



ABDOMİNAL TRAVMALI HASTALARDA YENİ BİR METOD İLE YARI OTOMATİK İNTRAABDOMİNAL PERİORGAN HEMATOM HACMİ HESAPLAMASI

SEMI-AUTOMATED MEASUREMENT OF INTRAABDOMINAL PERIORGAN HEMATOMA WITH A NEW METHOD IN PATIENTS WITH BLUNT ABDOMINAL TRAUMA

¹Tuncer Ergin, ²Özgür Dandin, ³Onur Osman, ⁴Gökalp Tulum, ⁵Uygar Teomete, ⁶Ferhat Cüce

¹Radyoloji Servisi
GATA Ankara
tuncerergin@yahoo.com

²Genel Cerrahi Servisi
Bursa Asker Hastanesi
dandinozgur@gmail.com

³Elektrik Elektronik Mühendisliği
İstanbul Arel Üniversitesi
onurosmann@arel.edu.tr

⁴Elektrik Elektronik Mühendisliği
T.C. Yeni Yüzyıl Üniversitesi
gokalptulum@yeniyuzyl.edu.tr

⁵Radyoloji Bölümü
Miami Miller Tıp Fakültesi
uygarteomete@yahoo.com

⁶Radyoloji Servisi
Ankara Mevki Hastanesi
ferhatcuce@hotmail.com

Özetçe:

Abdominal travma sonrası gelişen periorgan hematom hacminin ölçülmesinde yeni bir yarı otomatik metod ortaya koymak amaçlanmıştır. Yeni metod periorgan hematom tanısı konulan 10 ayrı hastanın BT'leri kullanılarak oluşturuldu ve abdominal travma sonrası gelişen periorgan hematom tespit edilen 31 hastanın BT'leri ile doğruluğu test edildi. Yirmi sekiz hastada perisplenik, 12 hastada perinefritik ve 2 hastada da perihepatik hematoma mevcut idi. Sadece yedi hastada birden fazla organ çevresinde hematom mevcut idi. Yeni yarı otomatik segmentasyon programı ManSeg 2.1 radyolog tarafından kullanılarak hematom volümleri hesaplandı ve sonuçlar bağımsız başka bir radyoloğun konvansiyonel metod ile hesapladıkları ile karşılaştırıldı. İstatistiksel analizler student t test kullanılarak yapıldı. Sensitiviti, spesifisiti, pozitif ve negatif prediktif değerler hesaplanarak iki radyoloğun sonuçları karşılaştırıldı. Hematom hacmi bütün vakalarda hesaplandı. Bütün hematomlar büyüktü ve indirek olarak total volümüün organ volümüünden çıkarılması ile hesaplandı. Konvansiyonel metod ile karşılaştırıldığında Manseg 2.1 programı kullanılarak yapılan hematom hacmi hesaplaması güvenilir bir seçenektir.

Anahtar kelimeler: hematom hacmi, travma, yarı otomatik

Abstract:

Our aim is to demonstrate a new semi-automated method for measuring periorgan hematoma due to abdominal organ trauma. The new methods' performance was evaluated on randomly selected 31 CT scans from 31 patients (10 females, 21 males, median age:39,5) with traumatic intraabdominal periorgan hematoma. Twenty seven patients had perisplenic, eleven had perirenal and two had perihepatic hematomas. Only seven patients had more than one periorgan hematoma. A new semi-automated segmentation tool ManSeg 2.1 was used by a radiologist for measuring hematoma volumes and the results were compared with conventional method by another blinded radiologist. Statistical analyses were performed by using Student's t test. $P < 0.05$ denoted statistical significance. Sensitivity, specificity, and positive and negative predictive values of the system was managed and compared to that of two radiologists. Measurement of hematoma volume was feasible in all cases. All hematomas were large and measured indirectly. Measurement of periorgan intraabdominal hematoma volume with semi-automated segmentation tool ManSeg 2.1 present us a reliable option comparing with conventional method.

