

DİYETLE BOR ALIMININ SAĞLIK İLE ETKİLEŞİMİ: GÜNCEL BAKIŞ

Makbule GEZMEN-KARADAĞ, Duygu TÜRKÖZÜ

ÖZET

Bor; besinlerde; borik asit ve bor formunda bulunan, atomik numarası 5 olan ve periyodik cetvelde 3A grubunda bulunan bir elementtir.1800-1900 yıllar arasında borun ilk olarak toksisitesi tanımlanmıştır.2000’li yıllara gelindiğinde ise borun yalnızca toksik değil aynı zamanda önemli yaşamsal faaliyetlerde etkin esansiyel bir mineral olduğu ve makromineral metabolizması üzerinde, endokrin fonksiyonda; D vitamini metabolizması, görme fonksiyonunda ve kemik metabolizmasında ve immün fonksiyonda rolü olduğu; glikoz, triaçilgliseroller gibi enerji substratlarına ve aminoasit, protein gibi nitrojen içerikli maddelere etkisi bulunduğu bildirilmiştir. Bu derleme makalede; diyetsel kaynaklı olan borun insan fizyolojisindeki esansiyel rolü ve işlevleri ile sağlık ile olan etkileşimi tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Bor, Metabolizma, Sağlık, Beslenme

CURRENT OVERVIEW OF INTERACTONS WTH DIETARY BORON INTAKES AND HEALTH

ABSTRACT

Boron is the fifth element in the periodic table in Group IIIA which occurs in foods as borate and boric acid.It’s toxicity was identified between 1800-1900 years but; when 2000 years, t is identified not only toxic but also essential mineral that on macromineral metabolism, endocrin functions, vitamin D metabolism, visual function, bone metabolism, glucose and which known the energy substrats, aminoacids and proteins.So, this review articles will discuss that dietary source of boron’s essential functions and interactions with various health.

Keywords: Boron, Metabolism, Health, Nutrition

¹ Doç. Dr. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

² Araş.Gör. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

İletişim / Corresponding Author: Makbule GEZMEN_KARADAĞ

Tel: 0312 2162638 **e-posta:** mgeznmen@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 25..12.2012

Kabul Tarihi / Accepted: 31.01.2014

GİRİŞ

Bor; besinlerde; borik asit ve bor formunda bulunan, atomik numarası 5 olan ve periyodik cetvelde 3A grubunda bulunan bir elementtir (1). Bor ilk defa 1857'de *Maesa icta* tohumundan keşfedilmiştir. 1800'li yıllarla 1900'lu yıllar arasında borun ilk defa toksisitesi tanımlanmıştır. 1910 yılında ise borun fizyolojik önemi olan bir element olduğu. Borun fazla miktarda bitkilerde bulunduğu saptanmıştır. 1923 yılında yapılan çalışmalar sonucunda bitkilerde bulunan borun fizyolojik önemi olduğu ikinci kez tanımlanmıştır.1981 ise hayvanlar için de borun elzem olduğu belirtilmiştir (2).

Borun insan, hayvan ve bitkilerde elzem olup olmadığını gösteren çeşitli araştırmalar mevcuttur. Jackson ve Chepman 1975 yılında borun bitkiler için elzem olduğunu, hayvanlar içinse böyle bir kanıt olmadığını belirtmiştir (3). Blevins ve Lukeszewksi, Loomis ve Durst (1992), Warington bitkiler için borun esansiyel mikro besin ögesi olduğunu belirtmiştir (4). Hunt 1994 ve 1996, Nielsen 1994 ve 1996'da insanlar için borun elzem olduğunu belirtmişlerdir. WHO (World Health Organization) ise 1996 yılında yayınladığı raporunda borun iz element olabileceğini belirtmiştir (4,5).

Son yapılan çalışmalarda ise borun insan ve hayvanlar için elzem olduğu ve makromineral metabolizması üzerinde, endokrin fonksiyonda (kalsitonin, östrojen, insulin,troid hormonları üzerine etkisi), D vitamini metabolizması, görme ve kemik metabolizmasında, immun fonksiyonda rolü olduğu; glikoz, triaçilgliseroller gibi enerji substratlarına ve aminoasit, protein gibi nitrojen içerikli maddelere etkisi bulunduğu 1981'den bu yana yapılan çalışmalarda saptanmıştır (6,7,8). Bu derleme makalede de; diyetel kaynaklı olan borun insan fizyolojisindeki esansiyel rolü ve işlevleri ile çeşitli hastalıklar ile olan ilişkisi tartışılacaktır.

I. METABOLİZMASI

A. Biyokimyası

Membran; fosfoinositler, glikoproteinler ve glikolipidler, cis-hidroksil gurupları içerir. Organik asitlerle kompleks oluşturmuş bor, hidroksil gurupları içermektedir. karboksil gurubunun olması borun daha kuvvetli etki göstermesini sağlar. Membranda bor daha çok "diester borat polyol kompleks" şeklindeki organik formda bulunur (6,8,9).

Borun içerdiği hidrojen gurupları, ajanları azaltıcı yönde etki gösterip lipid peroksidasyonunu gerçekleştirecek türleri; asit kloridleri, keton ve aldehitleri azaltır (9).

