

Rat Plexus Brachialis'inin Morfolojik ve Mikroskopik İncelenmesi

Ahmet UZUN¹, Nurettin ÇENGİZ², Ahmet KAVAKLI¹, Saçide KARAKAŞ¹
İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi¹, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim² Dalları, Malatya - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 06.06.2000

Özet: Çalışmamızda, rat plexus brachialis'i morfolojik, morfometrik ve ışık mikroskopik düzeyde ortalama fasikül sayısı yönünden incelendi. Amaca uygun 30 adet wistar albino (16 erkek, 14 dişi; 180-250 gr) ergin rat kullanıldı. Ratlar intraperitoneal yolla uretan ile anestezi (0.6 ml/100 gr) edildi. Plexus brachialis mikrodiseksiyon tekniğine uygun görünür hale getirilip, oluşum yönünden değerlendirildi.

Pleksus elemanlarından kökler düzeyinde (C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁) ve terminal dallar (n. ulnaris, medianus, radialis (musculospiralis), axillaris (circumflexus), ve musclocutaneous) in orijin seviyelerinden 1 cm.'lik kesitler alınarak prosedürü takiben ışık mikroskopik düzeyde ortalama fasikül sayıları hesaplandı.

Diseksiyon sonuçlarımıza göre; rat plexus brachialis'i servikal beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci ve torakal birinci (C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁) spinal sinirlerin ramus ventralis'lerinin birleşmesiyle oluştu. C₄'den C₅'e katılım varken, Th₂'den Th₁'e katılım gözlemedik. Pleksusu oluşturan köklerin ortalama kalınlığı 0,5-1,2 mm. , terminal dallarındaki ise 0,5-1,1 mm. arasındaydı. Fasikül sayımı yönünden kökler ortalama 2- 4 ve terminal dallar ise ortalama 1-4 fasikülden oluşmaktaydı.

Anahtar Sözcükler: Rat, plexus brachialis, morfoloji, histoloji

Morphological and Microscopical Examination of the Rat Brachial Plexus

Abstract: The rat brachial plexus was studied morphologically and the average numbers of the fascicles were studied by light microscope. For this purpose, we used 30 Wistar albino adult rats (16 males, 14 females; 180-250 g). The rats were anaesthetized by urethane (0.6 ml/100 g body weight injected i.p.). The brachial plexus was prepared for the microdissection technique and was evaluated in terms of its formation. Sections of the origin level of roots (C₅, C₆, C₇, C₈ and Th₁) and the terminal branches (ulnar, median, radial (musculospiral), axillary (circumflex), and musclocutaneous nerves) were taken and the average numbers of fascicles were calculated.

The results of our investigation show that the rat brachial plexus is formed by the inferior primary divisions of the last four cervical and the first thoracic of the spinal nerves (C₅, C₆, C₇, C₈ and Th₁). C₄ might join with C₅, but we did not observe a connection between the Th₂ and Th₁.

The diameters of the roots and terminal branches of the brachial plexus were approximately 0.5-1.2 mm and 0.5-1.1 mm, respectively. The numbers of fascicles for the roots and terminal branches were calculated to be approximately 2-4 and 1-4, respectively.

Key Words: Rat, brachial plexus, morphology, histology

Giriş

Periferik sinir sistemi; merkezi sinir sistemi ile hedef organlar arasında iki yönlü uyarı iletimi sağlayarak canlılığın motor, duyuşal ve otonom fonksiyonlarının düzenlenmesinde önemli rol oynayan bir sistemdir. Bu sistem, merkezi sinir sistemi içindeki ve dışındaki nukleus ve ganglionlarda bulunan nöronların akson diye bilinen uzantılarının bir araya gelmesi ile oluşmuştur (1).

Periferik sinir ise, bağ dokusu ile desteklenmiş pek çok sinir lifinden meydana gelmiştir. Gelişmenin başlangıcında, miyotom uzantıları oluşurken aynı segmentten çıkan sinir liflerindeki beraber götürürler. Segmentleri aynı olan çeşitli kaslara giden periferik sinir lifleri segmentasyona uygun kendi aralarında bir araya gelerek sinir pleksuslarını yaparlar (2).

