



Redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık tedavisinde üç boyutlu model uygulaması

Xi LIN^{1,2}, Fu-Zhi AI², Qing-Shui YIN², Hong XIA², Zeng-Hui WU², Xiang-Yang MA²

¹Fujian Vilayet Hastanesi, Fuzhou, Çin

²Liu-Hua-Qiao Hastanesi, Ortopedi Kliniği, Guangzhou, Çin

Amaç: Bu çalışmanın amacı, redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık tedavisinde vida yerleştirilmesi uygulamasının doğruluğunu geliştirmek için kullanılan gerçek boyutlu hızlı prototipleme (HP) 3-boyutlu model uygulamasını tarif etmektir.

Çalışma planı: Çalışmaya redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık bulunan 10 hasta dahil edildi. Tüm hastalar Japon Ortopedik Derneği (Japanese Orthopedic Association, JOA) skoru kullanılarak değerlendirildi. Cerrahi işlem sırasında ve sonrasında grafiler, MRG ve BT çekildi. Her hasta için 3 boyutlu bir HP modeli yaratıldı. Model, her pedikül hakkında detaylı bilgi elde etmek amacıyla ve ameliyat sırasında bir referans olarak kullanıldı. Model yardımıyla, tüm olgularda transoral atlantoaksiyel redüksiyon plakası ile tespit yapıldı.

Bulgular: Ortalama operasyon süresi 145 (dağılım: 90-180) dakika ve ortalama kan kaybı 120 (dağılım: 60-250) ml idi. Cerrahi sonrası JOA skorlarının daha iyi olduğu görüldü. Kırk transoral pedikül/lateral mass vidasının tamamı ciddi bir komplikasyon veya internal tespit yetmezliği gelişmeden yerleştirildi. Ameliyat sonrası grafiler ve BT taraması, 38 transoral pedikül/lateral mass vidasının pedikül yollarında bulunduğunu teyit etti. Vidaların %95'inde tatmin edici bir redüksiyon elde edildi. İki vida son derece dar bir pedikül vakasında C2 pedikülünün yan duvarını deldi. Hastanın takibinde hiçbir nörolojik sekel veya vertebral arter yaralanmasına rastlanmadı.

Çıkarımlar: Hızlı prototipleme redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık ameliyatı sırasında, özellikle anormal anatomik olgularda, doğru ve güvenli vida yerleştirilmesi açısından etkili ve güvenilir bir tekniktir.

Anahtar sözcükler: Anatomik model; atlantoaksiyel instabilite; atlantoaksiyel eklem; hızlı prototipleme.

Redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık, odontoid vida eksenini arasındaki sinovyal pannus içinde ossifikasyon veya yara gelişiminin sonucu meydana gelir ve baziler invajinasyon, üst omurga kırığının kötü kaynaması ve romatoid artriti içerir. Tedavi için atlantoaksiyel eklem stabilizasyonu ve omuriliğin dekompresyonu gereklidir. Bununla birlikte, özel ve karmaşık anatomik yapıları ne-

deniyle, redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkığın cerrahi müdahalesi oldukça zorlu bir süreçtir. Günümüzde geleneksel radyografiler, BT veya MRG, tanı konulması, cerrahi öncesi planlama ve cerrahi sonrası değerlendirmede kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu 2-boyutlu görüntüler omurganın anormallikleri hakkında sınırlı morfolojik bilgi sağlamaktadırlar.^[1]

Yazışma adresi: Dr. Qing-Shui Yin, Department of Orthopedics and Traumatology, Liu-Hua-Qiao Hospital 111 Liu Hua Hospital, Guangzhou, Guangdong 510010, China.

Tel: (+86-159) 2042 9342 e-posta: clintlin1985@hotmail.com

Başvuru tarihi: 11.08.2013 **Kabul tarihi:** 18.03.2014

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu

www.aott.org.tr adresinde

doi: 10.3944/AOTT.2014.13.0005

Karekod (Quick Response Code)



Daha yeni ve gelişmiş bir teknoloji olan hızlı prototipleme (HP), dijital BT görüntülemeye dayalı, gerçek boyutlarda, 3-boyutlu bir model oluşturur.^[2] Üç boyutlu anatomi yapısı, tanı, ameliyat öncesi planlama ve ameliyat sırasında vida yerleştirme uygulamasının doğruluğunu artırabilir.

