

# Helikal BT'de bolus izleme yöntemi kullanılarak farklı eşik değer ve farklı enjeksiyon hızlarının karaciğer boyanması üzerindeki etkileri

Cüneyt Erdoğan, Gürsel Savcı

## AMAÇ

Bolus izleme yönetimini kullanarak farklı eşik ve farklı enjeksiyon hızlarının karaciğer boyanması üzerindeki etkilerini araştırmak.

## GEREÇ ve YÖNTEM

Bu prospektif ve randomize çalışmada yüz hastada helikal karaciğer BT incelemesi gerçekleştirildi. Hastalar bir kontrol ve dört çalışma grubuna bölündü. Her grupta 150 ml noniyonik kontrast madde kullanıldı. Kontrol grubunda geçikme zamanı 60 sn, enjeksiyon hızı 3 ml/sn idi. Çalışma gruplarında iki değişik enjeksiyon hızı (3 ml/sn ve 5 ml/sn) ve iki değişik hedef eşik boyanma seviyesi (40 HÜ ve 50 HÜ) kullanıldı. Çalışma gruplarında, hastaya özgü gecikme zamanı bolus izleme tekniği kullanılarak belirlendi. Maksimum boyanma zamanı, maksimum boyanma miktarı ve ortalama karaciğer boyanma miktarı her hasta için hesaplandı.

## BULGULAR

Maksimum boyanma zamanı enjeksiyon hızının 5 ml/sn olduğu gruplarda kontrol ve diğer gruplara göre anlamlı oranda kısaldığı görüldü ( $p<0.001$ ). Ortalama karaciğer boyanma miktarı çalışma gruplarında kontrol grubuna göre belirgin olarak yüksek bulundu ( $p<0.001$ ). Maksimum boyanma zamanı eşik değerinin 50 HÜ seçildiği çalışma gruplarında kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek olduğu görüldü ( $p<0.01$ ).

## SONUÇ

Bolus izleme yöntemi ile karaciğer boyanması miktarı artırılabilir. Enjeksiyon hızının artırılması ile maksimum karaciğer boyanması daha erken oluşmaktadır. Bolus izleme yönteminde eşik 50 HÜ seçilmesi durumunda, enjeksiyon hızından bağımsız olarak boyanma miktarı artmaktadır. Bolus izleme yöntemi bulunmayan merkezlerde, 3 ml/sn hızda enjeksiyon ve 70 sn gecikme zamanı seçilmesi uygun görünmektedir.

Abdominal bilgisayarlı tomografi (BT) incelemesinde, karaciğerdeki bir patolojinin, özellikle de fokal lezyonların saptanabilirliği büyük ölçüde lezyonun çevre doku ile olan yoğunluk farkına bağlıdır (1-3). Yapılan çalışmalarda intravenöz (İV) iyotlu kontrast madde kullanımı ile, karaciğer lezyonlarının daha belirgin bir şekilde karaciğer parankiminden ayrılabilirdiği gösterilmiştir (1-6). Karaciğere yönelik İV kontrastlı BT tetkikinde hedef, incelemenin karaciğer boyanmasının en fazla olduğu anda gerçekleştirilmesidir (1-16). Helikal BT'de inceleme süresinin oldukça kısılması, bu hedefi daha ulaşılabilir bir hale getirmekle birlikte, incelemenin optimum zaman aralığında tamamlanması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır (17,18). İntravenöz kontrast madde enjeksiyonu sonrasında karaciğerde beklenen parankimal boyanma, hastanın kalp debisi, hastanın hidrasyon derecesi, renal fonksiyonları ve açlık düzeyi ile karaciğerin diffüz parankimal hastalıkları ve vasküler patolojilerinden etkilenebilir. Ne var ki bu faktörler hastaya özel olup, radyolog tarafından kontrol edilemezler (15,16). BT teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak üretilen bolus izleme yazılım programları sayesinde, hastaya özgü gecikme zamanı, önceden hedeflenen eşik boyanma düzeyine uygun olarak belirlenebilmektedir. Bolus izleme tekniği üzerinde etkili olup, radyolog tarafından kontrol edilebilen iki ana parametre hedeflenen eşik boyanma miktarı ve enjeksiyon hızıdır (19-23).

