

Robotik koroner cerrahisinin dünü, bugünü ve yarını

Robotic coronary artery surgery: past, present and future

Selami Doğan, Birkan Akbulut, Tayfun Aybek, Stefan Mierdl*, Anton Moritz, Gerhard Wimmer-Greinecker

Thoraks ve Kalp Damar Cerrahisi Bölümü, *Anesteziyoloji, Yoğun Bakım ve Ağrı Tedavisi Bölümü,
Johann Wolfgang Goethe Üniversitesi, Frankfurt, Germany

ÖZET

Minimal invazif endoskopik girişimlerin kalp cerrahisinde kullanımı ancak telemanipülasyon sistemlerinin kullanıma girmesiyle mümkün olmuştur. Bu çalışmada total endoskopik revaskülarizasyon için kullanılan robotik destekli telemanipülasyon sistemleri gözden geçirilip, çalışan ve duran kalpte uygulamalar derlenmiştir. Robotik cerrahi günümüzde halen gelişme aşamasındadır. Maliyetin yüksek oluşu ve sadece seçilmiş bir hasta grubunda uygulanabiliyor olması bu yeni teknolojinin en büyük sınırlayıcı faktörleridir. Ancak teknoloji üzerine çalışmalar ve özellikle anastomoz tekniklerinin gelişmesiyle koroner revaskülarizasyon için bir alternatif olacaktır. Henüz istenen hedeflere ulaşılmamışsa da gelecek umut vericidir. (*Anadolu Kardiyol Derg 2005; 5: 210-5*)

Anahtar kelimeler: Endoskopik koroner revaskülarizasyon, robotik kalp cerrahisi

ABSTRACT

Minimally invasive endoscopic procedures in cardiac surgery have only become possible since the introduction of telemanipulation systems. In this study we review robotic assisted telemanipulation systems and procedures on beating and arrested heart for total endoscopic revascularization. Robotic surgery is still under development. The most important factors limiting this new technique are high costs and the fact that only selected patients are able to be operated on. But studies on technology especially to improve anastomotic techniques are going on to produce an alternative for coronary revascularisation. We didn't yet hit all goals but the future seems promising. (*Anadolu Kardiyol Derg 2005; 5: 210-5*)

Key words: Endoscopic coronary revascularisation, robotic heart surgery

Giriş

Minimal invazif endoskopik girişimler genel cerrahi, ortopedi ve travmatoloji, toraks cerrahisi, jinekoloji ve ürolojide uzun zamandır rutin olarak yapılmaktadır. Bu tekniklerin kalp cerrahisinde kullanımı ancak telemanipülasyon sistemlerinin kullanıma girmesiyle mümkün olmuştur. Bilgisayar destekli robotik sistemler kardiyotorasik cerrahi alanında bir devrim niteliğindedir, ancak gelişmeler devam etmektedir ve henüz tedavi standardı düzeyine de ulaşamamıştır (1-5).

On yıl öncesine kadar kalp ameliyatlarının total endoskopik biçimde yapılabileceği kimsenin aklından geçmezdi. Bu rüyanın gerçekleşmesi 90'ların ortasında Heartport Port-Access Sisteminin (Cardioventions, division of Ethicon, a Johnson & Johnson Company, Somerville, NJ, A.B.D.) geliştirilmesiyle olasılık bulmuştur. Heartport Port-Access Sistemi, kardiyopulmoner baypas (KPB) için femoral kanülasyonun yanı sıra endoaortik oklüzyon ve assandan aortaya kardiyopleji vermeyi de olası kılmıştır (6). Bunlara rağmen uygun enstrümantasyon henüz mevcut olmadığı için total endoskopik koroner revaskülarizasyon hala mümkün değildi. Üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinin ve robotik destekli endoskopik enstrümanların geliştirilmesiyle total en-

doskopik kalp cerrahisi gerçek anlamda yol almıştır (3-5).

Nihayet Loulmet 1998 yılında ilk defa göğsü açmadan başarıyla koroner arter baypas greft (CABG) ameliyatı yapmıştır (1).

