَين الرئيسيين هما اختصاص القلبية والقلبية الوعائية، أو الجراحة القلبية الصدرية. ويكمن الفرق بين الاختصاصين في مصطلح "الجراحة". يقدِّم أطباء القلب عادة التدخلات الطبية، في حين يقدِّم جرّاحي القلب والأوعية التدخلات الجراحية.

لا تتضمن جميع أمراض الأوعية القلب بشكل مباشر. وعلى الرغم من أن طبيب القلب، بحكم التعريف، يعالج أمراض القلب، وجرّاحو القلب والأوعية يجرون الجراحة في القلب، إلاّ أنه يجب على كل تخصص معالجة الأمراض التي يمكن أن تضم أي جزء من جهاز الدوران. قد يُشخِّص طبيب القلب ويعالج أمراض الأوعية وكذلك أمراض القلب. قد يعمل جرّاحو الأوعية على الأوعية فقط، في حين قد يعمل جرّاحو القلب والأوعية على كل من القلب والجهاز الوعائي المرتبط به. يتم عادة استخدام اسميّ التخصُّصَين الجراحيين بشكل متبادل.

لقد تطور اختصاص القلبية إلى ممارسة طبية تشخيصية وتداخلية. إن العمليات التي يمكن إجراؤها عادة في غرفة العمليات من قبل جرّاح القلب والأوعية، مثل إدخال ناظم الخطى القلبي، ربما يمكن إجراؤها الآن من قبل

طبيب القلب في مختبر القثطرة القلبية ("مختبر القثطرة (cath lab)") (Lin, 1988). إن التكنولوجيات المتوفرة لعلاج الانسداد في الشرايين التاجية، مثل ترميم الأوعية (DeSciascio and Cowley, 1988)، يمكن القيام بها أيضاً في مختبر القثطرة. يشار إلى أطباء القلب الذين يمارسون عملهم في هذا المجال على أنهم "أطباء القلب التداخليون".

يضم اختصاص القلبية تخصصات دقيقة في التشخيص والعلاج، التي هي تغيُّرات في النَّظْم الكهربائي للقلب. يتخصَّص أخصائو الفيزيولوجيا الكهربائية في تشخيص وعلاج مشاكل التوصيل الكهربائي التي تسبب اضطرابات النَّظْم.

تقنيات التشخيص للأمراض القلبية الوعائية

Diagnostic Technologies for Cardiovascular Disease

إن التكنولوجيات المُستخدَمة في تشخيص وعلاج الأمراض القلبية الوعائية مختلفة تماماً. وتشمل هذه التكنولوجيات كلاً من التدخلات الجراحية التي تقوم جسدياً بإصلاح مكونات مريضة في القلب (على سبيل المثال، جراحة استبدال صمام القلب)، والتقنيات الجراحية وغير الجراحية المختلفة لإزالة انسداد الشرايين، والمعالجة بالريجيمات الدوائية للتحكم ببارامترات مثل ضغط الدم ومستوى الكوليستيرول.

يتم تنظيم مناقشة التكنولوجيا أولاً وفقاً لنوع التدخل، ومن ثم حسب موقع استخدام التكنولوجيا. إن أنواع التدخلات هي تشخيصية وجراحية غير باضعة (noninvasise) وباضعة (invasive). ومواقع الاستخدام هي تكنولوجيات موجودة في العيادة وفي مختبر القثطرة القلبية وفي غرفة العمليات.

تكنولوجيات التشخيص غير الباضعة الموجودة في العيادة (الاختبارات الساكنة "الستاتيكية")

Diagnostic Office-Based Noninvasive Technologies (Static Tests)

لقد تطورت تكنولوجيات تشخيص الأمراض القلبية الوعائية بسرعة خلال السنوات العشر الماضية. ولقد ركَّزت التكنولوجيا على طرق التشخيص غير الباضعة التي تقلِّل من تكلفة المريض والمخاطر على المريض. إن التصنيفات الأولية لاختبارات التشخيص هي الاختبارات الساكنة واختبارات الإجهاد والاختبارات على أساس الأمواج فوق الصوتية. وتُجرى جميع هذه الاختبارات في العيادة وعادة ما تتم في العيادة الخارجية.

يشير الاختبار الساكن للأمراض القلبية والوعائية إلى تلك التجارب التي لا تتطلب من المريض التمرين أو التغيير بطريقة ما جسدياً من أدائه القلبي إما أثناء أو مباشرة قبل اختبار التشخيص. وتشمل الاختبارات الساكنة تخطيط كهربية القلب والتسمع (auscultation) إلى صوت القلب.

تخطيط كهربية القلب Electrocardiography

إن تخطيط كهربية القلب (EKG) أو(ECG) هو أداة التقييم الأساسية لاختصاص القلبية (Clements and Bruijn, 1990). وتستخدم التكنولوجيا إلكترودات سطحية تُوضع على صدر المريض (Neuman, 1998). يتم بعد ذلك

إعادة إنتاج النشاط الكهربائي للقلب - تخطيط كهربية القلب- على جهاز إظهار من نوع راسم الإشارة، وفي جهاز تسجيل ذي ورق رسم بياني.

