

*KLİNİK ARAŞTIRMA***MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE
KARACİĞER HACMİNİN HESAPLANMASINDA
FORMÜL VE CAVALIERİ YÖNTEMİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

COMPARISON OF CAVALIERI METHOD WITH THE FORMULA IN
CALCULATION OF LIVER VOLUME IN
MAGNETIC RESONANCE IMAGING

**Fatma YAŞAR
Tuna İMAMOĞLU
Gürhan ADAM
Nuri ERDOĞAN**

ÖZET

Amaç: Karaciğer hacim ölçümlerinin Cavalieri yöntemiyle veya basit formüle dayalı ölçüm yöntemiyle elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması.

Gereç ve Yöntem: Çalışma, hepatomegalisi veya karaciğerde yer kaplayıcı lezyonu olmayan 36 kişinin T2 ağırlıklı üst karın aksiyel manyetik rezonans (MR) kesitlerinde gerçekleştirildi. MR görüntülemesi Philips Achieva 1.5 Tesla MR cihazında alınan 7 mm kesit kalınlığı ve 1.5 mm kesit aralığında uygulandı. Karaciğerin hacmi iki farklı gözlemci tarafından Cavalieri ilkesine dayanan noktalı alan ölçüm yöntemi; ve karaciğerin belirli bir geometrik şekli (dörtkenarlı) olduğunu varsayan formüle dayalı yöntemi ile ($A \times B \times C \times 1/3$) hesaplandı. Cavalieri yönteminde kesit kalınlığının oluşturduğu olumsuz etkiyi gidermek için hata katsayısı %0.05'in altında olacak şekilde matematiksel düzeltme işlemi gerçekleştirildi. Gözlemciler arası uyum ve yöntemlerin ürettiği sonuçlar arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelendi.

Bulgular: Cavalieri yöntemiyle yapılan ölçümlerde gözlemciler arasındaki uyum oldukça yüksektir ($R=0,98$). Formüle dayanan hesaplamada kullanılan çizgisel ölçümler için gözlemciler arası uyumlar da yüksek bulundu ($R>0,94$). Formüle dayalı ve Cavalieri yöntemiyle yapılan hesaplamaların ilişkisi orta-iyi derecedeydi ($R=0,72$).

Sonuç: Formüle dayalı hesaplamalar daha pratik olmasına rağmen, karaciğerin büyüklüğü kabaca takmin edilebilir. Karaciğer büyüklük izleminin duyarlılıkla yapılması gereken durumlarda ve hepatomegali tanısı için arada kalınan olgularda Cavalieri yönteminin kullanılması daha akılcı bir yaklaşım olacaktır.

Anahtar Sözcükler: Cavalieri yöntemi, Karaciğer hacmi, Manyetik Rezonans Görüntüleme

SUMMARY

Aim: To compare the results obtained through based or a simple formula and or Cavalieri method based on point counting of the liver volume calculations.

Tepecik Eğitim ve Araştırma Hast., Radyoloji Laboratuvarı, İzmir.

(Klin. Şef. Doç. Dr. N. Erdoğan, Uz. Dr. T. İmamoğlu, Uz. Dr. F. Yaşar, Uz. Dr. G. Adam)

Yazışma: Uz. Dr. Tuna İmamoğlu

Material and Method: The study was conducted on T2 weighted axial MR images of upper abdomen in 36 patients with no evidence of hepatomegaly and/or mass lesion. MR imaging was performed by Philips Achieva 1.5 Tesla MR equipment with 7 mm slice thickness and 1.5 mm gap. Liver volume was calculated by two different observers through Cavalieri method based on point counting and a formula that is $(A \times B \times C \times 1/3)$, assuming that liver is a tetrahedron. To eliminate the negative effect of slice thickness in Cavalieri method, a mathematical correction was performed to keep the coefficient of error below 0.05%. Interobserver reliability of the measurements and the final calculations were statistically examined.

Results: The interobserver correlation was significantly high ($R=0.98$) in Cavalieri method. Although the reproducibility of the linear measurements used in formula based approach was high ($R>0.94$), the correlation with the formula and point counting-based calculations was fair-to-good ($R= 0.72$).

Conclusion: Although formula based calculations are more practical, it can roughly estimate the liver volume. In borderline cases of hepatomegaly or in cases whom the liver size estimations require more precision, Cavalieri method offers a more rational approach.