Bildiğimiz kadarıyla, redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkığın tedavisinde HP tekniğinin kullanımı hakkındaki literatür sınırlıdır.^[3] Bu çalışmada, redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık bulunan hastalarda ameliyat öncesi gerçek boyutlu 3-boyutlu model uygulamalarını tanımlamayı amaçladık.

Hastalar ve yöntem

Çalışmaya Ocak 2011 ve Temmuz 2012 arasında redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık tedavisi gören 10 hasta (4 erkek, 6 kadın; ortalama yaş: 38, dağılım: 13-54) dahil edildi. Tüm hastalar Japon Ortopedik Derneği (Japanese Orthopedic Association, JOA) skorları kullanılarak değerlendirildi. Ameliyat öncesi ve sonrası hastaların grafi, MRG ve BT'leri çekildi.

Atlantoaksiyel eklem 1 mm'lik kesit kalınlığı ve 1 mm aralıklı sürekli aksel tomografisinin çekilmesi için Siemens iki kaynaklı, 64-kesitli spiral BT (SOMATOM Definition; Guangzhou Askeri Komutanlığı Guangzhou Genel Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Guangzhou, Çin) kullanıldı. Tarama parametreleri 120 Kv ve 205.50 mA, tarama matrisi 512x512 olarak belirlendi. BT görüntüleri bir Online İş İstasyonu kullanılarak, DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) formatında veri dosyalarına dönüştürüldü ve bir optik diske kaydedildi. DICOM format verisi, Simpleware 4.2 yazılımı (Ortopedik Teknoloji ve İmplant Materyalleri Laboratuvarı, Guangzhou, Çin) kullanılarak 3-boyutlu rekonstrüksiyonlar için kullanıldı. Bilgisayar destekli bir tasarım (BDT) modeli, eşik segmentasyonu ve bölge büyütücü teknoloji kullanılarak yaratıldı. Model bir yüzey üçgenleştirme tekniği olarak ortaya çıktı ve üçgensel dosya formatında kaydedildi (STL). Gerçek boyutlu bir HP modelini katman katman inşa etmek amacıyla selektif lazer sinterleme (SLS) teknolojisi kullanan bir STL aygıtından (AFS-450; Pekin, Çin) yararlanıldı.

Üç boyutlu model yardımıyla, atlantoaksiyel eklem anormal anatomisi her perspektiften açıkça izlenebilir ve detaylı bilgi elde edildi. Yerleştirilecek vidaların boy ve yerleştirilme yönlerini belirlemek için ameliyat öncesi yön, çap ve pedikül uzunluğu ölçümleri yapıldı. Kanal çapı ve kompresyonun şiddeti izlendi. Bu sayede, alanın ve dekompresyon aralığının tam olarak saptanması mümkün oldu. Model, sterilizasyon sonrası referans olarak ameliyata alındı.

Transoral atlantoaksiyel redüksiyon plakası (TARP), detayları daha önceki çalışmalarımızda verilen teknik kullanılarak, her vakada uygulandı.^[4,5] Genel anestezi uygulandıktan sonra burun trakea kanülü yerleştirildi. Hasta, kranial maşa traksiyonu 6-8 kg ağırlığında ve boyun hiperekstansiyonda iken, yatar pozisyonda masaya yerleştirildi. Oral kavite ve farinks bölgesine tam sterilizasyon uygulandıktan sonra, ameliyat edilecek bölüm açıldı. Rezeksiyon marjını belirlemede HP modeli referans olarak kullanıldı. Ameliyat öncesi simülatif prosedüre göre, C1-C2 eklem kapsülleri ile kıkırdak yüzeylerinin ön bölümleri yüksek hızlı bir burr ile çıkarıldı. Atlantoaksiyel eklem redüksiyonu için osteofitler, odontoid ile eksenin arasındaki sinovyal pannus ve yaralar disseke edildi.

Redüksiyonun güvenli ve uygun şekilde yapılması için floroskopiden yararlanıldı. İatrojenik omurilik yaralanmasını önlemek için somatosensör ve hareket ile uyarılmış potansiyeller uygulandı. Ameliyat öncesi ideal giriş noktaları belirlendi. Modeldeki ameliyat öncesi değerlendirme ve simülasyona uygun şekilde, pedikül vidalarının doğru derinlik ve çaplarla güvenli bir yönde TARP'a yerleştirildi. İliak kanattan alınan granüle otograft lateral eklem ve atlanto-dens aralığı içine yerleştirildi. Cansız doku çıkarıldıktan sonra, orta hat yarası iki katman halinde kapatıldı.

