AJCM
Avicenna Journal of Clinical Medicine
Avicenna J Clin Med, 2026; 32(4): 233-241 Doi: 10.53208/ajcm.32.4.233
https://sjh.umsha.ac.ir

Original Article

Comparison of the Effects of Resistance Exercise with Aerobic Exercise on Parathyroid Hormone and Mineral Metabolism in Hemodialysis Patients

Shahin Ariya[1], Monire Amerian[2*], Adel Donyaei[3], Ahmad Khosravi[4], Hossein Amiri Largani[5], Mohammad Bagher Sohrabi[6], Saeed Rashidi[1], Marjan Rashidan[6]

[1] Student Research Committee, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran
[2] Department of Nephrology, Imam Hossain Center for Education, Research and Treatment, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran
[3] Department of Sport Physiology, Faculty of Physical Education and Sports Sciences, Shahroud University of Technology, Shahroud, Iran
[4] Department of Epidemiology, School of Health, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.
[5] Department of Emergency Medicine, Imam Hossain Center for Education, Research and Treatment, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran
[6] School of Medicine, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran

Article history:
Received: 18 November 2025
Revised: 10 January 2026
Accepted: 12 February 2026
ePublished: 16 March 2026

***Corresponding author:** Monire Amerian, Department of Nephrology, Imam Hossain Center for Education, Research and Treatment, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran

E-mail: amerian1060@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Exercise can affect bone and mineral metabolism, especially calcium and phosphate, as well as parathyroid hormone (PTH) levels in hemodialysis patients. Exercise can increase muscle strength and endurance in dialysis patients and ultimately improve their quality of life. The present study aimed to compare the effects of resistance and aerobic exercise on PTH, calcium, and phosphorus levels in hemodialysis patients.

Materials and Methods: This double-blind clinical trial was conducted in 2024 on 108 hemodialysis patients at Imam Hossein Hospital, Shahroud, Iran. Patients were randomly divided into three equal groups of resistance exercise, aerobic exercise, and control group (36 cases per group). After 16 weeks of standard and specified resistance and aerobic exercise intervention, changes in serum calcium, phosphorus, and PTH of the patients were evaluated. Data were analyzed using SPSS software (version 23) and relevant statistical tests, such as t-test, repeated measures test, and LSD test. In all analyses, a significance level of $P<0.05$ was considered.

Results: Of the 108 patients studied, 74 (68.1%) were male, and the mean age of the cases was 64.69±16.95 years. During the 16-week intervention period, a significant increase in calcium levels (P=0.033), a significant decrease in phosphorus levels (P=0.038), and PTH (P=0.025) were observed in both exercise intervention groups; however, no significant difference was observed between the two exercise intervention groups.

Conclusion: The results of the present study showed that both resistance and aerobic exercise for at least 60 minutes and three sessions per week can improve bone mineral metabolism in hemodialysis patients. Larger, multicenter studies are needed to investigate the effect of duration and number of exercise sessions on bone mineral disorders.

Keywords: Aerobic Exercise, Calcium, Parathyroid Hormone, Phosphorus, Resistance Exercise

Please cite this article as follows: Ariya Sh, Amerian M, Donyaei A, Khosravi A, Amiri Largani H, Sohrabi MB, Rashidi S, Rashidan M. Comparison of the Effects of Resistance Exercise with Aerobic Exercise on Parathyroid Hormone and Mineral Metabolism in Hemodialysis Patients. Avicenna J Clin Med. 2026; 32(4): 233-241 DOI: 10.53208/ajcm.32.4.233

Copyright © 2026 Avicenna Journal of Clinical Medicine. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

AJCM
مجله پزشکی بالینی ابن سینا
دوره ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴، صفحات: ۲۴۱-۲۳۳
https://sjh.umsha.ac.ir

مقاله پژوهشی

مقایسه آثار ورزش مقاومتی با ورزش هوازی در هورمون پاراتیروئید و متابولیسم مواد معدنی در بیماران همودیالیزی

شاهین آریا[۱]، منیره عامریان[۲*]، عادل دنیایی[۳]، احمد خسروی[۴]، حسین امیری لرگانی[۵]، محمدباقر سهرابی[۶]، سعید رشیدی[۱]، مرجان رشیدان[۶]

