METABOLIK SINDROMDA OYOQ ARTERIYALARINING SEGMENTAR MORFOLOGIK REMODELLANISHI VA RAQAMLI MORFOMETRIK BAHOLASH

[1]Otamurodov A.N, [2]Khoshimov B.L

[1]Toshkent davlat tibbiyot universiteti Termiz filiali, Termiz, O‘zbekiston

[2]Kimyo International University in Tashkent, Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya

Tadqiqotning maqsadi metabolik sindrom sharoitida oyoq arterial o‘zani bo‘ylab morfologik o‘zgarishlarning bir xil kechmasligini aniqlash va distal arterial segmentlarning metabolik ta’sirga sezgirligini morfometrik jihatdan tavsiflashdan iborat. 90 ta jinsiy voyaga yetgan oq erkak laboratoriya kalamushlarida yuqori kaloriyali parhez va 10% li fruktoza eritmasi asosida metabolik sindrom modeli yaratildi. Tashqi yonbosh, son, tizza osti, oldingi va orqa katta boldir arteriyalari tekshirildi. Raqamli morfometriya yordamida tomir diametrlari, devor qalinligi, intima va media ko‘rsatkichlari, ichki elastik membrana, silliq mushak hujayralari, kollagen va elastik tolalar hamda endoteliositlarning morfometrik xususiyatlari baholandi. Tadqiqot metabolik sindromda patologik qayta qurilish arterial o‘zan bo‘ylab notekis tarqalishini ko‘rsatdi. Eng yaqqol o‘zgarishlar tizza osti, oldingi va orqa katta boldir arteriyalarida kuzatildi. Distal segmentlarda tomir bo‘shlig‘ining ko‘proq torayishi, devor qalinlashuvi, elastik tolalar kamayishi, kollagen tolalar ko‘payishi va silliq mushak hujayralari gipertrofiyasi qayd etildi. Natijalar raqamli morfometriya periferik arterial remodellanishning segmentar xususiyatlarini yuqori aniqlikda baholashga imkon berishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: metabolik sindrom, periferik arteriyalar, segmentar remodellanish, raqamli morfometriya, tizza osti arteriyasi, katta boldir arteriyalari, kollagen, elastik tolalar, endoteliy, tomir devori.

Kirish

Metabolik sindromning qon tomir tizimiga ta’siri faqat umumiy tomir devori qalinlashuvi bilan cheklanmaydi. Tomir daraxtining turli segmentlari anatomik va funksional jihatdan bir-biridan farq qilgani sababli metabolik stressga javob ham bir xil bo‘lmasligi mumkin. Mavjud ilmiy ma’lumotlarda silliq mushak hujayralarining fenotipik plastiklik xususiyati, hujayradan tashqari matriksning qayta qurilishi va kollagen to‘planishi arterial remodellanishning muhim mexanizmlari sifatida ko‘rsatiladi. Biroq oyoq arteriyalarining proksimal va distal segmentlarida bu o‘zgarishlarning qanday taqsimlanishi alohida morfometrik baholashni talab qiladi.

Tadqiqotning maqsadi tajribaviy metabolik sindromda tashqi yonbosh arteriyasidan katta boldir arteriyalarigacha bo‘lgan arterial o‘zanda morfometrik

ko‘rsatkichlarning segmentar o‘zgarishini aniqlash hamda eng sezgir arterial segmentlarni morfologik jihatdan tavsiflashdan iborat.

Material va metodlar

Tadqiqot 180–220 g vaznga ega 90 ta jinsiy voyaga yetgan oq erkak laboratoriya kalamushlarida o‘tkazildi. Hayvonlar standart vivariy sharoitida saqlandi. Nazorat guruhi standart laboratoriya ratsionini oldi, tajriba guruhida esa yuqori kaloriyali parhez va 10% li fruktoza eritmasi yordamida metabolik sindrom 30, 60 va 90 kun davomida modellashtirildi.

