

Genel olarak tüm çekirdekli hücreler mikrotübül (MT) ve nörofilament (NF) içerirler. MT ve NF'ler sıkı olarak bir araya gelmiş proteinlerden oluşur. Bunların dışında bir de mikrofilament (MF) grubu vardır. Bu üç iskelet elemanı hücrelerin farklı bölgelerinde ileri derecede düzenlenmiş bir halde bulunur. [1]

Mikrotübüller (MT)

MT'ler içi boş, minik tüpçüklüdür. Akson ve dendritlerin her ikisinde, büyüme ve yapısal devamlılık için MT'lerin ileri düzenlenişine gerek vardır. MT'ler tek yönlü olarak aksonlar içinde uzunlamasına yerleşirler. Bir ucu hücre gövdesinde diğeri ise akson sonlanmasına kadar gider. Dendritlerdeki MT'ler ise düzensiz veya daha dağınık yapıdadırlar. [2]

Bir MT'nin dış çapı yaklaşık 20–24 nm'dir. Her MT, tübülün olarak adlandırılan alt birimlerden oluşur. Alfa ve beta olarak adlandırılan iki tip tübülün vardır ve tübülün yapısındadırlar. Alfa ve beta tübülünlerin uzun iplik gibi araya gelmesi *polimerizasyon* olarak adlandırılır. Her ipliğe de *polimer*

denir. Hücre içi tübülünler ve MT polimerlerinin havuzu gibidir. Tübülünler kutuplu (polar) olmasından dolayı, MT'lerin iki ucunun kutuplanması farklıdır. Polimer uçlarının biri "pozitif" uç, diğeri bölge "negatif" uç olarak adlandırılır. MT'lerin kutuplanması uçlarla sınırlı değildir. Tüm uzunluğu boyunca, alfa ve beta alt birimlerin örüntüsünün değişiminden dolayı, kutuplanma aslında MT'un boylu boyunca uzanır. Kutuplu hal "moleküler motor" denilen taşıyıcı proteinlerce tanınır ve MT'lerin yüzeyi ile etkileşime girerler. Bu motor proteinler, MT'nin pozitif ve negatif uçlarının her ikisine doğru hareket eder.

[3]

[4]

□□□□□□□□□□ MT'lerin tübülünden oluşan yapısı durağan ve değişmez değildir. Hızlı "düzenlenme ve bozulma" durumundadır. Aslında, hücre içi çok hareketlidir. Yani beynimizi oluşturan sinir hücrelerinin içi ve destek elemanları kıpır kıpırdır. Yine de, MT'lerdeki esas bir kısım nispeten değişmezdir. Değişmeyen yapı akson ve dendritlerde MT'lerin düzenlenişinin devamlılığını sağlama açısından önemlidir. Her MT negatif sonlanmalarına doğru sabit bir bölge, pozitif sonlarına doğru ise değişken bir bölge içerir. MT'e eşlik eden protein (*microtubule-associated protein*, MAP) mikrotübüllerin sabitliği ve kararlılığını sağlamada işlev görür.

MAP'ler, tübülünlerle ilişkili hücresel proteinlerdir. Dört tip MAP tespit edilmiştir. MAP-1B, MAP-2'nin ağır ve düşük moleküler ağırlıklı formudur. [5] MAP'lerin, komşu MT'ler arası uzaklığı ayarladıkları ve diğeri hücresel iskelet elementleri arasında etkileşimleri sağladıkları düşünülmektedir.



Sinir Hücresinin İskelet Sistemi

Sultan Tarlacı tarafından yazıldı.

Pazartesi, 18 Şubat 2013 12:12 - Son Güncelleme Pazartesi, 18 Şubat 2013 12:25

MT'lerin genel işlevleri

1. Dinamik bir hücre yapısı oluşturur. Tek hücrelilerde, harekete yardımcı olmak ve hareket amacıyla kullanılır.
2. Hücre bölünmesi (mitoz) sırasında kromozomların kutuplara çekilmesini sağlarlar.
3. Sinir hücrelerinde sinir ileticilerinin ve organellerin hücre içinde taşınmasını-yer değiştirmesini sağlarlar.
4. Dendritlerin sap kısımlarının şeklini değiştirirler. Genişler, büzülürler ve yapıyı değiştirirler.
5. Sinir hücrelerinin gelişimi ve yozlaşmasında (demans) etkilidirler.
6. Bilinçli olmayı sağlayan temel eleman olabilirler. [\[6\]](#)