Key Words: Cavalieri method, Liver volume, Magnetic Resonance Imaging

GİRİŞ

Klinik uygulamalarda karaciğer hacminin doğru olarak saptanması hepatomegali kararı vermek için şarttır. Bunun yanı sıra canlı vericiden yapılan karaciğer nakillerinde greft hacminin doğru olarak saptanması açısından da önemlidir (1,2).

Karaciğerin toplam büyüklüğüne ilişkin kaba bir ölçüm Ultrasonografi (US) ile elde edilebilir. US yapan kişiye bağımlı ve gözlemciler arası değişkenliği olan bir görüntüleme yöntemidir. Bu amaçla kullanılan diğer yöntemler arasında kesitsel görüntüleme yöntemleri olan Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Manyetik Rezonans (MR) Görüntüleme ile sintigrafi yer alır (3).

BT ve MR görüntülerinde organların büyüklüklerine ilişkin değerlendirmeler genellikle planimetri (organ sınırlarının elle ya da bilgisayar yazılımları aracılığıyla saptanmasıyla) yöntemiyle veya çizgisel (iki boyutlu) ölçümler olarak bunların belirli bir formül içine yerleştirilmesiyle gerçekleştirilir (1,4-11). Son yıllarda bunlara nokta sayımına dayalı Cavalieri yöntemi de eklenmiştir (12-15).

Cavalieri yönteminde organ hacmini hesaplamak için önce her bir kesitte o organa ait olan izdüşümlerin alanı noktalı alan ölçümü cetvelleriyle hesaplanır. Daha sonra bu veriler toplanarak kesit kalınlığı ile çarpılır ve hacim bilgisine ulaşılır (16,17). Bu yöntemin önemli bir avantajı, hata oranlarının matematiksel olarak tanımlanıyor ve bu oranların ölçüm sonrasında matematiksel düzeltmelere izin veriyor olmasıdır (18).

Bu çalışmada, MR görüntülemesinde karaciğer büyüklüğüne yönelik formüle dayalı bir hesaplama yönteminin sonuçları Cavalieri yöntemiyle elde edilen

ölçümlerle kıyaslanmıştır. Formüle dayalı yöntemler, karaciğerin belirli bir geometrik şekle sahip olduğu varsayımından yola çıkarak, birbirine dik üç farklı düzlemden alınan uzunluk ölçümlerinin bir katsayı ile çarpılmasından $(A \times B \times C \times k)$ oluşmaktadır. Amacımız daha basit(kolay) olduğu varsayılan formüle dayalı yöntemin, Cavalieri yöntemiyle kıyaslanmasıdır. Referans olarak Cavalieri yönteminin seçilmesinin gerekçesi bu yöntemle elde edilen sonuçlarda matematiksel olarak hata yüzdesinin düzeltilebilmesi ve hata katsayısının %0.05'in altında tutulabilmesidir (18).

GEREÇ VE YÖNTEM

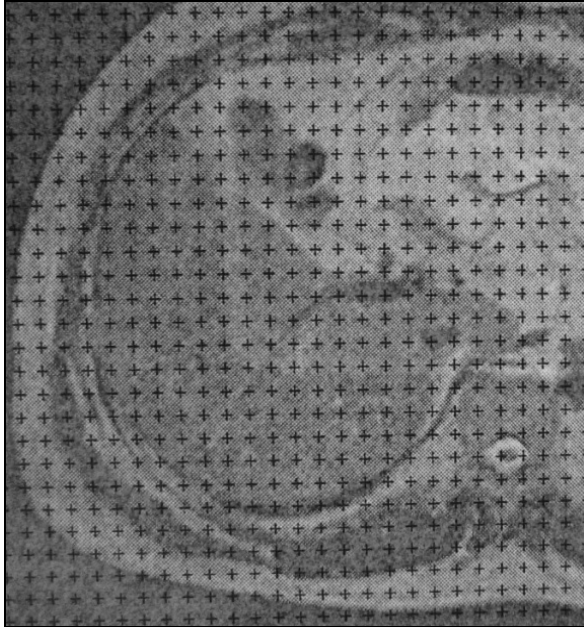
Çalışma, Eylül 2009 ve Kasım 2009 dönemlerinde Radyoloji Laboratuvarında çeşitli nedenlerle üst karın MR çekilen 36 hasta üzerinde yapılmıştır. Hastaların ortalama yaşı 32'dir (yaş aralığı; 21-40 yıl). Bunların 21'i kadın (%58.3) ve 15'i (%41.6) erkektir. Hastaların tümü hepatomegali kuşkusuz olmayan ve MR görüntülemesinde karaciğer lezyonu saptanmayan kişilerden oluşmaktadır.