Bu çalışmamızda farklı eşik boyanma miktarı ve farklı enjeksiyon hızlarının karaciğer boyanması ve bolus izleme yönteminin performansı üzerine olan etkilerini araştırdık.

## Gereç ve yöntem

### Çalışma profili

Çalışmamıza, bölümümüze abdominal BT istemi ile gönderilen hastalar arasından, spiral BT süresince nefes tutabilecek ve ön kol venine amacımıza uygun enjeksiyonun yapılabileceği uygun ölçütte anjiyotet (18-20 G) yerleştirilebilen hastalar alındı. Çalışma grubuna alınan 100 hasta, hastane numarasının son rakamı baz alınarak biri kontrol olmak üzere, toplam 5 ayrı gruba eşit olarak dağıtıldı.

Tüm hastalarda aynı tip iyonik olmayan kontrast madde lobitridol kullanıldı (150 ml, Xenetix, 300 mg iyot/ml, Guerbet, Fransa). Kontrast madde enjeksiyonu, her olguda ön kol veninden 18-20 G anjiyotetlerle gerçekleştirildi. Kontrast maddenin enjeksiyonundan sonra BT ince-

C. Erdoğan (E), G. Savcı  
Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı,  
Bursa

Gelişi: 27.06.2002 / Kabulü: 20.02.2003



**Resim 1. A.** Gözlem fazı başlangıcında, bazal karaciğer ve aort yoğunluklarını ölçmek için elde olunan kontrastsız kesit. 1 numaralı ROI karaciğere, 2 numaralı ROI aortaya yerleştirilmiş. **B.** Kontrast maddenin bolus enjeksiyonu sonrası her iki ROI'deki boyanma-zaman eğrileri grafik ve nümerik (burada gösterilmiyor) olarak ekrandan izlenebiliyor. **C.** Belirlenen eşik değere ulaşıldığında elde olunan gözlem fazının son görüntüsünde karaciğerde hepatik arterin ve portal venin boyandığı görülüyor. **D.** Aynı seviyenin ana inceleme fazındaki görüntüsü. Parankimal boyanmanın optimum düzeyde olduğu görülüyor.

lemesini başlatmak için geçen zaman anlamı taşıyan "gecikme zamanı" CARE bolus (Combined Applications to Reduce Exposure, Siemens, Erlangen, Germany) adıyla bilinen izleme programı kullanılarak belirlendi. CARE bolus programı, İV yolla verilen kontrast maddenin vasküler sistem veya dokuda oluşturduğu yoğunluk artışını istenilen bölgede düşük radyasyon dozlu kesitler olarak belirlemeye olanak sağlamaktadır. Bu bölgelerde daha önceden hedeflediğimiz eşik yoğunluk değerine ulaşıncaya, inceleme otomatik olarak başlatılabilmektedir. Böylece hastaya özgü gecikme zamanı belirlenebilmekte ve tetkik olabildiğince doğru bir zamanlama ile başlatılmaktadır.

Kontrol hasta grubunda, bölümümüzde uyguladığımız, 3 ml/sn hız ve 60 sn gecikme zamanından oluşan rutin protokol uygulandı. Enjeksiyon hızı ve eşik boyanma düzeyleri değiştirilerek 4 farklı çalışma grubu elde edildi. Bu gruplarda 40 veya 50 HÜ olarak belirlenen eşik yoğunluk değerleri ile 3 ml/sn veya 5 ml/sn hızlardaki farklı enjeksiyon hızları karşılaştı-

tırıldı. Çalışma protokolü, tablo 1'de sunulmuştur.