في حين أن فيزيولوجيا الـ ECG هي خارج مجال هذا المقال، إلاّ أن الوقائع الأساسية هي أن الـ ECG يمثّل القوة المحركة الكهربائية التي تولدها عضلة القلب (Berbari, 1995). يتم تمثيل هذه القوى على شكل متجهات (vectors) قوة بنفس الطريقة التي يُمثَّل فيها أي متجه قوة في الهندسة. وتستخدم تكنولوجيا الـ ECG المعيارية مساري متعددة لتسجيل المتجهات. يتم عادة إعادة إنتاج مخطط ذي ١٢ مسرى في وقت واحد للنشاط الكهربائي للقلب في اختبار يستمر أقل من دقيقة واحدة. تتضمن المشاكل الفنية الشائعة في الاستخدام وجهاز الـ ECG الالتصاق السيئ للإلكترود، والانقطاع في سلك المسرى، والضجيج الكهربائي في الخلفية (ضجيج كهربائي ذو ٦٠ دورة).

تخطيط أصوات القلب Phonocardiography

إن تخطيط أصوات القلب (PCG) يكتشف ويسجل أصوات القلب والأصوات التي تقوم بها تراكيب القلب المختلفة مما يجعل الدم ينبض ويتحرك. يحدث الصوت نتيجة لتسارع وتباطؤ الدم والاضطراب الناشئ خلال تدفق الدم. لا تزال التكنولوجيا الأساسية للاستماع ("التسمع (auscultation)") إلى أصوات القلب هي سماعه الطبيب الأساسية. إن السماعات الإلكترونية متوفرة، لكنها لم تُحدث أثراً يذكر. إن التسمع لأصوات القلب هو علم وفن معاً. لقد تم تأسيس علم الأصوات التي تتصل بمشكلة معينة في القلب. ربما تكون القدرة على تمييز الأصوات أو التعرف على الأصوات التي يسمعها المرء فن، على الرغم من أن تقنيات التردد الزمني كانت مُستخدَمة لتحليل تخطيط أصوات القلب (Bulgrin et al., 1993).

اختبار المصدر النووي Nuclear Source Testing

هناك عدد من الاختبارات القلبية الوعائية الساكنة المتاحة التي تستخدم مصدر مُشِعّ يتم حقنه في جسم المريض. تبيّن هذه المصادر المُشِعَّة الأضرار وتقيِّم وظيفة القلب. عندما تدور النوكليدات المُشِعَّة المحقونة إلى القلب، فإنه يتم قياس وجود النشاط الإشعاعي في بطينيّ القلب أو عضلة القلب. يتم في هذه الفحوصات استخدام الطب النووي ثلاثي الأبعاد والمستوي (planar). إن التصوير المقطعي المحوسب بالإصدار أحادي الفوتون (SPECT) هو إحدى تقنيات الطب النووي التي تعطي إعادة تركيب ثلاثية الأبعاد لتوزيع الدَواء المُشِعّ (Fahey et al., 1988).

يتم استخدام التصوير الومضاني ببيروفوسفات التكنيشيوم-٩٩م (Technetium-99m pyrophosphate) لتشخيص احتشاء عضلة القلب الحاد بما لا يقل عن ١٨ ساعة بعد الاحتشاء. تحتوي مناطق عضلة القلب المتضررة على كالسيوم يتحد مع التكنيشيوم-٩٩م. ولذلك، تبدو المناطق التي يوجد فيها احتشاء وكأنها مناطق ساخنة.

يمكن استخدام ثاليوم البيرسنتين (Persantine) للمرضى الذين لا يستطيعون القيام بالتمرين. إن الـ Persantine™ هو العلامة التجارية لدواء الديبيريدامول (dipyridamole)، الذي هو مُوَسِّع للأوعية التاجية. يوَسِّع

الـPersantine™ الأوعية التاجية الطبيعية أكثر من الأوعية المسدودة. وسوف يتدفق الدم بشكل مميز إلى الأوعية العادية في نوع من ظاهرة "تحويل مجرى الدم". ومن ثم يمكن من خلال فحص الثاليوم الكشف عن مناطق نقص التروية عن طريق إظهار التروية المنخفضة.

تكنولوجيات التشخيص غير الباضعة الموجودة في العيادة (اختبارات الإجهاد)

Diagnostic Office-Based Noninvasive Technologies (Stress Tests)

قد يحتاج تشخيص الأمراض القلبية الوعائية إلى أن يغيِّر المريض نشاط قلبه جسدياً. يمكن أن يعطي القلب تحت الإجهاد الناتج عن أنشطة مثل المشي أو الجري صورة تشخيص أكثر وضوحاً من التي يمكن أن يعطيها القلب أثناء الراحة. وعلى الرغم من أنها منخفضة، إلاّ أن هناك مخاطر للإجهاد من خلال ممارسة التمرين لقلب شخص يُشتبه بأن لديه مرضاً في القلب. كان معدل الوفيات في أواخر سبعينيات القرن العشرين ٠,٥ لكل ١٠٠٠٠ في الولايات المتحدة و٠,٢ لكل ١٠٠٠٠ في أوروبا. وبشكل متساوٍ فإن المرض الناتج بشكل رئيسي عن اضطرابات النَّظْم التَّسَرُّعيّ (tachyarrhythmias) للبطين، نادر (Mukharji, 1988). يتم اختبار الإجهاد في ظل ظروف رقابة مُشدَّدة، مع مراقبة مستمرة لوظيفة القلب، ومع توفُّر القدرة الكاملة على إنعاش القلب. كما أن اختبار الإجهاد النووي التقليدي متاح.

