

EXAMINATION OF ELECTRIC FIELD EFFECTS ON LIPID PEROXIDATION AND ANTIOXIDANT ENZYMES BY USING MULTILAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORK

Göknur GÜLER*

Gazi University, Medical Faculty, Department of Biophysics, Ankara, TURKEY
gozturk@gazi.edu.tr

Fırat HARDALAÇ

Fırat University, Medical Faculty, Department of Biophysics, Elazığ, TURKEY

Aysel ARICIOĞLU

Gazi University, Medical Faculty, Department of Biochemistry, Ankara, TURKEY

ABSTRACT

The aim of this study is to determine lipid peroxidation and antioxidant enzyme levels in liver and lung tissues of guinea pigs which were exposed to different intensities of electric fields and the experimental results are applied to neural networks as learning data and the training of the feed forward neural network is realized. At the end of this training; without applying electric field to tissues, the determination of the effects of the electric field on tissues by using computer is predicted by the neural network.

Electric potentials were applied to the copper plates mounted on the wooden boxes to produce electric fields with magnitudes of 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8 kV/m and 0.3 kV/m. Male white guinea pigs (150-200 g) were continuously exposed to electric fields for 8 hours per day over 3 days. A total of 100 guinea pigs were exposed to electric fields. Each group of 20 guinea pigs was exposed to the electric field from 9 a.m. to 5 p.m. Twenty guinea pigs were used as controls. The effect of electric field exposure on malondialdehyde (MDA) and superoxide dismutase (SOD) levels was investigated for different intensities.

After the experiments, the prediction of the neural network is averagely 97.27% - 99.51 %.

Those percentiles of the prediction performance of the neural network belonging to experiment results of electric field were so high; this fact shows that the feed forward neural networks which are used many fields could be applied in the studies of electric field too.

Key Words: Electric field, Liver, Lung, Lipid peroxidation, Antioxidant enzyme, Artificial Neural Network

ÇOK KATMANLI İDRAK SİNİR AĞLARI KULLANILARAK ELEKTRİK ALANLARIN LİPİD PEROKSİDASYON VE ANTİOKSİDAN ENZİMLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alanların karaciğer ve akciğer dokularında lipid peroksidasyon ve antioksidan enzimler üzerindeki etkileri kobaylarda incelendi ve elde edilen deney sonuçları sinir ağlarına öğrenme verisi olarak uygulanıp ileri beslemeli sinir ağı eğitimi gerçekleştirildi. Bu eğitim sonucu; dokulara elektrik alan uygulanmadan, bilgisayar ortamında elektrik alanın dokulara etkisinin belirlenmesi sinir ağı ile tahmin edildi.

Tahta kafesler üzerine monte edilmiş olan bakır plakalara potansiyel fark uygulanarak 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8 kV/m ve 0.3 kV/m şiddetinde elektrik alanlar oluşturuldu. Her grupta 20 adet kobay olmak üzere toplam 100 adet erkek beyaz kobay (150-200 gr) günde 8 saat olmak üzere üç gün boyunca elektrik alanlara sürekli olarak maruz bırakıldı. Elektrik alan uygulama işlemine saat 9⁰⁰'da başlanıp 17⁰⁰'de son verildi. 20 adet kobay ise kontrol grubunu oluşturdu. Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alanların malondialdehit (MDA) ve superoksit dismutaz (SOD) seviyelerine etkisi araştırıldı.

Yapılan deneyler sonucu sinir ağının tahmini; ortalama %97.27 - % 99.51 olarak tespit edildi.

Elektrik alan deney sonuçlarına ait sinir ağı tahmin performansından elde edilen verilerin yüzde değerlerinin yüksek doğrulukta bulunması; ileri beslemeli sinir ağlarının pek çok uygulama alanında kullanıldığı gibi elektrik alan çalışmalarında da uygulanabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik alan, Karaciğer, Akciğer, Lipid peroksidasyon, Antioksidan enzim, Yapay sinir ağıları

1. GİRİŞ

Günümüzde çevrenin kimyasal maddelerle kirlenmesi yoğun eleştirilere neden olurken; elektromagnetik çevre kirlenmesi gündemimize yeni girmeye başlamış konulardandır. Teknolojinin gelişimi ile elektromagnetik enerjinin kullanımının giderek yaygınlaşması nedeniyle çoğumuz sürekli olarak değişik şiddet, süre ve doğrultularda elektrik ve magnetik alanlara daha çok maruz kalmaktayız. Elektrik ve magnetik alanların sağlığımız üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla çok sayıda çalışma yapılmakta ve bu araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır (1-10). Bu tür çalışmalar kobaylar, ratlar, kediler, köpekler ve tavşanlar üzerinde yapılmaktadır. Bu nedenle; bu çalışmada elektrik alanların lipid peroksidasyon ve antioksidan enzimler üzerine etkileri kobaylarda incelenmiş ve elde edilen deney sonuçları sinir ağlarına öğrenme verisi olarak uygulanıp sinir ağının eğitimi gerçekleştirilmiştir. Bu eğitim sonucu dokulara elektrik alan uygulanmadan ve fazla sayıda hayvan kullanmaksızın bilgisayar ortamında elektrik alanın dokulara etkisinin belirlenmesi ve bu konuda araştırma yapan diğer araştırmacılar içinde belli bir veri tabanının oluşturulması amaçlanmaktadır.

