

2450 MHz elektromanyetik radyasyonun sıçanların FSH, LH ve Total Testosteron seviyelerinde meydana getirdiği değişiklikler

Mustafa Saygın*, Sadettin Çalışkan*, Nurhan Gümral*, Mesud Soydan*, Hüseyin Vural**

*Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji AD, Isparta

**Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya AD, Isparta

Özet

Amaç: 2450 MHz elektromanyetik alanın sıçanların FSH, LH ve Total Testosteron hormonlarında oluşturduğu değişiklikler araştırıldı. **Gereç ve Yöntem:** Çalışmada 3 aylık Wistar Albino erkek sıçanlar kullanılmıştır. Sıçanlar rastgele altışarlı 3 gruba ayrılmıştır. I- Kafes Kontrol (n=6) II- Sham Kontrol (n=6) III- EMA grubu, 3.21 W/kg SAR değerinde manyetik alan 4 hafta günde 1 saat olarak uygulanmıştır. **Bulgu ve Sonuçlar:** Deneysel manyetik alan maruziyeti sonucu hayvan ölümü gözlenmedi. Folikül Stimulan Hormon ve Luteinizan Hormon düzeyleri ölçüldüğünde gruplar arasında anlamlı istatistiksel fark bulunmadı (p>0,05). Total Testosteron düzeyi ölçüldüğünde gruplar arasında anlamlı istatistiksel fark gözlemlendi (p<0,05). Total Testosteron seviyesinin düşmesi, manyetik alanın etkilerinden biri olan ısı artışının testis dokusunda değişiklikler meydana getirmesinden kaynaklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Elektromanyetik alan, Kablosuz ağ, Üreme hormonları.

Abstract

Effects of 2450 MHz electromagnetic field on the reproductive hormones in rats

Aim: The aim of the current study is to investigate the effects of 2450 MHz Electromagnetic field on FSH, LH, Total Testosterone hormones changes in rats. **Material and Methods:** In this study, 3 months-old Wistar Albino rats were used. Rats were randomly divided into three groups. I- Cage Control (n=6) II- Sham Control (n=6) III- EMF Group, 3.21 W/kg SAR magnetic field was applied for one hour per a day during 4 weeks. **Results:** At the end of the experiment, no animal died due to the magnetic field. Follicle Stimulant Hormone and Luteinize hormone hormones levels were measured, and there were no statistical significant difference between these two groups (p>0,05). Also total testosterone levels were measured, there was statistically significant difference between groups (p<0,05). In electromagnetic group, the levels of testosterone were decreased. Decreasing the levels of the total testosterone, might be due to the morphological changes in testis tissue as a result of increased temperature.

Key words: Electromagnetic Field, Wireless Networks, Reproductive hormones.

Giriş

Günümüzde teknolojik gelişmelerin geldiği bu noktada, iletişim araçları çeşitli ve yaygın kullanım alanlarına sahip olarak günlük yaşantımıza çeşitli kolaylıklar getirmiştir. Son yıllarda iletişim çağının inanılmaz bir hızla gelişimine paralel olarak yaşamımıza giren elektronik cihazlar; telsiz, cep telefonu, internet ağları gibi teknoloji ürünleridir. Yaşantımıza kolaylıklar sağlarken birtakım olumsuzlukları da beraberinde getirmişlerdir. Bu etkiler, çoğu kişi tarafından önemsenmeyen ve etkisini

uzun zaman sonunda gösteren elektromanyetik alanın (EMA) zararlarıdır. Kablosuz yerel alan ağları (WLAN, Wireless Local Area Networks), iki yönlü geniş bant veri iletişimi sağlayan, iletim ortamı olarak fiber optik veya bakır kablo yerine telsiz frekansı (Radio Frequency, RF) veya kızılötesi ışınları kullanan ve salon bina veya kampüs gibi sınırlı bir alanda çalışan iletişim ağlarıdır. Testis dokusu, üreme fonksiyonlarının yerine getirilmesi için spermatogenezin fizyolojisinde rolü olan bir dokudur. Kablosuz ağların Folikül Stimulan Hormon (FSH), Luteinizan Hormon (LH) ve Total Testosteron hormonları ile olan ilişkisini incelememizde; testis dokusunun sperm üretiminin gerçekleştiği doku olması