۱. کمیتهٔ تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
۲. گروه نفرولوژی، مرکز آموزشی، پژوهشی و درمانی امام حسین (ع)، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
۳. گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکدهٔ تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
۴. گروه اپیدمیولوژی، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
۵. گروه طب اورژانس، مرکز آموزشی، پژوهشی و درمانی امام حسین (ع)، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
۶. دانشکدهٔ پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۷
ویرایش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۰
پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۳
انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** منیره عامریان، گروه نفرولوژی، مرکز آموزشی، پژوهشی و درمانی امام حسین (ع)، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران

ایمیل: amerian1060@yahoo.com

چکیده

سابقه و هدف: ورزش می‌تواند در متابولیسم استخوان و مواد معدنی، به‌ویژه کلسیم و فسفات، و همچنین سطح هورمون پاراتیروئید بیماران همودیالیزی تأثیرگذار باشد. ورزش می‌تواند سبب افزایش قدرت عضلانی و استقامت بیماران دیالیزی شود و در نهایت، باعث بهبود کیفیت زندگی آن‌ها شود. مطالعهٔ حاضر با هدف مقایسهٔ آثار ورزش مقاومتی و هوازی در سطح هورمون پاراتیروئید، کلسیم و فسفر در بیماران همودیالیزی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعهٔ کارآزمایی بالینی دوسوکور در سال ۱۴۰۳ روی ۱۰۸ بیمار همودیالیزی در بیمارستان امام حسین (ع) شاهرود انجام شد. بیماران به‌صورت تصادفی به سه گروه مساوی ۳۶ نفری ورزش مقاومتی، ورزش هوازی و گروه کنترل تقسیم شدند و پس از شانزده هفته مداخلهٔ ورزشی استاندارد و تعیین‌شدهٔ مقاومتی و هوازی، تغییرات کلسیم، فسفر و هورمون پاراتیروئید (*Parathyroid* Hormone; PTH) سرم بیماران ارزیابی شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۳ و آزمون‌های آماری مربوطه، همچون آزمون تی‌تست، آزمون اندازه‌گیری مکرر و آزمون LSD تجزیه‌وتحلیل شدند. در تمامی تحلیل‌ها سطح معناداری ($P<۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: از ۱۰۸ بیمار مورد بررسی، ۷۴ نفر (۶۸/۱ درصد) مرد و ۳۴ نفر (۳۱/۹ درصد) زن وارد مطالعه شدند. میانگین سنی بیماران ۱۶/۹۵±۶۴/۶۹ سال بود. در طول دورهٔ مداخلهٔ شانزده‌هفته‌ای (با سه جلسه ورزش شصت تا نود دقیقه‌ای در هفته)، افزایش معناداری در سطح کلسیم ($P=۰/۰۳۳$)، کاهش معناداری در میزان فسفر ($P=۰/۰۳۸$)، PTH ($P=۰/۰۲۵$) در هر دو گروه مداخلهٔ ورزشی دیده شد، ولی تفاوت معناداری بین دو گروه مداخله ورزشی دیده نشد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعهٔ حاضر نشان داد که هر دو ورزش مقاومتی و هوازی به‌مدت حداقل شصت دقیقه و سه جلسه در هفته، می‌تواند متابولیسم مواد معدنی استخوان را با افزایش میزان کلسیم و کاهش میزان فسفر و PTH در بیماران همودیالیزی بهبود بخشد، ولی به‌منظور بررسی تأثیر مدت‌زمان و تعداد جلسات ورزش در اختلالات مواد معدنی استخوان، به مطالعات بزرگ‌تر و چندمرکزی نیاز است.

واژگان کلیدی: فسفر، کلسیم، ورزش مقاومتی، ورزش هوازی، هورمون پاراتیروئید

استناد: آریا، شاهین؛ عامریان، منیره؛ دنیایی، عادل؛ خسروی، احمد؛ امیری لرگانی، حسین؛ سهرابی، محمدباقر؛ رشیدی، سعید؛ رشیدان، مرجان. مقایسه آثار ورزش مقاومتی با ورزش هوازی در هورمون پاراتیروئید و متابولیسم مواد معدنی در بیماران همودیالیزی. مجله پزشکی بالینی ابن سینا، زمستان ۱۴۰۴؛۳۲(۴): ۲۴۱-۲۳۳

مقدمه

بیماری مزمن کلیه [*Chronic Kidney Disease: CKD*] تقریباً ۹/۱ درصد از جمعیت جهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و

همودیالیز به‌عنوان درمان حیاتی برای بیماری کلیوی مرحلهٔ نهایی (*End-Stage Renal Disease: ESRD*) عمل می‌کند [۱].

