

TƏBİƏT ELMLƏRİ NATURAL SCIENCES

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/124/171-176>

Maya Qədirova

Azərbaycan Tibb Universiteti
magistrant

<https://orcid.org/0009-0008-0011-7109>
gadirovamaya3@gmail.com

Firəngiz Quliyeva

Azərbaycan Tibb Universiteti
biologiya üzrə fəlsəfə doktoru

<https://orcid.org/0009-0004-8983-4948>
firangiz455@gmail.com

Qlomerulonefritli xəstələrdə oksidativ stress göstəricilərinin müqayisəli təhlili

Xülasə

Qlomerulonefrit zamanı böyrək toxumasının zədələnmə mexanizmlərində oksidativ stressin rolu aktual tədqiqat mövzudur. Təqdim olunan işin əsas məqsədi qlomerulonefritli xəstələrdə prooksidant və antioksidant sistemlərin arasındakı balansı laboratoriya səviyyəsində qiymətləndirməkdir.

Təqdim edilən işdə böyrək toxumasının zədələnmə dərəcəsini qiymətləndirmək üçün qan nümunələrində lipid peroksidləşməsinin göstəricisi kimi malondialdehid (MDA) və antioksidant müdafiə sisteminin əsas komponenti kimi qlutation (QSH) səviyyələri təyin edilmişdir. Paralel olaraq, böyrəklərin funksional vəziyyətini yoxlamaq üçün qan serumunda kreatinin miqdarı da ölçülmüşdür. Lipidlərin peroksidləşməsinin ən son məhsulu olan MDA-nın konsentrasiyasının artması, hüceyrə membranlarının aktiv oksigen formaları (AOF) tərəfindən kəskin zədələnməsinin göstəricisidir.

Eyni zamanda, hüceyrədaxili əsas antioksidantlardan biri olan QSH-in azalması redoks homeostazını pozur, bu da qlomerulyar hüceyrələrin apoptozuna və funksional itkisinə səbəb olur. Bu pozulmaların nəticəsində qlomerulyar filtrasiya sürətini azalır və böyrək çatışmazlığı müşayiət olunur, bu da qan zərdabında kreatinin səviyyəsinin kəskin artımı ilə özünü göstərir.

Yekun olaraq, əldə edilən nəticələr bizə patoloji proses zamanı orqanizmdə gedən oksidativ dəyişiklikləri və böyrək funksiyasını biokimyəvi cəhətdən analiz etməyə imkan verir.

Açar sözlər: *Qlomerulonefrit (QN), oksidativ stress (OS), reaktiv oksigen növləri (ROS), malondialdehid(MDA), reduksiya olunmuş qlutation (QSH)*

Maya Gadirova

Azerbaijan Medical University
Master's student

<https://orcid.org/0009-0008-0011-7109>
gadirovamaya3@gmail.com

Firangiz Guliyeva

Azerbaijan Medical University
PhD in Biology

<https://orcid.org/0009-0004-8983-4948>
firangiz455@gmail.com

Comparative Analysis of Oxidative Stress Indicators in Patients With Glomerulonephritis

Abstract

The role of oxidative stress in the mechanisms of kidney tissue damage during glomerulonephritis is a topical research topic. The main aim of the presented work is to assess the balance between prooxidant and antioxidant systems in patients with glomerulonephritis at the laboratory level. In the presented work, the levels of malondialdehyde (MDA) as an indicator of lipid peroxidation and glutathione (GSH) as a main component of the antioxidant defense system were determined in blood samples to assess the degree of kidney tissue damage. In parallel, the amount of creatinine in blood serum was also measured to check the functional state of the kidneys. As an increase in the concentration of MDA, the end product of lipid peroxidation, is an indicator of acute damage to cell membranes by active oxygen formate (AOF). At the same time, a decrease in GSH, the main intracellular antioxidant, disrupts redox homeostasis, which leads to apoptosis and functional loss of glomerular cells. The consequence of these disturbances is a decrease in glomerular filtration rate and the development of renal failure, which is manifested by a sharp increase in serum creatinine levels. In conclusion, the results obtained allow us to biochemically analyze the oxidative changes and renal function occurring in the body during the pathological process.