Yazışma Adresi: Arş. Gör. Mustafa Saygın
Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Morfoloji Binası
Fizyoloji AD Cünür/Isparta
Tel: 0 246 211 36 11 - 0246 211 37 65
Email: msaygin@med.sdu.edu.tr

Müracaat tarihi: 18.08.2009
Kabul tarihi: 23.10.2009

ve bu hormonlarının düzeyinin etkilenmesi sperm üretimi ve olgunlaşmasını etkileyecek olmasıdır. Testis dokusunun gerek iyonize gerekse noniyonize radyasyona duyarlı organ olması ve kullanıcıların dizüstü bilgisayarlarında kablosuz ağlar aracılığı ile internet bağlantısını kullanması büyük bir rol oynamıştır (1, 2). Günümüzde bu dalgaların insan sağlığına zararları olduğunu bildiren yayınlar ışığında bu konunun önemli bir sağlık problemi haline gelebileceğini göstermektedir. Nöronal elektriksel aktivite, enerji metabolizması, genomik cevaplar, nörotransmitter dengesi, kan beyin bariyer geçirgenliği, kognitif fonksiyon, uyku ve çeşitli beyin ile ilgili hastalıkları içine alan etkileri ile ilgili birçok yayınlar yapılmıştır (3, 4, 5). EMA'lara maruz kalma ile ilgili pek çok çalışmada; EMA'nın vücut ağırlıkları, organların morfolojisi ve histolojisi, hematolojik parametreler, biyokimyasal parametreler, hormonlar, bağışıklık sistemi ve kan elektrolit düzeyleri üzerine etkileri incelenmiş ve farklı sonuçlar bulunmuştur (6, 7). Bu frekanstaki elektromanyetik alanın sıçanlardaki hormon seviyelerine herhangi bir etkisinin olup olmadığını, bilimsel veriler çerçevesinde değerlendirebilmek amacı ile bu çalışma yapıldı. Elektromanyetik alanın FSH, LH ve Total Testosteron hormonlarının fizyolojik düzeylerine etkili olup olmadığı araştırılacaktır. Bu hormonların serum düzeylerinde meydana gelebilecek olası değişikliklerin, spermatogenezdeki fizyolojik süreçleri nasıl etkileyeceği daha açık bir şekilde anlaşılmış olacaktır.

Gereç ve Yöntem

Deney Hayvanları: Çalışmamızda 10–12 haftalık 170–200 gr (gram) ağırlığında, 18 adet Wistar Albino türü erkek sıçan kullanıldı.

1. grup: Kafes kontrol grubu (n:6),
2. grup: Sham kontrol grubu (n:6),
3. grup: 2450 MHz EMA'ya maruz bırakılan grup (n: 6), oluşturularak ve her grupta 6 hayvan bulunacak şekilde 3 gruba ayrıldı.

Gruplardaki sıçanların ortalama ağırlıkları, deneye başlamadan önce 170–200 gr arasında değişmekteydi. Gruplar arasında ortalama ağırlık bakımından anlamlı bir fark yoktu. Her çalışma grubundaki sıçanlar standart mevsimsel ışık ve ısı koşullarında (22° C) bulunduruldu. Sıçanlara yeteri kadar çeşme suyu ve standart sıçan pellet yemi verildi.

I. Grup: kafes kontrol grubu (n:6),
Bu gruptaki sıçanlar standart diyet (pellet yem) ile 4 hafta süresince beslendi. Diyet kısıtlaması yapılmadı.

İçme suyu olarak, 4 hafta süresince musluk suyu verildi. Kafesin içinde manyetik alandan uzak bir ortamda bekletilmişlerdir.