در بیماران همودیالیزی، اختلال در متابولیسم استخوان و مواد معدنی، به‌ویژه کلسیم، فسفر و هورمون پاراتیروئید یا پاراتورمون (*Parathyroid Hormone: PTH*)، به‌طور قابل توجهی در بروز عوارض، ازجمله بیماری‌های قلبی عروقی و اختلالات استخوانی نقش دارد [۲]. این عدم تعادل متابولیکی، کم‌خونی را تشدید می‌کند، کیفیت زندگی را کاهش و میزان مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد، به‌طوری که بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیه در مقایسه با جمعیت عمومی، ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر در معرض خطر مرگ‌ومیر به هر علتی قرار دارند [۳].

برخی شواهد نشان می‌دهد که ورزش می‌تواند با تأثیر در واسطه‌های سیستمیک و تنظیم هورمونی، به‌عنوان مداخلهٔ بالقوه برای کاهش این عوارض عمل کند [۴، ۵]. درک آثار روش‌های ورزشی خاص، مانند تمرینات مقاومتی و هوازی، در متابولیسم مواد معدنی برای بهینه‌سازی پیامدهای بیمار حیاتی و ضروری است [۵].

ورزش، به‌عنوان متغیر مستقل، شامل فعالیت‌های بدنی ساختاریافته‌ای است که برای افزایش عملکرد فیزیولوژیکی طراحی شده است. فعالیت‌های ورزشی معمولاً به دو نوع مقاومتی و هوازی تقسیم می‌شوند که این دو نوع از نظر آثار سیستمیک و متابولیک با هم متفاوت هستند [۶].

ورزش مقاومتی شامل انقباض عضلات در برابر فشارهای خارجی است که سبب تقویت قدرت و سلامت استخوان می‌شود، درحالی‌که ورزش هوازی از طریق فعالیت مداوم و ریتمیک، استقامت قلبی‌عروقی را افزایش می‌دهد [۵، ۶].

مطالعات قبلی نشان داده‌اند که ورزش حین دیالیز، عملکرد فیزیکی را بهبود می‌بخشد و استرس اکسیداتیو را در بیماران همودیالیزی کاهش می‌دهد. بااین‌حال، آثار خاص این نوع ورزش‌ها بر متابولیسم مواد معدنی هنوز به‌طور دقیق مشخص نیست [۷]. یانگ و همکارانش دریافتند که برنامه‌های ورزشی ترکیبی، فاکتور ۲۱ رشد فیبروبلاست را افزایش می‌دهد که نشان‌دهندهٔ ارتباط بالقوه با تنظیم متابولیسم استخوان است [۸].

کلسیم، فسفر و *PTH* در متابولیسم مواد معدنی در بدن نقش کلیدی دارند و اغلب در بیماری مزمن کلیه دچار اختلال می‌شوند [۹]. هورمون پاراتیروئید از سلول‌های چیف غدد پاراتیروئید ترشح می‌شوند و وظیفهٔ کنترل سطح سرمی کلسیم را برعهده دارند. افزایش سطح *PTH* در بیماران همودیالیزی شایع است و خطر کلسیفیکاسیون عروقی و شکنندگی استخوان را افزایش می‌دهد [۱۰]. مطالعات نشان داده‌اند که ورزش می‌تواند سطح *PTH* را تعدیل کند. فعالیت بدنی از عوامل مؤثر در تغییرات *PTH* است که تفاوت در غلظت آن به مدت، شدت و نوع فعالیت بستگی دارد. تغییرات سطوح پاراتیروئید سرمی شاید به‌طور مستقیم انعکاسی از اثر تغییرات سطوح سرمی یون‌های کلسیم به‌عنوان عامل تنظیم‌کنندهٔ عمده در ترشح این هورمون باشد، ولی سازوکاری که با آن ورزش ترشح آن را تحریک کند، هنوز در پردهٔ ابهام باقی مانده است [۱۱، ۱۰]. بااین‌حال، تأثیرات متفاوت ورزش مقاومتی در مقابل هوازی بر این پارامترها کمتر درک شده است و یافته‌های متناقضی دربارهٔ اثربخشی آن‌ها در تثبیت سطح کلسیم و فسفر وجود دارد [۱۲].