Keywords: *Glomerulonephritis (GN), oxidative stress (OS), reactive oxygen species (ROS), malondialdehyde (MDA), reduced glutathione (GSH), creatinin*

Giriş

Glomerulonefrit böyrəklərin nefronlarının qlomerul sahəsində zədələnmə ilə xarakterizə olunur, nisbətən nadir rast gəlinən immun mənşəli xəstəliklər qrupudur. Qlomerulyar filtrasiya baryeri endotel hüceyrələri, bazal membran və podositlərin yarıq membranından təşkil olunmuş mürəkkəb bir sistemdir, suyun və aşağı molekulyar çəkili maddələrin ultrafiltratını yaratmaqla yanaşı, yüksək molekulyar çəkili zülalların və qan hüceyrələrinin damar daxilində saxlanmasıda rol oynayır. Yüksək perfuziya təzyiqi altında fəaliyyət göstərən bu anatomik strukturlar immun-vasitəli zədələnmələrə qarşı xüsusilə həssasdır. Patoloji proseslər zamanı, infeksiya orqanizmləri onların immunostimullaşdırıcı və ya toksik komponentləri, komplementi aktivləşdirən immunoqlobulinlər, komplement sisteminin spontan aktivləşməsi, neytrofil ekstrasekullar tələlər (NET-lər), infiltrasiya edən mieloid hüceyrələr, helper və ya sitotoksik T-hüceyrələri, digər anadangəlmə və adaptiv immun effektorlar qlomerulyar zədələnməyə səbəb ola bilər. Bu zədələnmələr nəticəsində sidiklə albumin və ya digər zərdab zülalları, eritrositlər və leykositlər xaric olunur. Piylənmə, şəkərli diabet, yüksək duzlu pəhriz və hipertoniya filtrasiya təzyiqini daha da artır, bunun nəticəsində qlomerulyar zədələnməni sürətlənir (Anders, Kitching, Leung, & Romagni, 2023).

Təəssüf ki, qlomerulonefrit tez-tez simptomuz inkişaf edir və ya proteinuriya, eritrosituriya və yaxud hematuriya, ödəm və hipertenziya ilə özünü biruzə verir (Krata və b., 2021). Kəskin qlomerulonefritin klinik mənzərəsi əsasən hipertenziya, proteinuriya, ödəm və hematuriya ilə müşayiət olunur (Bülbül, Öner, Demircin, & Erdoğan, 2008), belə ki, albuminuriya podosit zədələnməsinin, hematuriya isə qlomerulyar bazal membranın tamlığının pozulmasının göstəricisidir (Anders, Kitching, Leung, & Romagni, 2023). Bu simptomlardan hər hansı biri QN-in diaqnostikası üçün spesifik deyil. Diaqnozun təsdiqi üçün, böyrək biopsiyasının histopatoloji qiymətləndirilməsi tələb olunur ki, bu da riskləri olan invaziv bir prosedurdur. Bu səbəbdən qeyri-invaziv diaqnostikası təkmilləşdirmək üçün alternativ, daha təhlükəsiz, spesifik və təkrarlana bilən metodlara ehtiyac duyulur (Wiewiórska- Krata və b., 2025).

QN-in ənənəvi histopatoloji təsnifatı xəstəliyin fərqli müalicə tələblərini və xəstəliyin müxtəlif mənsəyini əks etdirməkdə məhdudiyyətlər yaradır. Müəlliflər “böyrək mərkəzli” yanaşmanın əvəzinə xəstəliyin əsas səbəbi olan immun mexanizmlərini hədəf alan diaqnostikanın və müalicəsinin