اختبار الإجهاد التقليدي Conventional Stress Testing

يمكن تنفيذ اختبار الإجهاد مع مريض يمشي أو يجري على جهاز التمرين (treadmill) القياسي، مع مراقبة مستمرة لتخطيط كهربية القلب وضغط الدم (Mukharji, 1988). ويبين الشكل رقم (٩٤,١) نظام اختبار نموذجي للإجهاد. قد تظهر اضطرابات النَّظْم خلال فترة التمرين أو فترة الراحة مباشرة بعد التمرين.

الشكل رقم (٩٤,١). نظام اختبار الجهد.

اختبار الإجهاد النووي Nuclear Stress Testing

يمكن تنفيذ اختبار الإجهاد أيضاً بالتزامن مع حقن نوكليد مُشِعّ. يقيِّم اختبار الإجهاد بالثاليوم وظيفة القلب عن طريق مراقبة توزُّع الثاليوم في عضلة القلب أثناء ممارسة التمرين. يتم امتصاص الثاليوم من قبل الخلايا الطبيعية، وفي هذه الحالة يُظهِر الفحص شكل نشاط إشعاعي مُوزَّعاً بالتساوي. سوف تظهر مناطق تدفق الدم المنخفض (مناطق نقص التروية) الناجمة عن الإجهاد كأنها بُقَع باردة. بالإضافة إلى المعدات التقليدية اللازمة لاختبار الإجهاد، يتطلب اختبار الإجهاد بالثاليوم استخدام كاميرا نووية لتسجيل توزُّع الثاليوم. ونظراً لاستخدام مصدر نووي، فإن هناك حاجة إلى مراقبة من قبل مكتب السلامة من الإشعاع المُرخَّص له للتصوير الشعاعي النووي (انظر الفصل ١١٣).

مراقبة النزعة طويلة الأجل Long-Term Trend Monitoring

إن مراقبة النشاط القلبي خلال أنشطة الحياة اليومية هي تقنية لالتقاط اضطرابات النَّظْم الخفيفة (Tompkins, 1988). تهتم المراقبة طويلة الأجل بوظيفة القلب تحت شروط متغيرة للنشاط البدني مع أنها ليست لاختبار الإجهاد بالتحديد. يرتدي المريض جهاز مراقبة هولتر (Holter) لمدة ٢٤ إلى ٤٨ ساعة مستمرة (Holter, 1961). تم تسمية جهاز المراقبة والتقنية على اسم Norman Jefferis Holter الأخصائي الأمريكي بالفيزياء الحيوية. يسجل جهاز المراقبة تخطيطاً لكهربية القلب بشكل مستمر خلال هذه الفترة. وتتوفر أيضاً أجهزة مراقبة يمكنها تسجيل ضغط الدم بالإضافة إلى تخطيط كهربية القلب. تستخدم التكنولوجيا القديمة الأشرطة التمثيلية للتسجيل. وتستخدم أجهزة المراقبة الحديثة التكنولوجيا الرقمية. بالإضافة إلى جهاز المراقبة، فإن هناك حاجة إلى ماسح من أجل فك التسجيل المضغوط وتحليله. وعادة ما يتضمن خرج الماسح موجزاً للأحداث تبعاً لنوع اضطراب النَّظْم، وتسجيلاً فعلياً لتخطيط كهربية القلب.

إن إحدى مزايا التسجيل المستمر بجهاز المراقبة هولتر هي أن هناك جهاز مراقبة أحداث يحمله المريض، ويُستخدَم فقط عندما يتحسس المريض لحادثة قلبية. يسجل جهاز المراقبة تخطيط كهربية القلب لمدة قصيرة ويمكنه تخزين حتى ستة من مثل هذه الأحداث. يستطيع المريض إرسال التسجيل إلى مراكز الاستقبال عبر مودم الهاتف (Thakor et al., 1984). تسجل محطة الاستقبال اضطراب النَّظْم وترسل تقريراً إلى طبيب القلب المعالج. وقد يحمل المريض جهاز المراقبة لمدة شهر أو أكثر.

التصوير الشعاعي التشخيصي Diagnostic Radiography

لقد تم استخدام التصوير الشعاعي التقليدي في تشخيص الأمراض القلبية الوعائية على شكل الأشعة السينية الأساسية للصدر. إن ما يهم طبيب القلب هو حجم القلب المُتَضَخِّم والسوائل بين الغشاء المبطِّن للقلب والقلب نفسه، وسوائل في الرئتين.

لم يكن مسح التصوير المقطعي المحوسب (CT) متوفراً سابقاً لتقييم مرض القلب لأن العضو ذي الأهمية (القلب) كان في حركة دائمة (Cunningham and Judy, 1995). لقد تغلب مسح الـ CT السريع على هذه المشكلة عن طريق استخدام تكنولوجيا مسح الـ CT الأساسية، وتكنولوجيا الكمبيوتر المُعَزَّزة التي يمكنها إعادة بناء قلب نابض (Boyd and Lipton, 1983; Ritman, 1990).