Kalp Cerrahisinde Telemanipülasyonun Özellikleri

Kalp cerrahisinde kullanılan cihazların gerçek anlamda robot değil, robotik destekli cerrahiye imkan tanıyan bilgisayar güdümlü telemanipülasyon sistemleri olduğunu vurgulamak gerekir. Hiçbir hareket cihaz tarafından kendiliğinden yapılmamaktadır ve tüm cerrahi adımlar konsolda oturan cerrah tarafından yönetilmektedir (Resim 1). Gelişmenin ilk yıllarında rekabet halinde olan iki sistem mevcuttu. Bu yazıda daha çok sözü geçen da Vinci cerrahi sisteminin (Intuitive Surgical, Inc., Sunnyvale, A.B.D.) yanı sıra Zeus sistemi (Computer Motion, Inc., Goleta, CA; şimdi Intuitive Surgical, A.B.D.) vardır (7). Yapı itibarıyla adı geçen ikinci sistemin 6 dereceli serbest hareketlilik gibi teknolojik dezavantajları vardır ve daha az başarılı sonuçlar elde edildiği için de piyasada fazla yer edinmemiştir. Bu yüzden bu yazıda Zeus sisteminin ayrıntılarına girilmeyecektir ve buna bağlı veriler tartışılmayacaktır.

Da Vinci sistemi 3 kollu bir cerrahi sürücüyü (slave unit) (Re-

sim 2) monte edilmiş, mikroenstrümanların uzaktan kumandasını sağlayan "master" konsoldan oluşmaktadır. Orta kol bir stereoendoskop taşımaktadır; sağ ve sol kollar mikroenstrümanlar aracılığıyla uzaktan doku manipülasyonu sağlayan endotorasik kol olarak işlev görürler. İlave bir video sürücüsü ışık kaynağını, CO₂ pompasını, görüntü işlemcisini ve konvansiyonel 2-boyutlu ekranı taşımaktadır. "Master" konsola oturan cerrah, kamera ve enstrümanları kumanda etmektedir (5).

On iki mm'lik bir açıklıktan yerleştirilen kamera 3-boyutlu görüntü alınmasına olanak tanıyan iki paralel endoskoptan oluşmaktadır. Video görüntüsü büyütülmelidir (x10) ve ilgili cerrahi alanın en iyi şekilde görülmesini sağlamaktadır. Yeni nesil endoskoplar, ek olarak toraks boşluğunda daha iyi yönlendirme sağlayan geniş açılı 2-boyutlu görüntü sağlamaktadır.

Enstrümanlar 10 mm'lik bir açıklıktan yerleştirilmektedir ve EndoWrist (Intuitive Surgical, Inc.) denen ve 6 dereceli serbest harekete olanak tanıyan bir donanımına sahiptir. Bu enstrümantasyonun özel eklemleri ve cerrahın titreşimlerini filtre ederek hareketlerinin iletilmesi sayesinde devrim niteliğini taşıyan total endoskopik cerrahinin gerçekleştirilmesi mümkündür.

Bu olanaklara rağmen farklı bir cerrahi boyut olan dokunma duyusu yoktur. Geleneksel eğitim alan cerrahlar farklı dokuların hissedilmesini vurgulasalar da konsol cerrahları yapıları palpe etmeden ameliyatı gerçekleştirmek zorundadır. Tecrübenin artmasıyla cerrah "sadece gözüyle dokunmayı" öğrenmektedir. Kısa zaman öncesine kadar endotorasik asistanı sağlayan dördüncü endotorasik kolun olmayışı önemli bir sorundu. Bu ihtiyaçtan yola çıkılarak da Vinci sistemine dördüncü endotorasik kol ilave edilmiştir. Traksiyon ve kontratraksiyon yapan kolun geliştirilmesi, cerrahi faydayı artıran ayrı bir gelişme olarak kaydedilmektedir (8).

Duran Kalpte Total Endoskopik Cerrahi Yapmanın Önkoşulları

Daha önce de bahsedilen "port-access" sistemi minimal invazif kalp cerrahisi ve özellikle de robotik destekli kalp cerrahisi için önemli bir teknolojidir. Bin dokuz yüz doksanların ortalarında geliştirilmiştir ve total endoskopik kalp cerrahisine olanak tanıyacağı düşünülmüştür (6). Bu sistem femoral perfüzyon ile ekstrakorporeal dolaşımı sağlamaktadır. Buradaki özellik ekokardiografi eşliğinde femoral kanül içinden retrograd olarak yerleştirilen bir intra-aortik balondur. Balon assandan aortayı içten oklüde edebilmektedir. Ucunda açıklık bulunan aynı kateter içinden kardiyoplejik solüsyon verilebildiği gibi sol ventrikülün dekompresyonunu sağlayan "vent" işlemi de gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknolojiyle aort kapağı cerrahisi hariç birçok cerrahi girişim yapılabilmektedir (9). Juguler ven içinden perkutan yerleştirilerek retrograd kardiyopleji vermeyi sağlayan koroner sinüs kateteri ve yine kalbin dekompresyonuna yarayan pulmoner arter "vent" kateteri bu sistemin diğer bileşenleridir (10).