vacibliyini qeyd edirlər. Bu məqsədlə QN-in idarə olunmasını təkmilləşdirmək üçün immuno-fenotipləməyə və “aktivlik-xroniklik” (QN-AC) dərəcəsinə əsasən yeni təsnifat sistemi təklif edilir (Romagnani, Kitching, Leung, & Anders, 2023). Müasir immunofenotipləmə üsullarının tətbiqi qlomerulonefritləri patofizioloji mexanizmlərinə əsaslanaraq beş əsas kateqoriyaya ayırmağa imkan verir. Birinci kateqoriya orqanizmin infeksiyaya qarşı humoral və hüceyrəvi müdafiə reaksiyaları zəminində yaranan infeksiya mənşəli QN-dir. İkinci kateqoriya olan autoimmun QN, spesifik autoantigenlərə qarşı formalaşan adaptiv immun cavabla xarakterizə olunur. Üçüncü kateqoriya, alloimmun QN böyrək transplantasiyası fonunda inkişaf edən və donor-spesifik immunitetin supressiyasını tələb edir. Monoklonal qammapatiya ilə əlaqəli QN, monoklonal immunoqlobulinlərin yumaqçılarda yığılması ilə gedir (Anders, Kitching, Leung, & Romagnani, 2023). Böyrək xəstəliklərində həm antioksidantların tükənməsi, həm də reaktiv oksigen növləri (ROS) istehsalının artması səbəbindən oksidativ stressin mövcudluğu qeyd edilmişdir. Böyrək yüksək metabolik orqandır və bu da onu ROS tərəfindən törədilən zədələnmələrə qarşı həssas edir. Buna görə də oksidativ stress (OS) böyrək xəstəliyinin progressiyasını sürətləndirə bilər (Krata və b., 2021). Bununla əlaqəli olaraq, oksidativ stress iltihab (NF- κ B aktivləşməsi), hipertenziya, qlomerulyar filtrasiya baryerinin zədələnməsi və fibroz vasitəsilə böyrək funksiyasının daha da zəifləməsinə səbəb ola bilər. Oksidativ stress zədələnməsi, hemodializ zamanı dializ membranlarının və ya peritoneal dializ zamanı məhlulların biouyğunsuzluğu səbəbindən dializ terapiyasına ehtiyac duyan xəstələrdə daha da ağırlaşır (Ling & Kuo, 2018). Qlomerulonefritin patogenezinə aktivləşmiş komplement, immun komplekslərin toplanması və ya sitokinlərin ifrazı kimi müxtəlif stimullar daxili qlomerulyar hüceyrələr və ya infiltrasiya olunmuş leykositlər tərəfindən ROS əmələ gəlməsini induksiya edir (Bülbül, Oner, Demircin, Erdoğan, 2008).

Oksidativ stress- ROS-un istehsalının artması istehsalı və orqanizmin təbii antioksidant müdafiə mexanizmlərinin zəifləməsi ilə yaranan balans pozğunluğudur (Angeletti və b., 2023). ROS-lar lipidlər, zülallar və DNT ilə reaksiyaya girmək qabiliyyətinə malik olduqlarına görə, oksidativ zədələnməyə səbəb olan toksik molekullar kimi qəbul edilirdilər (Irazabal & Torres, 2020). Ancaq mülayim səviyyələrdə hidrogen peroksid çox saylı hüceyrə prosesləri üçün zəruridir, lakin həddindən artıq konsentrasiyalarda o, hüceyrə və toxuma zədələnməsinə səbəb ola bilər (Krata və b., 2021). Hazırda məlumdur ki, ROS-lər həm də hüceyrə siqnallarının ötürülməsində mühüm ikincili messengerlərdir. ROS-un toplanması iltihaba, zədələnməyə və nəticədə hüceyrə ölümünə səbəb olsa da, hüceyrənin sağ qalması siqnalları, hüceyrə proliferasiyası, böyümə və enerji metabolizmi üçün aşağı səviyyədə ROS tələb olunur. Nəticə etibarilə, hüceyrələr zədələnməsi və ölüm baş vermədən normal funksiyaları dəstəkləyən ROS konsentrasiyalarının ciddi tənzimlənməsini həyata keçirirlər. Bu cür hüceyrədaxili redoks homeostazı, ROS-ların əmələ gəlməsi və antioksidant sistemlər tərəfindən neytrallaşdırılması arasındakı dinamik müvazinətlə tənzimlənir (Tejchman, Kotfis, & Sieńko, 2021). ROS iki qrupa bölünə bilər: sərbəst radikallar və qeyri-radikallar. Sərbəst radikallar bir və ya daha çox cütləşməmiş elektrona malik olan molekullardır ki, bu da onlara yüksək reaktivlik qazandırır. Cütləşməmiş elektronlarını paylaşan ROS-lar isə qeyri radikal formalardır. Mühüm kimyəvi fərqliliklərinə baxmayaraq, onlar biomolekul səviyyəsində zədələnmə baxımından oxşar mexanizmlə təsir göstərilir (Tejchman, Kotfis, & Sieńko, 2021).

