

Anestezi Çalışanlarında Çalışma Ortamından Uzaklaşmanın Oksidatif Stres Düzeylerine Etkisinin Dinamik Tiyoil Disülfid Dengesi ile Değerlendirilmesi

Süheyla Abitağaoğlu ©
Ceren Köksal ©
Özcan Erel ©
Almila Şenat ©
Dilek Erdoğan Arı ©

Evaluating the Effect of Being Away From Work Environment on Oxidative Stress Levels with Dynamic Thiol-Disulfide Homeostasis Among Anesthesiology Professionals

öz

Amaç: Atık gaz maruziyeti ve mesleki stres nedeniyle anestezi çalışanlarında oksidatif stres artmaktadır. Çalışmamızda, anestezi çalışanlarında minimum 1 hafta anestezi pratiğinden uzaklaşmasının, oksidatif stres üzerine etkilerinin tiyoil disülfid dengesiyle incelenmesi amaçlandı.

Yöntem: Çalışmaya ameliyat odasında anestezi uygulamalarında aktif çalışan ve en az 1 hafta izne çıkmayı planlayan anesteziyoloji uzmanı, uzmanlık öğrencisi ve anestezi teknisyenleri arasından toplam 29 gönüllü dâhil edildi. Demografik verileri, çalışma süreleri ve görevleri kaydedildi. Gönüllülerden izne ayrılmadan önceki gün ve izinden döndüğü gün kan alınarak dinamik tiyoil disülfid dengesi çalışıldı. İzin sonrası nativ ve total tiyoil düzeylerinde artma ve disülfidde azalma oksidatif stres düzeyinde azalma olarak değerlendirildi. Veriler t-testi, tek yönlü varyans analizi, eşleştirilmiş t-testi ile değerlendirildi, $p < 0.05$ anlamlı olarak kabul edildi.

Bulgular: Ortalama izin süresi 10.7 ± 3 gündü. Anesteziyoloji uzmanlarında ortalama yaş daha yüksekken, uzmanlık öğrencilerinde çalışma süresi daha kısaydı ($p < 0.001$). Diğer demografik veriler ve izin öncesi nativ tiyoil, total tiyoil ve disülfid değerleri 3 grupta benzerdi ($p > 0.05$). Uzmanlarda ve uzmanlık öğrencilerinde izin sonrası oksidatif stres azalırken, teknisyenlerde anlamlı değişiklik gözlenmedi.

Sonuç: Ortalama 10 günlük izin sonrası oksidatif stresin azalması nedeniyle, anesteziyoloji hekimlerinin belli periyodlarla çalışma ortamından uzak kalmalarının, çalışan sağlığı açısından yararlı olacağı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Anesteziyoloji, atık ürünler, inhalasyon anestezikleri, oksidatif stres, sülfidril bileşikler

ABSTRACT

Objective: Exposure to anesthetic gases and occupational stress lead to increased levels of oxidative stress in anesthesiology professionals. Our study aims to investigate the effects of being away from anesthetic practice on oxidative stress with thiol-disulfide balance in anesthesiology professionals.

Method: The study included a total of 29 volunteers among anesthesiologists, residents and technicians working in anesthesiology practice and planning to take a leave lasting at least for a week. Demographic data, working times and duties of them were recorded. Blood samples were taken from the participants on the day before they went on leave and on the day they returned, to study dynamic thiol-disulfide homeostasis. Increased native and total thiol levels and decreased disulfide levels after returning were evaluated as a decrease in oxidative stress. The data were assessed with a t-test, a one-way analysis of variance, a paired t-test; and $p < 0.05$ was considered statistically significant.

Results: The mean leave was 10.7 ± 3 days. Anesthesiologists had a higher mean age, while residents had a shorter working time ($p < 0.001$). Other demographic data and pre-leave native thiol, total thiol and disulfide values were similar in three groups. A post-leave decrease in oxidative stress was noted among specialists and residents, whereas no significant change was observed in the technicians.

Conclusion: Based on the fact that decreasing levels of oxidative stress after 10-day leave, we believe that distancing the anesthesiologists from the work environment at specific intervals would be beneficial in terms of employee health.