Diğer bir hipoteze göre borun hücre membranında redoks metabolizmasındaki etkin görevi olduğuna dairdir. Havuç hücrelerinin büyüme kültürlerinde NADH oksidazı borun uyardığı belirtilmiştir. Bitkilerde ise NADH oksidazın azalmasının neye sebep olabileceği bilinmemektedir (8).

B. Emilimi- Atımı

Bor, böbreklerden hızlı bir şekilde emilip atılan bir mineraldir (10). Anyonik iz element olduğu için diğerleri gibi borda idrar, feçes, ter ve solunum yoluyla atılır. Jansen ve ark. borik asidin farmakolojik dozunun %90-95'inin idrarla atılabileceğini göstermiştir (9).

II. İŞLEVLERİ VE İNSAN FİZYOLOJİSİNDEKİ ÖNEMİ

Borun yapılan araştırma sonuçlarına göre önemli yaşamsal faaliyetlerde etkin olduğu saptanmıştır. 1987 yılında bitki kaynaklı borun hücre membranında, kalsiyum metabolizmasında etkisi ve hormonal işlevlerde önemli rolleri olduğu belirtilmiştir. 1991'de ise bu bilgilere ek olarak hayvan kaynaklı borun hücre içi-dışı anyon-katyon geçişinde de rol aldığı belirtilmiştir. 1997-2000 yılları arasında yapılan çalışmalarda, borun beslenme ve klinikte önemli rolleri olduğu gösterilmiştir. İnsanlar üzerinde yapılan sınırlı çalışmalarda borun; kalsiyum, bakır, magnezyum gibi mineraller ile azot, glikoz ve trigiliseritler gibi yaşam sürecinde önemli olan pek çok bileşenin kullanılması ve metabolizmasında etkin roller üstlendiğini ortaya konulmaktadır (10). Bu nedenle borun embriyogenezis, kemik gelişimi, immün fonksiyon, psikomotor fonksiyon gibi yaşamsal faaliyetlerde önemli roller oynadığı bildirilmektedir (8).

A. Bor ve Embriyo Gelişimi

Son yapılan çalışmalarda, borun yaşamın erken devrelerinde embriyo gelişimi için gerekli olduğu belirtilmiştir (8). Embriyo gelişiminde borun olumlu etkisinin ilk defa gösterildiği çalışmayı 1985'te Eddy ve Talbat yapmıştır (11). Loomis 1986, Halisen ve Riebesell 1991, Fort 1999 yılında Güney Afrika kurbağası *Xenopus Laevis*de borun embriyonik gelişim üzerine etkisini incelemiştir. Diyetlerinden bor azaltılan kurbağalarda anormal organogenezis, anormal gastrolasyon, kanama ve artmış embriyo ölümleri

gözlenmiştir. Bu araştırmalar sonucu borun *Xenopus Laevis*de embriyogenezis üzerindeki olumlu rolü gösterilmiştir (4,8).

1995 yılında yapılan bir çalışmada, embriyonik büyümesi yavaş olan balıklarda bor konsantrasyonu düşük bulunmuştur. Bu balıklar için sudaki bor miktarı 2 µm/L'den 11µm/L'ye artırıldığında büyümede %8 artış gözlenmiştir. Aynı araştırmacılar bor düzeyini 2µm/L'den 4 µm/L'ye arttırdıklarında büyüme, embriyonik dönemde %6.5 artmıştır (11). Rowe 1998'de zebra balıklar üzerinde yaptığı araştırmada erken postfertilizasyon periyodu sırasında, bordan fakir diyeti alan balıkların %45inin embriyoları ölmüştür (4,8).

Lannove 1999'daki araştırmasında dişi farelere bordan sınırlı diyet ve bor supplementi bulunan diyet vermiştir. Çalışmada çift hücre embriyosunun gelişimini izlemiştir. Bordan sınırlı diyet uygulayan dişi farelerin embriyolarında diğer gurubun embriyolarına göre daha fazla zarar olduğu saptanmıştır. Bordan sınırlı diyet alan dişi farelerin embriyolarının %57'sinin, bor supplementi ile desteklenen guruptaki dişi farelerin embriyolarında %20'sinin dejenare olduğu belirlenmiştir (4,8).

B. Bor ve D Vitamini-Büyüme ve Gelişme

Son yıllarda D vitamininin biyolojik rolleri ve dokudaki reseptörleri üzerine araştırmalar artmıştır. Örneğin D vitamininin insülin sekresyonunu etkileyebileceği ve immun fonksiyonda olumlu rolü olabileceği düşünülmektedir. Vitamin D ile bor arasındaki ilişki incelendiğinde bor yetersizliği olan ratlarda D vitamini yetersizliği civcivlerde daha net gözlenmiştir (7).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda borun büyüme ve gelişmedeki etkinliği incelenmektedir. Araştırmalarda D vitamini yetersizliği oluşturulan hayvanlarda bor supplementi verilerek büyüme ve gelişme izlenmiştir. Bor supplementi verilen hayvanlarda büyüme ve gelişmenin diğer gruba göre daha fazla olabileceği gösterilmiştir. Borun büyümeye direkt etkisi olmasa da kemik gelişiminde etkili olduğuna dair kanıtlar söz konusudur (8).