Key words: hematoma volume, trauma, semi-automated

Bilgisayar Destekli Tanı Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

1. Giriş:

Künt batın travması sonrasında acil servise başvuran hastalarda tespit edilen batın içi yaralanma oranı yaklaşık olarak %13'dür [1]. Multitравmalı hastalar hemodinamik olarak stabil veya stabil hale getirilmiş ise altın standart tanı yöntemi bilgisayarlı tomografi (BT)'dir [2]. Hastaların doğru ve hızlı değerlendirilmesi hayati önem taşımaktadır. Aksi halde morbidite ve mortalite oranları artar. Hemodinamik olarak stabil ve izole dalak yaralanması olan hastalarda %60-80 spontan iyileşme oranı ile operatif olmayan yaklaşım iyi bir seçenektir [3]. Bu tip vakalarda operatif olmayan yaklaşımı seçme kararı ek yaralanmalar var ise oldukça zordur [4, 5]. Murakami ve arkadaşları [6] MDBT görüntülerinde tespit edilen aktif ekstrasvazyonun miktar ve yerinin künt ve penetran yaralanmaların yönetiminde Abdominal travmalı hastalarda tespit edilen batın içi hematoma gerçek boyutu terapötik yaklaşımların (operatif ve operatif olmayan) seçiminde hayati rol oynamaktadır ve hastaların prognozunu etkilemektedir [7-9].

Günümüzde hemoperitoneum mitarı BT ile ölçülmektedir. BT görüntülerinden organ çevresinde oluşan hematoma miktarının hesaplanmasında sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de basit ABC/2 metodudur. Hematom volümü hesaplaması için kullanılan bu metod Kwak ve arkadaşları tarafından sunulmuştur [10] ve bu formül volüm hesaplanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır ve subdural ile intrakranial parankim içi hematoma hacmi hesaplamasına adapte edilmiştir [11-13]. Organı saran hematoma 3 boyutu birbirini ile çarpılıp aynı yöntemle ölçülen organın volümünden çıkarılır ve hematoma hacmi hesaplanır.

Hematoma boyutunun belirlenmesinde subjektif yöntemler [14] ile birlikte tek [15-17] ve iki boyutlu [18] ölçümler de yapılmaktadır. Tek ve iki boyutlu hesaplamalar ile karşılaştırıldığında volümetrik değerlendirme ve hematoma miktarının hesaplanması kan kaybı hakkında daha doğru bilgiler vermektedir.

Bilgisayar yardımıyla tanı yapay zeka ve görüntü işleme kullanılır. Bu yeni teknoloji araştırmacılar tarafından hastaların doğru ve hızlı değerlendirilerek tanıların konulması için geliştirilmektedir. Biz çalışmamızda travma sonrası abdominal organ çevresindeki hematoma volümünün hesaplanmasında kullanılan ve ABC/2 metodu ile karşılaştırdığımız yarı otomatik yeni bir metod sunmayı amaçladık.

2. Materya ve Metod:

2.1. Çalışma popülasyonu:

Çalışma, Miami Üniversitesi etik kurulundan onaylanarak başlatılmıştır. 2008 Ocak- 2014 Temmuz tarihleri arasında abdominal travma nedeniyle toraks ve abdominal multi dedektör bilgisayarlı tomografi tetkiki yapılan hastalar Ryder Travma Merkezi, Jackson Memorial Hastanesi (Seviye 1 travma merkezi)'nin kayıtlarından taranmıştır.

2.2. BT Tekniği:

Bütün BT'ler standart protokole göre Siemens Somatom Sensation or Definition 64 (Siemens Medical Solutions USA Inc., Malvern, PA, USA) ile çekilmiştir. Çekim esnasında bütün hastalar hemodinamik olarak stabil idi. 100 mL of intravenöz contrast madde (iohexol, [Omnipaque, 350 mgI/mL]; Amersham Health Inc., Princeton, NJ, USA) 18 or 20 gauge kanül ile 4.0mL/sec hızında antekübital vene bir power enjektör (CT9000; Liebel-Flarsheim, Cincinnati, OH)