Benzer bir perfüzyon sistemi Estech (Danville, CA, A.B.D.) tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde balon, asendan aortaya ilerletilen perfüzyon kanülü üzerine yerleştirilmiştir; bu sayede daha iyi serebral perfüzyon sağlanır, abdominal ve torasik aorta kaynaklı emboli riski azalır ve yayınlarda tartışılan retrograd aort disseksiyonu gibi komplikasyonlar azaltılır (11).

Bu sistemler kullanılarak çeşitli minitorakotomiler ile mitral kapak cerrahisi, tek veya multidamar CABG ve atriyal septal de-

fekt kapatılması yapılmıştır (11-15). Ancak bu işlemlerin robotik destek altında yapılması çok fazla kabul görmemiştir. "Port-access" sisteminin kendine ait zorlukları vardır, bunlar robotik cerrahinin zorlukları ile birleşince oldukça kompleks işlemler zinciri ortaya çıkmaktadır. Robotik cerrahide ameliyat süresinin uzun olması ve biri konsolda olmak üzere 3 cerraha gereksinim duyulması bu tekniğin henüz yaygın kabul görmemesinde etkili unsurlardır. Maliyetin yüksek olması da ayrı bir konudur.

Total Endoskopik Koroner Arter Baypas Greftleme İçin Anestezi

Standart anestezi indüksiyonundan sonra tek akciğerin solutulması için çift-lümen tüp ile entübasyon yapılır. Duran kalpte yapılan işlemlerde endoaortik balon klempinin invazif monitorizasyonunu sağlamak için her iki radyal arter kanüle edilir. Ek olarak sağ juguler venden pulmoner arter samp kateteri yerleştirilebilir. Tüm total endoskopik koroner arter baypas (TECAB) ameliyatlarında endoaortik balonu monitorize etmek ve kardiyak fonksiyonu takip etmek amacıyla transözofajiyal ekokardiyografik prob yerleştirilir (Resim 3).

Duran Kalpte Total Endoskopik Koroner Revaskülarizasyon

En çok yapılan işlem sol taraftan girişim ile duran kalpte sol internal mammariyan arterin (LIMA) sol ön inen koroner artere (LAD) anastomoz edilmesidir. Çeşitli merkezler bu işlemin tekrarlanabilirliğini ve güvenilirliğini göstermişlerdir (3,5).

Çift lümen entübasyonundan sonra hasta supin pozisyonda ameliyat masasına yatırılır, sol göğsü 30 – 40 derece yükseltilir. Akciğerin söndürülmesini takiben kamera portu (12 mm) 5. interkostal aralık (IKA) – ön aksiler çizgi kesim noktasında toraks içine yerleştirilir ve toraks boşluğu içine CO₂ verilir. Stereoendoskopun yerleştirilmesinden sonra endoskopik enstrümanlar (her biri 10mm) için 2 ilave port daha yerleştirilir, biri 3.IKA diğeri 7.IKA ile her birinin orta aksiler çizgi ile kesim noktasına.

Düzgün ve uyumlu hareketler için port'ların doğru yerleştirilmesi büyük öneme sahiptir. Port'ların yerleşim yerlerini belirlemede preoperatif bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri büyük fayda sağlamaktadır, hatta hedef damarların değerlendirilmesi de mümkün olmaktadır (16).

Literatürde belirtilenin aksine, bizce total endoskopik LIMA disseksiyonu, öğrenilmesi zor bir süreçtir (4,17,18). Her ne kadar Da Vinci sistemini kullanmak için konvansiyonel endoskopi tecrübesi mutlak şart değilse de (19), "Heart Port Access" sistemi ile tecrübe temel şarttır. Optimal şartlarda (duran kalp, kansız ameliyat sahası) anastomoz yapmak ve kalbin dekompresyonu sayesinde yeterli çalışma alanının olması avantajlardır. Balonun yerinden oynaması ve yetersiz kardiyopleji, zaten yeterince kompleks olan işlemi daha da zorlaştırmamalıdır (20). Buna rağmen birçok tecrübeli merkez, perfüzyon sisteminden kaynaklanan sebeplerden dolayı klasik ameliyata geçtiklerini bildirmediler (5).