Görüntüleme bölümümüzde bulunan Philips Achieva 1.5 Tesla MR cihazı (Philips Medical Sytems, The Best, Netherlands) ile gerçekleştirildi. Bütün hastalarda T2 ağırlıklı aksiyel görüntüler üzerinde çalışıldı. Bu sekansa ait ölçütler şu şekildedir: TR/TE, 1000\80; kesit kalınlığı, 7 mm; kesit aralığı, 1.5 mm; NEX, 2 ve FOV, 400-450.

Çalışmada karaciğerin hacim ölçümleri için iki farklı yaklaşım uygulandı:

1. Cavalieri ilkesine dayanan noktalı alan ölçüm yöntemi
2. Karaciğerin geometrik şeklinin dört kenarlı olduğunu varsayan formüle dayalı hesaplama.

Önce kesitler üzerinde öncelikle Cavalieri ilkesine dayanan noktalı alan ölçüm yöntemi kullanıldı. Ölçümler için daha önce tanımlanmış nomogramlar kullanılarak hata katsayısı %0.05'i aşmayacak şekilde nokta aralığı 3 mm olan noktalı alan ölçüm cetveli seçildi (13). Bu cetvel şeffaf bir asetat üzerine bastırıldı ve kağıda bastırılmış MR görüntüleri üzerine cetvel rastgele konuldu (Resim 1). Her bir kesitte ilgili yapıların kesit yüzey alanı ile çakışan noktalar sayıldı. Noktanın gerçekte temsil ettiği alanı bulmak için kesit üzerinde gerçek uzunluğu temsil eden cetvel kullanıldı. Daha sonra aşağıdaki formül ile karaciğer hacimleri ölçüldü:



Resim 1. Cavalieri ilkesine dayanan noktalı alan ölçüm yöntemi.

$$V = t \times (a_1 + a_2 + \dots + a_s) \text{ cm}^3$$

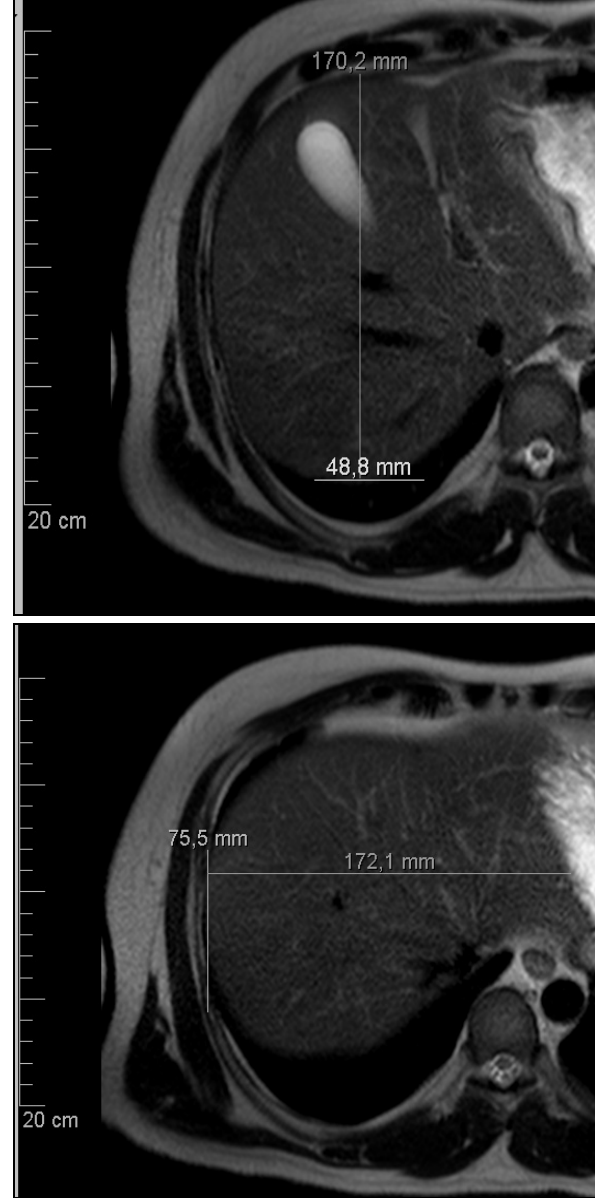
Formüldeki $(a_1 + a_2 + \dots + a_s)$ n sayıdaki kesitlerin kesit yüzey alanlarının cm^2 cinsinden, t ise s sayıdaki ardışık kesitlerin cm cinsinden kesit kalınlığını ifade etmektedir. Hacim ölçümü her hasta için yaklaşık 10 dakika sürmüştür.