Periferik sinirler ve bu konu içinde yer alan plexus brachialis morfolojisi 19.yüzyılın başından itibaren insanda (3,4,5,6,7) memeli ve memeli olmayan türlerde (8,9,10,11,12,13) araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu ilgi, periferik sinirlerin morfolojisinin belirlenmesinin yanısıra, histolojisi ve fizyolojisi (14,15,16,17,18,19), sinir zedelenmeleri, bunun sinir üzerine etkileri ve zedelenmenin teşhisi (20,21,22,23), onarım teknikleri (24,25,26,27) ile ilgili çalışmaların yürütülmesine öncülük etmiştir.

Mikroskop ve benzeri büyütme tekniklerinin (28) bilim alanında kullanılmasına rağmen insana ait periferik sinir ve bunlar içinde plexus brachialis zedelenmelerinin cerrahisinden her zaman umulanın veya en iyi istenen sonucun elde edilememesi, istenmeyen ekstremité uzaklaştırılmasına ve bireyin ekonomik kaybına yol açmıştır (29,30). Bu durum klinikçiye amaca uygun en iyi tedavi metodunun bulunabilmesine yönelik tartışmalara, alternatif deneysel ve klinik arayışlara sevk etmiştir. Günümüzde olduğu gibi gelecekte konu ile ilgili çalışmalar ve tartışmalar bitmeyecek gibi gözükmektedir.

İnsana ait plexus brachialis lezyonlarının tedavisinde uygun yöntemin seçilmesine yardımcı olabilecek deneysel amaçlı çalışmalar için, değişik türden memeli canlıların (31,32,33) kullanılabilirliğine karşın bu konuda bilinen pek çok avantajı olduğu için ve özellikle plexus brachialis morfolojilerinin genel benzerliği yüzünden son yıllarda rat plexus brachialis'i (34,35,36,37) tercih edilmeye başlanmıştır.

Rat periferik sinir sistemi; kranial, sempatik sistem, periferik gangliyonlar, spinal sinirler ve spinal sinirlerin kendi aralarında servikal, brakial ve lumbosakral bölgelerde yaptıkları sinir ağları (pleksuslar) dan oluşur.

Rat spinal sinirler'i, 8 servikal, 13 torakal, 6 lumbal, 4 sakral ve 3 adet kaudal olmak üzere 34 çiftten oluşmuştur. Spinal sinirlerin posterior (dorsal) dalları pleksus oluşturmadan segmentasyona uygun dağılım gösterirler. Bu sinirlerin anterior (ventral) primer dalları ise, servikal, brakial ve lumbosakral bölgede kendi aralarında önce birleşme, ayrılma ve tekrar birleşip ayrılma şeklinde bir araya gelerek plexus cervicalis, brachialis ve lumbosacralis'i yaparlar. Bunlar içinde rat plexus brachialis'i son dört servikal (C₅, C₆, C₇, C₈) ve birinci torakal (Th₁) spinal sinirlerin primer ventral dallarının birleşmesiyle oluşmuştur (38).

Böylece öneminden dolayı, rat plexus brachialis'ini morfolojik, morfometrik ve histolojik yönden incelemeyi ve genel olarak oluşum yönünden insan plexus brachialis'i ile karşılaştırmayı amaçladık.

Materyal ve Metod

Çalışmamızı, rat plexus brachialis morfolojisi ve pleksus elemanlarının (kök, terminal dallar) ortalama fasikül sayılarının hesaplanması ve oluşum açısından insan plexus brachialis'i ile karşılaştırma şeklinde planladık