Cerrah için LIMA'nın LAD'ye robotik destekli anastomozu büyük bir değişiklik demektir. Dokunma duyusu olmadığı için damar duvarının kalitesi hissedilememektedir ve dikiş koymak için doğru yeri bulmak zor olabilmektedir. Süturu gergin tutmak bile ayrı bir yetenek gerektirmektedir. Dördüncü kolun geliştirilmesi zorlukların aşılmasına biraz yardımcı olmuştur (8).

Diğer bir sorun, hedef damarın tanınmasıdır. Preoperatif planlama safhasında multidetektör BT, hedef damar yerinin bulunmasında (epikardiyal veya intramural) ve anastomoz bölgesindeki damar duvarı kalitesinin ortaya konmasında önemli faydalar sağlamaktadır (21). Büyük diyagonal dalların tanınması da büyük öneme sahiptir, endoskopik görüntüde bunların LAD ile karışması mümkündür. Intramural damarların endoskopik görüntülenmesi ve septal yan dalların lokalizasyonu için küçük bir



Resim 1. Da Vinci robotik konsol



Resim 2. Üç kollu "Da Vinci slave" ünitesi

ultrason probu hayvan modelinde geliştirilme aşamasındadır ve gelecekte faydalı bir alet olacaktır (22).

Bu tür işlemlerde ameliyat süresi uzundur ($4,2 \pm 0,9$ saat) ve tek-damar revaskülarizasyonu için büyük teknik çaba gerekmektedir (3-5,7). Bunun ötesinde bunlar minimal invazif direkt koroner arter baypas (MIDCAB) (23) ve uyanık koroner arter baypas (awake coronary artery bypass; ACAB) (24) gibi daha az zaman gerektiren ve daha az teknoloji bağımlı işlemlerle rekabet etmek durumundadır .

Aynı şekilde sağ taraftan yapılan girişim ile sağ koroner arter (RCA), sağ internal mammariyan arter (RIMA) ile total endoskopik greft yapılabilmektedir. Hastanın pozisyonu ve port'ların yerleşimi tam ayna görüntüsüdür. Çoğu vakada kalbin kenarına bir askı dikişinin konması anastomoz bölgesinin daha iyi görünmesini sağlamaktadır (25).

Duran kalpte multidamar revaskülarizasyon bile mümkündür. Ön duvarın (LAD ve diyagonal dalların) LIMA ile "sequential" greftlenmesi yukarıda anlatılan sol taraftan girişim ile mümkündür (Resim 4) (26). Konvansiyonel yöntemlerin aksine bu işlem iki adımda gerçekleştirilmektedir: Pedinkülü sabitleştirmek için önce LIMA – LAD anastomozu (Resim 5) yapılır, sonra LIMA diyagonal dal ile yan-yan şeklinde anastomoz edilir. Sol anterior minitorakotomi düşünüldüğünde bu yöntem iyi bir alternatif teşkil etmektedir (7).

Sonuç olarak, daha ziyade LAD ve RCA'ya olmak üzere her iki internal mammariyan arterin (IMA) anastomoz edilmesi sol taraftan girişim ile mümkün olmaktadır (27). İleri teknoloji gereksinimi ve uzun ameliyat süresi bu tekniğin sadece seçilmiş has-



Resim 3. Robotik cerrahi esnasında önemli yöntem –transözofajiyal ekokardiyografi

ta grubunda uygulanmasını mümkün kılmaktadır (27). İki IMA ile total endoskopik revaskülarizasyon herhalde bir hasta grubu için en uygundur, onlar da yara enfeksiyonu riski yüksek olan genç diyabetik hastalardır.

Prensip olarak her iki IMA sol taraftan indirilebilmektedir. Buna rağmen sol koroner sistemin multidamar revaskülarizasyonu literatürde vaka takdimleri şeklinde bildirilmektedir.

Çalışan Kalpte Total Endoskopik Koroner Revaskülarizasyon

Minimal invazif kalp cerrahisinin nihai amacı total endoskopik işlemlerin çalışan kalpte gerçekleştirilmesidir. Bu başarıya ilk defa 2001 yılında ulaşılmıştır (3,28,29). Bunun için hasta yukarıda tarif edildiği gibi hazırlanır. Sol tarafta bulunan 3 port'a ilave olarak İMA'nın hazırlanmasından sonra subksifoidal bir port içinden endoskopik epikardiyal stabilizatör yerleştirilir. Bu stabilizatörün ucu konumlandırılmayı sağlamak için hareketlidir, diğer ucu ameliyat masasına çelik bir aplikatör (table-mounted surgical robot assistant, Automated Medical Products Corp., New York, NY, A.B.D.) ile sabitlenir.