Daha sonra karaciğerin geometrik şeklinin dört kenarlı olduğunu varsayan formül kullanıldı. Formülde k değeri olarak $1/3$ kullanıldı, çünkü,

$$\text{Dörtgen uzunluk hacmi} = 1/3 \times (a \times b \times c)$$

Formülde a , b ve c sırasıyla karaciğerin, koronal ve sagittal düzlemlerdeki ölçümlerine karşılık gelmektedir. k ise katsayıdır. Uzunluk; kesit sayısını kesit kalınlığı ve kesit aralığı toplamı ile çarparak elde edilmiştir.

Koronal ve sagittal uzunluklar için ise adı geçen düzlemlerdeki en geniş organ ölçümleri alınmıştır (Resim 2).



Resim 2. Karaciğerin dörtgen şekli olduğunu varsayan formüle dayalı ölçüm yönteminde sagittal ve koronal düzlemlerden alınan ölçümler.

İstatistiksel analiz için; 1. Yukarıda tanımlanan bütün ölçümler (Cavalieri yöntemiyle elde edilen hacim ölçümleri ve formüllerin gerektirdiği çizgisel uzunluk ölçümlerinin tümü) iki ayrı gözlemci tarafından birbirinden bağımsız olarak tekrarlanmış, elde edilen ölçümler Spearman'ın ilişki analizi ile gözlemciler arası güvenilirlik analizi ile değerlendirilmiştir 2. Formüle dayalı yöntemin ürettiği sonuçlar

Spearman'ın ilişki analizi kullanılarak Cavalieri yöntemine dayanan sonuçlarla kıyaslanmıştır.

BULGULAR

Çalışmamızda elde edilen istatistiksel verileri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

1. Cavalieri yöntemiyle yapılan karaciğer hacim ölçümlerinde birinci gözlemci ortalama karaciğer hacmini $1567,6 \pm 239,0 \text{ cm}^3$, ikinci gözlemci ise $1525,9 \pm 254,2 \text{ cm}^3$ olarak bulmuştur.
2. Bu yöntemle ölçülen karaciğer hacimlerinin her iki gözlemci arasındaki ölçüm güvenilirliğini belirleyen ilişki katsayısı (r) +0,98 olarak bulundu. Bu 100 ölçümünün 98'inin birbirine eşit olduğu anlamına gelir.
3. Karaciğerin dörtgen olduğuna dayanan formüle yöntemiyle her iki gözlemci tarafından yapılan uzunluk (U), koronal (K) ve sagittal (S) ölçümler ve ölçümler arasındaki gözlemciler arası güvenilirliği belirleyen ilişki katsayıları (r) Tablo 1'de sunulmuştur. Ölçümlerde gözlemciler arası ileri derecede uyum (r değerleri sırasıyla 1,0; 0,94 ve 0,99 dur.) vardır.

Tablo 1. Karaciğerin Uzunlamasına, Koronal ve Sagittal Uzunluklarına Yönelik Gözlemciler Tarafından Yapılan Ölçümler

	Uzunlamasına ölçüm (cm)	Koronal ölçüm (cm)	Sagittal ölçüm (cm)
1. Gözlemci	154,7 ± 16,8	178,1 ± 15,1	151,1 ± 16,9
2. Gözlemci	152,6 ± 16,1	177,6 ± 15,7	152,3 ± 17,0
Gözlemciler Arası Güvenilirlik (r)	+1,00	+0,94	+0,99

4. Karaciğerin dörtgen olduğuna dayanan hesaplama ile Cavalieri yöntemiyle bulunan değerlerle kıyaslandığında uyum (r) +0,72 dir bulunmuştur. (orta-iyi derecede uyumluluk).