Borun kemik üzerine etkisiyle ilgili ilk çalışma sonucu, 1981 yılında Nielsen ve Hunt tarafından gösterilmiştir. Bu çalışmada D vitamini yetersizliği olmayan civcivlere bordan sınırlı diyetler verildiğinde gelişme geriliği gözlenmiştir. Araştırma sonuçlarında D vitamini yetersizliğinde borun D vitamin için vücutta optimum hormon aktivasyonunu sağlayıcı etkisi

gösterilmiştir. Yine araştırma sonucu bor supplementi alan guruplarda alkelen fosfotaz düzeyinin artışı ve bacak anormalliklerinin önlenmesi saptanmıştır (7,8).

Literatürde D vitamini ile borun etkileşiminin büyüme ve gelişmeye etkisini gösteren çeşitli araştırmalar mevcuttur. Underwood ve Deluca 1984'te ratlarda D vitamini yetersizliği ile normal kemik yapısındaki değişiklikleri, kalsiyum ve fosfor düzeyini incelemiş ve D vitamininin bu minerallerin emilimi için önemli olduğunu belirtmişlerdir. Halloran 1985'te ratlarda D vitamininin azalmasıyla plazma kalsiyum seviyesinin düşüğü, hipokalsemi oluştuğunu göstermişlerdir. Hunt ve Nielsen 1989'da yaptıkları araştırmada borun diğer besin öğeleriyle etkileşim içinde olduğu ve borun D vitamini metabolizmasında rolü olduğu belirtilmiştir (7). Hunt 1989'da yaptığı araştırmada D vitamini yetersizliği olan ratlara bor supplementi verildiğinde osteoklast hücrelerinin artışı belirtilmiştir. Bor supplementinin plazma kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonunun azalmasını ve kalsifikasyonu inhibe ettiği ve kemik malformasyonunun önlenmesini belirtmiştir (9,11).

Hegsted ve ark. yaptıkları araştırmada değişik bor içeren diyetlerle beslenen ve D vitamini yetersizliği oluşturulan ratlarda büyüme ve gelişme, kemik mineral yoğunluğu ve serum mineral emilim düzeyindeki değişiklikleri gözlemiştir. Bir guruba 0,158 ppm/gün değerine 2,72 ppm/gün bor verilerek ratlar 11 hafta boyunca izlenmiştir. Araştırma sonucunda yüksek bor içerikli diyetle beslenen ratlarda kalsiyum, fosfat emiliminde artış saptanmıştır. Vücut ağırlığı, organ ağırlığı ve kemik parametrelerinde ise çok az değişiklik olduğu gözlenmiştir. Yine araştırma sonucunda yüksek bor içerikli diyet uygulanan ratlarda hipokalseminin önlenmesi ve mineral dengesinin olumlu anlamda etkilendiği rapor edilmiştir(7).

Ratların beyin kortekslerinde kalsiyum miktarında, serebellum ve karaciğerde fosfor miktarında artış kaydedilmiştir. Dışkıyla kalsiyum ve fosfor atımı azalmıştır (7). Elliot ve Edwards, Qin ve Klandort'ın yaptıkları çalışmada mature civcivlere bor supplementi verilmiş ve civcivlerin kemik kitlesinde artış olduğu saptanmıştır. Rossi ve arkadaşları 1993 yılında bor supplementinin kemik kırılma süresini geciktirdiğini saptamışlardır (6). Sonuç olarak düşük bor içeren diyet tüketen hayvanlarda D vitamini, kalsiyum, kolekalsiferol, magnezyum ve fosfor yetersizlikleri gözlenebilir. Araştırmalarla varılan ortak sonuç, bor supplementinin verilmesiyle bu yetersizliklerin önlenebileceğine yöneliktir.

C. Bor ve Mineral Metabolizması

Diyetle alınan bor mineral metabolizmasını düzenlemede etkin rol oynar. Nielsen ve arkadaşları borun kalsiyum metabolizmasına olumlu etkilerinin olduğu; kalsiyum ve magnezyum kaybını azalttığını saptamışlardır (3). Başka çalışmalarda da; insan ve hayvanlarda bor yetersizliği durumunda idrarla kalsiyum atımının fazla olduğu saptanmıştır(9).

Beattie ve Peace postmenopozal dönemdeki sağlıklı kadınlarda yaptıkları araştırmada bir guruba düşük bor diyeti, diğer guruba 3 mg bor supplementi olan diyet uygulanmıştır. Supplement alan grupta kalsiyum emiliminde artış ve pozitif kalsiyum dengesi oluşmuş idrar kalsiyum atımı azalmıştır. Magnezyumda buna benzer değişiklik göstermiştir (3).

Nielsen ve ark. 1988, Hunt 1989, Beattie ve Peace 1991, Hegsted ve ark. 1991'de borun kalsiyum ve kemik metabolizmasındaki olumlu etkilerini saptamışlardır (3). Nielsen 1990 da diyetle bor azaldığında; plazma iyonize kalsiyum seviyesi, kalsitriol konsantrasyonunda azalma, serum kalsitonin düzeyinde artış olduğunu saptamıştır (12).