Endoskopik stabilizatör bastırmak ve vakum uygulamak kaydıyla hedef damarın askıya alınarak oklüde edilmesini takiben sabit durmasını sağlamaktadır. Halen kullanımda olan stabilizatör (Octopus TE; Medtronic, Minneapolis, MN, A.B.D.) henüz mükemmel değil fakat yeterince stabilizasyon sağlamaktadır. Kalp KPB ile dekompresye edilmediği için, toraks içine CO₂ verilmesine rağmen, hareket alanı sınırlıdır. Bu yüzden kalp dolu iken kontraktile etkilenmediği sürece CO₂ basıncı önerilen 12 mmHg'nin üstünde tutulabilir (30).

Rutinleşmiş bir anestezi protokolü şarttır. Komplet sternotomi ile çalışan kalpte yapılan işlem ile karşılaştırıldığında total endoskopik yapılan işlemde miyokardın iskemiye toleransının azaldığı akılda tutulmalıdır (31). Hedef damarın oklüde edilmesini takiben, ST-segment yükselmesi izlendiği takdirde MIDCAB'e geçilmelidir (30).

Çalışan kalpte total endoskopik koroner revaskülarizasyon da en belirgin zorluk anastomozu yapmaktır. Burada birinci sorun IMA'nın anastomoz yerine nasıl getirileceğidir. Herhangi bir destek olmadığından bunu yapmak için IMA, "bulldog" ile klempenir ve endotorasik fasiyaya tutturulur. Dördüncü kol kullanılarak bu sorun kolayca aşılabilmektedir. Ancak ilave bir kol kullanımı da aynı sorunlar yaratmaktadır. Portların yerleştirilmesi ona göre düzenlenmelidir ve aynı konsoldan idare edilen iki kolun olması her birinin hareket mesafesini kısıtlamaktadır.

On katlık büyütme ve çok ince hareketler yapma kabiliyetinin



Resim 4. "LIMA to LAD" greftlenmesi için gereken sol taraftan girişim ve Da Vininci kollarının pozisyonu

olmasına rağmen anastomozu dikmek en zahmet verici aşamadır. Bu yüzden gelecekte yarı otomatik veya otomatik anastomoz aygıtları gerekecektir. Polipropilen sütürların yanı sıra Coalescent nitinol klipler (Coalescent Surgical, Inc., Sunnyvale, CA) de kullanılmıştır (32). Bu klipler kullanıldığında düğüm sıkma ihtiyacı yoktur, fakat toraks içine 12 – 14 iğne almak bir dezavantaj gibi görünmektedir. Robotik destekli el ile yapılan anastomoz süresi 20 dakika kadardır, bu konvansiyonel CABG'deki sürenin 3 – 4 katıdır (5).

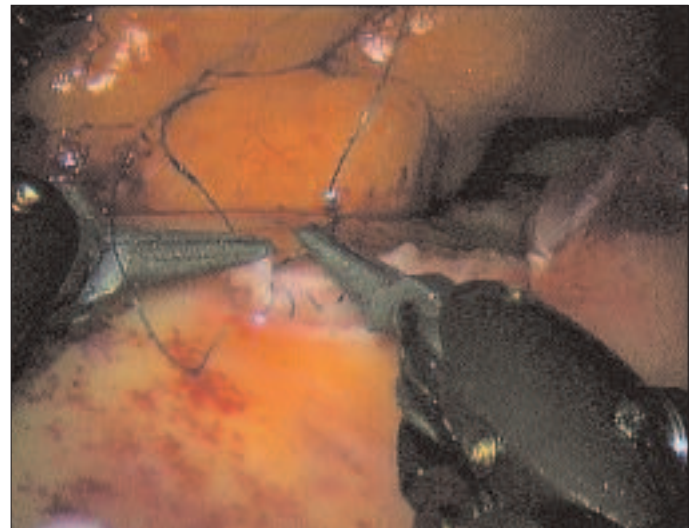
Henüz konvansiyonel koroner revaskülarizasyon için deneme aşamasında olan birçok anastomoz aygıtları, endoskopik kullanım için modifiye edilebilir. Ventrica manyetik birleştirici (Ventrica Inc., Fremont, CA, A.B.D.) hayvan modelinde başarı ile kullanılmıştır (33). Anastomotik aygıtların olumsuz yanı trombosit inhibisyonu (clopidogrel gibi) gerektirmeleridir. Bir başka nokta damar duvarı kalitesidir, ki normale yakın olmalıdır, ve damar çapıdır, bu da 2 mm'den büyük olmalıdır (34).