Sinir ağları, insan beynindeki nöronlara benzer olarak meydana getirilen yapay nöronların değişik bağlantı geometrisi ve birbirlerine bağlanması ile oluşan karmaşık sistemlerdir. Sinir ağları paralel hesaplama tekniğini kullanan algoritmik olmayan bir metottur. Programlama yerine doğrudan mevcut örnekler üzerinden eğitilerek öğrenir. İleri beslemeli sinir ağları, geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu tip ağ yapısı birçok alana başarı ile uygulanmıştır (11). İleri beslemeli sinir ağları tarafından nöronlar ileri besleme şeklinde yerleştirilip birbirlerine bağlanırlar. İleri beslemeli sinir ağı üç ana katmandan oluşur. Bunlar giriş, gizli ve çıkış katmanlarıdır. Sinir ağının giriş katmanına giriş vektörleri $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ şeklinde uygulanarak çıkış katmanında çıkış vektörleri $[y_1, y_2, \dots, y_m]$ şeklinde elde edilir. Giriş, gizli ve çıkış katmanları arasındaki her vektörel bağlantının ağırlık katsayısı katmanlar arasındaki her işlem elemanının diğer

1. INTRODUCTION

Today the pollution of the environment with chemical substances is intensely criticized; however the electromagnetic pollution of the environment is started to be discussed recently. Due to the development of the technology and increased use of the electromagnetic energy, most of us are exposed to electric and magnetic fields in different intensities, exposure periods and directions. Much research is done to investigate the effects of electric and magnetic fields on our health and the number of these studies is increasing (1-10). These studies are done with guinea pigs, rats, mice, cats, dogs and rabbits. This study investigated the changes in lipid peroxidation and antioxidant enzymes due to the effects of electric fields in guinea pigs and the experimental results were applied to neural networks as learning data and the training of the feed forward neural network has been realized. At the end of this training, to determine the effect of the electric field on tissues in computer, without applying electric field to tissues and without using too many guinea pigs and to form a database for the researchers in this field are aimed.

Neural networks are complex systems, which are formed with the different connection geometry of artificial networks produced like the neurons in the human brain and with their interconnection. Neural network is a non-algorithmic method, which uses parallel computing technique. Neural networks are learned directly with current examples rather than programming. Feed forward neural networks have a wide application field. This type of network has been used successfully in many fields (11). Neurons are stored in the form of feed forward and interconnected by feed forward neural networks. Feed forward neural network is composed of three layers: input, hidden and output layers. The input vectors are obtained by being applied as $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ to the input layer of the neural network and output vectors are obtained by being applied as $[y_1, y_2, \dots, y_m]$ to the output network of the neural network. The weight coefficient of each vector connection between the input, hidden and output layers is

işlem elemanları üzerindeki etkisine göre hesaplanır.

Nöronların girişlerine göre çıkışlarının belirlenmesi için kullanılan transfer fonksiyonu olarak sigmoid veya tanjant hiperbolik (tanh) gibi bir fonksiyon seçilebilir. Yapay sinir ağlarında öğrenme esnasında yapılması gereken en önemli konulardan biri de öğrenme katsayılarının ayarlanmasıdır. Öğrenme katsayısı 0,01 ile 10 aralığında seçilebilen sabit bir sayıdır. Ağırlıkların çok yüksek tutulması yüzünden yapay sinir ağının öğrenme davranışı bozulabilir. Bunu önleyebilmek için öğrenme katsayısının küçük tutulması gerekir. Öte yandan küçük öğrenme oranı ise öğrenme işlemini yavaşlatmaktadır. Bu nedenle momentum öğrenme tekniği için adım büyüklüğünün ve momentum katsayısının ağırlık öğrenmesi için uygun olarak belirlenmesi gerekir (12). Ağın öğrenmesinde başarılı bir öğrenme algoritması olan çok katmanlı idrak (Multi Layer Perceptron -MLP) kullanılır. Bir geri yayılım algoritması olan çok katmanlı idrak, ağırlık çıkışındaki hatayı hesaplayarak nöronların ağırlıklarını yeniden düzenler. Yeniden düzenleme katmanlara yayılarak, çıkıştaki hata azaltılmaya çalışılır. Ağın öğrenmedeki başarısını değerlendirmek için gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki sapmalar ölçülür. Yapay sinir ağının performans analizi istatistiksel yöntemlerle değerlendirilir. Ortalama karesel hata (MSE), değeri istenen ile hesaplanan ağ çıkışının birbirine ne kadar iyi uyup uymadığına karar vermek için kullanılır (13,14).