II. Grup: Sham kontrol grubu (n:6),

Bu gruptaki sıçanlar standart diyet (pellet yem) ile 4 hafta süresince beslendi. Diyet kısıtlaması yapılmadı. İçme suyu olarak, 4 hafta süresince musluk suyu verildi. Diğer gruptaki sıçanların manyetik alana maruz bırakılması sırasında dar kafesin içine sokulmalarından dolayı stres yaşayacakları düşünüldükçe, kontrol grubundaki sıçanların da stresi yaşamaması amacıyla, bu gruptaki sıçanlar, içine ancak bir sıçanın sığabileceği büyüklükteki pleksiglas kafesin içerisine sokularak, aynı saat ve aynı süreyle kafesin içinde manyetik alandan uzak bir ortamda bekletilmişlerdir.

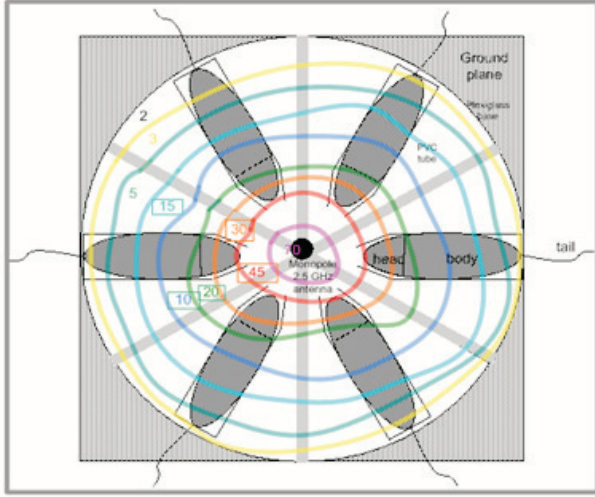
III. Grup: 2450 MHz'e maruz bırakılan grup (n: 6)

Standart sıçan pellet yem ile 4 hafta süresince beslenmişlerdir. İçme suyu olarak, 4 hafta süresince musluk suyu verildi. Manyetik alan maruziyetini sağlamak için aşağıdaki şekilde şeması gösterilmiş olan monopol anten ve içine ancak bir sıçanın sığabileceği büyüklükteki pleksiglas kafes kullanılmıştır. Bu grup sıçanlar, pleksiglas kafes içerisinde 3.21 W/kg gücündeki 2450 MHz frekanslı manyetik alana eşit uzaklıkta günde 60 dakika, olmak üzere 4 hafta boyunca maruz bırakılmışlardır. Her bir sıçanın her gün aynı saatte manyetik alana maruz bırakılması sağlanmıştır. 4. haftanın sonunda, 1 günlük bir dinlenme sürecinden sonra Ketamin (90 mg/kg)/Xylazin (10mg/kg) i.p. uygulamayla anestezi edildikten sonra dekapite edildi. İntrakardiyak kan alındı. Kan örnekleri biyokimya tüplerine nakledildi. Bu örnekler 4000 devir/dk da soğutmalı santrifüjde +4 °C'de 5 dk. santrifüj edilerek serumları elde edildi ve -80 °C' de çalışmaya hazır halde saklandı.

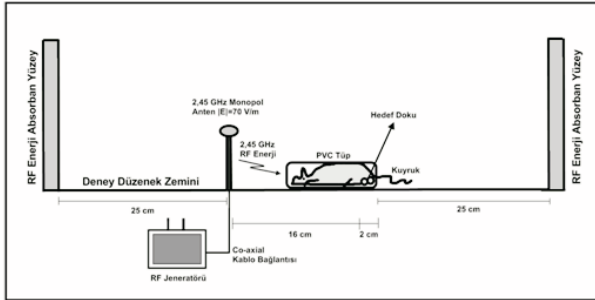
Deney Düzenegi ve Manyetik Alanın Uygulanması:

EMA kaynağı olarak 2450 MHz 'de çalışan ve 0–1 Watt çıkış verebilen (CW=Continues Wave) EMA jeneratörü kullanılmıştır. 2450 MHz yarım dalga monopol anten ile sıçanlara RF elektromanyetik radyasyon uygulanmıştır. RF jeneratör 1 Watt güçte çalıştırılarak monopol anten yakın alanındaki güç yoğunluğunun değişimi Süleyman Demirel Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme mühendisliği Elektromanyetik Kirlilik Araştırma laboratuvarında hassas bir şekilde ölçülmüştür. Şekilde görüldüğü gibi monopol anten yakın alanına maruz kalan sıçanlar ortalama 3.21 W/kg güç yoğunluklu radyasyona maruz bırakılmışlardır. Sıçanlar 5,5 cm çapındaki

plastik tüplere konulmuştur. Plastik tüpün uzunluğu ortalama sıçan boyu ile orantılı yaklaşık 12 cm olarak seçilmiştir. Tüp içerisine konan sıçanlar monopoll antene eşit mesafede tutulmuşlardır.



