

ELEKTROMAGNETİK DALGALAR VE İNSAN SAĞLIĞI

Kemal ÖZMEHMET

ÖZET

Bu makalede emd ile aydınlatılmış insan vücudunun güç soğurması, bu soğurmanın doku özellikleri ve frekansla değişimi incelenmiştir. Sağlıklı ve sağlıklı dokuların dielektrik ve ısı aktarımı özellikleri farklılıklarından yararlanılarak kanser teşhisi ve tedavisinde kullanılışı gösterilmiştir.

Emd yan etkileri ve bunlardan insanları korumak için bazı ülkelerin koyduğu emd aydınlatma smtr koşulları verilmiştir.

1. GİRİŞ

Endüstriyel, tıbbi, bilimsel araştırmalar ve evlerde kullanılan aygıtlar; iletişim, rf yayın, enerji üretimi ve iletim sistemleri, radar, izleme ve askeri amaçlı sistemlerle doğa olayları çevremize elektromagnetik dalgalar (emd) yaymaktadır. Günümüzde sayılan ve güçleri hızla artan bu sistemlerin çevreye yaydığı emd gücü de artmakta ve çevreyi kirletmektedir. Bu ortamlarda bulunan insanların soğurduğu elektromagnetik enerji de vücutta ısı ve ısı olmayan etkilere neden olmaktadır.

Yan etkilere karşın emd tıpta teşhis ve tedavi için de kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlarda insan dokularının elektromagnetik özelliklerinin farklılıklarından yararlanılmaktadır [1-7].

Bu makalede insan vücudunun; elektromagnetik enerji soğurmasının ve bu soğurmanın frekansa bağımlılığı, elektromagnetik özellikleri; emd'in teşhis ve tedavide kullanımları ve insan sağlığına yan etkileri özetlenecektir.

Ayrıca insan sağlığı ile ilgili araştırmalarda emd kullanımını ve ülkemizde giderek artan elektromagnetik çevre kirliliğinin çalışma ortamlarında sınır koşullarının saptanması için önerilerde bulunulacaktır.

2. ELEKTROMAGNETİK DALGALARIN SOĞURULMASI

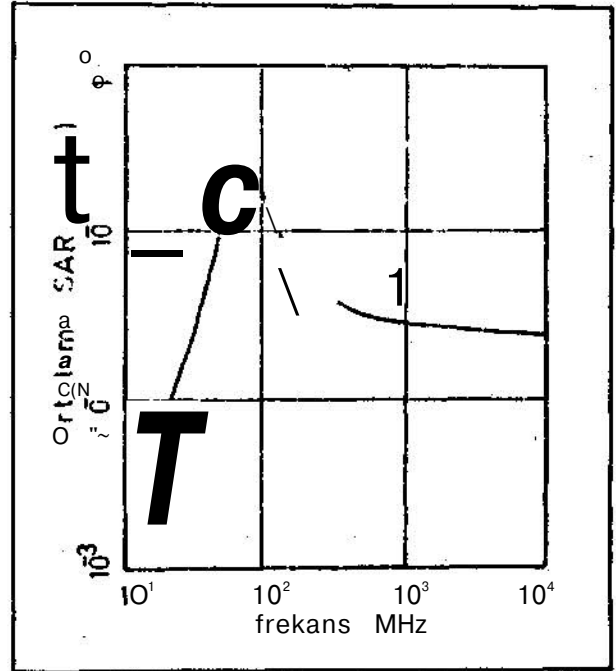
Herhangi bir ortamda birim hacim içinde soğurulan güç

$$p = \frac{1}{2} \sigma |E|^2 \quad (2.1)$$

şeklinde verilmiştir Burada σ ortamının tüm kayıplarını

içeren etkin iletkenliği ve E de ortamdaki elektrik alan şiddetinin tepe değeridir.

İnsan vücudunun soğurduğu elektromagnetik enerji (2.1) kullanılarak hesaplanabilir. Soğurulan güç birimi SAR'dır. SAR insan vücudunun birim ağırlığının soğurduğu güçtür, yani SAR = soğurulan güç/vücut ağırlığı. Tüm vücut için ortalama SAR ve vücut kısımları için bölgesel SAR'lar hesaplanır [8].



ŞEKİL 2.1. 1mW/cm² güç ile aydınlatılan 1.70 m ve 70 kg ağırlığındaki bu şahsın ortalama SAR/frekans özelliği.