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Elektrik Alan Maruziyeti

Kobaylar boyutları 50cm x 50cm x 14 cm olan tahta kafeslerde elektrik alanlara maruz bırakıldılar. Dikey doğrultuda alan oluşturmak için, kafesin üst ve alt yüzüne bakır plakalar monte edildi. 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8 kV/m ve 0.3 kV/m şiddetlerinde elektrik alan elde etmek için tahta kafese monte edilen bakır levhalara potansiyel farklar uygulandı. Çalışmada 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8 kV/m ve 0.3 kV/m şiddetindeki elektrik alanlar günde 8 saat olmak üzere 3 gün boyunca erkek beyaz kobaylara (150-200 gr) uygulandı. Toplam 80 adet kobay elektrik alanına maruz bırakıldı. Her grupta 20 adet kobay sabah 9.00'dan akşam 17.00'a kadar elektrik alanına maruz bırakıldı. Aynı şartlarda ve fakat elektrik alan uygulanmayan 20 kobay kontrol grubunu oluşturdu. Elektrik alan uygulama süresince stres faktörünü ortadan kaldırmak için her kafese birer adet hayvan konuldu.

Elektrik alan uygulamasını takiben bir gün sonra, karaciğer ve akciğer dokuları hızlı bir şekilde çıkarıldı.

2.2. Malondialdehit analizi

Elektrik alanların lipid peroksidasyonuna etkileri karaciğer ve akciğer dokularında malondialdehit (MDA) seviyesi tespit edilerek saptandı (15).

computed according to the effect of each operation element on the other operation elements.

A function such as sigmoid or tangent hyperbolic (tanh) could be chosen as function of transfer, which is used to determine the outputs according to the neuron inputs. One of the most important points that should be done during the learning in the artificial neural networks is the adjusting of the learning coefficients. The learning coefficient is a fixed number, which may be chosen between 0, 01 and 10. The learning behavior of the artificial neural network may be violated due to high weights. To prevent this, the learning coefficient should be lower. On the other hand, lower learning rate slows down the learning. Thus for the momentum learning technique, the step size and the momentum coefficient should be set in accordance with the learning of the network (12). In the learning of the network, Multi Layer Perceptron-MLP, which is a successful learning algorithm, is used. MLP, which is back propagation algorithm, computes the error at the output of the network and sets weights of neurons again. This operation is spread out layers and the error in the output is tried to be reduced. Deviations among the real and predicted values are measured to evaluate the learning success of the network. The performance analysis of the artificial neural network is evaluated by statistical methods. Mean square error (MSE) is used to determine the compliance between the predicted output and computed network output (13,14).

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Electric Field Exposure

Guinea pigs were housed in wooden cages with dimensions of 50 cm x 50 cm x 14 cm and were exposed to electric fields. For vertical field exposure; copper plates were mounted on the top and the bottom faces of the cages. The potential differences were applied to the copper plates mounted on the wooden boxes to produce electric fields with magnitudes of 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8 kV/m, 0.3 kV/m. Male white guinea pigs (150-200 g) were continuously exposed to electric fields for 8 hours per day over 3 days. A total of 80 guinea pigs were exposed to electric fields. Each group of 20 guinea pigs was exposed to the electric field from 9 a.m. to 5 p.m. Twenty guinea pigs were used as controls and were kept under the same conditions without being exposed to any electric field. Since placing more than one animal in a cage would create a stress factor, only one animal was placed in each cage during each electric field exposure period.

On the day after completion of the electric field exposures, liver and lung tissue samples were rapidly removed.

2.2. Malondialdehyde analysis

The effects of electric fields on lipid peroxidation are found by determining the level of malondialdehyde (MDA) in liver and lung tissues (15).

2.3. Süperoksit dismutaz analizi

Elektrik alanların antioksidan enzimler üzerine etkileri karaciğer ve akciğer dokularında süperoksit dismutaz (SOD) seviyesi tespit edilerek saptandı (16,17).

2.4. Sinir Ağı Değerlendirmesi

Sinir ağlarını uygulayabilmek için MATLAB R12 paket programı kullanılmıştır. Kullanılan sinir ağına tipi ileri beslemeli çok katmanlı idraktır. Bu seçimin nedeni denetimli öğrenme ile hataların geri yayılımını beraber uygulayarak Şekil tanıma problemlerinin çözümünde bir standart olmasıdır. Yapılan deneylerde Pentium III 600 MHz'lik bir kişisel bilgisayar kullanılmış ve ortalama 22 saniye süre içerisinde öğrenme gerçekleştirilebilmiştir. Öğrenme öncesinde ağırlık katsayıları küçük ve rastgele değerler alınmıştır. Yapılan deneylerde geri yayılım ile beraber momentum kullanılmış ve transfer fonksiyonu olarak tanjant hiperbolik (tanh) seçilmiştir. Tek gizli katman kullanılmıştır. Momentum katsayısı 0,9 ve adım büyüklüğü 0,1 olarak alınmıştır. Durma kriteri olarak sabit bir MSE değeri belirlemek yerine her deneydeki adım sayısının sabit tutularak 10000 adım da öğrenmenin gerçekleşmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8kV/m ve 0.3 kV/m şiddetinde elektrik alanlara 3 gün süreyle maruz bırakılan kobayların karaciğer ve akciğer dokularına ait MDA ve SOD sonuçları ele alınmış ve bu deney sonuçlarının sinir ağı tarafından öğrenilebilmesi için giriş ve çıkış vektörleri oluşturulmuştur. Her bir giriş vektörü $x_1 =$ kontrol ölçüm sonucundan oluşmaktadır. Uygulanan giriş vektörünün çıkışları olarak $y_1 = 1.8$ kV/m, $y_2 = 1.35$ kV/m, $y_3 = 1$ kV/m, $y_4 = 0.8$ kV/m ve $y_5 = 0.3$ kV/m şiddetlerindeki elektrik alan gruplarının MDA ve SOD ölçüm sonuçları çıkış vektörü olarak tanımlanmıştır. Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alan uygulamalarına ait çalışma grupları Çizelge 1'de verilmiştir.