Hegsted 1990'da bor supplementinin kalsiyum ve fosfor emilimini artırdığını ve D vitamini yetersizliği olan ratlarda kalsiyum ve fosfor dengesini sağladığını belirtmişlerdir (6). 1994'te yapılan bir araştırma sonucunda bor supplementinin kalsiyum ve magnezyum emilimini artırdığını saptamışlardır (11).

Naghii ve Samman 1997'de; 45 yaş üstü sağlıklı erkeklerde bir guruba düşük bor diyeti diğer guruba da günlük 10 mg bor içeren diyet uygulamıştır. Araştırma sonucunda supplement alan erkeklerde idrarla kalsiyum atımı azalmış, kemikte kalsiyum tutulumu %17 artmıştır (9).

Kemik ve diğer parametrelerde sadece bor yetersizliği değil, borun diğer besin öğeleriyle ilişkisi nedeniyle borun görev aldığı mekanizmalarda değişiklik yaratabilmektedir. Magnezyum ve kalsiyum ve bor araştırmalarda kullanılan besin öğeleri arasındadır (7).

D. Bor ve Hormonlar

Yapılan araştırmalarda borun vücuttaki bazı hormonların düzeyinde değişiklik yaptığı gösterilmiştir. Bu hormonlar arasında kalsitonin, 17 β estradiol, triiodothyronin, 25- hidroksi kolekalsiferol ve testosteron yer alır. Örneğin; östrojen post menopozal dönemdeki bayanlarda estradiol konsantrasyonunu artırır. Bu dönemdeki bayanlarda borun az alınması bu dönüşümün baskılanmasına sebep olur (8).

Postmenopozal dönem kadınlarda ve 45 yaş üstü erkeklerde diyetle yetersiz bor alınması serum kalsitriol düzeyinin azalmasına neden olur. Borun yetersiz alınması serum kalsiyum da azalmaya sebep olacağı için kalsitonin hormonunda artışa sebep olur (8).

Beattie ve Weersink 1992'de yaptıkları araştırmada, borun kateşol östrojenle hidroksil guruplarının birleşmesi sonucu bir yapı oluşturduğunu; bununda majör östrojenin katabolizması ve atımıyla ilgili olan metilasyonu sınırlandırdığını belirtmişlerdir (3).

Nielsen ve ark. 1987 ve 1990 yıllarında 2000 kalori içeren diyetle 0,25 mg bor içeren diyeti bir guruba, diğer guruba da diyete ek olarak 3 mg bor supplementi vermiştir. Bor supplementi alan gurupta plazma estradiol ve testesteron düzeyinin arttığını saptamışlardır (3). Beattie ve Peace 1993'te post menopozal dönemdeki sağlıklı kadınlarda bir guruba 0,33mg diğer guruba da diyete ek olarak 3 mg bor supplementi vermiş; plazma estradiol testesteron düzeyindeki değişiklik incelenmiştir. Bor supplementi alan gurupta plazma östrojen ve testesteron düzeyinin arttığı belirtilmiştir (3). Green ve Fernando 1991'de 2,5 mg/gün bor supplementi verdiği erkeklerin hormonlarında 7 hafta sonra testesteron ve serbest testesteronda artış olmuştur (12). Naghii ve Samman 1997'de erkeklere düşük bor diyeti ve 10 mg bor supplementi içeren diyet uygulanmıştır. Bor supplementi alan guruptakilerin estradiol ve testesteron düzeylerinde artış olduğunu saptamıştır. Yine bu araştırmada LH'nin (testesteronu inhibe eden hormon) kalsitonini inhibe ettiği ve dolayısıyla düşük bor düzeyi olan kişilerde kalsitoninin artacağını belirtmişlerdir (12).

Nielsen ve Penland 1997'de, perimenopozal dönemdeki bayanlara 2,5 mg bor supplementi verilmiş ve oluşan hormon düzeyindeki değişiklikler kaydedilmiştir. Bor supplementi alan guruptaki bayanlarda 17 β -estradioli alkelen fosfotaz ve tiroksin konsantrasyonunda artış gözlenmiştir. Bayanlarda gözlenen menopozal sendromlarda da azalma kaydedilmiştir (12).

Bor, troid hormonunun aktivasyon ve metabolizmasına da etki etmektedir. Bu etkisini troid hormonunun reseptörleri ve hücre membranını uyarak yaptığı düşünülmektedir. Borun serum alkelen fosfotaz aktivitesine etki ederek dolaylı olarak troid hormonunu da etkilemiş olmaktadır. Kassem ve arkadaşları 1993'te yaptıkları araştırmada alkelen fosfotazın yardımıyla T3 uyarıcı hücrelerin proliferasyonunda arasındaki etkiyi göstermiştir. Milne ve ark., hücre kültürlerinde T3'ün alkelen fosfotaz aktivitesiyle etkilendiğini göstermiştir. Bu araştırmalara ek olarak daha sonra yapılan araştırmalarda da borun T3/T4 yapımında önemli etkisinin olduğu gösterilmiştir (12).