Bu amaçla, 30 adet wistar albino ergin (16 erkek, 14 dişi; 189-250 gr) rat kullandı. Ratlar intraperitoneal urethan ile anestezi (0.6 ml/100 gr) edildi. Her bir ratın sağ-sol servikal ekstremité derisi tıraş edilerek servikal bölgenin ortasından ekstremité uzunluğunca 'I' şeklinde bir insizyon yapıldı. 2x140 büyütme lup altında plexus brachialis'e ulaşmak için platizma, skalen kasların ayırımı yapılarak ve klavikula ile Mm. pectoralis major ve minor ortalarından kesilerek bölgedeki yağ ve bağ dokusu pleksus elemanlarına zarar vermeyecek şekilde uzaklaştırıldı. Plexus brachialis oluşumu, kökler foramen intervertebrale'den çıkış yerlerine uygun 1:10 büyütme stereomikroskop (SMZ-U, Nikon, Japan) altında fossa axillaris içine doğru ve kol distaline kadar diseke edilerek pleksus elemanları görünür hale getirildi. Pleksus elemanlarının kalınlıklarına ait ölçümlerimiz için ölçekli okülerden yararlandık. Elde edilen değerler mikrometrik disk yardımıyla metrik birime çevrildi.

İkinci aşama olarak, ışık mikroskopik düzeyde fasikül sayımı için pleksusun kök ve terminal dallarından uygun kesitler alındı. Alınan kesitler %10 formalin solusyonunda saklandıktan sonra inceleme için amaca uygun parafine gömüldü. Parafin bloktan 5-7 mm kalınlığında alınan kesitler ve deparafinizasyon işleminden sonra Toluidin Blue metoduyla boyandı. Boyalı preparatlardan Olympus BH 2 ışık mikroskobu altında fasikül sayımı yapıldı.

Bulgular

Rat plexus brachialis'i sırasıyla; servikal beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci (C₅, C₆, C₇, C₈) ve birinci torakal (Th₁) spinal sinirlerin ventral dallarının skalen kaslar arsından geçerek aksilla içinde birleşmeleriyle oluştu. Servikal dördüncü (C₄) spinal sinir ventral dalından C₅'e katılım varken, Th₂'den Th₁'e katılım gözlemedik. C₅ ve C₆ kökleri birleşerek truncus superior (TS)'ü yaparken, C₇

tek başına truncus medius (TM)'u yaptı. C₈ ve Th₁ köklerinde birleşerek truncus inferior (TI)'ü oluşturdu. Üç turunkus arka dalları fasciculus posterior (FP)'u , truncus superior ön dalı fasciculus lateralis (FL)'i ve truncus inferior ön dalının devamı da fasciculus medius (FM)'u oluşturdu. FL'den n. musculocutaneous, FP'den n. axillaris ve radialis orijin alırken; n. medianus ve ulnaris FM'in dalı olarak seyrediyordu (Şekil 1, 2). Pleksusun bağ doku içindeki görünümü düzleşmiş bir yapıdaydı.

Plexus brachialis'i oluşturan elemanların ortalama kalınlığı kökler için 0,5 – 1,2 mm. (C₅ = 0,5 ve C₆ = 0,6 ve C₇ = 0,8 ve C₈ = 1,2 ve T₁ = 0,7 mm.) arasındaydı. Truncus superior 1,1 ve medius 1,2 ve inferior 1,3 mm.; fasciculus lateralis 0,7 ve medialis 1,4 ve posterior'ü 1,3 mm. ölçtü.

Plexus brachialis terminal dallarına ait ortalama kalınlıkları; n. radialis 1,1 ve n. medianus 1,0 ve n. ulnaris 0,9 ve n. musculocutaneous 0,6 ve n. axillaris'i 0,5 mm. hesapladık.

Plexus brachialis, arteria vertebralis, truncus acromialis ve cervicalis'ce kanlandırılıyordu.

Plexus brachialis elemanlarının ortalama fasikül sayıları; kök düzeyinde C₅ = 3, C₆ = 2, C₇ = 4, C₈ = 3 ve Th₁ = 2 fasikülden oluşuyordu. Terminal dalların ortalama fasikül sayıları n. musculocutaneous 1, n. axillaris 2, n. radialis 4, n. medianus 3 ve n. ulnaris 2 fasikülden oluşmaktaydı.