Burun trakea kanülü 24 saat boyunca uygulandı. Nazogastrik beslemeye ameliyat sonrası 7. güne kadar devam edildi. Oral ultrasonik teneffüs püskürtmesi, yara iyileşene kadar günde 3 kez kullanıldı. Boyunluk 2 ila 3 ay arasında uygulandı. Antibiyotikler ise 5 ila 7 gün boyunca profilaktik amaçlı kullanıldı. Dekompresyonun etkinliği ve vida yerleşiminin güvenliğini değerlendirmek amacıyla ameliyat sonrası 7. ve 10. günde grafi ve BT görüntüleri alınırken, hastalar JOA skoru ile kullanılarak değerlendirildi.

Örnek Vaka

Kırk iki yaşındaki kadın hastanın 6 yıl önce baş ağrısı, bitkinlik, uzuvlarda uyuşma ve dengesiz yürüme semptomları ile hastaneye başvurmuştu. Hastaya Chiari şekil bozukluğu ve baziler invajinasyon tanısı konmuş ve hasta 2006 yılında farklı bir hastanede posterior fossa dekompresyonu ameliyatına alınmıştı. Ameliyat sonrası bitkinlik ve uzuvlardaki uyuşma semptomları hafiflemişti. Bununla birlikte, semptomlar 2009'da tekrarlamıştı. Hasta hastanemize, aygıt yardımıyla yürümeyi gerektirecek halde dengesiz bir yürüyüş ve el ve bacaklarda motor koordinasyonu eksikliği şikayetleri ile başvurmuştu. Fiziksel muayenede, sınırlı servikal omurga fleksiyonu ve ekstansiyonu görüldü. Hastanın yürüyüşü dengesiz ve ekstremitelerde duyuşsal eksiklik mevcuttu. Üst ve



Sekil 1. (a, b) Hastanın ameliyat öncesi grafilerinde atlantoaksiyel çıkık. (c) Sagittal ve (d) eksenel planda alınan BT görüntülerinde Chiari şekil bozukluğu, baziler invajinasyon ve atlantoaksiyel eklem çıkığı gözüküyor.

alt ekstremitelerde 4/5 seviyesinde kas güçsüzlüğü belirlendi. Aynı zamanda, hastada simetrik hiperrefleks ve bilateral Hoffmann ve Babinski işaretleri vardı. Bilgisayarlı tomografi verileri ile HP modeli yaratıldı. Hastanın ameliyat öncesi grafilerinde atlantoaksiyel çıkık gözlemlendi (Şekil 1a ve b). Bilgisayarlı tomografide sagittal (Şekil 1c) ve eksenel planda (Şekil 1d) Chiari şekil bozukluğu, baziler invajinasyon ve atlantoaksiyel eklem çıkığı izlendi. C0-C5 pediküllerinin 3-boyutlu dijital rekonstrüksiyonu değişik görüntü açılarından bize sundu (Şekil 2). Ameliyat sonrası, BT'de atlas (Şekil 3a), eksen (Şekil 3b) ve koronal (Şekil 3c) görüntülerde vidanın, pediküllerin lateral kortekslerinin medialini ihlal etmeyen rotası görüldü ve tatmin edici bulundu. Yine ameliyat sonrası çekilen BT (Şekil 3d) ve grafilerde (Şekil 3e) kemik kaynamasını sağlayan kemik greftiyle birlikte tam dekompresyon ve tatmin edici redüksiyon gözlemlendi. Yedinci günde yürüteç kullanarak ayağa kalkan ve hastaneden taburcu edilen hasta 3 ay boyunca yumuşak bir boyunluk kullandı.

Yirmi yaşındaki başka bir kadın hastanın posterior BT'sinde vidanın C2 pedikülünün yan duvarını deldiği görüldü (Şekil 4). Bu olguda bir komplikasyon gelişmedi.