vasıtası ile verilmektedir. Rutinde, görüntüler arterial ve portal venöz fazda sırasıyla 20 ve 65 sn gecikme ile çekilerek elde edilmektedir. Çekip parametreleri: tüp voltajı= 120kV, detector genişliği= 0.6mm, slays kalınlığı= 1.5 and 3mm. Biz segmentasyon için slays kalınlığı 3 mm olan görüntülerden faydalandık. Görüntüler radyolog tarafından rapor edilmiştir. BT görüntüleri abdominal travma olan üç fazlı çalışmalar için akciğer tabanından pelvise kadar, abdominal ve torakal travma olan iki fazlı çalışmalarda boyun tabanından pelvise kadar olan kısımlardan elde edilmiştir. BT'de organ yaralanmasının derecesini göstermek için American Association for the Surgery of Trauma'nın 1994'te revize ettiği organ hasar skalasını kullandık.

2.3. Görüntülerin Değerlendirilmesi:

BT'ler local hard diske DICOM formatında kaydedildi. On yıldan fazla iş tecrübesi olan hastanın prognozu, klinik ve cerrahi bulgularından habersiz olan iki bağımsız radyolog (T.E, F.C) tarafından her bir BT incelenmiştir. Bir araştırmacı (Ö.D) tarafından hastanın demografik verileri (yaş, cinsiyet, travmanın mekanizması, yaralanma yeri ve derecesi, VKİ) verileri taranmıştır.

Radyologlar sadece hastanın ilk başvuru anındaki hikayesini bilmektedir. Toplanan datalar bir çalışma dosyasına kaydedilmiştir. Tüm BT dataları 84-164 slays aralığında portal venöz fazları içermektedir. Organ çevresindeki hematoma hacmi hesaplanan organ hacminden çıkarılarak hesaplanmıştır.

Bütün hesaplamaları arteriyel faz ve eğer mevcut ise geç fazlar ile karşılaştırdıktan sonra portal fazdan elde edilmiştir.

2.4. Demografik bulgular ve yaralanmış dalağın özellikleri

Travma sonrası farklı hastalarda periorgan hematoma tespit edilen 10 adet BT görüntüsü kullanarak metodumuz oluşturduktan sonra 31 ayrı hastanın BT görüntüleri test için kullanıldı. Otuz iki hastada 42 periorgan hematoma tespit edilmiş. Yirmi sekiz hastada perisplenik, 12 hastada perinefritik ve 2 hastada da perihepatik hematoma mevcut idi. Hastaların sadece 7'sinde birden çok organda periorgan hematoma mevcut idi. Hastaların 21' si erkek idi. Ortalama (+SD) yaş ve VKİ sırasıyla 39,51±16,12, 27,34±5,64 idi. Ayrıca ortalama (+SD) hematokrit değeri 30,02%±3,54 idi. Ayrıca organ yaralanma dereceleri: Derece 0=4, I=2, II=8, III=12, IV=12 ve V=3 idi. Yaralanma mekanizmaları ise ateşli silah yaralanması =3, araç içi trafik kazası=17, araç dışı trafik kazası=8, yüksekten düşme=2 ve künt saldırı= 1 idi.

2.5. Yarı Otomatik Segmentasyon

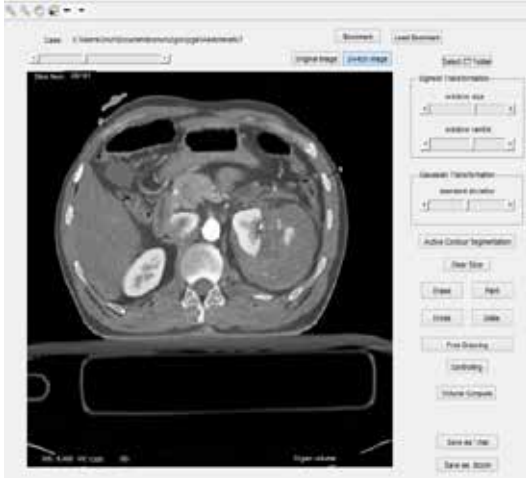
Radyologların BT görüntüleri üzerinde manuel olarak yapacakları segmentasyon işlemlerini hızlı yapabilmeleri ve segmente edilen hacmi hesaplayabilmeleri için yarı otomatik segmentasyon yapan ManSeg2.1 programı geliştirilmiştir. Bu programın kullanıcı arabirimi Şekil 1'de gösterilmiş olup hem aktif kontur yöntemiyle otomatik segmentasyon hem de gerekli rötuşların yapılabilmesi için el ile çizim yapılabilmektedir. Bunların dışında otomatik segmentasyona yardımcı olacak çeşitli yoğunluk transformasyon yöntemleri ile görüntü üzerinde silme, renklendirme, segmente edilen yapı üzerinde aşındırma ve genişletme işlemlerini yapacak fonksiyonlar mevcuttur. Segmentasyon işlemi tamamlandıktan sonra dicom görüntüleri segmente edilen bölgenin kenarları belirlenerek yine dicom formatında kaydedilebilmekte ayrıca