Tadqiqot obyektlari sifatida tashqi yonbosh, son, tizza osti, oldingi va orqa katta boldir arteriyalari olindi. 4–5 mkm qalinlikdagi parafin kesmalar gematoksilin-eozin va Masson pentaxrom usullarida bo‘yaldi. NanoZoomer Hamamatsu raqamli tasvirlash tizimi va QuPath dasturi yordamida ichki va tashqi diametrlar, tomir devori, intima, media va adventitsiya qalinligi, intima/media indeksi, ichki elastik membrana qalinligi, silliq mushak hujayralari qatlamlari va zichligi, kollagen va elastik tolalarning hajmiy ulushi, endoteliositlar maydoni, yadrolari maydoni hamda yadro-sitoplazmatik nisbat aniqlanildi. Statistik baholashda o‘rtacha qiymat, standart xato va Student mezoni qo‘llanildi; $p<0,05$ ishonchli farq sifatida qabul qilindi.

Natija va muhokama

Nazorat holatida arterial o‘zan bo‘ylab tashqi yonbosh arteriyasidan katta boldir arteriyalariga tomon tomirlarning tabiiy ravishda kichrayishi kuzatildi. Ichki diametr 812,4±21,6 mkm dan 312,7±12,6 mkm gacha, tashqi diametr esa mos ravishda 1034,8±24,5 mkm dan 404,6±13,8 mkm gacha kamaydi. Tomir devorining umumiy qalinligi 116,2±3,4 mkm dan 60,7±2,1 mkm gacha qisqardi. Shu bilan birga, intima qalinligi arterial o‘zan bo‘ylab deyarli barqaror bo‘lib, 4,8–5,8 mkm oralig‘ida saqlandi. Bu boshlang‘ich anatomik sharoitda tomir segmentlari o‘rtasidagi strukturaviy farqlarni ko‘rsatadi.

Metabolik sindromning 30-kunida remodellanish eng avvalo distal segmentlarda yaqqol namoyon bo‘ldi. Tizza osti, oldingi va orqa katta boldir arteriyalarida ichki diametrning kamayishi, devor qalinlashuvi va intima/media indeksining ortishi proksimal tomirlarga nisbatan kuchliroq edi. Oldingi katta boldir arteriyasida ichki diametrning kamayishi 9,0% gacha yetdi, tomir devorining umumiy qalinligi esa nazoratga nisbatan sezilarli oshdi. Intima qalinligining 22,4–47,9% ga ortishi va endoteliositlar maydonining kattalashishi distal segmentlarda endotelial javobning kuchliroq ekanini ko‘rsatdi. Ichki elastik membrana va elastik tolalar miqdorining kamayishi ham aynan ushbu segmentlarda yaqqolroq kuzatildi.

60-kunda segmentar tafovut yanada kuchaydi. Oldingi katta boldir arteriyasida tomir ichki diametri 20,4% gacha qisqardi. Tomir devorining umumiy qalinligi distsal

segmentlarda 35,8% gacha oshdi. Intima qalinligi 46,7–100,0% ga ortishi bilan birga endoteliyda bo‘kish, polimorfizm, hujayralararo bo‘shliqlarning kengayishi va ayrim joylarda deskvamatsiya kuzatildi. Media qavatidagi silliq mushak hujayralarining gipertrofiyasi va ichki elastik membrananing yupqalashuvi distalda kuchliroq bo‘ldi. Kollagen tolalarining hajmiy ulushi 42,0–47,2% ga ortib, elastik tolalar 21,0–30,5% ga kamaydi. Bu distal segmentlarda mexanik xususiyatlarning qayta qurilishi kuchliroq kechganini ko‘rsatadi.

90-kunda segmentar farqlar eng yaqqol darajaga yetdi. Oldingi katta boldir arteriyasida ichki diametr 26,5% ga kamaygan bo‘lsa, tashqi yonbosh arteriyasida bu pasayish 12,3% ni tashkil etdi. Tomir devorining umumiy qalinligi distal segmentlarda 60,4% gacha oshdi. Intima qalinligi 80,0% gacha, media qalinligi 56,1% gacha, adventitsiya qalinligi esa 64,6% gacha ortdi. Ichki elastik membrana qalinligining 38,8% gacha va elastik tolalar miqdorining 46,2% gacha kamayishi distal arteriyalarda elastik karkasning kuchli degradatsiyasini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, kollagen tolalarining hajmiy ulushi 79,3% gacha oshdi. Endoteliositlar maydoni va yadrolari maydonining kattalashishi hamda yadro-sitoplazmatik nisbatning ortishi endotelial qatlamning uzoq davom etuvchi funksional zo‘riqishini ko‘rsatdi.