2.3. Superoxide dismutase analysis

The effects of electric fields on antioxidant enzymes are found by determining the level of superoxide dismutase (SOD) in liver and lung tissues (16, 17).

2.4. The Evaluation of The Neural Network

To apply neural networks, the package program of MATLAB R12 is used. The type of the neural network used is feed forward multi layered perceptron. The reason for using this type of neural network is that it is a standard in the solution of problems related with identifying Figures by applying the supervised learning and the back propagation of errors together. A Pentium III 600 MHz PC is used in experiments and the learning is realized within averagely 22 seconds. Before the learning, lower and random values were selected for weight coefficients. In experiments, back propagation and momentum are used together and tangent hyperbolic (tanh) is selected as the function of transfer. Only one hidden layer is used. The momentum coefficient is 0,9 and the step size is 0,1. Rather than to determine a fixed MSE value as the stopping criterion, the number of steps in the experiment is fixed and the learning is realized within 10.000 steps.

In this study MDA and SOD results belonging to spleen and testis tissues of guinea pigs exposed for 3 days to electric fields in the strength of 1.8 kV/m, 1.35 kV/m, 1 kV/m, 0.8 kV/m and 0.3 kV/m are evaluated, and input and output vectors are formed for the results of this experiment to be learned by the neural network. Each input vector is composed of $x_1 =$ the measure result of control. As outputs of input vector applied, the measure results in the strength of electric field belonging to $y_1 = 1.8$ kV/m, $y_2 = 1.35$ kV/m, $y_3 = 1$ kV/m, $y_4 = 0.8$ kV/m and $y_5 = 0.3$ kV/m are defined as output vector. Working groups belonging to data of electric field applied different intensities are shown in Table 1.

Table 1. Working groups belonging to data of electric field applied different intensities
Çizelge 1. Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alan verilerine ait çalışma grupları

Tissue/ Doku	Intensities of Electrical Field/ Elektrik Alan Şiddetleri	Groups/Gruplar
Liver-MDA/ Karaciğer-MDA	1.8 kV/m 1.35 kV/m 1 kV/m 0.8 kV/m 0.3 kV/m kontrol	GROUP I GRUP I
Lung-MDA/ Akciğer-MDA	1.8 kV/m 1.35 kV/m 1 kV/m 0.8 kV/m 0.3 kV/m kontrol	GROUP II GRUP II
Liver-SOD/ Karaciğer-SOD	1.8 kV/m 1.35 kV/m 1 kV/m 0.8 kV/m 0.3 kV/m kontrol	GROUP III GRUP III
Lung-SOD/ Akciğer-SOD	1.8 kV/m 1.35 kV/m 1 kV/m 0.8 kV/m 0.3 kV/m kontrol	GROUP IV GRUP IV

$$y_1 = 1.8 \text{ kV/m}, y_2 = 1.35 \text{ kV/m}, y_3 = 1 \text{ kV/m}, y_4 = 0.8 \text{ kV/m}, y_5 = 0.3 \text{ kV/m}, x_1 = \text{control/ kontrol}$$

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Araştırmada uygulanan elektrik alan şiddeti arttıkça buna paralel olarak tüm dokularda MDA ve SOD seviyelerinde artışlar tespit edildi. Dikey doğrultuda uygulanan 1.8 kV/m, 1.35 kV/m ve 1 kV/m'lik elektrik alanların MDA ve SOD miktarlarında meydana getirdiği artışlar 0.8 kV/m ve 0.3 kV/m'lik elektrik alanlardan daha etkili bulundu. Bu çalışmaya paralel olarak gerçekleştirdiğimiz bir diğer çalışmada da uygulanan elektrik alan şiddeti arttıkça karaciğer, akciğer ve böbrek dokularının hidroksiprolin içeriğinde artışlar tespit edildi (3,18,19). Benov ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmalarda da elektrik alan şiddeti arttıkça MDA seviyesinde artışlar saptandı (2).