Bilgisayar Destekli Tam Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

çeşitli hesaplamaların yapılabilmesi için segmente edilen bileşen tüm hacim içinde ikili (logic) olarak matris formatında bir dosyaya kaydedilmektedir.

info'dan alınan voksel boyutları kullanılarak hesaplanmaktadır.



Şekil 1. ManSeg2.1 arayüzü

2.6. Otomatik Segmentasyon

ManSeg2.1'de otomatik segmentasyon için aktif kontur yöntemi kullanılmaktadır. Yöntem olarak Chan ve Vese'in bölge tabanlı enerji modeli kullanılmıştır. Aktif kontur uygulanmadan önce dicom görüntüleri üzerinde segmente edilecek bölgenin yoğunluğunu artıracak diğer bölgelerin ise yoğunluğunu düşürecek sigmoid-Gaussian yoğunluk transformasyonu uygulanmaktadır. Bunun için öncelikle sigmoid fonksiyonunun merkez değeri segmente edilecek organa göre ayarlanmakta ardından sigmoid fonksiyonunun yaklaşık lineer olan bölgesinin genişliği pencere aralığı olarak ayarlanmaktadır. Son olarak sadece merkez ve pencere aralığının yüksek, diğer bölgelerin ise düşük yoğunluklu olabilmesi için Gauss transformasyon fonksiyonu uygulanmaktadır.

Sigmoid ve Gauss fonksiyonlarının uygulanmış hali Şekil 2'de görülmektedir. Burada merkez değeri WC olarak, pencere genişliği için gerekli değişken WS olarak ve Gauss fonksiyonunun standart sapması da SD olarak görünmektedir. Bu değişkenler ayarlanarak BT görüntüleri denklem (1) ve (2) deki fonksiyonlara bağlı olarak transformasyon uygulanmaktadır.

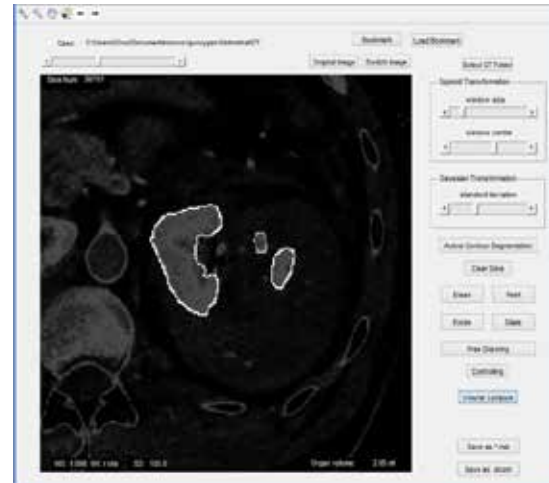
$$f(x) = 1024 \left(1 - \frac{2}{1 + e^{WS(x-WC)}} \right) \quad (1)$$

$$g(x) = \exp \left(-\frac{(f(x)-WC)^2}{2SD^2} \right) \quad (2)$$

Organ segmentasyonu yapılacağı durumda, WS, WC ve SD değişkenlerinin değerleri uygun şekilde ayarlanarak sadece istenen organın yüksek yoğunlukta olması sağlanmalıdır. Ardından o bölgeye aktif kontur uygulanarak organ segmente edilebilmektedir. Şekil 3'de böbrek 38'inci kesitte segmente edilmiştir. Tüm kesitlerdeki segmente edilen bölgenin hacmi arabirimin sağ alt kısmında gösterilmektedir. Hacim bilgisi segmente edilen bölgenin içindeki voksel sayısı ve dicom



Şekil 2. Sigmoid-Gaussian transformasyonu uygulanmış görüntü.