يتم استخدام مسح التصوير المقطعي بإصدار البوزيترون (PET) أيضاً لتقييم مرض القلب على الرغم من أنها ليست تقنية تصوير شعاعي. يتضمن الـ PET تتبع المصدر النووي المحقون في جسم المريض (Budinger and VanBrocklin, 1995). إن مسح التصوير المقطعي بالإصدار (ET) ليس اختبار إجهاد مثل المُستخدَم في الطب النووي. تكمن تقييدات تكنولوجيا الـ PET في نفقة المعدات، والحماية الضرورية من الإشعاع للمرفق، وتوافر اختصاص الأدوية النووية.

التشخيص بالأمواج فوق الصوتية Diagnostic Ultrasound

يُستخدَم التشخيص بالموجات فوق الصوتية، المعروف أيضاً بالأمواج فوق الصوتية القلبية، لتشخيص حركة الصمامات وجدران القلب في الزمن الحقيقي أثناء الدورة القلبية. يمكن تشخيص التضيُّق الصماميّ والقلس (رجوع الدم) (regurgitation) وعيوب الحاجز بين الحجرات القلبية وخلل حركة البطين ونمو الورم المخاطي (نوع من أنواع السرطان) (Yoganathan et al., 1995; Ferrara, 1995). إن مخطط صدى القلب هو طريقة لفحص حجم بطين القلب ووظيفته وسماكة جداره وحركته، وصماماته باستخدام تقنية دوبلر بالأمواج فوق الصوتية.

تصبح الأمواج فوق الصوتية أداة التقييم القياسية للأمراض القلبية الوعائية. إنها أداة غير باضعة تماماً، ولا تنطوي على مخاطر تمرين، ولا تستخدم أوساط تباين، ولا تستخدم أية إشعاعات مُؤَيِّنَة. لقد تطورت التكنولوجيا من الأمواج فوق الصوتية ذات النمط- M البسيط (نمط الحركة) إلى الأمواج فوق الصوتية ثنائية الأبعاد والأمواج فوق الصوتية الملونة (Ferrara, 1995).

كما هو الحال مع التقنيات التشخيصية الأخرى فإن الأمواج فوق الصوتية هي علم وفن معاً. فقد تم بشكل جيد تأسيس علم يمكن أن تُظهِره الأمواج فوق الصوتية. أما الفن فيتمثل في قدرة طبيب القلب على تفسير ما يراه.

تكنولوجيات التشخيص الموجودة في مختبر القثطرة القلبية (باضعة)

Diagnostic Cardiac Catheterization Laboratory-Based Technologies (Invasive)

لقد تم تطوير مختبر القثطرة القلبية إلى مختبر تشخيص متطورة للغاية. تتضمن التكنولوجيا النموذجية المُستخدَمة في هذا المختبر نظام تصوير، ومراقبة فيزيولوجية، وتقنيات تسجيل التصوير الشعاعي لكل من الصور الشعاعية القياسية والفيلم السينمائي، وحاقن صباغ ظليل للأشعة. وبحكم طبيعتها، فإن جميع الإجراءات التي تُؤدى في مختبر القثطرة القلبية هي باضعة.

صورة الأوعية التاجية Coronary Angiogram

إن العملية القياسية التي يتم إجراؤها في مختبر القثطرة القلبية هي تصوير الأوعية التاجية (Van Lysel, 1995). تتضمن هذه العملية إدخال قثطار إلى الجانب الأيمن أو الأيسر من القلب لدراسة الضغوط في الوريد المركزي عبر صمامات الشرايين وحجرات القلب. ويتم أيضاً قياس الأحجام في الحجرات القلبية أثناء دورة القلب ونفوذية (سالكيَّة) الشريان التاجي من خلال مراقبة شكل تدفق صباغ التصوير الشعاعي المحقون من خلال القثطار.

تقيس قثطرة القلب الأيمن كلاً من الأذين الأيمن والبطين الأيمن والشريان الرئوي والضغوط الإسفينية في الشُعيرات الرئوية وتشبع الأكسجين والنتاج القلبي. ويتم إدخال القثطار في هذه القثطرة عن طريق الوريد الفخذي أو وريد تحت الترقوة. تقيس قثطرة القلب الأيسر تضيق وقلس الصمام الأبهري والتاجي ووظائف البطين الأيسر الشاملة والمناطقية وتصوير الشرايين التاجية. يتم إدخال القثطار في هذه القثطرة عن طريق الشريان الفخذي أو الشريان العضدي.

إن نظام التصوير الشعاعي المُستخدَم عادة في مختبر القثطرة القلبية هو نظام التنظير التألقي ذو الذراع القوسي أحادي المستوى (single plane) أو ثنائي المستوى (bi-plane). تسمح ترتيبة الذراع القوسي بمشاهدة سهلة لمواصفات القلب الأيمن أو القلب الأيسر. وتُسَهِّل الصور ثنائية المستوى فحص مواصفات القلب الأيسر أو القلب الأيمن من دون الحاجة إلى تغيير وضعية المريض. إن طاولة الأشعة السينية عادة ما تكون على شكل مهد يسمح بتحريك المريض خلال التنظير التألقي. ويمكن مزامنة حاقن الصباغ مع وحدة التصوير الشعاعي من أجل التقاط شكل تدفق الصباغ. ويتم أثناء العملية إنتاج فيلم تصوير شعاعي تقليدي وفيلم سينمائي معاً لتوزُّع الصباغ.