Taşıma Araçları

Motor ya da taşıyıcı proteinler olarak adlandırılan proteinler enerji kullanarak MT üzerinde bir uçtan bir uca kayarlar ve beraberlerinde karınca gibi yük taşırlar. Bu yük bazen bir sinir ileticisi, bazen ise bir proteindir. Pozitif ya da negatif uca doğru, adeta yürür gibi hareket edebilirler. MT motor proteinlerden biri *dynein*dir. Dynein MT'un negatif ucuna doğru hareket eder. Dolayısıyla aslında sinir hücresinin farklı bölgelerindeki hücre içi trafik, MT ve MF'lerin kutuplanmasının doğurduğu yönelimler ile belirlenir. Örneğin, Golgi organı sitoplazmik dyneinle etkileşme eğilimindedir ve onları MT'lerin negatif ucuna doğru hareket ettirir. Aksonda ise MT'lerin hepsi pozitif kutuplanmış hücre gövdesinden çıkar ve hiçbir Golgi organcığı akson içine doğru taşınmaz. Bunun aksine dendritlerde, MT'lerin negatif uçları hücre gövdesinden uzaklaşır ve bundan dolayı Golgi organcıkları dendritlere taşınabilir. Diğer bir örnek, enerji santralleri olan mitokondrilerin hücre gövdesinden akson ucuna doğru taşınmasıdır. Bu taşınma, *kinesin* denilen taşıyıcılarla 80 cm uzağa bile olabilir.

Mikrofilamentler

Mikrofilament (MF) tüp gibi içi boş olmayan protein iplikçikleridir ve birbirine sarılmış iki iplikçikten oluşur. Çapı 4-6 nm'dir. Aktin denilen alt proteinlerden oluşurlar. MT'lere benzer olarak MF'ler uçlarının yapısal düzenlemesinden dolayı kutuplu (polar) polimerlerdir. Miyosin taşıyıcı proteinleri MF'lerin polaritesini tanıyarak yüzeyi boyunca hareket eder. Sinir hücreleri, hücre zarının hemen altında MF'den zengin bir tabaka bulundurur. Bu tabaka iç içe geçmiş yumak şeklindedir. Hücre içinde de dağınık olarak MF'ler bulunur.

Nörofilamentler

Nörofilamentler (NF), MF'ler gibi tüp yapısında olmayan polimerlerdir. Yaklaşık 10 nm çapındadırlar. Nörofilament üçlülerinden oluşurlar. MT ve MF ile karşılaştırıldıklarında, çok daha yüksek oranda polimer formda bulunur. Bu nedenle de, daha az dinamik değişim içindedirler. MT gibi, NF'ler sinir hücresi içinde dağınıktırlar. NF'ler protein ya da organcık taşınmasında görev almazlar. Büyüme ve farklılaşma için de çok zorunlu yapılar değildirler. Daha çok akson ve dendritlerin yapısal bütünlüğünü sağlayan iskelet elemanlarıdır.

[1] Bradke F and Dotti CG. The role of actin instability in axon formation. *Science* 1999;283:1931

[2] Baas PW, Yu W. A composite model for establishing the microtubule array of the neuron. *Mol Neurobiol* 1996;12:145-161.

[3] Baas PW. Microtubules and neuronal polarity: lessons from mitosis. *Neuron* 1999;22: 23-31.

[4] Baas PW et al. Polarity orientation of microtubules in hippocampal neurons: uniformity in the axon and nonuniformity in the dendrite. *PNAS* 1998; 85: 8335-8339.

[5] Tucker RP. The role of MAPs in brain morphogenesis: a review. *Brain Res Rew* 1990;2:101-120

[6] Hameroff SR. Quantum coherence in microtubules: A neural basis for emergent

Sinir Hücresinin İskelet Sistemi

Sultan Tarlacı tarafından yazıldı.

Pazartesi, 18 Şubat 2013 12:12 - Son Güncelleme Pazartesi, 18 Şubat 2013 12:25

consciousness? Journal of Consciousness Studies 1994;1:91-118