Tartışma

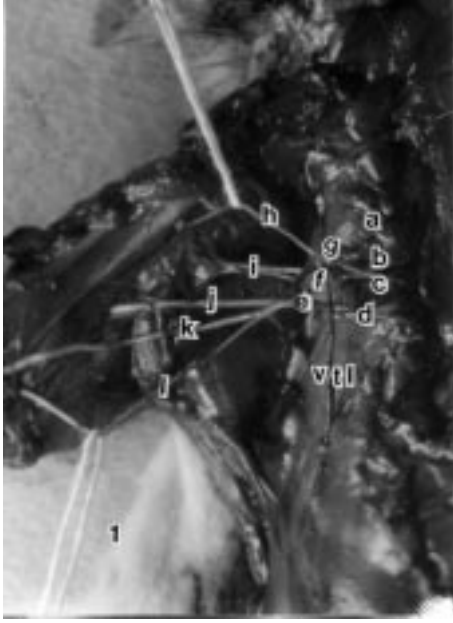
Karşılaştırmalı anatomi yönünden ve filogenetik standartlara katkıda bulunmak için plexus brachialis morfolojisi; amphibia ve primatlar (sürüngen , keseli hayvan, kuyruksuz şebek, eski ve yeni dünya maymunu, orangutan) sınıfında (8), köpek (9), kurbağa (10) , bazı kuş türleri (12) ve bazı evcil (keçi, koyun, at) hayvanlar (13) olmak üzere geniş bir yelpazede araştırılmıştır. Rat anatomisi ve bunun bir bölümü olan rat plexus brachialis'inin oluşumu ve dallanmasına ait baş vuru kaynağı Greene (1963) tarafından yazılan rat anatomisi kitabıdır (38). İnsan plexus brachialis morfolojisi kapsamlı bir şekilde bazı araştırmacılar (3,4,5,6,7) tarafından incelenmiş ve bu konuda baş vuru kaynağı Gray'sin anatomisidir (39). Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre; memeli türleri arasında plexus brachialis'in genelde belirli

sayıda (C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁) omurilikten çıkan spinal sinirlerin primer ventral dalları tarafından oluşturulduğudur. Genel olarak türler arasında karşılaşılan plexus brachialis'in oluşum, pozisyon ve şekil değişikliklerinin; istenen amaca uygun kas-hareket koordinasyonunun sağlanabilmesi yönündeki kas ve sinir ilişkisine; özellikle omuz , göğüs ve fleksiyon hareketine yönelik kasların motor çalıştırılmasındaki kas-sinir dağılımına ve bu dağılımda olabilecek değişikliklere bağlanmıştır. Buna göre istenen amaca uygun kas-hareket düzeninin sağlanmasında en gelişmiş ve fonksiyonel kompleksliğe sahip plexus brachialis modelinin (Şekil 3) insana ait olduğu ifade edilmiştir (3,4,5,8).

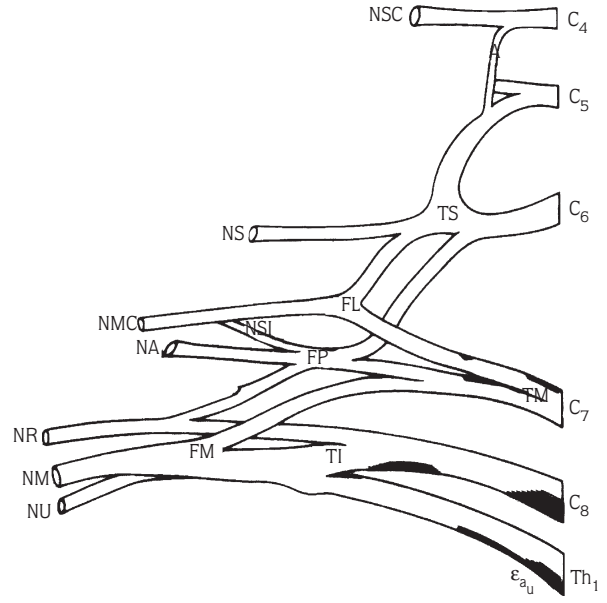
Bertelli ve ark.(1995) 'larının kliniğe yönelik deneysel amaçlı çalışmalarında 42 ratın plexus brachialis diseksiyonunu yapmışlar ve pleksusun C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁ köklerinin birleşmesiyle oluştuğunu gözlemişlerdir. Aynı çalışmada pleksus oluşumuna C₄'den C₅'e katılım olurken Th₂'den Th₁ aracılığı ile pleksusa katılımdan söz edilmemiştir (36). Greene (1963) ise, rat plexus brachialis'inin C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁ spinal sinirlerin ventral dallarının birleşmesiyle oluştuğunu, C₄'den katılımın yaygın, Th₂'den Th₁ aracılığı ile katılımın bazen olabileceğini ifade etmektedir (38).