Şekil 1: 2450 MHz elektromanyetik alana maruz kalma deney düzeneği



Şekil 2. Hedef Doku Deney Düzeneği

Hormon Analizi: Total testosteron, FSH ve LH'ları Beckman&Coulter marka Unicell DXI 800 model cihazla Kemiluminesans yöntemi ile çalışılmıştır. **İstatiksel Analiz:** İstatistiksel değerlendirmeler, GraphPad InStat 3 istatistik paket programı kullanılarak yapıldı. Bağımsız farklı 3 grubun karşılaştırılması Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test ile yapıldı. İstatiksel değerlendirmelerde $p < 0,05$ anlamlı kabul edildi.

Bulgular

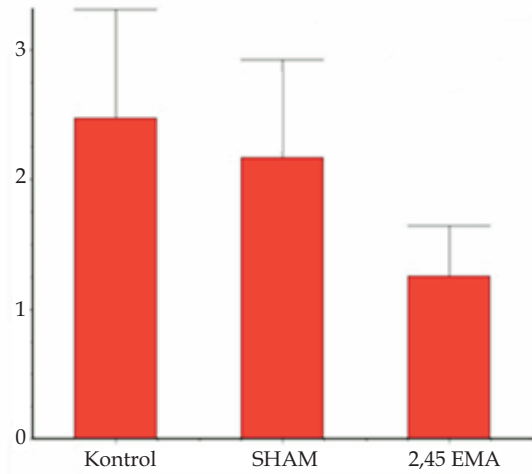
Kontrol grubu ile manyetik alan uygulanan grubun FSH (mIU/mL) seviyeleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Sham grubu ile manyetik alan uygulanan grubun

FSH (mIU/mL) seviyeleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo: Kontrol grupları ve Manyetik Alan grubuna ait ortalama Total Testosteron hormon düzeyleri ve standart sapmaları

Gruplar	n	Total Testosteron (ng/dL)	SD
Kafes kontrol	6	2.47	0.8394
Sham kontrol	6	2.165	0.7543
2450 MHz EMA	6	1.258	0.3820
*p		0.0064	

Grupların ortalama serum testosteron seviyeleri



Grafik: Kontrol ve Manyetik Alan grubunun testosteron düzeyleri

Kontrol grubu ile manyetik alan uygulanan grubun LH (mIU/mL) seviyeleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Sham grubu ile manyetik alan uygulanan grubun LH (mIU/mL) seviyeleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Kontrol grubu ile manyetik alan grubunun Total Testosteron seviyeleri karşılaştırıldığında, manyetik alana maruz bırakılan grubun Total Testosteron seviyesinin anlamlı olarak azaldığı görüldü ($p < 0,05$). Sham grubu ile manyetik alan grubunun Total Testosteron hormonu seviyeleri karşılaştırıldığında, manyetik alana maruz bırakılan grubun Total Testosteron seviyesinin anlamlı olarak azaldığı görüldü ($p < 0,05$).

Tartışma ve Sonuç:

Testis dokusu, üreme fonksiyonlarının yerine getirilmesi için spermatogenezin fizyolojisinde rolü olan bir dokudur. Testosteronun, testis dokusunda germinal hücrelerin bölünmeleri ve spermin gelişimi üzerine etkisi vardır. FSH sertoli hücrelerini uyarır

ve böylece spermatidlerden sperm oluşumunu hızlandırır. LH testiste interstisyel leydig hücrelerinden testosteron salınışını uyarır. (8,9). EMA'nın bu doku üzerinde meydana getirdiği değişiklikler farklı frekanslarda incelenmiştir(10, 11, 12). Testis dokusunda 2450 MHz EMA'nın etkileri farklı çalışmalarda incelenmiştir (13, 14, 15, 16, 17). Total Testosteron hormonu sonuçlarını değerlendirdiğimizde, Margonato ve ark. 242 erişkin sıçan üzerinde yapmış oldukları çalışmada, 25–100 kV/m gücünde 50 Hz frekansında elektrik alanına 280, 440 ve 1240 saat süresince maruz bırakmıştır. Deney sonunda, bu üç grubun plazma LH, FSH ve Testosteron hormon seviyeleri ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır (18). Navakatikian ve ark. düşük yoğunluktaki mikrodalga tarafından, testosteron ve insülin sekresyonunun inhibe edildiğini göstermişlerdir (19).

Özgüner ve ark. 900 MHz manyetik alanın ratlarda oluşturduğu biyolojik ve morfolojik etkilerini inceledikleri çalışmada total testosteron seviyesinde anlamlı azalma bulmuşlar, FSH ve LH seviyelerinde anlamlı fark saptamamışlardır. Ayrıca Johnsen skorlama, germinal epitelyum ağırlığı, testis dokusu ağırlığı ve leydig hücrelerinin interstisyel doku yüzdesi değerlendirildiğinde anlamlı fark bulamazken seminifer tübül çapları arasında anlamlı fark saptamışlardır (6).

Bizim yapmış olduğumuz çalışmada 4 hafta boyunca haftada 7 gün ve günde 60 dakika 3.21 W/kg gücünde 2450 MHz dalga frekansında EMA'ya maruz bırakılan sıçanların, serum hormon değerlerinden FSH ve LH değerlerinde bariz değişiklik gözlenmezken, total testosteron değerlerinde değişiklik saptandı. 2450 MHz EMA grubunun, manyetik radyasyona maruz kalması sonucunda Total testosteron seviyesinde anlamlı bir düşüş gözlemlendi. Manyetik alanın akut olarak uygulandığı bazı çalışmalarda hormon düzeylerinin değişmediğine dikkat çekilmiştir. Çünkü bu çalışmalarda akut olarak uygulanan manyetik alana maruziyet söz konusuysen bizim çalışmamızda stresle karakterize olan 4 haftalık kronik manyetik alan uygulanmıştır.

Kontrol grubuna göre Total Testosteron seviyesinin azalması, hipofizal stimülasyon eksikliğinden veya mezenşimal hücrelerden leydig hücrelerinin farklılaşmasının engellenmesiyle testiküler fonksiyonun dengesiz olmasından kaynaklanabilir. Total Testosteron seviyesinin azalması ile feed-back mekanizma üzerinden FSH ve LH seviyelerinde artış olması beklenir. EMA'nın hipofiz bezine minimal

etkisi total testosteron düzeyinin düşmesine ve FSH ve LH'nin aşırı salınımının inhibisyonuna neden olabilir. Bu çalışmalarda elde edilen bulgular, Saunders ve Kowalczyk (20)'un çalışmasında ileri sürdüğü ve testislerde oluşan değişikliğin mikrodalga primer etkisinden biri olan ısı tahribatı hipotezi ile ilişkilendirilebilir. Bu veriler çerçevesinde total testosteron seviyesinin azalma nedeni olarak, testis dokusunda meydana gelen hücre hasarının olabileceğini düşünmekteyiz.

Sonuç olarak 2450 MHz Frekanslı wireless cihazlarının yaydığı EMA'nın sıçanların nöroendokrin sistemi ve testis dokusuna etkileri, termal kaynaklı ve diğer stres kaynaklarına bağlı olabilir. Bu bulgular EMA'nın testislerde dejenerasyon meydana getirdiğini ve sperm gelişim aşamalarını etkilemekte ve bununda fertilitiyi etkileyen bir faktör olabileceğini öngörmekteyiz. Ancak, bu konudaki fizyolojik ve morfolojik çalışmaların daha ileri düzeylerde yapılması gerekmektedir.