E. Bor, İnsülin ve Glikoz Metabolizması

Borla ilgili yapılan çalışmalarda, borun serum glikoz ve insülin seviyesi ile ilişkisi de incelenmiştir. Bordan sınırlı diyet uygulayan civcivlerde insülinin pik yaptığı seviyesi, bor supplementi alan civcivlere göre %75 daha az bulunmuştur. Civcivlerdeki insülin düzeyi verilen glikoz sonrası ölçülmüştür. Borun insülin seviyesini artırma özelliğini, nikotinamid adenin dinükleotid fosfat metabolizmasındaki yaptığı değişikliğe bağlı olarak gösterdiği belirtilmiştir. Bu metabolizma ile bor insülinin granüllerden sekresyonunu uyarıcı ve insülin salınımını artırıcı etki göstermektedir (8).

Hunt, Herbel ve Nielsen 1997'de borun metabolizma üzerine olan etkisini postmenopozal kadınlar üzerinde incelemiş ve bor supplementasyonu yapılan kadınlarda yapılmayanlara göre serum glikoz düzeyinin daha düşük olduğu saptanmıştır (13).

F. Bor ve Görme Fonksiyonu

Yetişkin zebra balıklarında bor yetersizliği, fotofobiye sebep olmaktadır. Geçmiş çalışmalarda incelendiğinde bor yetersizliğinin fotoreseptör distrofiye sebep olabileceği gösterilmiştir. Bor supplementasyonu yapılan zebra balıklar ile bordan fakir diyet alan zebra balıkları karşılaştırılmış; bordan fakir diyet alan zebra balıklarında myoid ve segment azalmasından dolayı bor yetersizliğinin fotoreseptör hücrelerde azalma yaptığı sonucu çıkarılmıştır (8).

G. Bor ve İmmün Fonksiyon

Borun immün fonksiyonu artırıcı yönde rolü olduğu yapılan çeşitli araştırmalar ile gösterilmiştir. Araştırmalar sonucu ortak çıkarılan hipotez; borun fizyolojik gereksinme kadar alındığında, inflamatuvar dengenin sağlanıp enfeksiyon hastalıklarının oluşma riski azaltacağıdır. (8).

Artirite neden olan antijenjekte edilen ratlarda; bir gruba bordan sınırlı diyet, diğer gruba da bor supplementi eklenen bir diyet verilmiştir. Bordan sınırlı diyet alan ratlarda bor supplementi alan ratlara göre daha az nötrofil konsantrasyonu, doğal öldürücü hücre ve CD8a⁺/CD4⁻ hücrelerinin oluştuğu saptanmıştır (8).

Nielsen'nin 1991'de yaptığı araştırmada ise; bir gruba 3mg/gün, diğer gruba 0.25 mg/gün bor içeren bir diyet uygulanmıştır. Yüksek miktarda bor alan grupta diğer guruba göre beyaz kan hücresinin daha fazla olduğu görülmüştür (14). Nielsen'in 1999'da yaptığı bir

çalışmada da, bor supplementi verilen ve bordan sınırlı diyet verilen postmenopozal kadınlarda immün fonksiyon üzerine borun etkisi de incelenmiştir. Sonuçta aynı şekilde bor supplementi alan grupta beyaz kan hücreleri ve polimorfonükleer lökosit düzeyi yüksek, lenfosit düzeyi ise daha düşük saptanmıştır (12).

H. Bor, Askorbat ve Antioksidan Metabolizma

Borun askorbat metabolizmasına olan etkileri söz konusudur. Bitkilerde bor yetersizliği; askorbik asit miktarında, non-protein sülfidrit bileşiklerinde ve glutatyon redüktaz seviyelerinde azalmaya sebep olur (8).

Borun membranda reaktif oksijen radikallerini süpürücü etkisi vardır. Bitkilerde bor membran geçirgenliğine etki eder. Dolayısıyla membranda lipid proksidasyonunda etkindir. Böyle bir sonuca bitkilerde yapılan ve bor yetersizliğinde artan malondialdehid konsantrasyonu, azalan superoksit dismutaz ve katalaz konsantrasyonlarının bulunmasıyla varılmıştır. Bor yetersizliğine bağlı olarak reaktif oksijen türlerinin artması ve sonuçta da eritrosit superoksit dismutaz konsantrasyonlarında değişiklikler gözlenir (8).

İ. Bor ve Kanser

Borun bazı kanser türlerine karşı koruyucu etki gösterdiği yönünde bulgular mevcuttur (10). Bor alımı ve Hormon Replasman Tedavisi (HRT) alan kadınlarda, akciğer kanseri riskini araştıran bir çalışmada, HRT almayan kadınlarda bor alımı ile akciğer kanseri arasında negatif bir ilişki bulunmuştur (15). Bor mineralinin su ve besin maddeleriyle vücuda alınmasıyla beraber prostat kanseri insidansının düştüğü, borun prostat kanserinin önlenmesinde ve tedavisinde etken olduğu yapılan bazı çalışmaların sonucunda bildirilmiştir (10). DiyetSEL kaynaklı bor alımı ile prostat kanseri arasındaki ilişkiyi inceleyen başka bir çalışmada ise; bor alımı ile prostat kanseri arasında doza bağlı ters bir ilişki bulunmuş ve bu ilişki bor mineralin steroid hormonu seviyesini etkilemesine bağlanmıştır (16).

J. Bor ve Lipid Metabolizması

Herbel'in 1992 ve 1993 yıllarında yaptığı çalışmada bor supplementi verilen civcivlerde trigliserid düzeyinin yükseldiği görülmüştür (5). Nielsen'nin 1992'de yaptığı çalışmada bor supplementi verilen postmenopozal kadınlarda serum trigliserid düzeyinin arttığı görülmüştür (5).