Grup I: Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alanların karaciğer dokusu MDA verilerine ait deney sonuçlarının bir kısmı Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen minimum hata değeri (MSE) 0.10763 olarak gerçekleştirilmiştir. Öğrenme başarı ile (MSE <0.108) gerçekleştikten sonra gerçek deney sonuçları (Çizelge 2) sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları (Çizelge 3) ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen tahmin performansı Çizelge 4'de görüldüğü gibi ortalama 1.8 kV/m'de %98.67, 1.35 kV/m'de %97.55, 1 kV/m'de %98.41, 0.8 kV/m'de %97.96 ve 0.3 kV/m'de %93.77 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlere ait ortalama olarak %97.27 oranında tahmin performansı elde edilmiştir.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this investigation, increasing the intensity of the electric fields resulted in an increase in the MDA and SOD levels detected in all tissues. Vertical application of 1.8 kV/m, 1.35 kV/m and 1 kV/m electric fields increased SOD and MDA levels significantly more than the application of 0.8 kV/m and 0.3 kV/m electric fields. In a previous study we observed that increasing the electric field strength results in an increase in the hydroxyproline content of liver, lung and kidney tissues (3, 18, 19). Benov also showed that when the intensity of the electric field was increased, the MDA level increased proportionally (2).

Group I: Some of the experiment results belonging to MDA data of liver tissue of electric fields applied in different intensities are shown in Table 2. The minimum error value (MSE) obtained is 0.10763. After the learning had been completed successfully (MSE <0.108), real experiment results (Table 2) were compared with experiment results which were predicted by the neural network (Table 3). The prediction performance obtained after the comparison is computed as seen in Table 4. The prediction performance was 98.67% in 1.8 kV/m, 97.55% in 1.35 kV/m, 99.98 % in 0.8 kV/m, 99.99 % in 0.9 kV/m, 99.99 % in 1 kV/m, 99.99 % in 1.35 kV/m, 98.41% in 1 kV/m, 97.96 % in 0.8 kV/m and 93.77 % in 0.3 kV/m. Thus a prediction performance of 97.27 % (general average) is obtained.

Table 2. Real experiment results belonging to Group I.
Çizelge 2. Grup I'e ait gerçek deney sonuçları.

Experiment Number/ Deney Numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	0.08110	0.0610	0.0530	0.0500	0.0420	0.0410
2	0.08100	0.0690	0.0520	0.0500	0.0450	0.0400
3	0.08070	0.0670	0.0540	0.0510	0.0460	0.0430
4	0.08100	0.0690	0.0530	0.0500	0.0450	0.0410
5	0.08130	0.0660	0.0550	0.0500	0.0420	0.0430

Table 3. Experiment results of Group I; these results were predicted by the neural network.
Çizelge 3. Grup I'e ait sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları.

Experiment number/ Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	0.081067	0.06667	0.05333	0.05033	0.04367	0.04100
2	0.081033	0.07033	0.05533	0.05167	0.04533	0.04000
3	0.081000	0.06600	0.05540	0.05240	0.04420	0.04300
4	0.081067	0.06667	0.05333	0.05033	0.04367	0.04100
5	0.081000	0.06600	0.05540	0.05240	0.04420	0.04300

Table 4. The prediction performance belonging to Group I.
Çizelge 4. Grup I'e ait tahmin performansı.

Experiment number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Mean/ Ortalama
1	%0.30	%7.00	%0.46	%0.56	%7.58	%3.18
2	%0.30	%1.50	%4.63	%2.78	%1.33	%2.11
3	%2.80	%1.15	%1.89	%2.30	%6.92	%3.01
4	%0.61	%2.62	%0.46	%0.56	%5.33	%1.91
5	%2.66	%0.00	%0.53	%4.00	%10.00	%3.44
Mean / Ortalama	%1.33	%2.45	%1.59	%2.04	%6.23	%2.73
Prediction Performance/ Tahmin Performansı	%98.67	%97.55	%98.41	%97.96	%93.77	%97.27

Grup II: Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alanların akciğer dokusu MDA verilerine ait deney sonuçlarının bir kısmı Çizelge 5'de verilmiştir. Elde edilen minimum hata değeri (MSE) 0.12914 olarak gerçekleştirilmiştir. Öğrenme başarı ile (MSE <0.13) gerçekleşikten sonra gerçek deney sonuçları (Çizelge 5) sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları (Çizelge 6) ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen tahmin performansı Çizelge 7'de görüldüğü gibi ortalama 1.8 kV/m'de %99.78, 1.35 kV/m'de %99.92, 1 kV/m'de %99.54, 0.8 kV/m'de %97.84 ve 0.3 kV/m'de %99.87 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlere ait ortalama olarak %99.39 oranında tahmin performansı elde edilmiştir.

Group II: Some of the experiment results belonging to MDA data of lung tissue of electric fields applied in different intensities are shown in Table 5. The minimum error value (MSE) obtained is 0.12914. After the learning had been completed successfully (MSE <0.13), real experiment results (Table 5) were compared with experiment results which were predicted by the neural network (Table 6). The prediction performance obtained after the comparison is computed as seen in Table 7. The prediction performance was 99.78% in 1.8 kV/m, 99.92% in 1.35 kV/m, 99.54% in 1 kV/m, 97.84% in 0.8 kV/m and 99.87% in 0.3 kV/m. Thus a prediction performance of 99.39% (general average) is obtained.