Şekil 3. Aktif kontur ile sol böbreğin segmentasyonu

2.7. Manuel segmentasyon

Segmente edilecek bölgenin yoğunluk bakımından homojen bir yapıya sahip olmaması durumunda istenilen bölgenin tamamının yoğunluğu yüksek diğer bölgelerin ise düşük yapılamadığından otomatik segmentasyon yöntemleri uygulanamamaktadır. Bu nedenle hematoma ve organın beraber segmente edilmesi veya, kistik bir lezyon veya geniş bir kontüzyon alanı bulunan organlarda segmentasyon işlemi kullanıcı ara yüzünde free drawing düğmesi kullanılarak manuel olarak yapılmaktadır. Bu araç ile segmentasyon işlemi bölgenin çevresinin el ile çizilmesi ile gerçekleştirilmektedir.

Örnek olarak yine aynı kesit için hematoma ve böbrek kesiti birlikte manuel olarak Şekil 4'de gösterildiği gibi segmente edilmiş ve hacmi hesaplanmıştır.

Bilgisayar Destekli Tanı Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma



Şekil 4. Segmente edilmiş hematoma ve sol böbrek

3. Bulgular:

3.1. Hematom Hacmi Hesabı:

Geleneksel yöntemle toplam hacim hesabı genişlik, kalınlık ve uzunluk değerleri kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$V_{CT} = W_T T_T L_T / 2 \quad (3)$$

Burada, W_T hematoma ve organın kapladığı hacmin genişliği, T_T kalınlığı ve L_T ise yüksekliğidir. Genişlik ve kalınlık birbirlerine dik olacak en büyük değerler olarak alınırken yükseklik bu hacmin kaç kesit sürdüğünden yola çıkararak hesaplanır.

Benzer şekilde bir organın hacmi aşağıdaki formülle hesaplanır,

$$V_{CO} = W_O T_O L_O / 2 \quad (4)$$

Burada, W_O organın genişliği, T_O kalınlığı ve L_O ise yüksekliğidir. Bu değerlerin hesaplanmasında yukarıda verilen bilgiler yine aynı şekilde kullanılır.

4. Sonuç ve Tartışma

Volümetrik hematoma hacmi ölçümleri travma sonrası kan kaybının hesaplanmasında tek ve iki boyutlu ölçümlerle karşılaştırıldığında daha doğru sonuçlar vermektedir. Verbeek ve arkadaşları [19] majör pelvik kırığı bulunan hastalarda, abdominal kanama kontrolü gereksiniminde CT'de tespit edilen intraperitoneal serbest sıvının prediktif değeri ile mevcut sıvı miktarı arasında yakın ilişti olduğunu tespit etmişlerdir. Fazla miktarda serbest sıvı yüksek oranda abdominal kanama şeklinde değerlendirilir ve kanama denetimi gerektirir.

Ayrıca perirenal hematoma olan hastaların evaluasyonunda hematoma volümünün önemi birçok farklı çalışmada gösterilmiştir [15,18,20]. Nuss [16] ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada renal hilum seviyesinde hematoma boyutu ölçülmüştür ve hematoma boyutu ile anjiyografik embolizasyon gereksinimi ilişkisi gösterilmiştir. Ichigi ve arkadaşları [18] yüksek dereceli parankimal laserasyon ve yüksek hematoma/vücut alanı arasındaki korelasyonu göstermişlerdir ki bu durum ileri terapötik

Bu iki hacmin farkından da hematoma hacmi geleneksel olarak bulunmuş olur.