تتضمن المراقبة الفيزيولوجية تسجيلات تخطيط كهربية القلب عن سطح الجسم، بالإضافة إلى تسجيلات تخطيط كهربية القلب داخل القلب. يجب كبت الضجيج الكهربائي في الخلفية وذلك لأن الإشارات الكهربائية التي يتم تسجيلها منخفضة جداً. إن نظام التأريض الكهربائي في مختبر القثطرة القلبية هو مسألة تركيب حرجة. وعادة ما سيقوم جهاز المراقبة الفيزيولوجية أيضاً بتسجيل ضغوط الدم الباضعة المتعددة داخل القلب.

وكاختلاف عن مختبر القثطرة القلبية هناك مختبر القثطرة الوعائية. والهدف من ذلك هو فحص الأوعية غير المرتبطة مباشرة مع القلب. سوف يستخدم مختبر القثطرة الوعائية تجهيزات تصوير شعاعي مماثلة لتجهيزات مختبر القثطرة القلبية من أجل تقييم الأوعية التي تخدم الدماغ على سبيل المثال.

دراسة الفيزيولوجيا الكهربائية Electrophysiology Study

هناك مجال مستقل للتشخيص يُجرى في مختبر القثطرة القلبية هو دراسة الفيزيولوجيا الكهربائية. يسعى طبيب القلب في هذا المجال إلى تحديد المسارات الكهربائية الزائغة التي يمكن أن تسبب اضطرابات النَّظْم. تشمل التكنولوجيا

المُستخدَمة تجهيزات المراقبة الفيزيولوجية والتصوير الشعاعي المعيارية لمختبر القثطرة القلبية. بالإضافة إلى ذلك، يتم استخدام تجهيزات مُصمَّمة خصيصاً من أجل دراسة أو "رسم خريطة" النبضات الكهربائية القلبية.

يقوم طبيب القلب بتنبيه القلب كهربائياً ويسجل توقيت التوصيل الكهربائي من عقدة المنشأ في القلب، العقدة الجيبية الأذينية، عبر المسارات الكهربائية في القلب، حزمة هس، وأخيراً من خلال نظام التوزيع لعضلة القلب نفسها. إن هياكل التوصيل الأخيرة هذه هي ألياف بوركنج (Purkinje). يمكن وضع خريطة ثلاثية الأبعاد للنشاط الكهربائي القلبي. وبعد تحديد المسارات، يتم إعطاء نبضة ذات تردد راديوي لقطع المسارات الزائغة. إن النبضة مماثلة جداً لتلك النبضة المولّدة في أجهزة الجراحة الكهربائية. وتُدعى هذه العملية "الاستئصال بالتردد الراديوي". إنها عملية تشخيصية وعلاجية معاً يؤدي فيها الاستئصال إلى علاج اضطراب النَّظْم.

كما هو الحال بالنسبة لأية قياسات كهربائية قلبية تُجرى في مختبر القثطرة القلبية، فإنه يمكن للضجيج الكهربائي في الخلفية تعطيل العملية. هناك حاجة إلى التأريض الكهربائي ليشمل محولات العزل في تجهيزات التشخيص الحرجة.

قثاطر داخل القلب Intra-Cardiac Catheters

إن القثاطر المُستخدَمة في تشخيص أمراض القلب هي تكنولوجيا قائمة بذاتها. يتم في هذه التكنولوجيا استخدام قثاطر متعددة التجاويف لقياس الضغوط، وحقن الصباغ أو الأدوية، وقياس النشاط الكهربائي. يتطلب قياس النشاط الكهربائي أن تضم القثاطر أقطاباً متعددة متباعدة على طول الرأس البعيد للقثطار. يجب أن يكون القثطار كبيراً بما يكفي لاستيعاب التجويف والإلكترودات، ولكن صغيراً ومرناً كفاية ليتم إدخاله في القلب عن طريق الوريد الفخذي أو الوريد الوداجيّ.

يتم استخدام نوع مختلف من القثاطر لدراسة الفيزيولوجيا الكهربائية. يتضمن هذا القثطار إلكترودات متعددة لقياس تخطيط كهربية القلب داخل القلب، وكذلك قطباً لإيصال النبضة ذات التردد الراديوي لاستئصال المسار الكهربائي.

التدخلات الجراحية للأمراض القلبية الوعائية
Surgical Interventions for Cardiovascular Disease

التداخلات الجراحية التي تُجرى في غرفة العمليات Operating Room-Based Surgical Interventions

تتضمن التداخلات الجراحية للأمراض القلبية الوعائية، في حالاتها القصوى زراعة القلب وفي حالات أخرى استبدال صمامات القلب المريضة والبُنى الأخرى. ونظراً لأن القلب هو بشكل أساسي مضخة، فقد تم مقارنة التداخلات الجراحية "بإصلاحات السباكة". وبالنسبة لبعض العيوب الخلقية في القلب، فإن الجرّاح يقوم في

الواقع، بتحويل الأوعية الكبيرة التي تخدم القلب. يمكن وضع رُقَع على القلب أو فيه لتصحيح الثقوب أو المناطق التي قد ماتت فيها عضلة القلب. ويبين الشكل رقم (٩٤,٢)غرفة عمليات خاصة نموذجية بقسم الأشعة تحدث فيها العمليات القلبية الوعائية التداخلية.