Diseksiyon sonuçlarımıza göre; rat plexus brachialis'inin C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁ spinal sinirlerin ventral dallarının birleşmesiyle oluştuğunu, oluşumda C₄'den C₅'e katılım varken Th₂'den Th₁ aracılığı ile katılımın olmadığını gözlemledik (Şekil 1, 2). Greene (1963), C₄'den C₅'e katılan liflerin n. phrenicus içinde seyretdiklerini belirtmektedir. Ancak C₄'den C₅'e katılımdan söz edilirken aynı şekilde C₅'den C₄'e katılan lifler olduğundan ve bu liflerin plexus cervicalis içinde dağıldıklarından da bahsedilmektedir. Bulgularımıza göre; C₅ + C₆ birleşerek truncus superior'ü, C₇ tek başına truncus medius'u, C₈ + Th₁ truncus inferior'ü oluşturdu. Kök, turunkus oluşumu ve turunkusların ön-arka dallara ayrılmaları yönünden rat plexus brachialis'i insan (5,6,7,8) plexus brachialis'ine benzerdir (Şekil 2, 3). Ancak ratta insanınki ile tam aynı olmayan bir fasikulus (fasciculus) oluşumu mevcuttur. Rat pleksusunun terminal dalları insanınki ile benzer orijin ve seyire sahiptir (Şekil 2, 3).

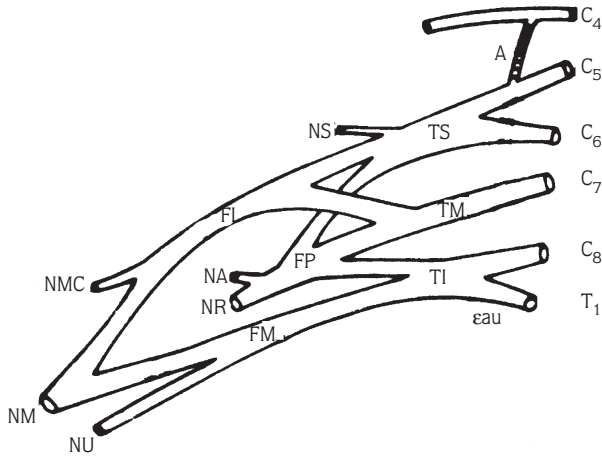
Bertelli ve ark (1995)'larının pleksusun elemanlarına ait yaptıkları ölçüm sonuçları, kökler için (C₅, C₆, C₇, C₈ ve Th₁) ortalama kalınlık 0,6-1,1 mm. arasında ve terminal dallar (n. ulnaris 1 mm., medianus 1,1 mm., radialis 1



Şekil 1.



Şekil 2.



Şekil 3.

Şekil 1, 2 ve 3: Rat plexus brachialis'inin genel (1) ve şematik görünümü (2). İnsan plexus brachialis'inin şematik görünümü (3); A=a, C4'den C5'e katılım; NSC, n. supraclavicularis; NS, n. suprascapularis; TS=b, truncus superior; TM=c, truncus medius; TI=d, truncus inferior; FL=g, fasciculus lateralis; FP=f, fasciculus posterior; FM=e, fasciculus medialis; NSI, n. subscapularis inferior; NMC=h, n. musculocutaneus; NA=i, n. axillaris (circumflexus); NR=j, n. radialis (musculospiralis); NM=k, n. medianus; NU=l, n. ulnaris; vtl, vena thoracica lateralis.

mm. (musculospiralis), axillaris 0,5 mm. (circumflexus), musculocutaneus 0,5 mm.) için yapılan ölçüm sonuçları ile, bizim aynı elemanlara (kökler için ortalama 0,5-1,2 mm. arası; n. ulnaris 0,9 mm., medianus 1,0 mm., radialis 1,1 mm. (musculospiralis), axillaris 0,5 mm. (circumflexus), musculocutaneus 0,6 mm.) ait yaptığımız ölçüm sonuçlarımız uyum içindedir.