TARTIŞMA

Pratik çalışmalarda karaciğer hacminin doğru olarak saptanması hepatomegali kararı vermek için şarttır. Bu ölçüm Karaciğer nakli öncesi ve sonrası karaciğer büyüklüğünü saptamak için de kullanılabilir (1,4). Özellikle canlı vericiden yapılan karaciğer nakillerinde greft hacminin doğru olarak saptanması, nakledilen hacmin komplikasyonlara yol açmaması açısından önemlidir. Bu durumda olabilecek en önemli komplikasyon nakledilen kişiye göre küçük (Karaciğer grefti /alıcı ağırlık oranı < %1) bir yamanın (Karaciğer

greftinin) yetersizliğidir (5). Nakil hastaları dışında kalan olgularda karaciğer hacim ölçümleri sirozlu hastalarda karaciğer rezerv işlevinin dolaylı bir göstergesi olabilir (4). Primer biliyer siroz hastalarında, karaciğer/dalak hacimleri oranının prognozu belirlemede kullanılabileceğini belirtilmiştir. (19). Benzer bir biçimde, Hesaplanmış karaciğer hacminin, vücut yüzey alanına dayalı bir formülle elde edilen standart karaciğer hacmiyle oranlandığında elde edilen değer, fulminan karaciğer yetmezliğinde prognostik bir değere sahip olduğu bildirilmiştir. (20).

Karaciğer büyüklüğünü değerlendirmek için fiziksel inceleme ile yapılan değerlendirmeler çoğu zaman gerçeği yansıtmaz (21). Bu durum sınırdaki büyüklüğe sahip karaciğer için daha çok geçerlidir. Görüntüleme yöntemleri karaciğer büyüklüğünü değerlendirmede fiziksel incelemeye kıyasla daha etkin rol oynarlar.

Ultrasonografi, yapması kolay, tekrarlanabilir ve X-ışını içermeyen bir yöntem olması nedeniyle en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. En önemli dezavantajı yapan kişiye bağımlı olmasıdır. Bu durum gözlemciler arasında değişkenliğe yol açar. BT ve MR görüntülemenin başkaları tarafından yorumlanma şansı vardır. Basım öncesinde filmler üzerinde sayısal yöntemler kullanarak hassas ölçümler yapılabilir ve bunlar filme geçirilebilir.

Kesitsel görüntülerde karaciğer büyüklüğünü değerlendirmek için çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan birincisi Sınırları belirleme yöntemidir.

Kesitler üzerinde organ sınırlarının bir yazılım yardımıyla elle çizilmesiyle veya iki boyutlu ölçümler olarak gerçekleştirilir (1,6,7). Bazı aygıtlarda bu yöntemi daha kolay ve hızlı gerçekleştirmek için özel üretilmiş bilgisayar yazılımları vardır (4,5,8-11). Bunlar mühendislik basamaklarını kullanarak organın sınırlarını otomatik olarak belirlerler (segmentasyon).

İkinci yöntem ise Nokta sayımıdır. Bu yöntemde birbirine eşit aralıklarda dizilmiş noktalardan oluşan şeffaf bir cetvel (noktalı alan ölçüm cetveli) kullanılır (Resim 1) (12-15). Bu yöntem sonucu elde edilen alan ölçümleri, Cavalieri ilkesi doğrultusunda kesit kalınlığı ile çarpılır ve toplam hacim bilgisine ulaşılır.

Cavalieri ilkesi, matematiksel temellerini ilk ortaya koyan İtalyan matematikçinin adıyla anılmaktadır. Bu ilkeye göre; hacmi hesaplanmak istenen yapı başından sonuna kadar seri kesitlere ayrılır. Her bir kesitte yapıya ait olan izdüşümlerin alanı hesaplanır. Alan

hesaplaması, pahalı olan görüntü analiz sistemleri kullanılarak yapılabileceği gibi, noktalı bir alan ölçüm cetveli kullanılarak da aynı güvenilirlikte sonuçlar elde edilebilir (16,17).