باوجود پیشرفت‌هایی که در درک فواید ورزش در بیماری مزمن کلیه حاصل شده است، هنوز شکاف‌های قابل توجهی دربارهٔ آثار مقایسه‌ای ورزش مقاومتی و هوازی بر متابولیسم مواد معدنی وجود دارد [۱۳]. مطالعات قبلی عمدتاً بر پیامدهای فیزیکی عمومی یا نشانگرهای التهابی متمرکز بوده‌اند و بر دینامیک کلسیم، فسفر و *PTH* تأکید محدودی داشته‌اند. با توجه به تعداد زیاد و روزافزون بیماران دیالیزی و مشکلات متعدد اسکلتی آن‌ها و همچنین تنوع ورزش‌های پیشنهادی برای این بیماران و نبود مطالعات جامع که دربرگیرنده تمام شرایط، مزایا و محدودیت‌های ورزش‌های مختلف برای این بیماران باشد، انجام پژوهش حاضر ضروری به نظر می‌رسد [۱۳-۱۵].

با توجه به اهمیت موضوع و فقدان مستندات علمی کافی دربارهٔ تأثیر بهتر هریک از ورزش‌های هوازی یا مقاومتی در تنظیم عوامل هورمونی و متابولیسم مواد معدنی در بیماران همودیالیزی، مطالعهٔ حاضر با هدف مقایسه تأثیر ورزش‌های مقاومتی با ورزش‌های هوازی در هورمون پاراتیروئید و متابولیسم مواد معدنی در بیماران همودیالیزی انجام شده است.

روش کار

این مطالعه به‌صورت کارآزمایی بالینی تصادفی دوسوکور و با گروه‌های موازی در بخش همودیالیز بیمارستان امام حسین (ع) شاهرود در سال ۱۴۰۳ انجام شد.

معیارهای ورود به مطالعه شامل سن ۴۰ تا ۸۵، بیماران با سابقهٔ حداقل شش‌ماههٔ دیالیز مستمر، نبود موارد منع مصرف برای ورزش و شرکت آگاهانه و داوطلبانه در پژوهش بود. معیارهای خروج از مطالعه عبارت بودند از: حوادث قلبی‌عروقی اخیر یا بیماری‌های همراه شدید مانند بیماری‌های اسکلتی‌عضلانی، آرتروز شدید و تنگی نفس شدید که مانع از ورزش می‌شدند و تمایل‌نداشتن به همکاری در هر مرحله از مطالعه.

حجم نمونه در این مطالعه با استفاده از مطالعهٔ Anding و همکاران [۵] و با پیش‌فرض خطای قابل قبول کمتر از ۰/۰۵ درصد، دامنهٔ اطمینان ۹۵ درصد و توان آزمون ۸۰ درصد و با عنایت به حجم نمونهٔ مورد نیاز با استفاده از روش آماری *ANOVA; Repeated measures, within-between interaction* در دو جامعه برای مطالعات کارآزمایی بالینی و با کمک نرم‌افزار *G-Power* نسخهٔ ۱۰ ، ۰ ، ۳ تعداد ۹۹ نمونه، که به سه گروه ۳۳ نفرهٔ مداخلهٔ ورزش مقاومتی، ۳۳ نفرهٔ ورزش هوازی و ۳۳ نفرهٔ کنترل تقسیم شدند، تخمین زده شد. همچنین با توجه به احتساب ۱۰

درصد ریزش احتمالی، حداقل نمونه در مجموع ۱۰۸ نفر (برای هر گروه ۳۶ نفر) بود.

بیماران واجد شرایط انتخاب و به‌صورت تصادفی و با استفاده از بلوک‌های تصادفی چهارتایی به سه گروه مداخلهٔ اول (درمان روتین و ورزش مقاومتی)، مداخلهٔ دوم (درمان روتین و ورزش هوازی) و گروه کنترل (درمان روتین تنها) تقسیم شدند. افراد واجد شرایط به‌روش تصادفی‌سازی با بلاک‌های چهارتایی (*permuted block randomization*) و به‌صورت دوسوکور در یکی از سه گروه ورزش مقاومتی (۳۶ نفر)، ورزش هوازی (۳۶ نفر) و کنترل (۳۶ نفر) قرار گرفتند.