Naghii'nin 1997'deki araştırmasında 4 hafta boyunca 10mg/gün bor supplementi verilen erkeklerde plazma total kolesterol, trigliserid konsantrasyonlarında, LDL ve HDL gibi lipoprotein fraksiyonlarının seviyelerinde ve malondialdehid seviyesinde değişiklik olmamıştır (9).

Armstrong ve ark. 2000'de yaptığı çalışma sonucunda; 5mg/kg bor supplementi verilen domuzlarda plazma total kolesterol düzeyinin arttığını, 15mg/kg bor supplementi verilen domuzlarda ise plazma trigliserid düzeyinin de artış gösterdiğini bildirmişlerdir (5).

K. Bor ve Protein Metabolizması

Nielsen'in 1989'da yaptığı çalışmada bor supplementi verilen grupta kan BUN (Kan Üre Azotu) konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir. BUN protein katabolizması ürünüdür ve protein katabolizmasının bozuk olduğu kişilerde kan BUN düzeyi artar. Borun enerji substrat metabolizmasında etkin rolü vardır. Bundan dolayı bor supplementi verilmesi kan BUN düzeyini azaltır hipotezi yaratılmıştır (13).

Hildebrand 1997'de yaptığı araştırmasında: borun membran glikoprotein yapısının değiştirilmesinde, nükleotid transport kinetiğinin sağlanmasında gerekli olduğunu belirtmiştir. İleriki çalışmalarda borun protein katabolizması ve transportundaki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir (11).

L. Bor, Posa ve Sağlık

Golden ve arkadaşları 1982, Barbosa ve ark. 1990'da yaptıkları çalışmada yüksek posa içeren besinlerin bordan da zengin olduğunu kaydetmişlerdir. Son yapılan çalışmalarda pre-post menopozal kadınlarda vejeteryan diyetleri gibi yüksek posalı diyetler uygulandığında plazma estradiol seviyesinin düştüğü saptanmıştır. Posa östrojenin enterohepatik döngüde etkisini azaltıp, fekal atımını artırmaktadır. Dolayısıyla plazma aktif östrojen seviyesi azalmaktadır. Fakat bununla birlikte posası az ve bor içeriği yüksek olan bitki orjinli besinler, plazma östrojen seviyesini yükseltmektedir (3).

M. Bor ve Sinir Sistemi

Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda bor yetersizliğinin beynin elektriksel aktivitesinde azalma oluşturduğu saptanmıştır. Bor yetersizliği, bireylerde kısa süreli hafıza kayıplarına, dikkat- algılama bozukluklarına, motor aktivitenin hızının

azalmasına neden olur. Bu sorunların oluşmasını açıklayıcı temel prensibin ise borun sinir uyarı transportundaki etkisinin olabileceği düşünülmektedir (8).

Penland 1989 ve 1990'da yaptığı araştırmalar sonucunda, düşük bor ve magnezyum içeren diyetler sonrası bireylerde elektroensefologram (EEG) okumalarında değişiklik olduğunu saptamıştır. Buna göre beyin fonksiyonlarının düşük bor diyetiyle ve diğer besin öğeleriyle etkileneceği rapor edilmiştir (7).

N. Bor ve Vücut Ağırlığı

Naghii ve Somman 1996'da ratlara bor supplementasyonu yapılması ile birlikte vücut ağırlıklarında artış olduğunu saptamışlardır. Rassi ve ark. ise 1993'te, bor supplementasyonunun vücut ağırlığında herhangi bir değişikliğine neden olmadığını bildirmiştir (5).

O. Sporcular İçin Borun Önemi

Bor, sporcular için endojenik olarak belirlenmiştir. Borun sporcularda kas kitlesini artırma ve yağ dokusunu azaltmada, kas kitlesinin sıkılaşmasını sağlamada rolü vardır. Bor supplementleri ve steroid komplekslerinin içinde bulunan formları, atletlerde kullanılabilir. Araştırmalar sporcuların 2,5mg/gün borun düzenli olarak 2 ay kullanıldığında etkin olabildiğini belirtmektedir (13). Sporcular için ek bor supplementi pratikte kullanılmamaktadır ve borun fazla alımının toksik olduğu düşünüldüğünde kullanımının güvenilirliği ile ilgili daha çok araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

P. Yaşlı Bireyler İçin Borun Önemi

Bor, kalsiyum metabolizması ve kemik mineralizasyonundaki rolü nedeni ile özellikle erkeklere daha yüksek osteoporozis riski taşıyan yaşlı kadınlar için önemli bir iz mineraldir (17). Fakat fazla alımı, magnezyum metabolizmasındaki değişiklikler nedeni ile de kalsiyum atımını arttırmaktadır.

III. BOR GEREKSİNİMESİ

Bor minerali için The Food and Nutrition Board of the National Academy of Sciences tarafından Dietary Reference Intake (DRI) değeri belirlenmemiş olup, maksimum alınabilecek düzeyleri; yetişkinler için (≥ 19 yaş) 20 mg/gün; adölesanlar için (14-18 yaş) 17 mg/gün ve 9-13,4-8 ve 1-3 yaş için sırası ile 11 ve 6,3 mg/gün olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Yaş Gruplarına Göre Bor Gereksinmesi ve Alınabilecek Maksimum Düzeylerinin Dağılımı (18).