Keywords: Anesthesiology, waste products, inhalation anesthetics, oxidative stress, sulfhydryl compounds

Received: 25 December 2019

Accepted: 06 April 2020

Publication date: 30 April 2020

Cite as: Abitağaoğlu S, Köksal C, Erel Ö, Şenat A, Erdoğan Arı D. Anestezi çalışanlarında çalışma ortamından uzaklaşmanın oksidatif stres düzeylerine etkisinin dinamik tiyoil disülfid dengesi ile değerlendirilmesi. JARSS 2020;28(2):80-4.

Süheyla Abitağaoğlu

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Fatih Sultan Mehmet Sağlık

Uygulama ve Araştırma Merkezi,

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği,

İstanbul, Türkiye

✉ suheylaatay81@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4937-0080

C. Köksal 0000-0003-4756-480X

D. Erdoğan Arı 0000-0002-3734-5323

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Fatih Sultan Mehmet Sağlık

Uygulama ve Araştırma Merkezi,

Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği,

İstanbul, Türkiye

Ö. Erel 0000-0002-2996-3236

A. Şenat 0000-0002-5806-562X

Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı,

Ankara, Türkiye



GİRİŞ

Oksidatif stres, vücuttaki reaktif oksijen türevleri ile antioksidan savunma arasında dengesizlik olarak tanımlanmaktadır. Uzun süreli oksidatif stres nörodejeneratif hastalıklar, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi pek çok kronik hastalığın gelişmesinde önemli rol oynamaktadır ⁽¹⁾. Gelişebilecek kronik hastalıkların önlenmesi için oksidatif stres yaratan etmenlerden kaçınılması önemlidir.

Anesteziyolojinin perioperatif dönemdeki komplikasyon riski, uzun çalışma süreleri, aktif geçen nöbetler, medikolegal çekinceler gibi nedenlerle psikolojik ve fiziksel olarak stresli bir branş olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda anestezi uygulayıcıları, özellikle indüksiyon ve derlenme sırasında atık gazlara maruz kalmaktadırlar. Ameliyat odasındaki atık gazları azaltmak için önlemler artmış olsa da, ameliyat odalarının tam anlamıyla bu gazlardan arınmaları olası olamamaktadır. Atık gazlara kronik olarak maruz kalınması ile immünolojik, romatolojik ve nörolojik risklerle karşı karşıya kalındığı bildirilmiştir ⁽²⁾. İnhalasyon anesteziklerine kronik maruziyetin oksidatif stres ve inflamasyon üzerine etkileri son zamanlarda önem kazanmıştır. Kozanhan ve ark.'nın ⁽³⁾ yaptıkları çalışmada, ameliyat odası çalışanlarında atık gaz maruziyetine bağlı olarak oksidatif streste artış olduğu gösterilmiştir.

Oksidatif stresi değerlendirmek için pek çok farklı yöntem bulunmaktadır. Tiyol disülfid dengesinin bir oksidatif stres belirteci olduğu ve yaşam için önemli bir role sahip olduğu yapılan güncel çalışmalarla belirlenmiştir ^(4,5). Erel ve Neşelioğlu'nun ⁽⁶⁾ geliştirdiği yöntemle değişken düzeyleri ayrı ayrı ölçülebilmekte; nativ tiyol ve total tiyolde azalma, disülfid düzeyinde artış oksidatif stres olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmamızda, anestezi pratiğinde aktif olarak çalışanlarda en az 1 hafta çalışma ortamından uzaklaşmanın oksidatif stres üzerine etkilerinin tiyol disülfid dengesi ile incelenmesi amaçlandı.

GEREÇ ve YÖNTEM

Hastane Etik Kurul onayı (KAEK 2019/61) ve gönüllülerden onam alındıktan sonra hastanemizde Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniğinde haftada en

az 40 saat ameliyat odasında aktif görev alan ve en az 1 hafta yıllık izne ayrılmayı planlayan çalışanlar (anesteziyoloji uzmanları, anesteziyoloji uzmanlık öğrencileri ve anestezi teknisyenleri) arasından gönüllü olan toplam 33 kişi dahil edildi.