Tek başına LAD'nin total endoskopik yolla revaskülarizasyonu çalışan kalpte standart haline gelmelidir ki, KPB'ın ve "port-access" sisteminin potansiyel komplikasyonlarından kaçınılabilsin. Ekip almış işe ameliyat süresi 2 saate çekilebilir, fakat klasik cerrahiye geçiş %30 dolaylarındadır ve henüz yüksek kabul edilmemektedir (29).

Sonuç

Minimal invazif kalp cerrahisinin ve özellikle robotik destekli kalp cerrahisinin nihai amacı şu şekilde özetlenebilir: insizyon uzunluğunu küçülterek cerrahi travmayı azaltmak (3,23); "off pump" ameliyatlar ile KPB'ın patojenitesini engellemek (35); ağrıyı azaltmak; ilaç ihtiyacını azaltmak; mekanik solunum desteği ve yoğun bakım süresini ve buna bağlı yatış süresini azaltmak; ameliyat sonrası yaşam kalitesini artırmak; ve sonuçta maliyeti düşürmektir (36,37). Doğal olarak bu işlemin birçok cerrah tarafından yapılabiliyor olması gerekmektedir ve bu tekniğe uygun olmama kriterleri çok az olmalıdır. Bugün için bu hedeflerden sadece bazılarını ulaşılmıştır.

Hasta için kozmetik kaygılar kuşkusuz çok önemlidir, ancak cerrah konvansiyonel yöntemlerin eşdeğerli olduğu durumlarda bu kaygılara kulak vermemelidir. Erken anjiyografik sonuçlara göre total endoskopik işlemlerde greft açıklığı oranı mükemmel-



Resim 5. "LIMA to LAD" anastomozunun duran kalpte teleanipulasyonla dikilmesi

dir ve konvansiyonel CABG ile karşılaştırılabilir niteliktedir (3-5,7). Rapor edilen komplikasyon oranları da düşüktür (3-5,7). Mükemmel kozmetik sonuçların yanı sıra, ağrı azaltılması ve azalmış yara enfeksiyonu riski total endoskopik kalp cerrahisi geçiren hastalarda bariz üstünlüklerdir. Daha kısa nekahet süresi ve artmış yaşam kalitesi diğer avantajlar gibi gözükmemektedir (37), ancak bu henüz bilimsel olarak kanıtlanmamıştır.

Zorlu bir öğrenme aşamasına rağmen robotik destekli kalp cerrahisine bağlı riskler asgari düzeydedir ve artacağa da benzemiyor (18). Klasik cerrahiye dönüş azalmalıdır; fakat bu durum başarısızlık veya komplikasyon olarak yorumlanmamalıdır, çünkü bunlar sınırlı bir insizyonla yapılabilmektedir. Böyle bir durumda çoğu hastada ameliyat "off-pump" olarak küçük bir torakotomi ile tamamlanmaktadır (23).

Port Access teknolojisinin bir riski burada anılmalıdır (20). Bu sistemler yıllardır kullanılmıştır, fakat en yaygın komplikasyon olan retrograd disseksiyon deneyimli cerrahlarca bile engellenmemektedir (11). Bu yüzden henüz "port-access" düzeyinde eğitim alan kişilerin aynı zamanda total endoskopik kalp cerrahisi de öğrenmeleri önerilmemektedir (29). Ancak "port-access" sistemi ile deneyim önkoşul olmalıdır.

Robotik bir programa başlamanın en iyi yolu tarif edilmiştir. Bunun ötesinde nihai amaç çalışan kalpte total endoskopik koroner revaskülarizasyon yapmaktır. Ne yazık ki bu sadece LİMA'nin LAD'ye anastomozunda gerçekleştirilebilmiştir ve bir hayli zor gözükmemektedir (28,29). Bu yüzden bizim önerimiz tüm aşamaların tek tek, bir bütünün parçası olarak yapıldıktan sonra duran kalpte çalışılmaya başlanmasıdır. Birçok cerrah bu görüşü benimsemese de RCA'nın olduğu kadar multidamar revaskülarizasyonlarının ancak duran kalpte yapılabildiği hatırlanmalıdır.