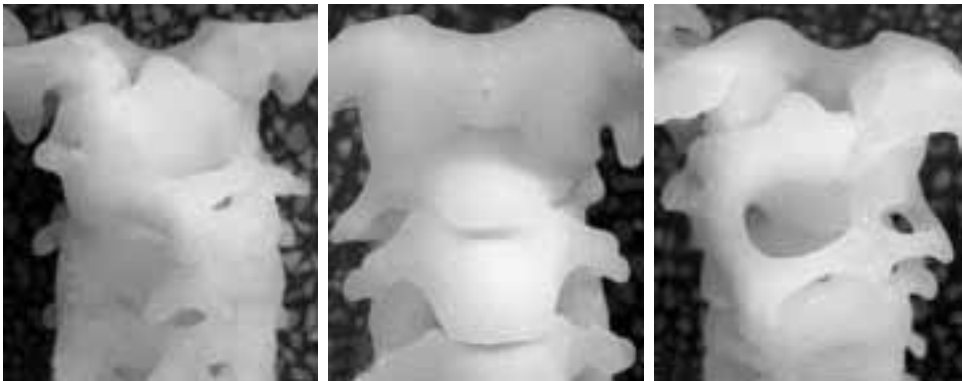
Bulgular

Hastaya 40 adet transoral transpedikül/lateral mass

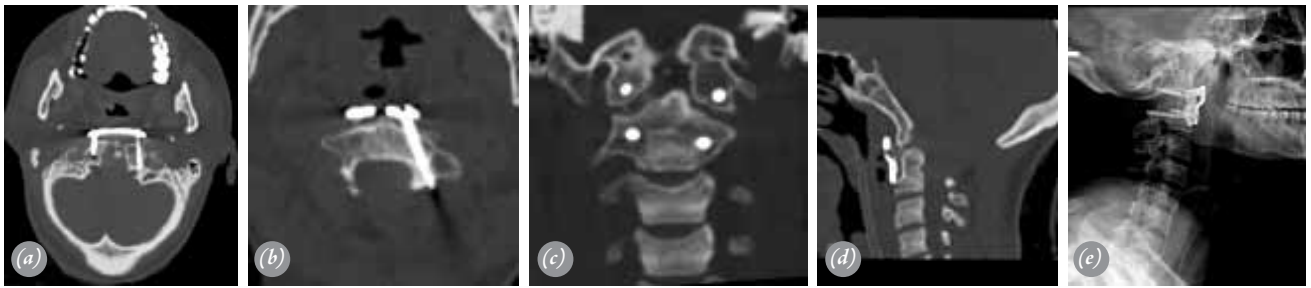
vidası yerleştirilmişti. Her pedikülün detaylı bilgisi elde edildi ve 3-boyutlu HP modelleri kullanılarak ideal giriş noktası ve plaka boyutu belirlendi. Ortalama ameliyat süresi 145 (dağılım: 90-180) dakika ve ortalama kan kaybı 120 (dağılım: 60-250) ml olarak ölçüldü. Ameliyat sonrası JOA skorlarının iyileştiği görüldü. Transoral transpedikül/lateral mass vidalarının yerleştirilmesinde ciddi bir komplikasyon ya da internal tespit yetmezliği gelişmedi. Ameliyat sonrası çekilen grafiler ve BT taramaları ile 38 transoral pedikül vidasının pedikül sahasında yerleştiğini ve vidaların %95'inde tatmin edici redüksiyon sağlandığını doğruladı. İki vida son derece dar bir pedikül vakasında C2 pediküllerinin yan duvarını deldi. Hastanın takibinde hiçbir nörolojik sekel veya vertebral arter yaralanmasına (VAY) rastlanmadı.

Tartışma

Hızlı prototipleme tekniği, cerrahın anatomiye her yönden incelemesine yardım eden gerçek boyutlu modeller yaratmaktadır. Bu teknik, kafatası konstrüksiyonu, çene kırığı, doku mühendisliği, göğüs deformiteleri, kompleks omurga cerrahisi ve travma da dahil olmak üzere bir çok alanda başarıyla uygulanmıştır.^[6-12] Biz HP'yi üst boyun omurgasında kullanmayı ve optimum klinik sonuçları almayı hedefledik.



Sekil 2. C0-C5 pediküllerinin 3-boyutlu dijital rekonstrüksiyonu ile değişik açılardan görünüm.



Sekil 3. Hastanın ameliyat sonrası muayene BT'sinde (a) atlas, (b) eksen ve (c) koronal görünümde vidanın, pediküllerin lateral korteks medialini ihlal etmeyen, tatmin edici rotası izlenmekte. (d) Ameliyat sonrası BT ve (e) radyografide tam dekompresyon ve kemik kaynamasını sağlamak için kullanılan kemik grefti ile tatmin edici redüksiyon görülüyor.