#### Hasta popülasyonu

16 yaşından küçüklerle, 65 yaşından büyük erişkinlerin sistemik dolaşım zamanları arasında varyasyonlar olacağı düşünülerek, bu yaş grupları çalışma kapsamı dışında tutuldu. Bunun yanında ciddi kalp ya da böbrek yet-

**Tablo 1.** Çalışma protokolü

Gruplar	olgu sayısı	Enjeksiyon hızı (ml/sn)	Eşik değer (HÜ)	Kontrast madde miktarı (ml)
Kontrol grubu	20	3	-	150
Grup 1	20	3	40	150
Grup 2	20	3	50	150
Grup 3	20	5	40	150
Grup 4	20	5	50	150

**Tablo 2.** Parankimal boyanma parametreleri: ortalama değerler

Gruplar (Hız-eşik değer)	GZ (sn)	MBZ (Sn)	MBM (HÜ)	OKBM (HÜ)
Kontrol (3 ml/sn)	60±0	71.1±1.03	72.3±3.67	63.28±3.86
Grup 1 (3 ml/sn-40 HÜ)	58±4.41	71.6±1.38	79.6±2.32	72.16±1.95
Grup 2 (3 ml/sn-50 HÜ)	59.1±1.18	71.3±1.15	86.8±2.35	79.91±1.99
Grup 3 (5 ml/sn-40 HÜ)	50.7±1.22	60.20±1.33	78.50±2.46	73.04±2.08
Grup 4 (5 ml/sn-50 HÜ)	49.7±1.23	58.3±1.43	85.5±3.45	80.30±3.15

GZ: Gecikme zamanı, MBZ: Maksimum boyanma zamanı, MBM: Maksimum boyanma miktarı, OKBM: Ortalama karaciğer boyanma miktarı. Değerler ortalama ± standart hata olarak belirtilmiştir.

mezliği bulunan ve ölçüm hatalarına neden olabilecek difüz karaciğer hastalığı olan hastalar çalışma kapsamı dışında bırakıldı.

### BT tekniği

Tüm hastalarda inceleme spiral BT cihazı ile gerçekleştirildi (Siemens, Somatom Plus 4, Erlangen, Almanya). İnceleme süresi 20-32 sn arasında değişmekteydi. Kullanılan teknik parametreler; kolimasyon 8mm, masa ilerleme hızı 8 mm/sn (pitch 1), uygulanan gerilim 120 kilovolt (kV), akım 170 miliamper (mA), bir kesitteki radyasyon dozu 12.8 miliGray (mGy) idi. Görüntüler standart yumuşak doku algoritmi ile 8 mm kalınlıkta oluşturuldu.

Tüm gruplarda, karaciğer orta seviyesinden elde edilen bir adet kontrastsız kesitte karaciğer yoğunluğu ölçüldü. Bu kesitte, karaciğerin lezyon ya da damar içermeyen üç ayrı bölgesinden ölçüm yapıp ortalaması alınarak bazal karaciğer yoğunluğu hesaplandı. Çalışma gruplarında spiral inceleme modunda "CARE bolus" seçeneğine girilerek, karaciğer orta düzeyinden yoğunluk ölçümü için referans kesit alındı. Daha sonra bu kesit üzerinde karaciğere ve aortaya sırasıyla birer adet, çapı aortu geçmeyen daireler (region of interest, ROI) yerleştirildi (Resim 1A). Karaciğer üzerindeki dairenin vasküler yapılardan uzak olmasına özen gösterildi. Daha sonra ekranın bir köşesindeki yoğunluk-zaman grafiğinde karaciğer için hedeflediğimiz eşik değer (40 veya 50 HÜ) işaretlendi. Kontrast madde enjeksiyonu otomatik enjektörden başlatıldıktan sonra 26. sn'de, gözlem fazı için hastadan nefesini tutması istendi. Bundan sonra otomatik tetikleme ile verilen 4

sn'lik nefes hazırlığı sonrasında 30. sn'de gözlem fazına geçildi. Gözlem fazında referans kesit düzeyinden belirlenen ROI bölgelerinden, yaklaşık 1 sn aralıklarla düşük radyasyon dozlu (35 mAs, 1.15 mGy) elde olunan kesitlerde, cihaz otomatik olarak yoğunluk ölçümü yapmaktadır. Ölçümler hem görüntü olarak, hem de yoğunluk farkları zaman-yoğunluk ekseninde grafik ve sayısal olarak ekrana yansıtılabilmektedir (Resim B,C). Karaciğerdeki yoğunluk farkı grafik üzerinde daha önceden belirlediğimiz eşik değere ulaştığında, 6 sn içinde masanın topogramda belirlenen başlangıç düzeyine ilerlemesiyle, otomatik olarak ana inceleme fazına geçildi. Bu 6 sn'lik sürede hastanın nefesini bırakması ve tekrar tutması istendi. Gözlem fazı "CARE bolus" programında en çok 30 kesitle sınırlı tutulduğu için, gözlem fazında eşik değere ulaşamayan iki olguda ana inceleme manuel olarak başlatıldı. Bu iki olgunun 1. ve 4. gruplarda olduğu görüldü.