Çalışmaya katılmak istemeyenler, vücut kitle indeksi 35 kg m⁻²'nin üzerinde olanlar, diyabetes mellitus, romatoid artrit, kronik böbrek yetmezliği, karaciğer hastalığı ve kalp yetmezliği olan kişiler ve onkoloji hastaları çalışmaya dâhil edilmedi. Kronik hastalığı olmayıp kan örnekleri alınmadan öncesindeki 1 hafta içinde aktif infeksiyon geçirenler ve kan örneklerinin saklanma ve taşınmasında sorun yaşananlar da çalışma dışı bırakıldı.

Kişilerin yaş, cinsiyet, boy, vücut ağırlığı, ek hastalıkları, çalışma süreleri ve görevleri kaydedildi. Gönüllülerden izne ayrılmadan önceki gün ve izinden döndüğü gün olmak üzere toplam 2 kez 2 mL'lik kan alındı. Dinamik tiyol disülfid dengesini ölçmek için alınan örnekler biyokimya laboratuvarında 4.000 devirde 10 dk santrifüj edildikten sonra elde edilen plazma 2 mililitrelik eppendorf tüplerine aktarıldı, -4°C'de saklanarak, 30 günde bir elde edilen örnekler ısı geçirmeyen kuru buz kapları ile Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Tıbbi Biyokimya Laboratuvarına gönderildi. Dinamik tiyol/disülfid dengesi bir otomatik kimyasal analizör (an automated clinical chemistry analyser) (Roche, cobas 501, Mannheim, Germany) ile değerlendirildi.

Tüm gruptaki nativ tiyol, total tiyol, disülfid düzeyleri ve oranları değerlendirildi. Ayrıca gönüllüler görev tanımlarına göre anesteziyoloji uzmanı, anesteziyoloji uzmanlık öğrencisi ve anestezi teknisyeni olarak 3 gruba ayrılarak grup içi tiyol-disülfid düzeylerindeki değişimler yine incelendi.

İzin sonrası tiyol düzeylerinde artma ve disülfidde azalma oksidatif stres düzeyinde azalma olarak değerlendirildi.

Anestezi çalışanlarının izin öncesi ve sonrası % disülfid/nativ tiyol değişkenindeki değişimin etki büyüklüğü 0.55 olarak alındığında 0.05 anlamlılık seviyesi ve %80 güç için gerekli örneklem büyüklüğü 28 olarak bulundu. Çalışmaya 33 kişi dâhil edildi.

İstatistiksel Analiz

Verinin istatistiksel analizi IBM SPSS 23.0 (IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik paket programında yapıldı. Verinin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Normal dağılım gösteren veri için 2 grup karşılaştırmalarında t-testi, 2'den fazla grup karşılaştırmalarında tek yönlü varyans analizi uygulandı. Bağımlı örneklemelerin karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t-testi kullanıldı. Değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon katsayısı ile incelendi. Anlamlılık düzeyi için $\alpha=0.05$ olarak belirlendi.

BULGULAR

Çalışmaya hastanemizde görevini sürdüren 10 anesteziyoloji uzmanı, 11 anesteziyoloji uzmanlık öğrencisi ve 12 anestezi teknisyeni dâhil edildi. Çalışmaya dâhil edilmiş olup, yıllık izin süresinde aktif üst solunum yolu enfeksiyonu geçiren 2 kişi ve kan örneklerinin saklanması sorun yaşanan 2 kişi çalışma dışı bırakılarak veriler 29 kişi üzerinden değerlendirildi.

Gönüllülerin demografik verileri, görevleri ve anestezi pratiğinde çalışma süreleri Tablo I'de özetlendi. Ortalama izin süresi 10.7 ± 3 gündü. Tüm gönüllülerde izin öncesi ve sonrası dönem karşılaştırıldığında tiyol-disülfid dengesinde anlamlı değişiklik gözlenmedi ($p>0.05$) (Tablo II).