الشكل رقم (٩٤,٢). غرفة عمليات خاصة.

يمكن أن يقتصر التداخل على تجويف الصدر أو يمكن أن يكون عملية قلب مفتوح. تتضمن التكنولوجيا المُستخدَمة بالنسبة للتداخل الأخير المراقبة الفيزيولوجية المتقدمة، وتجهيزات دعم التخدير، ومضخة مجاوزة القلب (خارج الجسم) (Dorson and Loria, 1988). ونظراً لأن "المضخة" تدعم كلاً من جهازي الدوران والتنفس، فإن الدم الذي يدور من خلال المضخة قد يسخن أو يبرد. بالإضافة إلى ذلك، ومن أجل الحد من فقدان الدم، فقد يتم استخدام نظام شفط دم أو"حافظة خلية" (Haemonetics Ltd.). يفصل هذا الجهاز خلايا الدم الحمراء من الدم المشفوط ويغسلها في الموقع الجراحي. وبعد ذلك قد يتم إعادة تعليق الخلايا الحمراء المغسولة، في محلول بروتين البلازما ونقلها آلياً إلى الشخص.

لعل أكثر العمليات الجراحية القلبية شيوعاً هي طُعْم مجازة الشريان التاجي ((CABG) أو"الالتفاف"). يتم هنا تجاوز الشرايين التاجية التي تخدم القلب بأوعية مأخوذة من المريض. وقد يتم تجاوز واحد أو أكثر من الشرايين التاجية في هذه الطريقة. وهذه هي إحدى العمليات الجراحية التي يتم إجراؤها الأكثر شيوعاً في الولايات المتحدة.

يقوم جرّاح القلب والأوعية الدموية بإجراء عمليات الأوعية أيضاً. إن استئصال باطنة الشريان السباتي هي إحدى العمليات الشائعة في هذا المجال. يزيل الجرّاح في هذه العملية اللويحة كجسم من البطانة الداخلية للشريان السباتي، مما يعيد تدفق الدم الطبيعي إلى الدماغ.

هناك عدد من التقنيات المُستخدَمة لدعم الجراحة القلبية. يمكن أن تشمل المراقبة الفيزيولوجية بعد الجراحة القلبية الوعائية مراقبة النتاج القلبي. ولقد تم استخدام العديد من التقنيات لأجل ذلك (Geddes, 1995). وأحدث ما يوجد حالياً لقياس النتاج القلبي هو طريقة "التمدُّد الحراري". إن "المعيار الذهبي" في أي اختبار للنتاج القلبي هو طريقة FICK (فيك). يمكن بالتزامن مع مراقبة النتاج القلبي قياس الضغط الشرياني الرئوي (Gardner, 1988) بشكل مستمر باستخدام قثطار سوان- غانز (Swan-Ganz) (Swan et al., 1970).

ربما تحتاج عضلة القلب التي تضررت نتيجة لانسداد الشرايين التاجية إلى دعم إضافي لعملية الضخ بعد العمل الجراحي. وعادة ما تُستخدَم تقنية معاكسة النبض بالبالون داخل الأبهر (الضخ بالبالون). تستخدم مضخات البالون داخل الأبهر (Jaron and Moore, 1988) بالوناً يوضع في الأبهر النازل. ومن خلال توليد نبضات معاكسة لضخ القلب، تقلِّل المضخة عبء العمل على القلب عن طريق خفض الضغط الوعائي المحيطي. توفِّر المضخة عندئذ ضخاً مدعوماً للحفاظ على ضغط الدم الكافي للدوران (انظر الشكل رقم ٩٤,٣).

الشكل رقم (٩٤,٣). تحضير مضخة البالون داخل الأبهر من قبل المهندس الإكلينيكي.

هناك شكل آخر من أشكال معاكسة النبض هو معاكسة النبض الخارجي المُعَزَّز. إن هذا العلاج غير الباضع مُصَمَّم للتقليل من عمل القلب، وعادة لمرضى الذبحة الصدرية (Lawson et al., 2000). توضع أكمام قياس ضغط الدم على الساقين، وبطريقة مُنسَّقة يتم نفخ بعض الأكمام بالهواء في حين يتم تفريغ الأخرى. تساعد هذه الطريقة على دوران الدم في القلب. يتم مراقبة العلاجات من مكتب الطبيب، وكل منهما تدوم من ساعة إلى ساعتين، ومن ثم تتكرر على مر الزمن. يظهر الشكل رقم (٩٤,٤) مريض رعاية إسعافية يتلقى علاج معاكسة النبض الخارجي المُعَزَّز.

الشكل رقم (٩٤,٤). نظام وعائي المنشأ لمعاكسة النبض المُعَزَّز من خارج الجسم يعالج مريض إسعافي تتم معالجته في العيادة الخارجية. إن أولئك الذين يراقبون العملية هم متدربو الهندسة الإكلينيكية الداخليون.