Birinci qrupdan olan və fizioloji əhəmiyyət daşıyan əsas ROS-lara superoksid anionu, hidroksil radikalı və hidroperoksid radikalı aiddir; ikinci qrupa isə hidrogen peroksid daxildir. Bütün oksigen radikalları ROS-dur, lakin bütün ROS-lar oksigen radikalları deyil (Tejchman, Kotfis, & Sieńko, 2021). Adətən qısa yarımparçalanma dövrünə malik hissəciklərdir, lakin buna baxmayaraq, onlar uzun müddətdir ki, mühüm ikili rola malik kimyəvi maddələr kimi qəbul edirlər. Onlar biomolekullarla reaksiyaya girib hüceyrə zədələnməsinə səbəb olurlar, və eyni zamanda hüceyrə siqnalizasiya vasitəçiləri kimi də fəaliyyət göstərilir (Tejchman, Kotfis, & Sieńko, 2021).

Lipidlərin peroksidləşməsi dedikdə sərbəst radikalların və ya oksidantların karbon-karbon ikiqat rabitəsi olan lipidlərə, xüsusən də çoxdoymamış piy turşularına (PUFA) hücum edərək hidrogeni qoparması və oksigenin daxil edilməsi ilə gedən zəncirvari proses başa düşülür. Bu biokimyəvi reaksiya ardıcıl olaraq üç əsas mərhələdən ibarətdir: inisiyasiya, propaqasiya və terminasiya. İnisiyasiya

mərhələsində pro-oksidantlar doymamış yağ turşularından hidrogen atomunu qopararaq karbon mərkəzli lipid radikalını əmələ gətirir. Propaqasiya fazasında bu radikal oksigenlə birləşib lipid peroksi radikalı yaradır və reaksiyanı davam etdirərək ilkin məhsul olan lipid hidroperoksidlərin yaranmasına səbəb olur. Peroksidləşmənin nəticəsində ikincili məhsullar- müxtəlif aldehidlər, malondialdehid (MDA) və 4-hidroksinonenal (4-HNE) əmələ gəlir. Bu məhsullar arasında MDA mutagen xüsusiyyətləri və yüksək reaktivliyi ilə fərqlənərək oksidativ stressin etibarlı biomarkeri kimi qəbul olunur (Ayala, Muñoz, Argüelles, 2014).

Tiobarbitur turşusu (TBA) ilə asan reaksiyaya girməsi, MDA-nın omeqa-3 və omeqa-6 piy turşularının peroksidləşməsinin təyində geniş istifadə olunur. Yüksək toksikliyi və reaktivliyi səbəbindən MDA biotibb tədqiqatlarında və kliniki vəziyyətlərdə oksidativ stressi təyin edən ən etibarlı markerlərdən biri hesab olunur (Ayala, Muñoz, & Argüelles, 2014). Böyrəkdə ROS-in zədələyici təsirini neytrallaşdırmaq üçün bir neçə antioksidant sistem mövcuddur. Antioksidant sistemi iki əsas qrupa bölmək olar: Fermentativ və qeyri- fermentativ sistemlər (Irazabal, Torres, 2020). Bunların hər biri hüceyrə müdafiəsi və stressə adaptasiya proseslərində rol oynayır (Manful və b., 2025).

1. Fermentativ sistemə superoksid dismutazlar (SOD), katalaza, qlutation peroksidaza (QP_x), qlutation reduktaza (QR), qlutation S-transferaza (QST), peroksiredoksin (PRX) və tioredoksin (TRX) daxildir.
2. Qeyri fermentativ sistemə isə askorbin turşusu, alfa-tokoferol, karotenoidlər, flavonoidlər və reduksiya olunmuş qlutation (QSH) kimi üzvi birləşmələr aiddir. (Irazabal & Torres, 2020).

Hüceyrədaxili qeyri- fermentativ antioksidant müdafiə sisteminin əsas komponenti olan QSH sistein tərkibli tripeptiddir, pentoz fosfat yolu vasitəsilə sintez edilən NADPH hesabına tənzimlənir, L-qlutamat, L-sistein və qlisindən sintez olunur. QSH qlutation peroksidaza (QSH-P_x) və qlutation reduktaza (QSSQ-RD) fermentlərinin kataliz etdiyi redoks dövrüyəsində iştirak edir. Hüceyrənin redoks statusunun qiymətləndirilməsində [GSH]/[GSSG] nisbəti ən dəqiq göstərici hesab olunur, bu balansın pozulması yüksək oksidativ stressin yaranmasının göstəricisidir (Irazabal, Torres, 2020). QSH:QSSQ nisbəti, yerləşdiyi orqandan asılı olaraq, 100:1 ilə 20:1 arasında dəyişə bilər. Oksidativ stress nəticəsində bu nisbət bəzən 1-ə qədər azalır (Rai və b., 2021). Bu sistem yalnız sərbəst radikalları neytrallaşdırmır, həm də gen ekspressiyası, apoptoz və hüceyrə metabolizmi kimi həyati funksiyaların tənzimlənməsində mühüm rol oynayır (Irazabal & Torres, 2020).