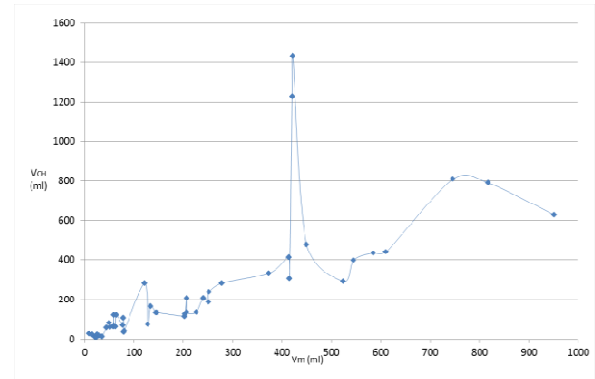
$$V_{CH} = V_{CT} - V_{CO} \quad (5)$$

Geleneksel yöntem kullanılarak hesaplanan toplam hacim, organ hacmi ve hematoma hacminin ortalama karesel hatasının karekök (RMSE) değeri Tablo 1'de verilmektedir.

Table 1: Toplam hacim (V_{CT}), organ hacmi (V_{CO}) ve hematoma hacimlerinin ($V_{CH} = V_{CT} - V_{CO}$) geleneksel yöntemle hesaplanması sonucu oluşan hatanın etkin değeri.

	V_{CT}	V_{CO}	V_{CH}
RMSE (ml)	234.55	61.86	208.66

Şekil 5'de radyoloğun ManSeg2.1 yoluyla yarı-otomatik olarak hematoma hacmini (V_m) hesapladığı vakalara karşı geleneksel yolla hesaplanan hematoma hacimleri (V_{CH}) gösterilmektedir.



Şekil 5: ManSeg2.1 kullanılarak manuel yöntemle elde edilen hematoma hacimlerine (V_m) karşı geleneksel yolla hesaplanan hematoma hacimleri (V_{CH}).

yaklaşımlar gerektirir. Tong ve arkadaşlarının [21] yaptığı renal travmaları içeren başka bir çalışmada ise BT görüntülerinin alanları toplanarak elde ölçülen hematoma boyutunun, böbrek parankim hasarının derecesinden daha fazla klinik prognoz ile korele olduğunu göstermişlerdir.

Biz BT görüntüleri kullanarak uyguladığımız yarı otomatik metodun, klasik ABC/2 metodunu karşılaştırdığımızda, abdominal travma sonrası perisplenik, perirenal ve perihepatik hematoma hacmi tayininin istatistik olarak anlamlı derecede daha doğru sonuçlar verdiğini tespit ettik.

Bu yöntem ile daha kısa sürede daha doğru sonuçlar elde ederek travma sonrası hastada meydana gelen kanama miktarının belirlenmesinde hastanın, hastanın takibinde tedavi yaklaşımlarının belirlenmesinde yeni ve etkili bir yöntem sunmaktayız.

References:

[1] Nishijima D.K, Simel D.L, Wisner D.H, Holmes J.F., "Does this adult patient have a blunt intra-abdominal injury?", JAMA 307(14):1517-1527, 2012.