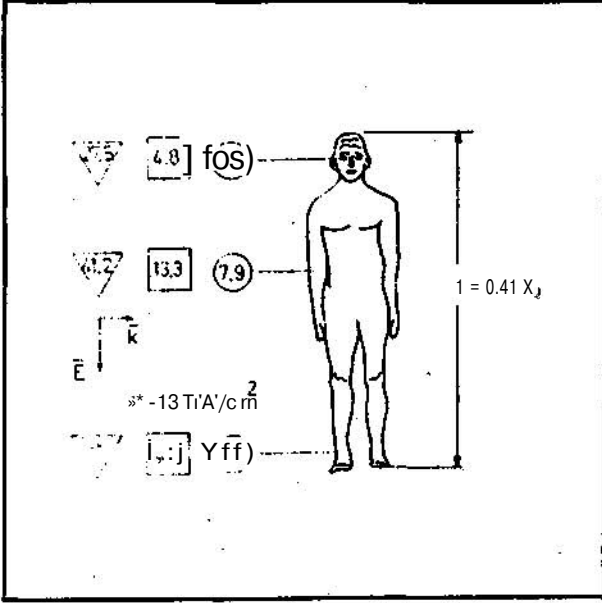
Şekil 2.1'de 1 mW/cm²'lik bir emd. gücü ile aydınlatılan serbest uzaydaki bir insanın ortalama SAR değerlerinin frekansa bağımlılığı verilmiştir. Elektrik alan doğrultusunun vücudun en uzun olduğu yöne yöneltilmiş olup en yüksek soğurmanın yaklaşık olarak 70MHz'de olduğu görülür. Bu bir rezonans olayıdır ve rezonans frekansı da

$$f_r = 0.47 C/h \quad (2.2)$$

den elde edilir. Burada C ışık hızı ve h de insanın boyudur.

İletken bir düzlemde duran bir insanın rezonans frekansının ise daha düşük değerlerde olduğu saptanmıştır. İlginç bir durum ise iletken düzlemden 5-7 sm ayrıklık bile serbest uay koşulları sonucunu verir. Ayrıca çalışılan frekans $f > 2 f_r$ ise iletken düzlemin olup olmaması yine serbest uay sonuçlarını verir [10].

Bölgesel SAR'lar ise daha gerçekçi bir sonuç vermektedir. Şekil 2.2'de farklı koşullarda bölgesel SAR'ların değişimi ve insan vücudunun yüksek soğurma dolayısıyla yüksek ısı odaklarının ortaya çıktığı görülebilir [10].



ŞEKİL 2.2 Rezonans frekansında bölgesel SAR'lar
10 Serbest uay, 11 A/8 uzaklıkta iletken yansıtıcı 12 3/2 \ uzaklıkta 90° li iletken yansıtıcı

3. İNSAN DOKULARININ ELEKTROMAGNETİK ÖZELLİKLERİ

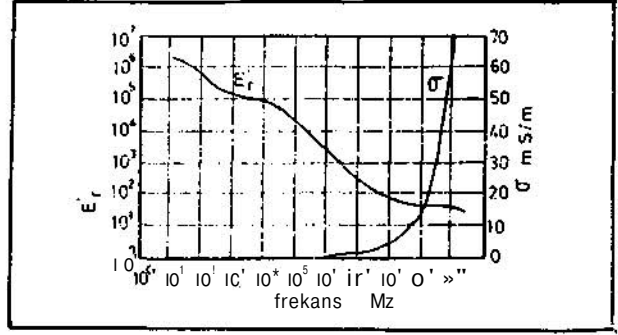
Dokuların elektromagnetik özellikleri emd.'la etkileşimini vermektedir. Bu özellikler bağıl magnetik değişmezi μ_r ve bağıl dielektrik değişmezi ϵ_r 'dir. İnsan dokularında μ_r yaklaşık olarak birdir. Dielektrik değişmezi ise

$$\epsilon_r = \epsilon_r' - f \epsilon_r''$$

olarak verilmiş olup $E >$ enerji depolama, E_f ise enerji soğurma özelliklerini vermektedir. Doku iletkenliği

$$= \omega \epsilon_r'' \epsilon_0$$

eşitliği ile verilmiştir. ϵ_0 serbest uay dielektrik değişmezidir, insan dokuları su içeriği ve kimyasal yapıya göre değişik ϵ_r ve değerleri almaktadır [1, 2], [4], [11]. Şekil 3.1'de kas tipi bir dokunun E_f ve σ 'nın frekansla değişimi verilmiştir. Yüksek σ değerlerinde emd'in doku derinliğine girme özelliğinin azaldığı unutulmamalıdır. Doku dielektrik özelliklerini inceleyerek emd'la doku etkileşim mekanizması ve sağlıklı-sağlıksız dokular saptanabilmektedir.