Yapılan anastomozun performansı total endoskopik koroner revaskülarizasyonun can alıcı noktasıdır. Mükemmel stabilizasyonun olmayışı ve yukarıda bahsedilen faktörlerin yanı sıra total endoskopik kalp cerrahisinde kullanılacak anastomotik aygıtların geliştirilmesi kuşkusuz bu cerrahi prosedürün yaygınlaşmasını sağlayacaktır (33). Anastomotik aygıtların kendine has şartlarının olması (34) ve TECAB'in özel bir hasta grubuna uygulanabilir olması, dolayısıyla bu tekniğin çok az kişide gerçekleştirildiği bir gerçektir. Ancak, TECAB henüz kardiyologların her hastaya uyguladıkları perkutan kalp girişimleri aşamasına gelememiştir ve geçerli bir alternatif teşkil edememektedir.

Gelecekte hibrid revaskülarizasyonun başka bir seçenek olacağı akıld tutulmalıdır (38,39). Halen yaşam beklentisini artıran yegane işlem olarak bilinen ön duvarın arteriyel revaskülarizasyonu (40,41), gereken diğer damarlara perkutan işlemlerle kombine edilebilir. Bu işlem aslında minimal invazif koroner revaskülarizasyonun doğal bir gelişimi olmalıyken, değerlendirme çalışmalarını yapmak oldukça zordur, çünkü bu hasta grubu kardiyologların tekelindedir.

Başarılı bir robotik program için disiplinli bir ekip gereklidir. Robotik cerrahide konsol, hasta yanında olan cerrah, anesteziist ve özellikle perfüzyonist arasında daha fazla iletişim ihtiyacı vardır. Ameliyat süresi uzun da olsa eleman değişimlerinden kaçınılmalıdır.

Şu bir gerçek, robotik destekli kalp ameliyatlarının maliyeti yüksektir. Fakat bir cerrahi türü henüz gelişme aşamasındayken ve yol katettiği sürece de bu önemsenmemelidir.

Total endoskopik robotik destekli koroner revaskülarizasyon hala zahmet isteyen bir işlemdir. Bu cerrahi tamamen teknoloji bağımlıdır ve geliştirilmesi gerekmektedir. Henüz istenilen hedeflere ulaşamamıştır fakat gelecek, umut vericidir.

Kaynaklar

1. Loulmet D, Carpentier A, d'Attellis N, et al. Endoscopic coronary artery bypass grafting with the aid of robotic assisted instruments. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 118: 4-10.
2. Boehm DH, Reichenspurner H, Gulbins H, et al. Early experience with robotic technology for coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg* 1999; 1542-6.
3. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, et al. Computer enhanced "robotic" cardiac surgery: experience in 148 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 121: 842-53.
4. Kappert U, Schneider J, Matschke K, et al. Development of robotic enhanced endoscopic surgery for the treatment of coronary artery disease. *Circulation* 2001; 104 (Suppl 1): 1102-7.
5. Dogan S, Aybek T, Andressen E, et al. Totally endoscopic coronary bypass grafting on cardiopulmonary bypass with robotically enhanced telemanipulation: report on forty-five cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123: 1125-31.
6. Stevens JH, Burdon TA, Peters WS, et al. Port Access coronary artery bypass grafting: a proposed surgical method. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111: 567-73.
7. Menkis AH, Kodera K, Kiaii B, et al. Robotic surgery, the first 100 cases: where do we go from here? *Heart Surg Forum* 2004; 7: 1-4.
8. Dogan S, Aybek T, Risteski P et al. Totally endoscopic coronary artery bypass graft: initial experience with an additional instrument arm and an advanced camera system. *Surgical Endoscopy* (online version: <http://springerlink.metapress.com/app/home/issue.asp>)
9. Fann JI, Pompili MF, Stevens JH, et al. Port Access cardiac operations with cardioplegic arrest. *Ann Thorac Surg* 1997; 63 (Suppl): 35-9.
10. Kessler P, Lischke V, Westphal K. Special anesthesiologic features in minimally invasive heart surgery [in German]. *Anaesthesist* 2000; 49: 587-9.
11. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, et al. Minimally invasive port-access mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 567-74.
12. Grossi EA, Galloway AC, Oz MC, et al. Minimally invasive mitral valve surgery: a 6-year experience with 714 patients. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 660-3.
13. Wimmer-Greinecker G, Matheis G, Dogan S, et al. Patient selection for Port-Access multi vessel revascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 16 (Suppl 2): 43-7.
14. Grossi EA, Groh MA, Lefrak EA, et al. Results of a prospective multicenter study on port-access coronary bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 1475-7.
15. Kappert U, Wagner FM, Guliemos V, et al. Port Access surgery for congenital heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 16 (Suppl 2): 86-8.
16. Coste-Maniere E, Adhami L, Mourgues F, Carpentier A. Planning, simulation, and augmented reality for robotic cardiac procedures: the STARS system of the ChIR team. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 15: 141-56.
17. Vassiliades TA Jr. Technical aids to performing thoracoscopic robotically-assisted internal mammary artery harvesting. *Heart Surg Forum* 2002; 5: 119-24.
18. Bonatti J, Schachner T, Bernecker O, et al. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass: program development and learning curve issues. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 127: 504-10.
19. Falk V, Jacobs S, Gummert JF, et al. Computer enhanced endoscopic coronary artery bypass grafting: the da Vinci experience. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 15: 104-11.
20. Wimmer-Greinecker G, Matheis G, Dogan S, et al. Complications of port-access cardiac surgery. *J Card Surg* 1999; 14: 240-5.
21. Herzog C, Dogan S, Diebold T, et al. Multi-detector row CT versus coronary angiography: preoperative evaluation before totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Radiology* 2003; 229: 200-8.