Periferik sinir lezyonlarının onarımında fasikül sayısının önemli olduğuna, tedavi edilecek veya deneysel amaçlı kullanılacak sinirin fasikül sayısının önceden bilinip

buna uygun benzer fasiküllü sinir seçiminin ilgili fonksiyonu geri kazanabilmek için gerekli olduğuna dair yaygın bir kanaat vardır.

Böylece çalışmamızın; rat plexus brachialis morfolojisi ve morfometrisine, konu hakkında daha kapsamlı düzeyde yapılacak araştırmalara, insan plexus brachialis lezyonlarının onarımında yöntem-metod seçimine yönelik deneysel amaçlı rat plexus brachialis'ini tercih edecek meslektaşlarımıza yardımcı olacağı düşüncesindedir.

Kaynaklar

1. Haines, D.E.: Fundamental neuroscience. Churchill Livingstone, New York, 2-3, 70-74, 1997.
2. Clemente C.D.: Anatomy of the human body. 30th ed., Lea & Febiger, Philadelphia, 1200-1207, 1985.
3. Harris, W.: True form of the brachial plexus and its motor distribution. *J Anat and Physiol*. 1904; 38: 399-422.
4. Kerr, A.T.: The brachial plexus of nerves in man, the variations in its formation and branches. *Am J Anat*. 1918; 23(2): 285-392.
5. Miller, R.A., Detwiller, S.R.: Comparative studies upon the origin and development of the brachial plexus. *Anat Rec*. 1936; 65: 273-292.
6. Lee, H.Y., Chung, H., Seok, W., Kang, H.S., Lee, H.S., Ko, J.S., Lee, M.S., Park, S.S.: Variations of the ventral rami of the brachial plexus. *J Korean Med Sci*. 1992; 7(1): 19-24.
7. Uzun, A., Bilgiç, S.: Some variations in the formation of the brachial plexus in infants. *Tr J Med Sci*. 1999; 29: 573-577.
8. Miller, R.A.: Comparative studies upon the morphology and distribution of the brachial plexus. *Am J Anat*. 1934; 54(1): 143-176.
9. Allam, M.W., Lee, D.G., Nulsen F.E., Fortune, E.A.: The anatomy of the brachial plexus of the dog. *Anat Rec*. 1952; 114: 173-180.
10. Sutherland, R.M., Nunnemacher, R.F.: Fibers in spinal nerves of tree frogs: *Eleutherodactylus* and *Hyla*. *J Comp Neurol*. 1981; 202: 415-420.
11. Booth, K.K.: The brachial plexus in the vervet monkey (*Cercopithecus pygerythrus*). *J Med Primatol*. 1991; 20: 23-28.
12. Waluszewska-Bubien, A., Pospieszny, N.: Morphometric study of the brachial plexus in bustard (*Otis tarda*). *Folia Morphol (Warsz)* 1982; XLI (1): 89-102.
13. Magilton, J.H., Getty, R., Ghoshal, N.G.: A comparative morphological study of the brachial plexus of domestic animals (goat, sheep, horse). *Iowa State J Sci*. 1968; 42:245-279 (11^{den} alındı).
14. Williams, P.L., Hall, S.M.: In vivo observations on mature myelinated nerve fibres of the mouse. *J Anat*. 1970; 107(1): 31-38.
15. Williams, P.L., Wendell-Smith, C.P.: Some additional parametric variations between peripheral nerve fibre populations. *J Anat* 1971; 109(3): 505-526.
16. Levi, A.D.O., Guenard, V., Aebischer P., Bunge R.P.: The functional characteristics of schwann cells cultured from human peripheral nerve after transplantation into a gap within the rat sciatic nerve. *J Neurosci*. 1994; 14(3): 1309-1319.
17. Kwast O.: Electrophysiological assessment of maturation of regenerating motor nerve fibres in infants with brachial plexus palsy. *Develop Med and Child Neurol*. 1989; 31:56-65.
18. Sterling, P., Kuypers, H.G.J.: Anatomical organization of the brachial spinal cord of the cat: II. The motoneuron plexus. *Br Res*. 1967;4:16-32.