Olingan natijalarni umumlashtirganda, metabolik sindromda arterial remodellanishning ikki muhim xususiyati ajralib chiqadi. Birinchisi, jarayon vaqt o‘tishi bilan progressiv ravishda chuqurlashadi. Ikkinchisi, o‘zgarishlar arterial o‘zan bo‘ylab bir xil tarqalmaydi. Proksimal tashqi yonbosh va son arteriyalarida tomir diametri va devor qalinligidagi o‘zgarishlar nisbatan ustun bo‘lsa, distal tizza osti va katta boldir arteriyalarida elastik va biriktiruvchi to‘qima komponentlarining qayta qurilishi kuchliroq namoyon bo‘ladi. Bu distal segmentlarning metabolik buzilishlarga morfologik sezgirligi yuqoriroq bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Raqamli morfometrik yondashuv ushbu segmentar tafovutlarni miqdoriy ifodalash imkonini berdi. Faqat vizual gistologik baholash bilan cheklanilganda kichik, ammo tizimli o‘zgarishlarning bir qismi e’tibordan chetda qolishi mumkin. Shu sababli tomir ichki diametri, intima/media indeksi, elastik membrana qalinligi va kollagen-elastik komponentlar nisbatini birgalikda baholash periferik tomir remodellanishini to‘liqroq tavsiflaydi.

Xulosa va tavsiyalar

Metabolik sindromda oyoq arteriyalarining morfologik remodellanishi arterial o‘zan bo‘ylab bir xil kechmaydi. Eng yaqqol patologik o‘zgarishlar tizza osti, oldingi va orqa katta boldir arteriyalarida kuzatilib, ushbu segmentlarda tomir bo‘shlig‘ining torayishi, devor qalinlashuvi, intima/media indeksining ortishi, elastik komponentning

kamayishi va kollagen to‘planishi kuchliroq namoyon bo‘ladi. 30-kundan boshlab aniqlangan o‘zgarishlar 60 va 90-kunlarda izchil chuqurlashadi.

Tavsiyalar: eksperimental metabolik sindromda periferik tomir shikastlanishini baholashda arterial daraxtning faqat bitta segmentini emas, proksimal va distal segmentlarni birgalikda o‘rganish maqsadga muvofiq. Distal oyoq arteriyalari erta va progressiv morfologik o‘zgarishlarni aniqlash uchun sezgir model sifatida ko‘rib chiqilishi mumkin. Raqamli morfometriyani histologik baholash bilan birlashtirish periferik tomir remodellanishining erta bosqichlarini miqdoriy aniqlash va keyingi eksperimental profilaktik yoki terapevtik ta’sirlarni baholashni kuchaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Dietary Supplementation with Silicon-Enriched Spirulina Improves Arterial Remodeling and Function in Hypertensive Rats. PMC, 2019. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6893466/

2. Geographic distribution of metabolic syndrome and its components in the general adult population: A meta-analysis of global data from 28 million individuals. ScienceDirect, 2022. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168822722007380

3. Impaired Elastic Properties of the Aorta in Fat-Fed, Streptozotocin-Treated Rats: Vascular Remodeling in Diabetic Arteries. Cardiology, 2009. https://karger.com/crd/article-abstract/114/2/107/77363/

4. Microstructural Characterization of Resistance Artery Remodelling in Diabetes Mellitus. Journal of Vascular Research, 2022. https://karger.com/jvr/article/59/1/50/824332/

5. Peripheral Artery Disease: Molecular Mechanisms and Novel Therapies. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology. https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/ATVBAHA.124.320195

6. Renal denervation restores biomechanics of carotid arteries in a rat model of hypertension. PMC, 2023. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10503847/

7. Survey of the extracellular matrix architecture across the rat arterial tree. PMC, 2022. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8739875/

8. The Role of Vascular Smooth Muscle Cells in Arterial Remodeling: Focus on Calcification-Related Processes. International Journal of Molecular Sciences, 2019. https://www.mdpi.com/1422-0067/20/22/5694

9. Vascular smooth muscle cell metabolic reprogramming and phenotypic remodeling in atherosclerosis. Cell Death Discovery, 2025. https://www.nature.com/articles/s41420-025-02932-9

10. Worldwide trends in metabolic syndrome from 2000 to 2023: a systematic review and modelling analysis. Nature Communications, 2025. https://www.nature.com/articles/s41467-025-67268-5