C1-C2 pedikülüne vida yerleştirilmesi, vertebral arterin değişken yolları ve atlas ve eksenin küçük pedikülleri nedeniyle cerraha çok zorlu bir ameliyat deneyimi sunmaktadır. Nöral yetmezlik, pedikül vida yerleştirilmesi dolayısıyla pedikül kırığı ve VAY redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık ameliyatlarında sıklıkla karşılaşılan komplikasyonlardır.^[13-14] Vertebral arter yaralanması ve buna bağlı gelişen nöral yetmezlik riskinin, sırasıyla, %4.1 ve %0.2 olduğu bildirilmiştir.^[15] Tecrübesiz cerrahların daha yüksek oranda VAY'a yol açma riski vardır.^[14] Dikkatli bir ameliyat öncesi değerlendirmesi yapılması, VAY'ı ve ameliyat sonrası nöral yetmezliği önlemede en önemli faktördür.



Sekil 4. Diğer bir posterior BT'de C2 pedikülünün yan duvarındaki vida perforasyonu görülüyor.

Bizim deneyimimize göre 3-boyutlu modeller, özellikle anatomik olarak anormal ya da karmaşık vakalarda (baziler invajinasyon, üst omurga kırığının hatalı kaynaması ve atlantoaksiyel eklem revizyon cerrahisi) ameliyat öncesinde planlama ve değerlendirme ile ameliyatın doğru yapılmasına yardımcı olurlar. Üç boyutlu model kullanılarak, atlantoaksiyel eklem her yönden izlenebilir ve disseksiyon marjı ve servikal foramen ile pedikül oryantasyonunun ilişkisi belirlenebilir. Vertebral pediküllerin uzunluk ve genişlikleri ölçüldükten sonra uygun boyutta bir vida ve plakanın seçilmesi ve gerçek boyutlu modellere takılması cerraha önemli bir deneyim sunacaktır. Modeller, ameliyat sırasındaki anatomiyi daha iyi anlayabilmek için bir referans olarak kullanılmak üzere sterilizasyon sonrası ameliyathaneye alınmışlardır. Bu yüzden, 3-boyutlu modeller cerraha doğru ve tam dekompresyon sağlamada yardımcı olurken, ameliyat süresini kısaltır ve vida yerleşimi sırasında hastanın ışınlarla maruz kalma oranını azaltır.^[3]

Üç boyutlu modeller, aynı zamanda, cerrahi prosedürleri öğretmek ve öğrencilerin üst servikal omurga hastalıklarının patolojilerini daha iyi anlamalarına yardımcı olmak konusunda da yararlıdır. Hızlı prototipleme, genç doktorların kafatası konstrüksiyonu alanında eğitiminde de kullanılmaktadır.^[16] Üst servikal omurga ameliyatları nadir gerçekleştirilmeleri dolayısıyla cerrahlar için zorlu bir deneyimdir. Üç boyutlu modeller, genç doktorların bu zor ameliyatı gerçekleştirmeleri ve değerli bir deneyim kazanmaları açısından önemli bir öğrenme amacı olarak hizmet edebilir. Ek olarak, modeller, hastaların prosedürü anlamasına ve hasta ile cerrah arasında daha güvene dayalı bir ilişki kurulmasına yardımcı olabilirler.^[17]

Cerrahlar uygulama sırasında muhtemel hataların farkında olmalıdırlar. Şu anda mevcut olan görüntü işleme yazılımı teknolojisi HP modelini yaratmak için 2 boyutlu görüntüleri temel almaktadır. Daha doğru bir model üretebilmek için BT kesit kalınlığı 1 mm'den

düşük olmalıdır. Ayrıca, geçmiş deneyimler genellikle 2-boyutlu görüntülere üzerinden toplandığı için, klinik değerlendirmeler hala genel olarak bu görüntülere dayanmaktadır. Günümüzde klinik işlemlerde, 3-boyutlu modeller tam anlamıyla BT tarama ve MRG'nin yerine geçememektedir. Bununla birlikte, 3-boyutlu modeller, özellikle kompleks ve zorlu vakalarda gerçek boyutlu bir modelin anatomisini daha iyi anlamak için önemli bir bütünleyici araç olarak hizmet edebilir. Çalışmamızdaki küçük örneklem boyutu ve kontrol grubunun eksikliği sonuçlarda sapmaya yol açmış olabilir.