Table 5. Real experiment results belonging to Group II.
Çizelge 5. Grup II 'e ait gerçek deney sonuçları.

Experiment number / Deney Numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	0.1820	0.1530	0.1440	0.0920	0.0784	0.0781
2	0.1810	0.1540	0.1460	0.0950	0.0783	0.0782
3	0.1840	0.1520	0.1460	0.0910	0.0783	0.0784
4	0.1770	0.1540	0.1420	0.0900	0.0785	0.0780
5	0.1800	0.1530	0.1450	0.0960	0.0784	0.0780

Table 6. Experiment results of Group II; these results were predicted by the neural network.
Çizelge 6. Grup II 'e ait sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları.

Test number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	0.17833	0.15500	0.14567	0.09267	0.07850	0.0781
2	0.18000	0.15525	0.14600	0.09300	0.07850	0.0782
3	0.18067	0.15567	0.14467	0.09167	0.07840	0.0784
4	0.17925	0.15450	0.14450	0.09400	0.07852	0.0780
5	0.17925	0.15450	0.14450	0.09400	0.07852	0.0780

Table 7. The prediction performance belonging to Group II.
Çizelge 7. Grup II 'e ait tahmin performansı.

Test number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Mean/ Ortalama
1	%0.17	%0.08	%0.68	%1.44	%0.08	%0.49
2	%0.40	%0.04	%0.68	%1.43	%0.22	%0.55
3	%0.11	%0.10	%0.00	%2.24	%0.16	%0.52
4	%0.09	%0.08	%0.92	%3.59	%0.16	%0.97
5	%0.35	%0.10	%0.00	%2.13	%0.02	%0.52
Mean / Ortalama	%0.22	%0.08	%0.46	%2.16	%0.13	%0.61
Prediction Performance / Tahmin Performansı	%99.78	%99.92	%99.54	%97.84	%99.87	%99.39

Grup III: Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alanların karaciğer dokusu SOD verilerine ait deney sonuçlarının bir kısmı Çizelge 8'de verilmiştir. Elde edilen minimum hata değeri (MSE) 0.08748 olarak gerçekleştirilmiştir. Öğrenme başarı ile (MSE <0.088) gerçekleştirildikten sonra gerçek deney sonuçları (Çizelge 8) sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları (Çizelge 9) ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen tahmin performansı Çizelge 10'da görüldüğü gibi ortalama 1.8 kV/m'de %99.85, 1.35 kV/m'de %99.92, 1 kV/m'de %99.03, 0.8 kV/m'de %98.85 ve 0.3 kV/m'de %99.88 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlere ait genel olarak sinir ağı iyi bir tahmin performansı yakalayarak ortalama %99.51'lik bir tahmin performansı elde edilmiştir.

Group III: Some of the experiment results belonging to SOD data of liver tissue of electric fields applied in different intensities are shown in Table 8. The minimum error value (MSE) obtained is 0.08748. After the learning had been completed successfully (MSE <0.088), real experiment results (Table 8) were compared with experiment results which were predicted by the neural network (Table 9). The prediction performance obtained after the comparison is computed as seen in Table 10. The prediction performance was 99.85% in 1.8 kV/m, 99.92% in 1.35 kV/m, 99.03% in 1 kV/m, 98.85 % in 0.8 kV/m, 99.88 % in 0.3kV/m. Thus a prediction performance of 99.51 % (general average) is obtained.

Table 8. Real experiment results belonging to Group III.
Çizelge 8. Grup III 'e ait gerçek deney sonuçları.

Experiment number / Deney Numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	29.65	28.00	26.40	25.50	22.42	22.34
2	29.64	28.01	26.20	25.40	22.43	22.32
3	29.66	28.03	26.10	25.50	22.41	22.30
4	29.63	28.01	26.50	25.30	22.43	22.35
5	29.64	28.00	26.30	25.50	22.38	22.36

Table 9. Experiment results of Group III; these results were predicted by the neural network.
Çizelge 9. Grup III 'e ait sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları.

Test number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	29.6397	28.0238	26.5390	25.4493	22.4340	22.3400
2	29.6308	28.0104	26.2054	25.3948	22.4295	22.3200
3	29.6214	28.0282	26.4022	25.3014	22.4042	22.3000
4	29.6058	28.0205	26.4901	25.3857	22.4140	22.3500
5	29.5958	28.0166	26.4366	25.2357	22.3922	22.3600

Table 10. The prediction performance belonging to Group III.
Çizelge 10. Grup III 'e ait tahmin performansı.