فهرست تخصیص تصادفی بیماران صرفاً در اختیار متدولوژیست طرح بود. برای پنهان‌سازی فرایند تخصیص تصادفی، روی برچسب کاغذی کدهای ده‌رقمی تصادفی بدون ترتیب و چهارچوب مشخص نوشته شد که شمارهٔ شناسایی ورزش مربوطه بود و فقط متدولوژیست طرح از کد مربوطه آگاه بود. برچسب‌ها به‌ترتیب فهرست تصادفی‌سازی درون جعبه‌ای چیده شد. هنگامی که پزشک واجدشرایط‌بودن بیمار را برای ورود به مطالعه اعلام می‌کرد، متدولوژیست طرح آن برچسب را در اختیار بیمار قرار می‌داد. فرد ارزیابی‌کنندهٔ پیامدهای مدنظر شخص سومی بود که از فرایند تخصیص تصادفی و نوع ورزش انجام‌شده بی‌خبر بود. برای آنالیز داده‌ها از متخصص آمار استفاده شد که از فرایند مطالعه جدا و از تمامی فرایندهای انجام‌شده بی‌خبر بود.

طراحی ورزش براساس چهارچوب نظری و استاندارد تعدیل متابولیسم مواد معدنی ناشی از ورزش در بیماران دیالیزی، انجام شد [۷].

گروه تمرین مقاومتی، تمرینات تقویت عضلات را با استفاده از باندهای مقاومتی، برطبق پروتکل استاندارد فیزیولوژی ورزشی بالینی *ACSM* (*ACSM's Clinical Exercise Physiology*) انجام دادند، درحالی‌که گروه تمرین هوازی، با استفاده از دوچرخهٔ ثابت در طول جلسات دیالیز، فعالیت مدنظر را انجام دادند [۷]. هر دو گروه تحت شرایط نظارت‌شده، فعالیت‌های ورزشی خود را انجام دادند. گروه کنترل فقط مراقبت‌های معمول دیالیز را بدون هیچ‌گونه ورزشی دریافت کردند.

ورزش‌های مقاومتی به شرح ذیل انجام شد: این تمرینات سه روز در هفته با شدت ۶۰ درصد [برطبق پروتکل *ACSM*) در مرحلهٔ اول آغاز شد و هر چهار هفته ۵ درصد اضافه‌بار اعمال شد. این ورزش‌ها شامل ده حرکت و ده تا پانزده تکرار بود. تمرینات به‌صورت ایستگاهی بود و سه تا پنج دقیقه استراحت بین هر دور و سی تا شصت ثانیه استراحت بین هر حرکت وجود داشت. این پروتکل بر اساس *ACSM* ویرایش ۲۰۱۸ طراحی‌شده بود [۷]. فعالیت ورزشی در روزهای غیردیالیز انجام شد و زمان کل هر جلسه با احتساب پانزده دقیقه گرم‌کردن و ده دقیقه سردکردن بین شصت تا نود دقیقه بود.

حرکات این ورزش شامل موارد اسکات، پرس سینه، پرس ارتشی یا سرشانه، جلو پا، پشت پا، جلو بازو هالتر، پشت بازو سیم‌کش، درازونشست، کشش لت از جلو و اکستنشن پشت بود. کل دورهٔ ورزش مقاومتی به‌مدت چهار ماه (شانزده هفته) انجام شد.