### Verilerin elde edilmesi

Ana inceleme fazında oluşturulan her kesitte, sol lobda bir, sağ lobda iki ayrı bölgeden ROI ölçümleri yapılarak kesitsel yoğunluk ortalaması hesaplandı (Resim 1d). Ölçümler, vasküler yapı ya da ışın sertleşme artefaktının bulunmadığı bölgelerden gerçekleştirildi. Dairesel ölçüm alanlarının aynı büyüklükte olmasına (1.0-1.5 cm<sup>2</sup>) özen gösterildi. Ardışık kesitlerdeki ortalama karaciğer yoğunlukları her kesitte kontrastsız incelemeden elde edilen referans karaciğer yoğunluğundan çıkarılarak, karaciğer boyama-zaman eğrisi oluşturuldu. Bu veri üzerinden her hastada, ortalama karaciğer boyanma miktarı (OKBM) mak-

simum boyanma zamanı (MBZ), maksimum boyanma miktarı (MBM) ve çalışma gruplarında ideal boyanmanın gerçekleştiği gecikme zamanları bulundu.

### İstatistiksel analiz

Kontrol ve çalışma gruplarındaki MBZ, MBM, OKBM ve gecikme zamanı ortalama değerleri arasında fark, varyans analizi yöntemiyle araştırıldı. Anlamlı bir fark saptandığında farkın nereden kaynaklandığını bulmak için Student-Newman-Keuls çoklu karşılaştırma testi kullanıldı. Gruplar arasındaki yaş, kilo ve karaciğer yoğunlukları arasında anlamlı fark olup olmadığı da varyans analizi yöntemi ile araştırıldı.

### Bulgular

Çalışma kapsamında değerlendirilen 100 hastanın (47 erkek, 53 kadın) yaşları 17 ile 65 arasında değişmekte olup, ortalama yaş ve standart hata 48,8±10,81 idi. Olguların 65'ini poliklinik, 35'ini klinik bölümlerden gönderilen hastalar oluşturdu. Hastaların kiloları 50 ile 101 kg arasında olup, ortalama kilo ve standart hata 70,7±10,65 bulundu. Beş grup arasında yaş ve kilo ve karaciğer yoğunluğu yönünden anlamlı bir fark olmadığı görüldü (p>0,05).

Bolus izleme yöntemi ile hedeflenen eşik boyanma düzeylerine 80 hastanın 78'inde ilk 60 sn içinde ulaşıldı (%97). Gözlem fazı süresince belirlenen eşiğe iki hastada ulaşamadı. Grup 1'deki 49 yaşında 76 kilodaki akciğer kanserli, multi-organ metastazı bulunan, genel durumu bozuk erkek hastada ve grup 4'teki 65 yaşında, 101 kilodaki kolon kanserli erkek hastada,

eşik değerlerin üstüne ana inceleme fazında çıktıkları görüldü.

Kontrol ve çalışma gruplarından elde edilen ortalama MBZ, MBM ve OKBM değerleri Tablo 2'de sunulmuştur.

**MBZ:** MBZ enjeksiyon hızının 5 ml/sn olduğu 3. ve 4. gruplarda 59 sn civarında iken, diğer gruplarda bu süre 71 sn düzeyinde olup, aralarında 12 sn gibi anlamlı düzeyde bir kısalma olduğu görüldü ( $p<0,001$ ).

**MBM:** MBM değerleri eşik değer 50 HÜ seçildiği gruplarda daha fazla idi. Grup 2 ve 4'te elde edilen ortalama 86 HÜ düzeyindeki MBM, kontrol grubunda elde edilen ortalama 72 HÜ MBM'ye göre anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p<0,01$ ). Eşik değer 40 HÜ olduğu gruplarda MBM ortalama 79 HÜ düzeyinde bulundu. Aradaki fark, eşik değer 50 HÜ olduğu gruplara göre anlamlı düzeyde bulunmadı ( $p>0,01$ ).