Son yıllarda radyolojik tetkiklerden elde edilen görüntüler üzerinde Cavalieri ilkesine dayalı hacim hesaplama yöntemi kullanılarak, gerçekte üç boyutlu olan her yapının hacminin etkin ve tarafsız bir biçimde ölçüldüğü ve iki boyutlu görüntülerden kaynaklanan hatalardan uzak bir değerlendirmenin yapılabileceği gösterilmiştir (22,23-26). Cavalieri yönteminde önce ilgilenilen yapıdan, nesnenin tümünü kapsayacak şekilde, birbirine paralel kesitler alınır. İlk kesit rastgele ve daha sonrakiler sabit bir kalınlık aralığında (t) alınmalıdır. Daha sonra kesitlerin daima aynı tarafa bakan yüzeylerinden alan hesabı yapılır ve kesitlerin yüzey alanlarının toplamı kesit kalınlığı ile çarpılır. Bu işlem aşağıdaki formülle tanımları.

$$\text{Hesaplama}_1 V=t x(a_1+a_2+\dots\dots\dots+a_n)cm^3$$

Formülde, $(a_1+a_2+\dots\dots\dots+a_n)$ kesit alanlarını cm^2 olarak $,(t)$ ise n sayıdaki ardışık kesitlerin kesit kalınlığı ortalamasını cm olarak göstermektedir.

Bazı otomatik aletler veya bilgisayar programları kullanılarak kesit yüzey alanının hesaplanması mümkündür. Ancak, yapılan çalışmalar kesit yüzey alanlarının elde edilmesinde nokta sayım tekniklerinin, planimetrik tetkiklerden daha güvenilir ve etkin bir yaklaşım olduğunu göstermiştir (27,28).

Bu nedenle şeffaf bir asetat üzerinde belli aralıklarla yerleştirilmiş noktalardan oluşan bir noktalı alan ölçüm cetveli, kesitlerin yüzey alanlarının hesaplanmasında kullanılabilir (17,22,29,30) (Resim 1). Bu noktalar eşit aralıklarla dizilidir ve her biri belli bir alana karşı gelmektedir. Noktalı alan ölçüm cetveli, BT ya da MR görüntüsü üzerine rastgele olarak konulur ve ilgilenilen yapının kesit görüntüsü ile keşilen noktalar sayılır. Elde edilen nokta sayısı, her bir noktanın temsil ettiği alan ve kesit kalınlığı aşağıdaki formülde yerlerine konularak ilgilenilen yapının hacmi hesaplanır:

$$\text{Hesaplama}_2 V=t x a/p x (P_1+P_2+\dots\dots\dots+P_s)cm^3$$

Formülde, $(P_1,P_2,\dots\dots\dots P_s)$ her bir kesitte sayılan nokta miktarını, (a/p) ise her bir noktanın gerçekte temsil ettiği alanı göstermektedir.

Bu çalışmada, nokta sayımına dayalı Cavalieri yöntemiyle elde edilen karaciğer hacim ölçümleri, karaciğerin yaklaşık olarak dörtgenbenzediğini varsa-

yan formüle dayalı hesaplama yönteminin sonuçlarıyla kıyaslanmıştır. Formüle dayalı hesaplamalar üç düzlemde alınan uzunluk ölçümlerinin bir katsayısıyla çarpılmasına dayanmaktadır. Dolayısıyla bu hesaplamaların Cavalieri yöntemi kadar hassas sonuç vermesini değil, kısa ve pratik bir yöntem olarak etkinliğini araştırmayı hedefledik. Diğer taraftan, nokta sayımına dayalı Cavalieri yöntemi de ‘‘altın standart’’ değildir. Kesit alanı içine düşen nokta sayısı (ya da noktalar arasındaki mesafenin) yol açtığı hata katsayısının varlığı bilinmektedir ve matematiksel olarak tanımlanmıştır (18). Çalışmamızda hata katsayısı değeri %0.05’in altında tutularak ve kesit kalınlığının yarattığı artırıcı etki düzeltilerek işlem yapılmıştır (14). Bu işlemler sonucunda organ büyüklüklerinin gerçeğe çok yakın olarak hesaplanabildiğini düşünüyüyoruz. Bu bilgiler ışığında çalışmamızın verilerini şöyle özetleyebiliriz:

1. Cavalieri yöntemiyle yapılan ölçümlerde gözlemler arasındaki uyum oldukça yüksektir ($r=+0,98$). Bu durum Cavalieri yönteminin tekrarlanabilir ve tarafsız bir yöntem olduğunu göstermektedir.
2. Formüle dayalı yöntemlerin etkin olabilmesi için formülde kullanılan uzunluk ölçümlerinde (L, K ve S) gözlemler arası uyumun yüksek olması gerekir. Çalışmamızda bu uyum da yüksek çıkmıştır (Her üç düzlemde yapılan ölçümlerde r değeri 0.94 ve üzerindedir). Üç düzleme ait değerler formüle yerleştirilip katsayı (k) değeri olan 1/3 ile çarpıldığında elde edilen sonuç Cavalieri yöntemiyle orta-iyi derecede uyumludur. ($r=+0,72$). Bu durum pratikte formüle dayanan hesaplamaların gerçek hacimle iyi derecede uygun gösterdiğini ve kullanılabilirliğini düşündürmüştür. Bununla birlikte büyüklük ölçümleri sınırda olan olgularda etkinlikleri düşük olacaktır. Yeteri kadar büyük olan karaciğerlerde hepatomegaliyi saptamak için fiziksel inceleme bile yeterli olabilir. Hepatomegali kararı vermek için arada kalınan olgularda ve büyüklük izleminin incelikle yapılması gereken durumlarda Cavalieri yönteminin daha uygun olacağını düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, nokta sayımına dayalı Cavalieri yöntemi; gözlemler arası güvenilirliği yüksek, etkin, tarafsız, incelemeyi gerçekleştiren veya dış kurumlardaki kişilerce tekrarlanabilecek, maliyeti olmayan bir yöntemdir. Sayısal arşivleme olanakları ve görüntülerin başka merkezlere sayısal olarak taşınabilirliğinin kısıtlı olduğu ülkemiz şartlarında, cepte taşınabilecek nitelikteki noktalı alan ölçüm cetveleri ile

basılı filmler üzerindeki ölçümlerin farklı radyologlarca tekrarlanabilmesine olanak veren bu yöntemin hacim ölçümlerinde oldukça kullanışlı (kolay, basit) olduğunu düşünüyoruz. Daha kısa zaman alan ve karaciğerin belirli bir geometrik şekli olduğunu varsayan formüle dayalı hesaplamaların karaciğer büyüklüğünü kaba olarak belirlemede faydası olabilir. Bununla birlikte ölçüm hassasiyeti gerektiren durumlarda Cavalieri yönteminin kullanılması daha akılcı bir yaklaşımdır.