Sonuç olarak, HP tekniği, özellikle anatomik anormallikler bulunan kompleks vakalarda, redükte edilemeyen atlantoaksiyel çıkık ameliyatlarında ameliyat öncesinde planlama ve değerlendirme ile ameliyatın doğru yapılmasına katkıda bulunan, yararlı bir yöntemdir. Gerçek boyutlu modellerle tam dekompresyonun sağlanması, vidanın güvenli yerleşimi ve potansiyel iatrojenik VAY ve pedikül delinmesi riskinin azaltılması mümkündür. Hızlı prototipleme modellerinin üst servikal omurga cerrahisi alanında kullanımı gelecek için ümit vaat etmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma, Çin Ulusal Doğal Bilimler Vakfı tarafından desteklenmiştir: 81272057.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Facanha-Filho FA, Winter RB, Lonstein JE, Koop S, Novacheck T, L'Heureux EA Jr, et al. Measurement accuracy in congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A:42-5.
2. Izatt MT, Thorpe PL, Thompson RG, D'Urso PS, Adam CJ, Earwaker JW, et al. The use of physical biomodelling in complex spinal surgery. *Eur Spine J* 2007;16:1507-18.
3. Lu S, Xu YQ, Lu WW, Ni GX, Li YB, Shi JH, et al. A novel patient-specific navigational template for cervical pedicle screw placement. *Spine* 2009;34:E959-66.
4. Zhang K, Xu J, Wang Q, Wang G, Wu Z, Xia H, Yin QS. Treatment of dens fractures with posterior atlantoaxial dislocation with transoral atlantoaxial reduction plate surgery: case report and introduction of a novel treatment option. *Spine* 2012;37:E451-5.
5. Ai FZ, Yin QS, Xu DC, Xia H, Wu ZH, Mai XH. Transoral atlantoaxial reduction plate internal fixation with transoral transpedicular or articular mass screw of c2 for the treatment of irreducible atlantoaxial dislocation: two case reports. *Spine* 2011;36:E556-62.
6. Mavili ME, Canter HI, Saglam-Aydinatay B, Kamaci S, Kocadereli I. Use of three-dimensional medical modeling methods for precise planning of orthognathic surgery. *J Craniofac Surg* 2007;18:740-7.
7. Wagner JD, Baack B, Brown GA, Kelly J. Rapid 3-dimensional prototyping for surgical repair of maxillofacial fractures: a technical note. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:898-901.
8. Yang S, Leong KF, Du Z, Chua CK. The design of scaffolds for use in tissue engineering. Part II. Rapid prototyping techniques. *Tissue Eng* 2002;8:1-11.
9. Wiria FE, Leong KF, Chua CK, Liu Y. Poly-epsilon-caprolactone/hydroxyapatite for tissue engineering scaffold fabrication via selective laser sintering. *Acta Biomater* 2007;3:1-12.
10. Yang JC, Ma XY, Lin J, Wu ZH, Zhang K, Yin QS. Personalised modified osteotomy using computer-aided design-rapid prototyping to correct thoracic deformities. *Int Orthop* 2011;35:1827-32.
11. Guarino J, Tennyson S, McCain G, Bond L, Shea K, King H. Rapid prototyping technology for surgeries of the pediatric spine and pelvis: benefits analysis. *J Pediatr Orthop* 2007;27:955-60.
12. Hurson C, Tansey A, O'Donnchadha B, Nicholson P, Rice J, McElwain J. Rapid prototyping in the assessment, classification and preoperative planning of acetabular fractures. *Injury* 2007;38:1158-62.
13. Tauchi R, Imagama S, Ito Z, Ando K, Hirano K, Muramoto A, et al. Complications and outcomes of posterior fusion in children with atlantoaxial instability. *Eur Spine J* 2012;21:1346-52.
14. Neo M, Fujibayashi S, Miyata M, Takemoto M, Nakamura T. Vertebral artery injury during cervical spine surgery: a survey of more than 5600 operations. *Spine* 2008;33:779-85.
15. Wright NM, Laurysen C. Vertebral artery injury in C1-2 transarticular screw fixation: results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves. American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. *J Neurosurg* 1998;88:634-40.
16. Suzuki M, Ogawa Y, Kawano A, Hagiwara A, Yamaguchi H, Ono H. Rapid prototyping of temporal bone for surgical training and medical education. *Acta Otolaryngol* 2004;124:400-2.
17. Kim MS, Hansgen AR, Carroll JD. Use of rapid prototyping in the care of patients with structural heart disease. *Trends Cardiovasc Med* 2008;18:210-6.