ŞEKİL 3.1 Kas tipi bir dokunun E_f ve (σ 'nın frekansa bağımlılığı (4).

4. ELEKTROMAGNETİK DALGALARIN TIPTA KULLANIMI

Emd'in ısı ve ısı olmayan özelliklerinden yararlanılır. Bunlar hem teşhiste hem de tedavide kullanılmaktadır.

4.1. Fizik Tedavi

27,432,915,2450 MHz'de çalıştırılan ve emd'in ısıtma özelliğinden yararlanan diatermi aygıtları ile tedavi yapılmaktadır. Dokuda ısının artması kan dolaşımının ve hücreler arası zarın geçirgenliğinin artmasına neden olur. Bu da sağlıksız ya da yararlı dokuların iyileşmesini sağlamaktadır. Ayrıca ısı adale gevşemelerine ve eklem sertliklerinin giderilmesine neden olduğunda ağrılar yok olur.

4.2. Kanser Teşhisi ve Tedavisi

Kanserli dokuların sağlıklı dokulara oranla daha fazla su tutma ve daha yüksek dielektrik özellikleri vardır. Ayrıca kanserli bölgeyi kan damarları normale oranla daha az besler. Bundan dolayı bu bölgede sıcaklık sağlıklı bölgeye göre bir derece kadar daha yüksektir [1, 2], [4-7].

Teşhiste mikrodalga frekanslarında çalışan radyometreler kullanılarak bu yüksek sıcaklıktaki kanserli bölgeler tespit edilebilir [6]

Kanserli dokuları yok etmek için ise bu bölgeleri 42-45°C aralığında bir sıcaklıkta belirli bir süre tutmak yeterli olmaktadır. Kanserli dokunun sağlıklı dokuya oranla daha yüksek σ 'sı olduğundan ve kan yoluyla ısı aktarımı yeterince yapılamadığından, bu bölgeyi odaklanabilen ve yeterli derinliğe inebilen emd. kullanarak ısıtılabilir [6, 7].

Yukarıdaki teşhiste yalnız metabolizmanın yarattığı sıcaklık farkından yararlanıldı. Daha hassas bir yöntem ise bölge, alıcıdan farklı bir frekansta, emd ile aydınlatılan kanserli bölgenin sıcaklığı artırılarak daha kesin teşhis yapılabilir [7].

4.3. İyileşim Yararlanmayan Kullanımlar

Düşük seviye ve derine girebilen frekanslarda (< 1 GHz) emd'in yansıma ve ya da iletim özelliklerinden yararlanılır.

nılarak sürekli olarak, solunumun izlenmesi, akciğerde su toplanması ve doppler radar tekniği ile kanın damarlarındaki akışını ve tıkanıklığı izleyerek yerinin tesbiti çalışmalarında, vücut titreşimlerinin tesbitinde kullanılmışlardır [3], [12].

5. ELEKTROMAGNETİK DALGALARIN YAN ETKİLERİ

Günümüzde emd yayın aygıtlarının giderek yaygınlaşması ve güçlerinin artması insanların yüksek dozda elektromagnetik ya da elektromagnetik güç soğurmasına neden olmaktadır. İnsan vücudu farklı elektriksel dokulardan oluştuğu için (2.1)'den de görüleceği gibi farklı bölgeler emd gücü soğuracaktır. Dolayısıyla yüksek sıcaklıkta odaklar ve ısı mekanizmasının yetersizliği karşısında yanıklar, ağır hissi ve metabolizma bozuklukları görülecektir. Özellikle kesit alanları küçük olan bölgeler bu odaklardır. Boyun bunlardan biridir ve yüksek sıcaklıkta hayati tehlike vardır. Diğer bir örnek ise 380 MHz'de rezonansa giren ve bu frekansta ışınlandırılırsa öldürücü sonuçlar verebilen APT enzimleridir.

Ayrıca ısı aktarımı az olan gözde katarakt görülür [13].

Düşük dozlardaki emd ışınlandırmaları ise insan vücudunda fizyolojik etkilere neden olmaktadır, örneğin bağıışıklık bozuklukları, duyma, görme ve kan basıncı değişiklikleri izlenmektedir.

Yaşanılan ortamlarda insan vücudunun soğurluğu emd gücünün kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Çünkü yansımalar, kırılmalar ve saçılmalar çevreye yayılma gücü etkilemektedir. Birçok ülkede çalışılan ortamlarda elektromagnetik çevre kirliliğini belirli sınırlarda tutmak için standartlar geliştirilmiştir, örneğin ABD'de ANSI 95.1 1982'ye göre insan vücudunun en yüksek soğurma bandı olan 30-300 MHz'de aydınlatma gücü 1 mW/sm²'dir. Sovyetlerde ise mikrodalga frekanslarında 10 fW/sm²'den büyük olmaması gerekiyor.