Teşekkür: Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri Koordinasyon Birimine, Süleyman Demirel Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Selçuk Çömlekçi'ye katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Wlana Org, Education, What is a Wireless LAN? <http://www.wlana.org/learn/educate1.htm>
2. Öztürk E. WLAN kablosuz yerel alan ağları (wireless local area networks) teknolojisinin incelenmesi, mevcut düzenlemelerin değerlendirilmesi ve ülkemize yönelik düzenleme önerisi. Uzmanlık Tezi. Ankara: 2004
3. Hossmann KA, Hermann DM. Effects of electromagnetic radiation of mobile phones on the central nervous system. Bioelectromagnetics 2003; 24:49–62
4. Canseven AG, Atalay SN. Manyetik alanın dokuya etkisi. Bilişim Toplumuna Girerken Elektromanyetik Kirlilik Etkileri Sempozyumu 1999; 89–95
5. Yılmaz H. Kablosuz yerel alan ağlarından kaynaklanan elektromanyetik alanın, işitme üzerine etkilerinin araştırılması. Uzmanlık Tezi. İstanbul: 2007
6. Ozguner M, Koyu A, Cesur G, Ural M, Ozguner F, Gokcimen A, Delibas N. Biological and morphological effects on the reproductive organ of rats after exposure to electromagnetic field. Saudi Med J 2005; 26(3)
7. Yasser M, Randa MM, Belacy SH, Abou-El-Ela Fadel MA. Effects of acute exposure to the radiofrequency fields of cellular phones on plasma lipid peroxide and antioxidase activities in human erythrocytes. Journal

- of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 2001; 26: 605–608
8. Guyton AC, Hall JE. Tıbbi Fizyoloji. 9. Edisyon. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 1996; 1013–1015
 9. Abraham KL. Histoloji ve Hücre Biyolojisi Patolojiye Giriş. İstanbul: Palme Yayıncılık, 2006; 533–564
 10. Ono T, Saito Y, Komura J, Ikehata H, Tarasuwa Y, Nosima T, et. al. Absence of mutagenic effects of 2.45 ghz radiofrequency exposure in spleen, liver, brain and testis of lac-2 transgenic mouse in utero. Tohoku J Exp Med 2004; 202(2): 93–103
 11. Nakamura H, Matsuzaki I, Hatta K, Nobukuni Y, Kambayashi Y, Ogino K. Nonthermal effects of mobile-phone frequency microwaves on uteroplacental functions in pregnant rats, Reprod Toxicol 2003; 17: 321–326
 12. Eleanor R. Adair, Fellow, IEEE, Ronald C. Peterson, Fellow, IEEE. Biological effects of radio-frequency microwave radiation. 1984; 46(2): 315–20
 13. Yu C, Yao Y, Yang Y, Li D. Changes of rat testicular germ cell apoptosis after high power microwave radiation. Zhonhhua Nan Ke Xue 2004; 10(6): 407–10
 14. Saunders RD, Kowalczyk CI. Effects of 2.45 GHz microwave radiation and heat on mouse spermatogenic epithelium. 1981; 40(6): 623–32
 15. Porto RE, Luis RE, Mesquita HM, Claudia R, Pereira LL, Lucas T. Effects of subchronic exposure to radio frequency from a conventional cellular telephone on testicular function in adult rats. The Journal of Urology 2007; 177(1): 395 -399
 16. Dasdag S, Ketani MA, Akdag Z, Ersay AR, Sari I, Demirtas OC, Celik MS. Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. 1999; 27(3): 219–23
 17. Lebovitz RM, Johnson L. Testicular function of rats following exposure to microwave radiation. 1983; 4(2): 107–14
 18. Margonato V, Veicsteinas A, Conti R, Nicolini P, Cerretelli P. Biologic effects of prolonged exposure to ELF electromagnetic fields in rats.I. 50 Hz electric fields. Bioelectromagnetics 1995; 16: 343-355
 19. Navakatikian MA, Tomashevskaya. Biological effects of electric and magnetic fields. Sources and Mechanisms. 1994. Academic Press
 20. Gasinska A, Hill S, The effect of hyperthermia on the mouse testis, Neoplasma. 1990; 37 (3), 357–366