Tablo I. Demografik veriler

	n=29
Yaş (yıl)	36.1±7.8
Cinsiyet n	
Kadın	22
Erkek	7
Vücut Ağırlığı (kg)	66.2±10.2
Boy (cm)	165.9±8.3
VKI (kg m ⁻²)	23.9±2.8
Ek Hastalık (n)	
Hipertansiyon	1
Migren	1
Alerji	1
Görev (n)	
Anesteziyoloji Uzmanı	9
Anesteziyoloji Uzmanlık Öğrencisi	10
Anestezi Teknisyeni	10
Çalışma süresi (yıl)	10.4±7.6

Tanımlayıcı istatistikler ortalama \pm standart sapma ve frekans olarak belirtilmiştir.

VKI: Vücut kitle indeksi

Tablo II. Tüm gönüllülerde izin öncesi ve sonrası dinamik tiyol-disülfid dengesi parametreleri

	İzin öncesi	İzin sonrası	p
Nativ tiyol	258.7±49.8	279.1±57.3	0.122
Total Tiyol	300±53.2	318.5±65.1	0.198
Disülfid	20.6±7.4	19.7±7.2	0.577
% Disülfid / Nativ Tiyol	8.4±4.3	7.1±2.4	0.145
% Disülfid / Total Tiyol	7±2.8	6.9±1.9	0.156

Eşleştirilmiş t-testi

Tanımlayıcı istatistikler ortalama \pm standart sapma ve frekans olarak belirtilmiştir.

Yaş ve cinsiyet açısından değerlendirildiğinde bu parametreler ile dinamik tiyol-disülfid dengesi arasında anlamlı ilişki bulunmadı ($p>0.05$).

Anesteziyoloji uzmanı, uzmanlık öğrencisi ve anestezi teknisyeni olarak 3 gruba ayrılarak yapılan subgroup analizinde, gönüllülerin boy, vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi ve ek hastalıkları arasında fark yokken, anesteziyoloji uzmanlarının yaş ortalaması (45.1 ± 4.5 yıl), uzmanlık öğrencilerinden (30 ± 2.8 yıl) ve teknisyenlerden (34 ± 2.4 yıl) daha yüksekti ($p<0.001$). Anestezi pratiğinde çalışma süreleri değerlendirildiğinde uzmanlık öğrencilerinin (2.7 ± 1.1 yıl) çalışma süreleri, uzman (17.3 ± 5 yıl) ve teknisyenlerden (12 ± 6.2 yıl) daha kısaydı ($p<0.001$). Gruplar arasında izin öncesi nativ tiyol, total tiyol ve disülfid düzeyleri açısından fark yoktu ($p=0.542$, $p=0.498$, $p=0.512$). Grupların izin süreleri benzerdi. Tatil öncesi ve sonrası grup içi dinamik tiyol-disülfid dengeleri değerlendirildiğinde, anesteziyoloji uzmanlarında nativ tiyol düzeylerinde ve uzmanlık öğrencilerinde nativ ve total tiyol düzeylerinde anlamlı azalma mevcutken, anestezi teknisyenlerinde değişim gözlenmedi (Tablo III).

Tablo III. İzin öncesi ve sonrası grup içi dinamik tiyol-disülfid dengesi değişimleri

		İzin öncesi	İzin sonrası	p
Anesteziyoloji Uzmanı (n=9)	Nativ Tiyol	243.6±59	283.9±53.4	0.041*
	Total Tiyol	282.2±58.6	320.8±58.7	0.051
	Disülfid	19.2±7.3	18.4±7.2	0.755
Anesteziyoloji Uzmanlık Öğrencisi (n=10)	Nativ Tiyol	262±40.2	314.4±42.8	0.003*
	Total Tiyol	307.8±45	362.7±50.4	0.004*
	Disülfid	22.9±5.5	24.1±6	0.630
Anestezi Teknisyeni (n=10)	Nativ Tiyol	268.9±51.5	239.5±52.2	0.286
	Total Tiyol	308.2±57.2	272.3±55.1	0.245
	Disülfid	19.6±9.2	16.4±6.5	0.394

Eşleştirilmiş t-testi, * $p<0.05$.

TARTIŞMA

Çalışmamızda anestezi çalışanlarında ortalama 10.7±3 gün yıllık izin sonrası anesteziyoloji uzmanı ve uzmanlık öğrencilerinde oksidatif stres azalırken, anestezi teknisyenlerinde anlamlı değişiklik olmadığı görüldü.