**OKBM:** Tüm çalışma gruplarında 72 HÜ ile 80 HÜ arasında değişen OKBM değerleri kontrol grubuna göre (ort. 63 HÜ) anlamlı derecede yüksek bulundu ( $p<0,001$ ).

## Tartışma

Karaciğerin tomografik incelemesinde intravenöz kontrast madde uygulanmasındaki temel amaç, karaciğer parankimi ile lezyonlar arasındaki yoğunluk farkının artırılmasıdır (1-9). Abdominal BT incelemesinde karaciğer kesitleri, parankim boyanma eğrisinin yükselme fazında maksimum karaciğer boyanmasına yakın bir noktada başlamalı, denge fazı denilen lezyon ve parankimin ekstrasvasküler alanlarındaki kontrast madde farkının eşitlendiği andan önce tamamlanmalıdır (1,3,4-7,16,17). İntravenöz kontrast madde uygulama protokolleri ve çekim teknikleri konusunda 1980'li yıllardan başlayarak günümüze dek süren tartışmalarda optimal bir çekim protokolünde fikir birliği oluşmadığını görüyoruz. Özellikle dolaşım zamanı gibi hastaya özgü birçok içsel faktör, her hastada standart bir protokolün uygulanmasını güçleştirmektedir (4-17). Yakın zamanlarda gerçekleştirilen

bir çalışmada lezyonların saptanabilirliğinin maksimum parankimal boyanma miktarı ile orantılı olduğu gösterilmiştir (18). Biz de çalışmamızda boluz izleme yöntemi olarak bilinen ve hastaya özgü gecikme zamanını belirlemeye olanak sağlayan tekniği kullanarak, maksimum karaciğer boyanma miktarının olduğu zaman aralığında karaciğer incelemesini tamamlamayı hedefledik (19-24). Günümüzde BT teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak sunulan "multislice" BT'lerde inceleme süresinin daha da kısalması, konunun önemini daha da arttırmaktadır. Bu çalışma değişik parankimal boyanma eşikleri ve değişik enjeksiyon hızlarının boluz izleme yönteminin başarısına katkısı ve bu yöntemin karaciğer boyanması üzerindeki etkisini göstermiştir.

Bulgular gözden geçirildiğinde, OKBM'nin boluz izleme yöntemi ile belirgin olarak yükselmesi benzer yöntemi kullanan yazarlarla paralellik göstermektedir (19-22). Yüksek eşik değeri (50 HÜ) seçildiğinde, MBM'nin belirgin olarak arttığı dikkati çekmiştir. Bu durum, düşük eşik değeri seçilmesi durumunda incelemenin maksimum boyanma oluşmadan önce başlatıldığını düşündürmektedir.

Enjeksiyon hızının karaciğer boyanmasına olan etkisi literatürde tartışmanın sürdüğü konularından bir diğeridir. Bazı araştırmacılar, kontrast madde enjeksiyon hızını artırarak maksimum boyanma miktarının da artırılabilirliğini savunmaktadırlar. Chambers ve arkadaşları aynı hasta grubunda, aynı miktarda kontrast madde kullanılarak yaptıkları çalışmada enjeksiyon hızını 2 ml/sn'den 3 ml/sn'ye çıkararak maksimum karaciğer boyanma miktarında %16 artış elde etmişlerdir (25). Garcia ve arkadaşları ise enjeksiyon hızını 2 ml/sn'den 5 ml/sn çıkardıklarında maksimum boyanma miktarında bir değişiklik bulmamışlardır (26). Yakın zamanda Garcia ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada, karaciğer boyanması üç değişik dozun (1,5 ml/kg, 2 ml/kg, 3 ml/kg) ve 5 değişik hızın (1,5 ml/sn, 3 ml/sn, 4,5 ml/sn, 6 ml/sn, 7,5 ml/sn) karşılaştırılması ile değerlendirilmiştir. Bu