KAYNAKLAR

1. Caldwell SH, De Lange EE, Gaffey MJ. Accuracy and significance of pretransplant liver volume measured by magnetic resonance imaging. *Liver Transpl Surg* 1996; 2(6): 438-42
2. Ogasavara K, Une Y, Nakajima Y, Fukumoto T, Sane S. The significance of measuring liver volume using computed tomographic images before and after hepatectomy. *Surg Today* 1995; 25: 43-8
3. Andy A, Dixon AK. Grainger & Allison's Diagnostic Radiology. 5th ed., 2008, Chapter 73 (e-book)
4. Zhu J, Leng X, Dong N. Measurement of liver volume and its clinical significance in cirrhotic portal hypertensive patients. *World J Gastroenterol* 1999; 5(6): 525-6
5. Duran C, Aydinli B, Tokat Y. Stereological evaluation of liver volume in living donor liver transplantation using MDCT via the Cavalieri method. *Liver Transpl* 2007; 13: 693-8
6. Geraghty EM, Boone JM, McGahan JP. Normal organ volume assessment from abdominal CT. *Abdom Imaging* 2004; 29: 482-90
7. Heymsfield SB, Fulenwider T, Nordlinger B. Accurate measurement of liver, kidney and spleen volume and mass by computerized axial tomography. *Ann Intern Med* 1979; 90: 185-7
8. Muggli D, Müller MA, Karlo C, Fornaro J. A simple method to approximate liver size on cross-sectional images using living liver models. *Clin Radiol* 2009; 64: 682-9
9. Hermoye L, Laamari-Azjal İ, Cao Z. Liver segmentation in living liver transplant donors: Comparison of semiautomatic and manual methods. *Radiology* 2005; 234: 171-8
10. Müller SA, Blauer K, Kremer M. Exact CT-Based liver volume calculation including nonmetabolic liver tissue in three-dimensional liver reconstruction. *J Surg Res* 2009; 10: 1016
11. McNeal G, Maynard WH, Robert BA. Liver volume measurement and three-dimensional display from MR images. *Radiology* 1998; 169: 851.
12. Roberts N, Puddephat MJ, McNulty V. The benefit of stereology for quantitative radiology. *Br J Radiol* 2000; 73: 679-97
13. Odacı E, Bahadır A, Yıldırım S. Cavalieri ilkesi kullanılarak bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleri üzerinden hacim hesaplanması ve klinik önemi. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi* 2005; 25: 421-8
14. Şahin B, Ergür H. Assessment of the optimum section thickness for the estimation of liver volume using magnetic resonance images: A stereological gold standart study. *Eur J Radiol* 2006; 57: 96-101
15. Şahin B, Emirzeoğlu M, Uzun A. Unbiased estimation of the liver volume by the Cavalieri principle using magnetic resonance images. *Eur J Radiol* 2003; 47: 164-70
16. Diab KM, Ollmar S, Sevastik JA. Volumetric determination of normal and scoliotic vertebral bodies. *Eur Spine J* 1998; 7: 282-8
17. Şahin B, Aslan H, Unal B. Brain volumes of the lamb, rat and bird do not show hemispheric asymmetry: A stereological study. *Image Anal Stereol* 2001; 20: 9-13
18. Canan S, Şahin B, Odacı E. Toplam hacim, hacim yoğunluğu ve hacim oranlarının hesaplanmasında kullanılan bir stereolojik yöntem: Cavalieri ilkesi. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi* 2002; 22: 7-14
19. Murata Y, Abe M, Hiasa Y, Azemoto N. Liver/spleen volume ratio as a predictor of prognosis in primary biliary cirrhosis. *J Gastroenterol* 2008; 43: 632-6
20. Yamagishi Y, Saito H, Tada S. Value of computed tomography-derived estimated liver volume/standart liver volume ratio for predicting the prognosis of adult fulminant hepatic failure in Japan. *J Gastroenterol Hepatol* 2005; 20 (12): 1843-9
21. Sullivan S, Krasner N, Williams R. The clinical estimation of liver size: a comparison of techniques and an analysis of the source of error. *Br Med J* 1976; 2 (6043): 1042-3.
22. Roberts N, Garden AS, Cruz-Orive LM. Estimation of fetal volume by magnetic resonance imaging and stereology. *Br J Radiol* 1994; 67: 1067-77
23. Webb J, Guimond A, Eldridge P. Automatic detection of hippocampal atrophy on magnetic resonance images. *Magn Reson Imaging* 1999; 17: 1149-61
24. Calmon G, Roberts N. Automatic measurement of changes in brain volume on consecutive 3D MR images by segmentation propagation. *Magn Reson Imaging* 2000; 18: 439-53
25. Vaithianathar L, Tench CR, Morgan PS. White matter T1 relaxation time histograms and cerebral atrophy in multiple sclerosis. *J Neurol Sci* 2002; 197: 45-50
26. Mazonakis M, Damilakis J, Varveris H. Bladder and rectum volume estimations using CT and stereology. *Comput Med Imaging Graph* 1998; 22: 195-201
27. Mathieu O, Cruz-Orive LM, Hoppeler H. Measuring error and sampling variation in stereology. Comparison of the efficiency of various methods of planar image analysis. *J Microsc* 1981; 121: 75-88
28. Jorgen H, Gundersen G, Boysen M, Reith A. Comparison of semiautomatic digitizer-tablet and simple point counting performance in morphometry. *Virchows Arch B Cell Pathol Incl Mol Pathol* 1981; 37: 317-25
29. Mackay CE, Pakkenberg B, Roberts N. Comparison of compartment volumes estimated from MR images and physical sections of formalin fixed cerebral hemispheres. *Acta Stereol* 1999; 18: 149-59
30. Clatterbuck RE, Sipos EP. The efficient calculation of neurosurgically relevant volumes from computed tomographic scans using Cavalieri's direct estimator. *Neurosurgery* 1997; 40: 339-42.

İLETİŞİM

Tuna İmamoğlu
Tel:0 545 234 69 73
E-posta:akturlu@myynet.com