İnhalasyon anestezisi uygulanan hastalarda yapılan çalışmalarda, bu ajanların oksidatif stres üzerine etkileri konusunda görüş birliği yoktur. Bazı çalışmalarda, inhalasyon anesteziyelerinin oksidatif stresi indüklediği; bazılarında ise antioksidan oldukları bildirilmiştir⁽¹⁾. Ancak bu çalışmalar yalnızca cerrahi süre boyunca inhalasyon ajanı kullanılan kişilerde yapılmıştır ve kronik maruziyeti göstermemektedir. Gerekli önlemlerin alındığı modern ameliyat odalarında bile inhalasyon indüksiyonu, pediatrik anestezi, hastanın ekshalasyonu gibi etkenler nedeniyle atık gaz kontaminasyonu oluşabilmektedir. Ameliyat odası çalışanlarında yapılan çalışmalarda ise, atık gazların oksidatif stresi indüklediği gösterilmiştir⁽⁷⁾. Türkan ve ark.'nın⁽⁸⁾ çalışmalarında, volatil anesteziyelere maruz kalan ameliyat odası çalışanlarında antioksidan enzimlerin ve eser elementlerin, volatil anesteziye karşılaşılmayanlara göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Kozanhan ve ark.'nın⁽³⁾ çalışmalarında, ameliyat odası çalışanlarında dinamik tiyol disülfid dengesinin oksidatif stres lehine değiştiği gösterilmiştir. Uzmanlık öğrencilerinde yapılan bir çalışmada, ameliyat odasında atık anesteziyelere gazlara 22 ay maruziyetin tiyol düzeylerinde değişiklik yaptığı bildirilmiştir⁽⁹⁾. Çalışmamızda, tüm gönüllüler incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı değişiklik olmamakla beraber, izin sonrası nativ tiyol ve total tiyol düzeylerinin artma ve disülfid düzeylerinin ise azalma eğiliminde olduğu görüldü. Anestezi pratiğinden uzaklaşıldığında oksidatif parametrelerin düşüşe geçmesi, yukarıdaki çalışmaları destekler nitelikteydi.

Bir çalışmada, eser düzeyde atık gaz maruziyetinin oksidatif stres ve hepatik hasara neden olabileceği ve bu etkilerin çalışma süresi ile arttığı gösterilmiştir⁽¹⁰⁾. Çalışmamızda, uzmanlık öğrencilerinin anestezi pratiğinde çalışma süreleri (2.7±1.1 yıl) diğer gruplardan daha kısa olmasına rağmen, bazal tiyol-disülfid değerlerinde fark bulunmadı. Bu durum anestezi çalışanlarında oksidatif stres gelişiminde tek etkenin atık gazlar olmadığını; farklı etkenlerin de bu mekanizmayı tetikleyebileceğini akla getirmektedir.

Meslek kaynaklı psikolojik stres önemli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Kronik stres hipotalamo-hipofizer aksı, renin-angiotensin sistemini ve otonomik sinir sistemini stimule etmektedir. Bu yolların uzamış aktivasyonu DNA hasarına ve reaktif oksijen bileşiklerinin salıverilmesine neden olur⁽¹¹⁻¹⁴⁾. Yapılan bir çalışmada, uzun çalışma saatleri, riskli hasta yönetimi gibi faktörler nedeniyle anesteziyecilerin %91'inin orta-yüksek düzeyde stres yaşadığı ve stres düzeyinin çalışma saati, yüksek riskli hasta yönetimi ile arttığı bildirilmiştir⁽¹⁵⁾. Başka bir çalışmada, anesteziyecilerin, özellikle de uzun süreli çalışmaları durumunda, tükenmişlik sendromu açısından riskli oldukları belirtilmiştir⁽¹⁶⁾. Çalışmamızda, uzmanlık öğrencilerinde daha anlamlı olmak üzere, anesteziyoloji uzmanlık öğrencilerinde ve uzmanlarında izin sonrası oksidatif stresin azaldığı; anestezi teknisyenlerinde ise düzeylerin değişmediği görüldü. Her 3 grup da aynı fiziksel ortamda çalışırken gruplar arasında farklı sonuçların olması, atık gazlara maruziyetin yanında sık nöbet tutma, hasta sorumluluğu, medikolegal faktörler, anksiyete, iletişim sorunları gibi psikolojik etkilerin anestezi hekimlerinde oksidatif stres gelişiminde önemli olduğunu düşündürdü. Gruplar arasındaki farka etki eden diğer bir faktör de kliniğimizde anestezi teknisyenlerinin nöbet günlerinde çalışma sürelerinin 16 saat, hekimlerin ise 24 saat olması ve dolayısı ile hekimlerin daha uzun süre çalışma ortamında kalması olabilir. Anestezi hekimlerinde iş ortamından ortalama 10 gün uzaklaşmanın oksidatif stresi azalttığı ve daha uzun süren izinler sonrası oksidatif stresteeki değişimin daha belirgin olabileceği düşüncesindeyiz.