Tədqiqat

Tədqiqatın məqsədi qlomerulonefritli xəstələrdə biokimyəvi tədqiqat metodlarından istifadə etməklə oksidativ stressin göstəricisi olan MDA və antioksidant sistemin vəziyyətini əks etdirən reduksiya olunmuş qlutationun qan serumunda səviyyələrini təyin etməkdir. Böyrəyin funksional vəziyyətini təyin etmək üçün isə qan serumunda kreatinin miqdarını qiymətləndirməkdir.

Material və metodlar: Tədqiqat işimizə daxil etdiyimiz 60 nəfəri 3 qrupda təsnif etmişik. Qruplara daxil etdiyimiz xəstələrin yaş aralığı 30-80-dir. Qruplardan birincisi 10 nəfərdən ibarət praktiki sağlam olan şəxslərin daxil olduğu qrupdur. İkinci qrupa daxil olan 29 nəfər dializ alan qlomerulonefritli xəstələrin daxil olduğu terminal qrupdur. Üçüncü qrup isə 21 nəfərdən ibarət hemodializ almayan qlomerulonefritli xəstələrin daxil olduğu konservativ qrupdur. Qan serumunda malondialdehid (MDA) səviyyəsi tiobarbitur turşusu (TBA) ilə reaksiyaya əsaslanan spektrofotometrik üsulla təyin olundu. Reduksiya olunmuş qlutation (QSH) miqdarı Ellman reaktivindən (DTNB) istifadə edilərək qiymətləndirildi. Qan zərdabında kreatinin konsentrasiyası Bioscreen MS-2000 yarımavtomat biokimyəvi analizatoru vasitəsilə təyin edilmişdir.

Nəticə

Qlomerulonefritli xəstələrdə lipid peroksidləşməsinin intensivliyi kəskin artmışdır. Belə ki, nəzarət qrupu ilə müqayisədə ($2,85 \pm 0,11$ nmol/l) MDA-nın qan zərdabındakı səviyyəsi konservativ qrupda 2,4 dəfə artaraq $6,72 \pm 0,13$ nmol/l, terminal qrupda isə 2,8 dəfə artaraq $7,91 \pm 0,26$ nmol/l təşkil etmişdir ($p < 0,001$). Bu, xəstəliyin terminal mərhələsində oksidativ stressin daha da intensivləşdiyini göstərir. Bununla yanaşı orqanizmin antioksidant müdafiə sistemi zəifləmişdir. Reduksiya olunmuş

qlutationun Reduksiya olunmuş qlutationun (QSH) miqdarı nəzarət qrupu ($0,55 \pm 0,01$ mkmol/l) ilə müqayisədə konservativ qrupda 1,4 dəfə azalaraq $0,39 \pm 0,01$ mkmol/l, terminal qrupda isə 1,36 dəfə azalaraq $0,405 \pm 0,021$ mkmol/l təşkil etmişdir ($p < 0,001$).

Cədvəl 1. Tədqiqat qruplarında MDA və QSH göstəricilərinin təyini.

Göstəricilər	Kontrol qrup n=10	Konservativ qrup n=21	Terminal qrup n=29	P dəyəri
MDA, nmol/ml	$2,85 \pm 0,11$	$6,72 \pm 0,13$	$7,91 \pm 0,26$	$p < 0,001$
QSH, mkmol/l	$0,55 \pm 0,01$	$0,39 \pm 0,01$	$0,405 \pm 0,021$	$p < 0,001$

Hemodializ almayan qlomerulonefritli xəstələrdə kreatinin səviyyəsi nəzarət qrupu ($82,5 \pm 2,41$) ilə müqayisədə 7,7 dəfə artaraq $635,47 \pm 19,4$ mkmol/l-ə çatmışdır ($p < 0,001$). Terminal qrupa daxil olan hemodializ alan qlomerulonefritli xəstələrdə isə kreatinin göstəricisi nəzarət qrupundan 10,2 dəfə yüksək olaraq $845,076 \pm 15,7$ mkmol/l qeydə alınmışdır ($p < 0,001$). Terminal və konservativ qruplarının müqayisəli analizinin nəticələrinə görə, hemodializ alan xəstələrdə kreatinin səviyyəsi hemodializ almayan xəstələrlə müqayisədə 1,32 dəfə yüksəkdir.