araştırmaya göre enjeksiyon hızının artırılması, maksimum boyanma zamanını düşürmüştür, ancak maksimum boyanma miktarı üzerine bir etkisi saptanmamıştır (27). Bae ve arkadaşları (28), domuzlar üzerinde elde ettikleri verileri, teorik olarak oluşturdukları kompartman modellerine simüle ederek tartışmaya yeni bir boyut getirdiler. Hesaplamalarına göre enjeksiyon hızıyla, maksimum boyanma miktarı arasında doğru, ancak lineer olmayan bir ilişki mevcuttur. Enjeksiyon hızının 0,2 ml/sn'den 1 ml/sn'ye çıkarmanın maksimum boyanma miktarını %20-30 oranında arttırdığını, ancak 2 ml/sn ve üzerindeki hızlarda maksimum boyanma miktarında belirgin bir artış olmadığını göstermişlerdir. Çalışmamız enjeksiyon hızlarının parankimal boyanma üzerine olan etkisini araştıran bir çalışma olmamakla birlikte, enjeksiyon hızının 3 ml/sn'den 5 ml/sn'ye çıkarılması ile parankimal boyanma miktarındaki artışın ihmal edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür. Bu açıdan 3 ml/sn üzerindeki enjeksiyon hızlarının tanısal kaliteyi anlamlı derecede artırmadığı düşünülmektedir.

Boluz izleme yönteminde ana incelemeye geçiş zamanını belirleyen ana faktör, gözlem fazı için belirlenen hedef boyanma eşikleridir. Heiken ve arkadaşlarının da tarif ettiği gibi, optimal bir inceleme için 50 HÜ'lük bir parankimal boyanma birçok hipovasküler ve metastatik tümör için yeterlidir (14). Çalışmamızda 40 HÜ ile 50 HÜ'lük eşik değer karşılaştırmamızın nedeni bazı hastalarda 50 HÜ'lük eşik boyanma düzeyine ulaşamaması ihtimali idi. Gözlem fazında sadece iki olguda 40 ve 50 HÜ'lük değere ulaşamadı. Bu olgularda ana inceleme fazında bu değerlerin geçildiği görüldü. Ortalama karaciğer boyanma düzeyi boluz izleme yöntemi kullanılan olguların %100'ünde 50 HÜ üzerinde idi. Kontrol olgularının sadece %80'inde bu düzeyin üzerine çıkılabildi. Silverman ve arkadaşları (22) 150 ml 320 mg/ml iyot içerikli kontrast madde kullanarak (bizim çalışmamızda 300 mg/ml) olgularının, %100'ünde 50 HÜ'nün üzerinde kara-

çiğer boyanması elde etmişlerdir. Silverman ve arkadaşlarının (21) daha önceki bir çalışmasında ise iyot konsantrasyonu 300 mg/ml kontrast madde kullandıklarında %4 olguda hedeflenen eşik düzeye ulaşamadığını bildirmişlerdir. Paulson ve arkadaşları (23) ise bolus izleme tekniği kullandıkları %35 hastada 60 sn içinde 50 HÜ'lük eşik değerini geçilemediğini görmüşler ve bu başarısızlıkta etkin olan ana faktörlerin aşırı kilo, uzun dönemli hospitalizasyon ve bozulmuş oral alım olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda elde edilen yüksek başarı oranının, olguların çoğunluğunun poliklinik hastası olması ve damar yolu problemi bulunmaması ile ilgili olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamız klinik hasta grubunda uygulandığı için, deneysel çalışmalarda olduğu gibi birçok parametreyi kontrol altında tutmamız mümkün olmadı. Yine de grupların yaş, kilo, açlık düzeyi durumlarında belirgin farkın olmaması ve ileri derecede kalp, böbrek ve karaciğer rahatsızlığı bulunmayan olgulardan oluşması hastaların homojen bir grup oluşturmasını ve karşılaştırmaların güvenilirliğini artırmaktadır. Ancak çalışmanın sonuçlarını kendi hasta grubuna uygulayacak ya da kendi bulguları ile karşılaştıracak araştırmacıların, çalışmaya aldığımız hastalarda damar yolu ve dolaşım problemi bulunmayan ve genellikle ayaktan tedavi gören hastalardan oluştuğunu gözönünde bulundurmaları gerekmektedir.