Yaş Grubu	Bor Gereksinimi (mg/gün)	Maksimum Alım Düzeyi (mg/gün)
Infant		
0-6 ay	Belirlenmemiştir	Belirlenmemiştir
7-12 ay	Belirlenmemiştir	Belirlenmemiştir
Çocuk		
1-3 yaş	Belirlenmemiştir	3
4-8 yaş	Belirlenmemiştir	6
Yetişkin		
9-13 yaş	Belirlenmemiştir	11
14-18 yaş	Belirlenmemiştir	17
19-70 yaş	Belirlenmemiştir	20
>70 yaş	Belirlenmemiştir	20
Hamilelik-Laktasyon		
<18yaş	Belirlenmemiştir	17
19-30	Belirlenmemiştir	20
31-50 yaş	Belirlenmemiştir	20

Kaynak: . Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc (2001).

İnsanlarda bor yetersizliğine sık rastlanmamaktadır. İnsanlarda eksikliğinin ancak 63 gün boyunca günde 0.5 mg'dan daha az tüketimi sonucu gelişebileceği saptanmış olup, yapılan insan ve hayvan çalışmaları sonucunda WHO günlük 1-13 mg bor alımının güvenilir olduğunu bildirmiştir (1,19).

IV. BORUN KAYNAKLARI

Bor; su, toprak ve havada bulunur. Ayrıca; coğrafik koşullara ve diyetel özelliklere bağlı olarak değişmekle birlikte, su ve besinlerden günlük olarak toplam 1-7 mg bor alımının

olduğu bildirilmektedir (20). Borun başlıca besinsel kaynağı bitkisel besinler olup; kuru baklagiller, yeşil yapraklı sebzeler ve taze meyveler, yağlı tohumlar, şarap, elma şırası ve bira en zengin kaynakları arasındadır (8). Et, tavuk ve balık zayıf kaynakları arasında sayılmaktadır (21).

1994-1996 yıllarında Amerikan toplumunun diyetel kaynaklı bor tüketiminin araştırıldığı bir çalışmada; diyete bor yönünden en çok katkısı olan 50 besin ve besin grubu belirlenmiş olup, bazılarının içermiş olduğu bor miktarları ($\mu\text{g}/\text{gün}$) Tablo 2’de listelenmiştir.

Tablo 2. Bazı Besinlerin/Besin Gruplarının ve İçeceklerin Bor İçerikleri ($\mu\text{g}/100\text{g}$) (6)

Besinler	Bor İçeriği ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Yiyecekler	
Avakado	1212
Yağlı Tohumlar	1214
Süt	18
Çiğ Elma	360
Çiğ Muz	135
Patates, kızartılmamış	62
Patates, kızartılmış	147
Şeftali ve Nektarin	352
Kurubaklagil	400
Üzüm	490
Brokoli	250
Domates	63
Havuç	230
Soğan	190
Pirinç	32
Beyaz Ekmek	46
İçecekler	
Kahve	34
Şarap	566
Çay	9
Soda	6

Kaynak: Rainey C, Nyquist L et al. Daily boron intake from American diet. J Am Diet Assoc. 1999; 99:335-340.

İçme suları da çeşitli ülkelerde ve bölgelerde değişen aralıklarda olmak üzere $<1\text{ mg/L}$ bor içermektedir. 2009 yılında WHO tarafından bor ile ilgili yayınlanan raporda Türkiye’de içme sularında bulunan bor konsantrasyonunun 0.01 ile 7 mg/L arasında değiştiği

bildirilmektedir (22).WHO Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA-European Food Safety Authority) günlük toplam bor alımımıza, suların ortalama 0.2-0.6 mg/gün oranında katkı yaptığını bildirmektedir (23). WHO 1994 yılında borun insan sağlığına ve üremeye olumsuz etkileri olduğunu ifade ederek içme sularındaki bor seviyesinin 1 mg/L den 0,3 mg /L düşürülmesi yönünde bir rapor yayınlamıştır (24) Ancak bu kararını 1998 yılı itibariyle 0.5 mg/L olarak revize etmiştir (19). Ülkemizde de WHO'nun bu karar değişikliğini destekleyecek nitelikte olan, 1995 yılı itibariyle yapılan, borun yalnızca toksik değil insan sağlığı açısından önemli olan minerallerden birisi olduğunu da bildiren bazı projeler mevcuttur (25).