Bilgisayar Destekli Tam Yöntemleri

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

- [2] Poletti P.A, Wintermark M, Schneyder P, Becker C.D., "Traumatic injuries: role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation)", *Eur Radiol* 12:969-978, 2002.
- [3] Knudson MM, Lim RC, Jr., Oakes DD, Jeffrey RB, Jr., "Nonoperative management of blunt liver injuries in adults: the need for continued surveillance", *J Trauma*, 30(12): p. 1494-500, 1990.
- [4] Ochsner, M.G., "Factors of failure for nonoperative management of blunt liver and splenic injuries", *World J Surg*, 25(11): p. 1393-6, 2001.
- [5] Barrett J, Sheaff C, Abuabara S, Jonasson O., "Splenic preservation in adults after blunt and penetrating trauma", *Am J Surg*, 145(3): p. 313-7, 1983.
- [6] Murakami AM, Anderson SW, Soto JA, Kertesz JL, Ozonoff A, Rhea JT, "Active extravasation of the abdomen and pelvis in trauma using 64MDCT", *Emerg Radiol*, 16(5): p. 375-82, 2009.
- [7] Roshchyn HH, Kryliuk VO, Ivanov VI, Novikov FM, Kuz'min V, "Hemoperitoneum as a predictor of the traumatic process complications in the injured persons with severe combined trauma", *Klin Khir*, (6): p. 55-8, 2013.
- [8] Konstantakos AK, Barnoski AL, Plaisier BR, Yowler CJ, Fallon WF, Jr., Malangoni MA, "Optimizing the management of blunt splenic injury in adults and children", *Surgery*, 126(4): p. 805-12; discussion 812-3, 1999.
- [9] Baque P, Iannelli A, Dausse F, de Peretti F, Bourgeon A, "A new method to approach exact hemoperitoneum volume in a splenic trauma model using ultrasonography", *Surg Radiol Anat*, 27(3): p. 249-53, 2005.
- [10] Kwak, R., S. Kadoya, and T. Suzuki, "Factors affecting the prognosis in thalamic hemorrhage", *Stroke*, 14(4): p. 493-500, 1983.
- [11] Kothari RU, Brott T, Broderick JP, Barsan WG, Sauerbeck LR, Zuccarello M, et al, "The ABCs of measuring intracerebral hemorrhage volumes", *Stroke*, 27(8): p. 1304-5, 1996.
- [12] Gebel JM, Sila CA, Sloan MA, Granger CB, Weisenberger JP, Green CL, et al., "Comparison of the ABC/2 estimation technique to computer-assisted volumetric analysis

of intraparenchymal and subdural hematomas complicating the GUSTO-1 trial", *Stroke*, 29(9): p. 1799-801, 1998.

[13] Freeman WD, Barrett KM, Bestic JM, Meschia JF, Broderick DF, Brott TG, "Computer-assisted volumetric analysis compared with ABC/2 method for assessing warfarin-related intracranial hemorrhage volumes", *Neurocrit Care*, 9(3): p. 307-12, 2008.

[14] Chichakli R, Krause R, Voelzke B, Turk T, "Incidence of perinephric hematoma after percutaneous nephrolithotomy", *J Endourol*, 22(6): p. 1227-32, 2008.

[15] Dugi DD, 3rd, Morey AF, Gupta A, Nuss GR, Sheu GL, Pruitt JH, "American Association for the Surgery of Trauma grade 4 renal injury substratification into grades 4a (low risk) and 4b (high risk)", *J Urol*, 183(2): p. 592-7, 2010.

[16] Nuss GR, Morey AF, Jenkins AC, Pruitt JH, Dugi DD, 3rd, Morse B, et al, "Radiographic predictors of need for angiographic embolization after traumatic renal injury", *J Trauma*, 67(3): p. 578-82; discussion 582, 2009.

[17] Ishikawa E, Nomura S, Hamaguchi T, Obe T, Inoue-Kiyohara M, Oosugi K, et al., "Ultrasonography as a predictor of overt bleeding after renal biopsy", *Clin Exp Nephrol*, 13(4): p. 325-31, 2009.

[18] Ichigi Y, Takaki N, Nakamura K, Sato S, Kato A, Matsuo Y, et al, "Significance of hematoma size for evaluating the grade of blunt renal trauma", *Int J Urol*, 6(10): p. 502-8, 1999.

[19] Verbeek DO, Zijlstra IA, van der Leij C, Ponsen KJ, van Delden OM, Goslings JC, "Predicting the need for abdominal hemorrhage control in major pelvic fracture patients: the importance of quantifying the amount of free fluid", *J Trauma Acute Care Surg*, 76(5): p. 1259-63, 2014.

[20] Santucci RA, McAninch JW, "McAninch, Diagnosis and management of renal trauma: past, present, and future", *J Am Coll Surg*, 191(4): p. 443-51, 2000.

[21] Tong YC, Chun JS, Tsai HM, Yu CY, Lin JS., "Use of hematoma size on computerized tomography and calculated average bleeding rate as indications for immediate surgical intervention in blunt renal trauma", *J Urol*, 147(4): p. 984-6, 1992.