## Kaynaklar

1. Foley WD. Dynamic hepatic CT. *Radiology* 1989; 170:617-622.
2. Foley WD. Dynamic hepatic CT scanning. *AJR* 1989;152:272-274.
3. Berland LL, Lee JY. Comparison of contrast media injection rates and volumes for hepatic dynamic incremented computed tomography. *Invest Radiol* 1988; 23:912-922.
4. Walkey MM. Dynamic hepatic CT: how many years will it take till we learn? *Radiology* 1991; 181:17-18.
5. Cox IH, Foley WD, Hoffman RG. Right window for dynamic hepatic CT. *Radiology* 1991; 181:18-21.
6. Berland LL. Additional comment: dynamic hepatic CT. *Radiology* 1991; 181:22-23.
7. Cox IH, Foley WD. Drs Cox and Foley reply. *Radiology* 1991; 181:23-24.

Sonuç olarak, bolus izleme tekniği kullanıldığında karaciğerdeki boyanma miktarı belirgin olarak artırılabilir. Enjeksiyon hızının 3 ml/sn üzerine çıkarılması maksimum karaciğer boyanması için geçen süreyi kısaltmakta ancak, maksimum boyanma düzeyini değiştirmemektedir. Bolus izleme programı kullanılan olgularda, ideal karaciğer boyanması için enjeksiyon hızının 3 ml/sn, eşik düzeyinin 50 HÜ seçilmesinin uygun parametre-

ler olduğunu düşünmekteyiz. Enjeksiyon hızının 3 ml/sn seçildiği kontrol grubu, birinci ve ikinci gruplarda maksimum boyanmanın 70 sn civarında olduğu görülmüştür (Tablo 2). Bu açıdan bolus izleme programı bulunmayan spiral BT cihazlarında enjeksiyon hızı 3 ml/sn seçilirse, ortalama 70 sn'lik bir gecikme zamanı ile olguların büyük bir kısmında ideal parankimal boyanma elde edilmesi mümkündür.

## THE EFFECT OF DIFFERENT THRESHOLD LEVELS AND INJECTION RATES ON HEPATIC ENHANCEMENT BY USING BOLUS TRACKING TECHNIQUE IN HELICAL CT

**PURPOSE:** To evaluate the influence of different injection rates and different threshold levels on hepatic enhancement using the bolus tracking technique.

**MATERIALS AND METHODS:** One hundred patients were included in this randomized and prospective study performed on a helical CT. Patients were assigned to one control and four study groups. Each group received 150 ml nonionic contrast medium. In the control group, used delay time and injection rate were 60 sec and 3 ml/sec, respectively. In the study groups, two different injection rates, 3 ml/sec (groups 1 and 2) and 5 ml/sec, respectively. In study groups, two different preselected thresholds, 40 HU (groups 1 and 3) and 50 HU (groups 2 and 4) were used. In these groups, delay times were determined individually by means of the bolus tracking technique. Peak enhancement time (PET), peak enhancement value (PEV), and mean hepatic enhancement (MHE) on CT scans was calculated for each group.

**RESULTS:** PET was found to be significantly earlier in the study groups in which the injection rates were 5 ml/sec, compared to the other groups ( $p<0.001$ ). MHE was significantly higher in all study groups compared to the control group ( $p<0.001$ ). PEV was higher in study groups that the preselected threshold was 50 HU compared to only the control group ( $p<0.01$ ).

**CONCLUSION:** Use of a bolus tracking program helps to achieve a greater level of hepatic enhancement. Increasing the injection rate shortens the time to peak hepatic enhancement. The threshold level of 50 HU achieves a great level of hepatic enhancement independent of injection rates in the bolus tracking technique. If the bolus tracking technique is not available, using an injection rate of 3 ml/sec and 70 sec delay time seems to be appropriate.