Artan yaş ile oksidatif stresin arttığı bilinmektedir. Tüm yaş gruplarının incelendiği bir çalışmada yaş aralığına bağlı olarak, oksidatif belirteç düzeylerinde farklılıkların olabileceği belirtilmiştir⁽¹⁷⁾. Çalışmamızda, anesteziyoloji uzmanlarının yaş ortalaması diğer iki gruptan daha yüksekti. Ancak tüm gruplarda bazal tiyol ve disülfid değerleri benzerdi. Aynı zamanda yaş ile dinamik tiyol-disülfid dengesi arasında korelasyon yoktu. Bu durum, anestezi çalışanlarında, çevresel faktörlerin, oksidatif stres üzerine yaştan daha etkili olabileceğini akla getirmektedir. Yoğun bakım hemşirelerinde yapılan bir çalışmada farklı oksidatif stres parametreleri incelenmiş ve oksidatif stres ile cinsiyet arasında ilişki bulunmadığı bildirilmiştir⁽¹⁸⁾. Çalışmamızda da cinsiyet ile dinamik tiyol disülfid dengesi arasında ilişki bulunmadı.

Çalışmamız hastanemizde anestezi pratiğinde çalışan gönüllülerde yapıldı ve çalışmaya dâhil edilme kriterlerine uyan 29 kişinin verileri değerlendirildi. Daha fazla sayıda gönüllü olsaydı parametrelerdeki değişiklikler daha belirgin olabilirdi. Bu durum çalışmamızın kısıtlılığı olarak değerlendirildi.

Sonuç olarak, tiyol disülfid ile değerlendirildiğinde, çalışma ortamından ortalama 10 gün uzaklaşan anestezi hekimlerinde oksidatif stres düzeyinde azalma olduğu görüldü. Anesteziyoloji branşının mesleki riskleri konusunda farkındalık yaratılmasının, oksidatif stresin uzun dönemli olumsuz etkilerinden kaçınmak için gereken önlemlerin alınmasının ve diğer risk içeren branşlar gibi belirli periyotlarda çalışma ortamından uzaklaşılmasının çalışan sağlığı açısından önemli olduğu görüşündeyiz.

Etik Kurul Onayı: T.C. Sağlık Bakanlığı SBÜ İstanbul Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul onayı alınmıştır (27.06.2019/61)

Çıkar Çatışması: Yoktur

Finansal Destek: Yoktur

Hasta Onamı: Hasta onamı alınmıştır

Ethics Committee Approval: T.C. Ministry of Health SBU Istanbul Fatih Sultan Mehmet Training and Research Hospital Clinical Research Ethics Committee approval was received (27.06.2019/61)