Əldə olunan nəticələr göstərir ki, qlomerulonefrit xəstəliyinin proqresivləşməsi, xüsusilə terminal mərhələdə güclü oksidativ stress və antioksidant sisteminin (qlutation həlqəsinin) zəifləməsi böyrək toxumasının zədələnməsini sürətləndirir. Bu isə öz növbəsində azot mübadilə məhsullarının, kreatinin qanda toplanmasına və böyrək çatışmazlığının formalaşmasına gətirib çıxarır. MDA və QSH göstəriciləri xəstəliyin ağırlıq dərəcəsini qiymətləndirmək üçün informativ markerlər hesab oluna bilər.

Ədəbiyyat

- Angeletti, A., Bruschi, M., Kajana, X., Spinelli, S., Verrina, E., Lugani, F., Caridi, G., Murtas, C., Candiano, G., & Prunotto, M. (2023). Mechanisms limiting renal tissue protection and repair in glomerulonephritis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24, 8318. <https://doi.org/10.3390/ijms24098318>
- Anders, H. J., Kitching, A. R., Leung, N., & Romagnani, P. (2023). Glomerulonephritis: Immunopathogenesis and immunotherapy. *Nature Reviews Immunology*, 23(7), 453–471. <https://doi.org/10.1038/s41577-022-00816-y>
- Ayala, A., Muñoz, M. F., & Argüelles, S. (2014). Lipid peroxidation: Production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2014, 360438. <https://doi.org/10.1155/2014/360438>
- Bülbül, M., Oner, A., Demircin, G., & Erdoğan, O. (2008). Oxidative stress in children with acute glomerulonephritis. *Renal Failure*, 30(2), 209–214. <https://doi.org/10.1080/08860220701813319>
- Irazabal, M. V., & Torres, V. E. (2020). Reactive oxygen species and redox signaling in chronic kidney disease. *Cells*, 9(6), 1342. <https://doi.org/10.3390/cells9061342>
- Krata, N., Foronczewicz, B., Zagożdżon, R., Moszczuk, B., Zielenkiewicz, M., Pączek, L., & Mucha, K. (2021). Peroxiredoxins as markers of oxidative stress in IgA nephropathy, membranous nephropathy and lupus nephritis. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 70(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s00005-021-00638-1>
- Ling, X. C., & Kuo, K. L. (2018). Oxidative stress in chronic kidney disease. *Renal Replacement Therapy*, 4, 53. <https://doi.org/10.1186/s41100-018-0181-8>
- Manful, C. F., Fordjour, E., Subramaniam, D., Sey, A. A., Abbey, L., & Thomas, R. (2025). Antioxidants and reactive oxygen species: Shaping human health and disease outcomes. *International Journal of Molecular Sciences*, 26, 7520. <https://doi.org/10.3390/ijms26157520>

9. Rai, S. R., Bhattacharyya, C., Sarkar, A., Chakraborty, S., Sircar, E., Dutta, S., & Sengupta, R. (2021). Glutathione: Role in oxidative/nitrosative stress, antioxidant defense, and treatments. *ChemistrySelect*, 6(18), 4566–4590. <https://doi.org/10.1002/slct.202100773>
10. Romagnani, P., Kitching, A. R., Leung, N., & Anders, H. J. (2023). The five types of glomerulonephritis classified by pathogenesis, activity and chronicity (GN-AC). *Nephrology Dialysis Transplantation*, 38(Suppl. 2), ii3–ii10. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfad067>
11. Tejchman, K., Kotfis, K., & Sieńko, J. (2021). Biomarkers and mechanisms of oxidative stress—Last 20 years of research with an emphasis on kidney damage and renal transplantation. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 8010. <https://doi.org/10.3390/ijms22158010>
12. Wiewiórska-Krata, N., Moszczuk, B., Tańska, J., Kniola, E., Grywalska, E., Pączek, L., Foronczewicz, B., & Mucha, K. (2025). Serum peroxiredoxins reflect oxidative stress and predict renal outcomes in patients with glomerulonephritis. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(16), 7708. <https://doi.org/10.3390/ijms26167708>

Daxil oldu: 04.10.2025

Qəbul edildi: 07.12.2025