Test number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	%0.06	%0.17	%1.12	%0.48	%0.17	%0.40
2	%0.06	%0.00	%0.04	%0.05	%0.01	%0.03
3	%0.23	%0.01	%2.50	%1.89	%0.07	%0.94
4	%0.15	%0.08	%0.08	%0.83	%0.19	%0.26
5	%0.27	%0.12	%1.11	%2.52	%0.15	%0.83
Mean / Ortalama	%0.15	%0.08	%0.97	%1.15	%0.12	%0.49
Prediction Performance / Tahmin Performansı	%99.85	%99.92	%99.03	%98.85	%99.88	%99.51

Grup IV: Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alanların akciğer dokusu SOD verilerine ait deney sonuçlarının bir kısmı Çizelge 11'de verilmiştir. Elde edilen minimum hata değeri (MSE) 0.06799 olarak gerçekleştirilmiştir. Öğrenme başarı ile (MSE <0.06) gerçekleştirildikten sonra gerçek deney sonuçları (Çizelge 11) sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları (Çizelge 12) ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen tahmin performansı Çizelge 13'de görüldüğü gibi ortalama 1.8 kV/m'de %99.78, 1.35 kV/m'de %99.92, 1 kV/m'de %99.54, 0.8 kV/m'de %97.84 ve 0.3 kV/m'de 99.87 olarak hesap edilmiştir. Bu değerlere ait genel ortalama %99.39'lük bir tahmin performansı ile elde edilmiştir.

Group IV: Some of the experiment results belonging to SOD data of lung tissue of electric fields applied in different intensities are shown in Table 11. The minimum error value (MSE) obtained is 0.06799. After the learning had been completed successfully (MSE <0.06), real experiment results (Table 11) were compared with experiment results which were predicted by the neural network (Table 12). The prediction performance obtained after the comparison is computed as seen in Table 13. The prediction performance was 99.78% in 1.8 kV/m, 99.92% in 1.35 kV/m, 99.54% in 1 kV/m, 97.84% in 0.8 kV/m, 99.87 % in 0.3 kV/m. Thus a prediction performance of 99.39% (general average) is obtained.

Table 11. Real experiment results belonging to Group IV.
Çizelge 11. Grup IV 'e ait gerçek deney sonuçları.

Experiment number / Deney Numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	19.89	18.05	16.70	15.10	12.31	12.31
2	20.01	18.10	16.50	14.00	12.34	12.30
3	19.88	18.06	16.60	15.00	12.33	12.31
4	20.02	18.06	16.70	14.40	12.35	12.28
5	19.97	18.09	16.80	14.90	12.33	12.28

Table 12. Experiment results of Group IV; these results were predicted by the neural network.
Çizelge 12. Grup IV 'e ait sinir ağı tarafından tahmin edilen deney sonuçları.

Test number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Control/ Kontrol
1	19.95	18.07	16.70	15.80	12.31	12.31
2	20.99	18.09	16.63	14.47	12.33	12.30
3	19.95	18.07	16.70	15.80	12.31	12.31
4	20.00	18.08	16.70	14.70	12.34	12.28
5	19.00	18.08	16.70	14.70	12.34	12.28

Table 13. The prediction performance belonging to Group IV.
Çizelge 13. Grup IV 'e ait tahmin performansı.

Test number / Test numarası	1.8 kV/m	1.35 kV/m	1 kV/m	0.8 kV/m	0.3 kV/m	Mean/ Ortalama
1	%0.35	%0.10	%0.00	%2.13	%0.02	%0.52
2	%0.09	%0.08	%0.92	%3.59	%0.16	%0.97
3	%0.40	%0.04	%0.68	%1.43	%0.22	%0.55
4	%0.11	%0.10	%0.00	%2.24	%0.16	%0.52
5	%0.17	%0.08	%0.68	%1.44	%0.08	%0.49
Mean / Ortalama	%0.22	%0.08	%0.46	%2.16	%0.13	%0.61
Prediction Performance / Tahmin Performansı	%99.78	%99.92	%99.54	%97.84	%99.87	%99.39

Farklı şiddetlerde uygulanan elektrik alan çalışmasında Grup I'e ait deney verilerinin sinir ağı ortalama tahmin performansı %99.34; Grup II'e ait deney verilerinin sinir ağı ortalama tahmin performansının %99.39; Grup III'e ait deney verilerinin sinir ağı ortalama tahmin performansının %99.51; Grup IV'e ait deney verilerinin sinir ağı ortalama tahmin performansı %97.27 doğrulukta tespit edilmiştir.

Elektrik alan deney sonuçlarına ait sinir ağı tahmin performansından elde edilen verilerin yüzde değerlerinin bu denli yüksek doğrulukta bulunması; ileri beslemeli sinir ağlarının pek çok uygulama alanında kullanıldığı gibi elektrik alan çalışmalarında da uygulanabileceğini göstermiştir. Ayrıca bu çalışma elektrik alanların radikal oluşumu ve antioksidan enzimler üzerine etkisini araştıran

In the study of electric field applied different intensities, 99.34 % of the average prediction performance of the neural network of experiment data belonging to Group I; 99.39 % of the average prediction performance of the neural network of experiment data belonging to Group II; 99.51 % of the average prediction performance of the neural network of experiment data belonging to Group III; and 97.27 % of the average prediction performance of the neural network of experiment data belonging to Group IV is computed correctly.

Those percentiles of the prediction performance of the neural network belonging to experiment results of electric field were so high; this fact shows that the feed forward neural networks which are used many fields could be

diğer araştırmacılar içinde bir veri tabanı oluşturabilecektir.