SONUÇ VE ÖNERİLER

2011 yılında EFSA'nın da kabul ettiği ve yapılan birçok araştırmada kanıtlandığı üzere; bor mineralinin insan fizyolojisinde birçok önemli fonksiyonu bulunmakta ve birçok hastalık ile ilişkisi bulunmaktadır (26). Bor, mineralinin toksik etkileri yanında esansiyel rolünün de unutulmaması ve sağlık için önemli bir mineral olduğunun kanıtlanması amacıyla bu konu ile ilgili daha çok araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

1. EFSA:European Food Safety Authority, 2006. Opinion Of The Scientific Panel On Dietetic Products, Nutrition And Allergies On A Request From The Commission Related To The Tolerable Upper Intake Level Of Boron. Request P.309-325 http://www.slv.se/upload/dokument/efsa/upper_level_opinions_full-part33,0.pdf
2. Nielsen F. Boron- An Overlooked Element Of Potential Nutritional Importance.Nutrition Today; January/February; 4-7, 1988.
3. Beattie J, Peace H. The Influence Of A Low Boron Diet And Boron Supplementation On Bone, Major Mineral And Sex Steroid Metabolism In Postmenopausal Women. BMJ, 69:871-884, 1993.
4. Fort D, Stover E, Strong PL,Murray FJ, Keen JL.Chronic Feeding Of A Low Boron Diet Adversely Affect Reproduction And Development In Xenopus Laevis. J Nutr.1999; 129:2055-2060.

5. Armstrong T, Spears J, Crenshaw TD, Nielsen FH. Boron Supplementation Of A Semipurified Diet For Weanling Pigs Improves Feed Efficiency And Bone Strength Characteristics And Alters Plasma Lipid Metabolites. *J Nutr.* 2000;139:2575-2581.
6. Rainey C, Nyquist L, Christensen RE, Strong PL, Culver BD, Coughlin JR. Daily Boron Intake From American Diet. *J Am Diet Assoc.* 1999; 99:335-340.
7. Hegsted M, Keenan MJ, Siver F, Wozniak P. Effect Of Boron On Vitamin D Deficient Rats. *Biological Trace Element Research.* 1991;28:243-255.
8. Nielsen F. The Emergence Of Boron As Nutritionally Important Throughout The Life Cycle. *Nutrition.* 2000;16:521-514.
9. Naghii M, Samman S. The Effect Of Boron Supplementation On Its Urinary Excretion And Selected Cardiovascular Risk Factors In Healthy Male Subjects. *Biological Trace Element Research.* 1997;56:273-286.
10. Demirtaş A. Bor'un İnsan Beslenmesi ve Sağlığı Açısından Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2010; 41(1):75-80.
11. Eckhert C. Boron Stimulates Embryonic Trout Growth. *J Nutr.* 1998;128:2488-2493.
12. Nielsen F, Penland J. Boron Supplementation Of Peri Menopausal Women Affects Boron Metabolism And Indices Associated With Macromineral Metabolism, Hormonal Status And Immun Function. *The Journal Of Trace In Experimental Medicine.* 1999;12:251:261.
13. Hunt C, Herbel L, Nielsen F. Metabolic Responses Of Postmenopausal Women To Supplementation Dietary Boron And Aluminum Drinking Usual And Low Magnesium Intake: Boron, Calcium And Magnesium Absorption And Retention And Blood Mineral Concentration. *Am J Clin Nutr.* 65:803-813, 1997.
14. Naghii MR. The Significance Of Dietary Boron, With Particular Reference To Athletes. *Nutr Health.* 1999;13(1):31-7.
15. Mahabir S, Spitz MR, Barrera SL, Don YQ, Eastham C And Forman M R. Dietary Boron And Hormone Replacement Therapy As Risk Factors For Lung Cancer In Women. *Am. J. Epidemiol.* 2008; 167 (9): 1070-1080.
16. Cui Y, Winton MI, Zhang ZF, Rainey C, Marshall J, De Kernion JB, Eckhert CD. Dietary Boron Intake And Prostate Cancer Risk. *Oncology Reports* 2004;11(4):887-892.

17. Meacham SL, Taper LJ, Volpe SL. Effect Of Boron Supplementation On Blood And Urinary Calcium, Magnesium, And Phosphorus, And Urinary Boron In Athletic And Sedentary Women. *Am J Clin Nutr* 1995;61(2): 341–5.
18. Food And Nutrition Board, Institute Of Medicine, National Academies. Dietary Reference Intakes For Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, And Zinc (2001). http://www.iom.edu/activities/nutrition/summarydris/~media/files/activity%20files/nutrition/dris/new%20material/6_%20elements%20summary.pdf
19. IPCS (1998) Environmental Health Criteria 204: Boron. World Health Organization, Geneva, Switzerland. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc204.htm>.
20. Richold M. Boron Exposure From Consumer Products. *Biological Trace Element Research*, 1998; 66:121-129.
21. WHO: World Health Organization, 2009.. Boron in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva, Switzerland. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/boron.pdf
22. WHO/FAO/IAEA: Trace Elements In Human Nutrition And Health. World Health Organisation, Geneva. 1996; Pp. 175–179.
23. EFSA: European Food Safety Authority, 2004. Opinion Of The Scientific Panel On Dietetic Products, Nutrition And Allergies On A Request From The Commission Related To The Tolerable Upper Intake Level Of Boron. Request N EFSA-Q-2003-018. *The EFSA Journal* 210, 1-9
24. WHO (1994) Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for healthbased exposure limits. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 170; <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc170.htm>
25. Cantürk M, Onar R. Bor ve Sağlık. Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, AR-GE Daire Başkanlığı Çevre Müdürlüğü Araştırma Projesi Raporları 2004; 41-43. http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/18de4d2ec21cfc_bk_ek.pdf
26. EFSA: European Food Safety Authority. Boron Related Health Claims. *EFSA Journal* 2011;9(6):2209 <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2209.pdf>