العمليات الجراحية التي تُجرى في مختبر القثطرة القلبية

Cardiac Catheterization Laboratory-Based Surgical Procedures

ربما يكون من غير الصحيح تصنيف العمليات التالية على أنها عمليات جراحية. ومع ذلك، تتم مناقشتها في إطار هذا البند لأنها غالباً ما تحل محل العمليات التي تُجرى في غرفة العمليات.

كان لطبيب القلب التداخلي أثر كبير في نقل العمليات الجراحية القلبية الوعائية من غرفة العمليات إلى بيئة العيادة الخارجية لمختبر القثطرة القلبية. لقد تم توجيه الغالبية العظمى من التداخلات إلى إزالة الانسدادات من الشرايين التاجية، مما يقدِّم تكلفة أقل وبديلاً أكثر أماناً لـ CABG.

تشمل التقنيات والتكنولوجيات المُستخدَمة لإزالة انسداد الشرايين التاجية كلاً من ترميم الأوعية التاجية (المعروف أيضا باسم " ترميم الأوعية التاجية عبر فتحة في الجلد" أوPTCA)، والشبكات الداعمة، وأجهزة الليزر. لقد تغيرت التكنولوجيا والتقنيات على مدى السنوات العشرة الماضية، ولا تزال مجالاً كثيفاً بالبحوث الإكلينيكية.

إن التكنولوجيا الأساسية المُستخدَمة في مختبر القثطرة القلبية هي نفسها المُستخدَمة لتصوير الأوعية التاجية، ولكن التغيير يكمن في نوع القثطار المُستخدَم وفي مهارات أطباء القلب التداخليين.

يتم في ترميم الأوعية التاجية، أو ما يُعرف بترميم الأوعية التاجية بالبالون، إدخال قثطار إلى الشريان التاجي المسدود (Walton, 2002). ومن ثم يتم نفخ بالون موجود على رأس القثطار. يضغط انتفاخ البالون على اللويحة باتجاه جدار الشريان الداخلي، مما يعيد فتح الشريان. إن الشبكة الداعمة ما هي إلاّ تعديل لهذه العملية. هناك، بعد أن يتم الضغط على اللويحة، يتم وضع شبكة داعمة صلبة أو أنبوب صلب داخل الشريان لمنع اللويحة من إعادة إغلاق الشريان.

يمكن أن يحدث إعادة انسداد للشريان في كلتي العمليتين. ويمكن إجراء عمليات متكررة، على الرغم من أن هناك مخاطر من حدوث تمزق في الشريان التاجي للقلب، أو إطلاق لويحة في جهاز الدوران. وهناك تكنولوجيات متعددة يجري التحقق منها للعمل بالتزامن مع ترميم الأوعية بالبالون والشبكة الداعمة للتقليل من إعادة الانسداد.

التكنولوجيات الأخرى في الأمراض القلبية الوعائية
Other Technologies in Cardiovascular Disease

هناك ثلاث تكنولوجيات أخرى مُستخدَمة لعلاج الأمراض القلبية الوعائية: نواظم الخطى القلبية، وأجهزة إزالة رجفان القلب، والأدوية.

نواظم الخطى Pacemakers

لقد تقدمت تكنولوجيا ناظم الخطى في كل من مجالي التطور وانخفاض الحجم المادي (Geddes, 1995). بالإضافة إلى ذلك، فإن التقدم في تكنولوجيا البطاريات، مثل بطاريات الليثيوم، توفر لنواظم الخطى الآن فترات للبقاء لعدة سنوات. لقد تم تحسين عمر البطارية بسبب التكنولوجيا الجديدة للبطاريات وبسبب الأسلاك الأفضل لمساري ناظم الخطى والإلكترونيات ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة. لقد تطورت تكنولوجيا ناظم الخطى، في حد ذاتها، لتشمل نواظم خطى تحتوي على وحدة وحيدة يمكنها إثارة إما الأذين أو البطين.

إن التطبيق التقليدي لناظم الخطى هو إثارة القلب عندما يتباطأ معدل المريض الخاص به إلى حد أدنى من الحد الموضوع مُسبقاً، أو للكشف عن بعض اضطرابات النَّظْم والسيطرة عليها. إن أحدث تكنولوجيا (حتى وقت كتابة هذا الفصل) في نواظم الخطى هي ناظم الخطى الذي يُعتزم استخدامه للمرضى الذين لديهم فشل قلب احتقانيّ. عند ذلك فإن ناظم الخطى الذي يحاول إثارة الأذين والبطين في نمط مشابه لنمط القلب الطبيعي هو ناظم خطى ثنائي النمط.

عادة ما يتم زرع ناظم الخطى أثناء العملية في مختبر القثطرة القلبية (Forde and Ridgely, 1995). وفي السابق كان إجراء هذه العملية يتم في غرفة العمليات. تُركّب أسلاك مساري ناظم الخطى بطريقة مشابهه جداً لعملية إدخال القثطار من أجل تصوير الأوعية التاجية. ويتم تركيب "مولّد" ناظم الخطى في جيب تحت الجلد. ويتم إنشاء الجيب باستخدام مخدِّر موضعي.