6. BÖLÜM ÇALIŞMALARI

Bölüm içi çalışmalarımızda elektromagnetik çevre kirliliğini ölçen düzenler geliştirmekteyiz. İlk denememiz 50-200 MHz bandında yapılmış olup olumlu sonuçlar alınmıştır.

Teşhis ve tedavi alanında SSK Ankara Hastanesi Çocuk Kliniği ve Kan Merkezi ile yaptığımız çalışmalarda ise yüksek su içeren dokuların elektriksel, biyokimyasal ve bakteriyolojik özelliklerin saptanmış üzerine eğilmiş bulunuyoruz. Ayrıca kanserli bölgelerin taranması ve ışınlandırılması içinde huzme tartmalı mikroşerit antenler geliştirilmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektromagnetik dalgaların insan sağlığında önemli bir yeri vardır. İnsan vücudunun ürettiği elektromagnetik dalgalar vardır. Aydınlatma ile bu iç emd'in etkileşimi

ve etkileşim seviyesi ilerki yıllarda insan vücudunun dıştan etkilenmesi ve izlenmesini sağlayacaktır. Dolayısıyla çalışılan ortamlardaki emd aydınlatma gücü sürekli olarak izlenmelidir. Gerekli yerlerde seviye düşüren-yutucular kullanılmalıdır.

Teşhis ve tedavide ise X- ışınlarının sakıncaları, Ultra-sound sistemlerinin yetersizliklerine karşın değişik frekanslarda kullanılan emd aygıtlarının tıpta daha yaygın bir şekilde kullanılacağından araştırmalarımıza ağırlık vermeliyiz.

Giderek artan kullanımdan ötürü çevre kirliliğinin artması ülkemizde de emd aydınlatma dozu sınırı getirilmesini gerektirmektedir.

8. KAYNAKLAR

1. J.L. Schepps and K.R. Foster, The UHF and Microwave Dielectric Properties of Normal and Tumour Tissues Phys. Med. Biol. Vol. 25. PP 1149-1159. 1980.
2. R. Pethig, Dielectric Properties of Biological Materials: Biophysical and Medical Applications, IEEE Trans. Vol EI-19, PP 423-424. 1984.
3. P.C. Pederson, et al. Microwave Reflection and Transmission Measurements for Pulmonary Diagnosing and Monitoring.- IEEE Trans. Vol BME-25, PP 40-48, 1978.
4. H.P. Schwann and K.R. Foster, RF Field Interactions With Biological System: Electrical Properties and Biophysical Mechanisms, Proc IEEE Vol 68, PR 104-113, 1980.
5. Kun-Mu Cheh and B.S. GUTU, Focal hyperthermia as induced by R.F. radiation of simulacra with embedded tumors and as induced by EM fields in a model of human body, Radio Science, Vol 12, PP 27-37/46, 1977.
6. R. Raslione, et al. 27 MHz Ridged Waveguide Applicators for Localized Hyperthermia Treatment of Deep-Seated Malignant Tumors, Microwave Journal, PP 71-80, Feb 1981
7. K.B. Carr, A.M. EL-Mahdi and J. Shaeffer, Passive Microwave Thermography coupled with Microwave Heating to Enhance Early Detection of Cancer, Microwave Journal, PP 123-136, May 1982.
8. K. özmehtmet ve A. Akyokuş, Çevreye Yayılan (30.000 MHz'e kadar olan) Elektromagnetik Dalgaların Canlılar Üzerine Etkileri, Ankara Univ. Tıp Fakültesi Mecmuası, Ok 34, SS 317-324, 1981.
9. C.H. Durney, Electromagnetic Dosimetry for Models of Humans and Animals, Proc. IEEE. Vol. 68, PP. 33-39, 1980.
10. O.P. Candai, State of the Knowledge for Electromagnetic Absorbed Dose in Man and Animals, Proc IEEE Vol. 68, PP 24-32, 1980.
11. M. A. Stuchly and S.S. Stuchly, Dielectric Properties of Biological Substances-Tabulated, Journal of Microwave Power Vol. 15. PP 19-26, 1980.
12. D.W. Griffin, Microwave Interferometers for Biological Studies, Microwave Jour. PP 69-72, 1978.
13. R.L. Carpenter Ocular Effects of Microwave Radiation Bull. N.Y. Acad. Med., Vol 55, PP 1048-57, 1979.

Bu bildiri I. Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongresi'nde sunulmuştur.