**Key words:** • liver • contrast media • spiral CT

**TURK J DIAGN INTERVENT RADIOL 2003; 9:207-212**

8. Small WC, Nelson RC, Bernardino ME, Brummer LT. Contrast-enhanced spiral CT of the liver: effect of different amounts and injection rates of contrast material on early contrast enhancement. *AJR* 1994; 163:87-92.
9. Platt JF, Glazer GM. IV contrast material for abdominal CT: comparison of three methods of administration 1988; 151:275-277.
10. Miller DL, Simmons JT, Chang R, et al. Hepatic metastasis detection: comparison of three CT contrast enhancement methods. *Radiology* 1987; 165:785-790.
11. Foley WD, Hoffmann RG, Quiroz FA, Kahn CE Jr, Perret RS. Hepatic helical CT: contrast material injection protocol. *Radiology* 1994; 192:367-371.
12. Polger M, Seltzer SE, Head BL, Savci G, Silverman SG, Adams DF. Spiral computed tomography of the liver: contrast agent pharmacokinetics and the potential for improved hepatic enhancement. *Acad Radiol* 1995; 2:19-25.
13. Heiken JP, Brink JA, McClennan BL, Sengel SS, Forman HP, DiCroce J. Dynamic contrast-enhanced CT of the liver: comparison of contrast medium injection rates and uniphasic and biphasic injection protocols. *Radiology* 1993; 187:327-331.
14. Dean PB, Violante MR, Mahoney JA. Hepatic CT contrast enhancement: effect of dose, duration of infusion and time elapsed following infusion. *Invest Radiol* 1980; 15:158-161.
15. Dodd GD, Baron RL. Investigation of contrast enhancement in CT of the liver: the need for improved methods. *AJR* 1993; 160:643-646.
16. Baron RL. Understanding and optimizing use of contrast material for CT of the liver. *AJR* 1994; 163:323-331.

17. Berland LL. Slip-ring and conventional dynamic hepatic CT: contrast material and timing considerations. *Radiology* 1995; 195:1-8.
18. Kuszyk BS, Bluemke DA, Choti MA, Horton KM, Magee CA, Fishman EK. Contrast-enhanced CT of small hypovascular hepatic tumors: effect of lesion enhancement on conspicuity in rabbits. *AJR* 2000; 174:471-475.
19. Kopka L, Funke M, Fischer U, Vossenhilch R, Oestmann JW, Grabbe E. Parenchymal liver enhancement with bolus-triggered helical CT: preliminary clinical results. *Radiology* 1995; 195:282-284.
20. Silverman PM, Brown B, Wray H, et al. Optimal contrast enhancement of the liver using helical (spiral) CT: value of Smart Prep. *AJR* 1995; 164:1169-1171.
21. Silverman PM, Roberts S, Teff MC, et al. Helical CT of liver: clinical application of an automated computer technique, Smart Prep, for obtaining images with optimal contrast enhancement. *AJR* 1995; 165:73-78.
22. Silverman PM, Roberts S, Ducic I, et al. Assessment of a technology that permits individualized scan delays on helical hepatic CT: a technique to improve efficiency in use of contrast material. *AJR* 1996; 167:79-84.
23. Paulson EK, Fisher AJ, DeLong DM, Parker DD, Nelson RC. Helical liver CT with computer assisted bolus-tracking technology: is it possible to predict which patients will not achieve a threshold of enhancement? *Radiology* 1998; 209:787-792.
24. Bluemke DA, Soyer P, Fishman EK. Helical (spiral) CT of the liver. *Radiol Clin North Am* 1995; 33:863-868.
25. Chambers TP, Baron RL, Lush RM. Hepatic CT enhancement. Part II. Alterations in contrast material volume and rate of injection within same patients. *Radiology* 1994; 193:518-522.
26. Garcia PA, Bonaldi VM, Bret PM, Liang L, Reinhold C, Atri M. Effect of rate of contrast medium injection on hepatic enhancement at CT. *Radiology* 1996; 199:185-189.
27. Garcia PA, Genin G, Bret PM, Bonaldi VM, Reinhold C, Atri M. Hepatic CT enhancement: effect of the rate and volume of contrast medium injection in an animal model. *Abdom Imaging* 1999; 24:597-603.
28. Bae KT, Heiken JP, Brink JA. Aortic and hepatic peak enhancement at CT: effect of contrast medium injection rate-pharmacokinetic analysis and experimental porcine model. *Radiology* 1998; 206:455-464.