Conflict of Interest: None

Funding: None

Informed Consent: The patients' consent were obtained

KAYNAKLAR

- Lee YM, Song BC, Yeu KJ. Impact of Volatile Anesthetics on Oxidative Stress and Inflammation. *Biomed Res Int*. 2015;2015:242709. <https://doi.org/10.1155/2015/242709>
- Malekirad AA, Ranjbar A, Rahzani K, et al. Oxidative stress in operating room personnel: occupational exposure to anesthetic gases. *Hum Exp Toxicol*. 2005;24:597-601. <https://doi.org/10.1191/0960327105ht5650a>
- Kozanhan B, Inanlı I, Deniz CD, et al. Dynamic thiol disulphide homeostasis in operating theater personnel exposed to anesthetic gases. *Am J Ind Med*. 2017;60:1003-09. <https://doi.org/10.1002/ajim.22764>
- Dinc ME, Ulusoy S, Is A, et al. Thiol/disulphide homeostasis as a novel indicator of oxidative stress in sudden sensorineural hearing loss. *J Laryngol Otol*. 2016;130:447-52. <https://doi.org/10.1017/S002221511600092X>
- Kundi H, Ates I, Kiziltunc E, et al. A novel oxidative stress marker in acute myocardial infarction; thiol/disulphide homeostasis. *Am J Emerg Med*. 2015;33:1567-71. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2015.06.016>
- Erel O, Neselioglu S. A novel and automated assay for thiol/disulphide homeostasis. *Clin Biochem*. 2014;47:326-32. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2014.09.026>
- Jafari A, Bargeshadi R, Jafari F, Mohebbi I, Hajaghazadeh M. Environmental and biological measurements of isoflurane and sevoflurane in operating room personnel. *Int Arch Occup Environ Health*. 2018;91:349-59. <https://doi.org/10.1007/s00420-017-1287-y>
- Türkan H, Aydın A, Sayal A. Effect of volatile anesthetics on oxidative stress due to occupational exposure. *World J Surg*. 2005;29:540-42. <https://doi.org/10.1007/s00268-004-7658-z>
- Costa Paes ER, Braz MG, Lima JT, et al. DNA damage and antioxidant status in medical residents occupationally exposed to waste anesthetic gases. *Acta Cir Bras*. 2014;29:280-86. <https://doi.org/10.1590/S0102-86502014000400010>
- Jafari A, Jafari F, Mohebbi I. Effects of occupational exposure to trace levels of halogenated anesthetics on the liver, kidney, and oxidative stress parameters in operating room personnel. *Toxin Reviews*, 2018; 1-10. <https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1498898>
- Zanaty OM, El Metainy S, Abdelmaksoud R, Demerdash H, Aliaa DA, El Wafa HA. Occupational stress of anesthesia: Effects on aging. *J Clin Anesth*. 2017;39:159-64. <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2017.03.047>
- Maes M, Galecki P, Chang YS, Berk M. A review on the oxidative and nitrosative stress (O&NS) pathways in major depression and their possible contribution to the (neuro)degenerative processes in that illness. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2011;35:676-92. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2010.05.004>
- Grigoruță M, Martínez-Martínez A, Dagda RY, Dagda RK. Psychological Stress Phenocopies Brain Mitochondrial Dysfunction and Motor Deficits as Observed in a Parkinsonian Rat Model. *Mol Neurobiol*. 2020;57:1781-98. <https://doi.org/10.1007/s12035-019-01838-9>. [Epub ahead of print].
- Krolow R, Arcego DM, Noschang C, Weis SN, Dalmaz C. Oxidative Imbalance and Anxiety Disorders. *Curr Neuropharmacol*. 2014;12:193-204. <https://doi.org/10.2174/1570159X11666131120223530>
- Alves SL. A study of occupational stress, scope of practice, and collaboration in nurse anesthetists practicing in anesthesia care team settings. *AANA J*. 2005;73:443-52.
- Gaszynska E, Stankiewicz-Rudnicki M, Szatko F, Wiczorek A, Gaszynski T. Life Satisfaction and Work-Related Satisfaction among Anesthesiologists in Poland. *ScientificWorldJournal*. 2014;2014:601865, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2014/601865>. Epub 2014 Jun 9.
- Casado A, López-Fernández ME. Age-correlated changes of the erythrocyte catalase activity in the Spanish population. *Gerontology*. 2003;49:251-4. <https://doi.org/10.1159/000070406>
- Casado A, Castellanos A, López-Fernández ME, Ruíz R, Aroca CG, Noriega F. Relationship between oxidative and occupational stress and aging in nurses of an intensive care unit. *Age (Dordr)*. 2008;30:229-36. <https://doi.org/10.1007/s11357-008-9052-5>