22. Grundemann PF, Borst C. Endoscopic localisation and assessment of coronary arteries by 13 MHz epicardial ultrasound. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1586–92.
23. Calafiore AM, Vitolla G, Iovino T, et al. Left anterior small thoracotomy (LAST): mid-term results in single vessel disease. *J Card Surg* 1998; 13: 306–9.
24. Aybek T, Kessler P, Khan MF, et al. Operative techniques in awake coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 125: 1394–400.
25. Aybek T, Dogan S, Andressen E, et al. Robotically enhanced totally endoscopic right internal thoracic coronary artery bypass to the right coronary artery. *Heart Surg Forum* 2000; 3: 322–4.
26. Dogan S, Aybek T, Westphal K et al. Computer enhanced totally endoscopic sequential arterial coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 610–1.
27. Dogan S, Aybek T, Kahn MF, et al. Totally endoscopic bilateral internal thoracic artery bypass grafting in a young diabetic patient. *Med Sci Monit* 2002; 8: 95–7.
28. Kappert U, Cichon R, Schneider J, et al. Technique of closed chest coronary artery surgery on the beating heart. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 20: 765–9.
29. Dogan S, Aybek T, Mierdl S, Wimmer-Greinecker G. Totally endoscopic coronary artery bypass grafting on the arrested heart is a prerequisite for successful totally endoscopic beating heart coronary revascularization. *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 2002; 1: 30–4.
30. Byhahn C, Mierdl S, Meininger D, et al. Hemodynamics and gas exchange during carbon dioxide insufflation for totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 1496–501.
31. Mierdl S, Byhahn C, Dogan S, et al. Segmental wall motion abnormalities during telerobotic totally endoscopic coronary artery bypass grafting. *Anesth Analg* 2002; 94: 774–80.
32. Caskey MP, Kirshner MS, Alderman EL, et al. Six month angiographic evaluation of beating heart coronary arterial graft interrupted anastomoses using the coalescent U-CLIP anastomotic device: a prospective clinical study. *Heart Surg Forum* 2002; 5: 319–26.
33. Falk V, Walther T, Stein H, et al. Facilitated endoscopic beating heart coronary bypass grafting using a magnetic coupling device. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1575–9.
34. Klima U, Falk V, Marinka M, et al. Magnetic vascular coupling for distal anastomosis in coronary artery bypass grafting: a multicenter trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1568–74.
35. Mack MJ, Pfister A, Bachand D, et al. Comparison of coronary bypass surgery with and without cardiopulmonary bypass in patients with multivessel disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 127: 167–73.
36. Diegeler A, Walther T, Metz S, et al. Comparison of MIDCAB versus conventional CABG surgery regarding pain and quality of life. *Heart Surg Forum* 1999; 2: 290–5.
37. Morgan JA, Peacock JC, Kohmoto T, et al. Robotic techniques improve quality of life in patients undergoing atrial septal defect repair. *Ann Thorac Surg* 2004; 77: 1328–33.
38. Wittwer T, Cremer J, Boonstra P, et al. Myocardial “hybrid” revascularisation with minimally invasive direct coronary artery bypass grafting combined with coronary angioplasty: preliminary results of a multicenter study. *Heart* 2000; 83: 58–63.
39. Stahl KD, Boyd WD, Vassiliades TA, Karamanoukian HL. Hybrid robotic coronary artery surgery and angioplasty in multivessel coronary artery disease. *Ann Thorac Surg* 2002; 74: 1358–62.
40. Sergeant P, Lesaffre E, Flameng W, et al. Internal mammary artery: methods of use and their effect on survival after coronary bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 1990; 4: 72–8.
41. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986; 314: 1–6.