19. Landi, A., Copeland, S.A., Parry W., Jones, S.J.: The role of somatosensory evoked potentials and nerve conduction studies in the surgical management of brachial plexus injuries. *J Bone and Joint Surg*. 1980; 62-B(4): 492-496.
20. Wright, P.E.: Peripheral nerve injuries. Campbell's operative orthopaedics. 6th ed. The C.V. Mosby Company, London, 1642-1643, 1980.
21. Smith, J.W.: Microsurgery of peripheral nerves. *Plast and Reconst Surg*. 1964; 33(4): 317-329.
22. Kline, D.G., Kott, J., Barnes, G., Bryant, L.: Exploration of selected brachial plexus lesions by the posterior subscapular approach. *J Neurosurg*. 1978; 49:872-880.
23. Narakas, A.: Traction injuries of the brachial plexus. *Clin Orthop and Rel Res*. 1978; 133:71-90.
24. Sedel, L.: The results of surgical repair of brachial plexus injuries. *J Bone Joint Surg*. 1982; 64-B(1):54-66.
25. Terzis J.K.: Strategies in the microsurgical management of brachial plexus injuries. *Clin Plast Surg*. 1989; 16(3): 605-616.
26. Travers V., Sedel, L., Roger, B.: Resultats de la chirurgie reparatrice des troncs nerveux dans le traitement des paralysies post-traumatiques du plexus brachial. *Ann Chir*. 1989; 43(7): 547-561.
27. Gelberman, R.H., Eaton, R., Urbaniak, J.R.: Peripheral nerve compression. *J Bone Join Surg*. 1993;75-A(12):1854-1878.
28. Kurze, T.: Microtechniques in neurological surgery. *Clin Neurosurg*. 1964; 11:128-137.
29. Birch, R., Bonney G., Payan, J., Wynn, P., Iggo, A.: Peripheral nerve injuries. *J Bone Joint Surg*. 1986; 68-B:2-9.
30. Milesi, H.: Peripheral nerve surgery today. Turning point or continuous development. *J Hand Surg*. 1990; 15-B: 281-285.
31. Bolesta, M.J., Garret, E.J., Ribbeck, B.M.: Immediate and delayed neurorhaphy in a rabbit model: A functional, histologic and biochemical comparison. *Hand Surg*. 1988; 13-A: 352-357.
32. Carlstedt, T.P., Hallin, R.G., Hedstrom, K.G., Nilsson-Remahl, I.A.M.: Functional recovery in primates with brachial plexus injury after spinal cord implantation of avulsed ventral roots. *J Neurol, Neurosurg and Psych*. 1993; 56: 649-654.
33. Hems, T.E.J., Clutton, R.E., Glasby, M.A.: Repair of avulsed cervical nerve roots: An experimental study in sheep. *J Bone Joint Surg*. 1994; 76-B (5):818-823.
34. Sporel-Ozokat, R.E., Edwards, P.M., Hepgul, K.T., Savas, A., Gispem, W.H.: A simple method for reducing autotomy in rats after peripheral nerve lesions. *J Neurosci Methods*. 1991; 36:263-265.
35. Bertelli, J.A., Mira, J.C.: Behavioral evaluating methods in the objective clinical assessment of motor function after experimental brachial plexus reconstruction in the rat. *J Neurosci Methods*. 1993; 46:203-208.

36. Bertelli, J.A., Taleb, M., Saadi, A., Mira, J-C., Pecot-Dechavassine, M.: The rat brachial plexus and its terminal branches: an experimental model for the study of peripheral nerve regeneration. *Microsurg.* 1995; 16:77-85.
37. Bertelli, J.A., Mira, J.C.: The grasping test: a simple behavioral method for objective quantitative assessment of peripheral nerve regeneration in the rat. *J Neurosci Methods.*1995;58:151-155.
38. Greene, E.C.: *Anatomy of the rat.* Hafner Publishing Company, New York, 121-130, 1963.
39. Williams, P.L., Warwick, R., Dyson, M., Bannister, L.H.: *Gray's anatomy.* 37th ed., Churchill Livingstone, London, 922-1137, 1989.