Bu çalışmanın devamında yapılacak olan elektrik ve magnetik alanların farklı parametreler üzerindeki sağlık etkilerini araştırmaya yönelik çalışmalarımızda; ileri beslemeli sinir ağları kullanılarak fazla hayvan kullanmaksızın bu alanların biyolojik etkilerinin bilgisayar ortamında tespit edilebilmesi planlanmaktadır.

applied in the studies of electric field too. Furthermore this study may form a database for the scientists investigating the effects of electric fields on lipid peroxidation and antioxidant enzymes.

In our future studies which will investigate the health effects of electric and magnetic fields on different parameters, it is aimed to determine the biological effects of these fields by using computer and the feed forward neural networks and without using too many guinea pigs.

KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. Barriviera, M.L., Louro, S.R.W., “Wajenberg E, Hasson-Voloch A. Denervation alters protein-lipid interactions in membrane fractions from electrocytes of *Electrophorus electricus* (L.)”, *Biophys Chem*, 91: 93-104 (2001).
2. Benov, L.C., Antonov, P.A., Ribarov, S.R., “Oxidative damage the membrane lipids after electroporation”, *Gen Physiol Biophys*, 13: 85-97 (1994).
3. Güler, G., Atalay, N., Özođul, C., Erdođan, D., “Biochemical and structural approach to collagen synthesis under electric fields”, *Gen Physiol Biophys*, 15: 429-440 (1996).
4. Irmak, M.K., Fadılhođlu, E., Güleç, M., Erdođan, H., Yađmurcu, M., Akyol, Ö., “Effects of electromagnetic radiation from a cellular telephone on the oxidant and antioxidant levels in rabbits”, *Cell Biochem Funct*, 20: 1-5 (2002).
5. Ebeigbe, A.B., Gantzoz, R.D., Webb, R.C., “Relaxation of rat tail artery to electrical stimulation”, *Life Sci*, 33: 303-309 (1983).
6. Lamb, F.S., Webb, R.C., “Vascular effects of free radicals generated by electrical stimulation”, *Am J Physiol*, 247: H709-H714 (1984).
7. Desideri, A., Falconi, M., Polticelli, F., Bolognesi, M., Djnovic, K., Rotilio, G., “Evolutionary conservativeness of electric field in the Cu,Zn superoxide dismutase active site, Evidence for co-ordinated mutation of charged amino acid residues”, *J Mol Biol* 223: 337-342 (1992).
8. Scaiano, J.C., Mohtat, N., Cozens, F.L., Mclean, J., Thansandote, A., “Application of the radical pair mechanism to free radicals in organized systems: Can the effects of 60 Hz predicted from studies under static fields?”, *Bioelectromagnetics* 15: 549-554 (1994).
9. Güler, G., Atalay, N.S., Koz, M., Gönül, B., “Elektrik alanın böbreküstü bezi MDA seviyesine etkisi”, *Türkiye Tıp Dergisi* 1:161-167 (1994).
10. Dinçer, S., Koz, M., Öz, E., Gönül, B., Güler, G., Atalay, N.S., “Dikey ve yatay doğrultularda elektrik alan uygulamasının kobaylarda adrenal bez askorbik asit ve malondialdehit düzeylerine etkisi”, *Optimal Tıp Dergisi* 8: 135-138 (1995).
11. Wright, I.A., Gough, N.A.J., “Artificial neural network analysis of common femoral artery Doppler shift signals: Classification of proximal disease”, *Ultrasound Med Biol*, 24: 735 (1994).
12. Beale, R., Jackson, T., “Neural Computing: An Introduction” *Institute of Physics Publishing*, Bristol – UK, 101-122 (1990).
13. Fredric, M.H., Inica, K., *Principles of Neurocomputing for Science and Engineering*, McGraw-Hill, New York, 233-245 (2001).
14. McClelland, J.L., Rumelhart, D.E., “Explorations in Parallel Distributed Processing: A Handbook of Models” *Programs and Exercises*, Cambridge, 17-56 (1986).

15. Wasowics, W., Neve, S., Peretz, A., "Optimized steps in fluorometric determination of thiobarbituric acid reactive substances in serum: importance of extraction pH and influence of sample preservation and storage", *Clin Chem*, 39: 2522-2526 (1993).
16. Lowry, O.H., Rosebrough, N.I., Farr, A.L., Randall, R.J., "Protein measurement with the folin phenol reagent", *J Biol Chem*, 193: 265-275 (1951).
17. Sun, Y., Oberley, L.W., Li, Y., "A simple method for clinical assay of superoxide dismutase", *Clin Chem*, 34: 497-500 (1988).
18. Güler, G., Atalay, N.S., "Changes in hydroxyproline levels in electric field tissue interaction", *Indian J Biochem Bio* 33: 531-533 (1996).
19. Güler, G., Atalay, N.S., "The interaction of electric field with biological systems I: Liver hydroxyproline", *Gazi Medical Journal* 6: 125-129 (1995).

Received/ Geliş Tarihi: 30.03.2004 Accepted/Kabul Tarihi: 15.07.2004