أجهزة إزالة رجفان القلب Defibrillators

لقد تغيرت تكنولوجيا جهاز إزالة رجفان القلب جذرياً منذ عام ١٩٩٥م (Tacker, 1995). إن أجهزة إزالة رجفان القلب القابلة للزرع متاحة، وذلك باستخدام نفس التكنولوجيا وتقنيات الزرع المستخدَمة مع نواظم الخطى (Duffin, 1995). فهذه التكنولوجيا والتقنيات فعالة وموثوق بها جداً.

تخضع أجهزة إزالة رجفان القلب الخارجية إلى تحول بالنوع. إن ما كان تقليدياً في أجهزة إزالة رجفان القلب (شكل موجة Lown (لون) الوحيدة المُعَدَّلَة نبضياً) يتم استبداله الآن بشكل موجة Lown المُعَدَّلَة ثنائية الطور. نتيجة لذلك، تتغير معايير إزالة الرجفان، بسبب الخرج الأعظمي الأقل اللازم لتحقيق إزالة الرجفان. لا يزال هناك جدل حول فعالية شكل الموجة ثنائية الطور، ولكن العديد من مُصنِّعي الأجهزة قد غيرت خطوط إنتاجها لكي تقدِّم وحدات ثنائية الطور فقط.

الأدوية Drugs

تتألف التكنولوجيا في مجال الرعاية الصحية من ثلاثة مكونات: الأجهزة الطبية، والتقنيات، والمستحضرات الدوائية. تشكِّل الأدوية تكنولوجيات فعالة في الطب لعلاج الأمراض القلبية الوعائية. إن الأدوية التي تُستخدَم لخفض ضغط الدم، وزيادة ضغط الدم، وزيادة انقباضية عضلة القلب، وخفض مستويات الكولسترول كلها مواد مساعدة قيِّمة للأجهزة الطبية والتقنيات التي تم مناقشتها آنفاً. وعلى الرغم من أن وصف الأدوية وتطبيقاتها خارج نطاق هذا الفصل، إلاّ أنه ينبغي على القارئ أن يدرك أن التداخلات الدوائية في الأمراض القلبية الوعائية، تشكِّل جزءاً أساسياً من الصورة الكلية للتكنولوجيا.

المراجع

References

Berbari EJ. Principles of Electrocardiography. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Boyd DP, Lipton MJ. Cardiac Computed Tomography. Proceedings of the IEEE 198, 1983.

Budinger TF, VanBrocklin HF. Positron-Emission Tomography (PET). In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.

Bulgrin JR, Rubal BJ, Thompson CR, et al. Comparison of Short-Time Fourier, Wavelet and Time-Domain Analyses of Intracardiac Sounds. Biomed Sci Instrum 29:465-472, 1993.

Clements FM, de Bruijn NP. Electrocardiography: Monitoring for Ischemia. In Lake CL (ed). Clinical Monitoring. Philadelphia, WB Saunders, 1990.
DiSciascio G, Cowley MJ. Coronary Angioplasty. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Dorson WJ, Loria JB. Heart-Lung Machines. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Duffin EG. Implantable Defibrillators. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Ferrara KW. Blood Flow Measurement Using Ultrasound. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Forde M, Ridgely P. Implantable Cardiac Pacemakers. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Gardner RM. Hemodynamic Monitoring. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Geddes LA. Cardiac Output Measurement. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Geddes LA. Cardiac Pacing: Historical Highlights. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Holter NJ. New Method for Heart Studies: Continuous Electrocardiography of Active Subjects Over Long Period is Now Practical. Science 134:1214, 1961.
Jaron D, Moore TW. Intra-Aortic Balloon Pump. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Lawson WE, Hui JC, Cohn PF. Long-Term Prognosis of Patients with Angina Treated with Enhanced External Counterpulsation: Five-Year Follow-Up Study. Clin Cardiol 23(4):254–258, 2000.
Lin JP. Cine and Photospot Cameras. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Mukharji J. Exercise Stress Testing. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Neuman MR. Biopotential Amplifiers. In Webster JG (ed). Medical Instrumentation: Application and Design, 3rd Edition. New York, Wiley, 1998.
Ritman EL. Fast Computed Tomography for Quantitative Cardiac Analysis: State of the Art and Future Perspectives. Mayo Clin Proc 65:1336, 1990.
Swan HJC, Ganz W, Forrester J, et al. Catheterization of the Heart in Man with the Use of a Flow Directed Balloon-Tipped Catheter. N Engl J Med 283:447–451, 1970.
Tacker WA. External Defibrillators. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Thakor NV, Webster JG, Tompkins WJ. Design, Implementation, and Evaluation of a Microcomputer-Based Portable Arrhythmia Monitor. Med Biol Eng Comput 22:151–159, 1984.
Tompkins WJ. Ambulatory Monitoring. In Webster JG (ed). Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation. New York, Wiley, 1988.
Van Lysel MS. X-ray Projection Angiography. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.
Walton A. Balloon Angioplasty. Medtech News: Technology & Innovation. MedTech1.com, December 2002.
Yoganathan AP, Hopmeyer J, Heinrich RS. Mechanics of Heart Valves. In Bronzino JD (ed). The Biomedical Engineering Handbook. Boca Raton, FL, CRC Press, 1995.