ورزش‌های هوازی به شرح ذیل انجام شد: این تمرینات با رکاب‌زدن روی دوچرخه آرگومتری، که در پای تخت هر بیمار نصب شد، انجام گرفت. تمرینات با پایین‌ترین شدت (۵۰ تا ۶۰ درصد فشار ضربان قلب بیشینه) و مدت‌زمان کوتاه (ده تا بیست دقیقه) شروع شد و به‌تدریج در هر جلسه به شدت و مدت تمرین افزوده شد. به‌دلیل اینکه در این بیماران خاص به‌علت شرایط دیالیز، پاسخ‌های ضربان قلب و فشار خون به تمرین، متفاوت و مختلف بود، برای تعیین شدت تمرین از مقیاس بورگ استفاده شد و پیشرفت در شدت و مدت تمرین براساس ادراک بیماران از فشار تمرین تعیین شد [۷]. در طول تمرین هوازی هر پنج دقیقه از بیمار خواسته شد تا میزان فشار تمرین و میزان خستگی خود را در آن لحظه براساس مقیاس بیست‌امتیازی فشار بورگ مشخص کند. مرحلهٔ سردکردن شامل دو دقیقه رکاب‌زدن با سرعت ۳۵ دور در دقیقه و کشش غیرفعال اندام تحتانی بود. گروه کنترل فقط درمان و فعالیت روتین خود را داشتند و هیچ‌گونه ورزشی در نظر گرفته نشد.

با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی استاندارد، قبل از شروع اولین نوبت فعالیت ورزشی و در حالت استراحت بیماران، ۱۰ میلی‌لیتر خون برای اندازه‌گیری سطح کلسیم، فسفر و *PTH* بیماران، از آن‌ها گرفته و آزمایش شد. کلسیم و فسفر سرم با یک اتوآنالایزر کالیبره‌شده (*Hitachi 911, Roche Diagnostics*) اندازه‌گیری شدند که دقت و اطمینان زیادی دارد. سطح *PTH* با استفاده از کیت استاندارد به‌روش *ELISA* سنجیده شد که برای استفادهٔ بالینی در بیماران همودیالیزی تأیید شده است. همچنین حاصل‌ضرب کلسیم ـ فسفر (mg^2/dL^2) از ضرب مقدار کلسیم و فسفر هر بیمار در هر دوره به دست آمد. برای حفظ تجهیزات آزمایشگاهی اطمینان از دقت آن‌ها، تمام ابزارها طبق دستورالعمل سازنده، تحت کالیبراسیون مجدد قرار گرفتند.

خون‌گیری و آزمایش‌های مدنظر در ابتدای مطالعه و همچنین پس از مداخلهٔ شانزده هفته‌ای در دو نوبت انجام شد و نمونه‌های خون در هر دو نوبت قبل از شروع فرایند دیالیز گرفته شد تا تداخلات به حداقل برسد.

با توجه به ماهیت مداخله، کورسازی بیماران و پزشکان مطالعه امکان‌پذیر نبود، ولی ارزیابان پیامد و همکار آماری دربارهٔ تخصیص درمان شرکت‌کنندگان کورسازی شده بودند.

جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری *SPSS* نسخهٔ ۲۳

انجام شد و برای توصیف و تجزیه‌وتحلیل آماری از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شد. به‌منظور بررسی تغییرات درون‌گروهی در مراحل مختلف از آزمون اندازه‌گیری مکرر و برای بررسی این موضوع که اختلاف تغییرات کدام مرحله معنادار است، از آزمون *LSD* استفاده شد. همچنین، به‌منظور تعیین تغییرات بین‌گروهی، از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (*ANOVA One Way*) استفاده شد. سطح معناداری آماری در سطح P<۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

از ۱۰۸ بیمار مورد مطالعه، ۷۴ نفر مرد (۶۸/۱ درصد) و ۳۴ نفر زن (۳۱/۹ درصد) بودند. میانگین سنی بیماران ۶۹/۹۵±۶۴/۱۶ سال (۴۰-۸۵ سال) و میانگین مدت دیالیز ۱/۵±۳/۶۱ سال بود که تفاوت معناداری بین گروه‌ها دیده نشد. میانگین تعداد دفعات دیالیز در هفته ۰/۴۸±۲/۶۵ بار و میانگین کفایت دیالیز ۰/۱۴±۱/۱۵ لیتر بود. اطلاعات دموگرافیک و بالینی بیماران سه گروه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. اطلاعات دموگرافیک و بالینی بیماران در گروه‌های مداخله و کنترل

متغیر	گروه ورزش مقاومتی	گروه ورزش هوازی	گروه کنترل	P-value
جنسیت تعداد (درصد)				
مذکر	۲۳ (۶۳/۹)	۲۵ (۶۹/۴)	۲۶ (۷۲/۲)	۰/۰۷۷
مؤنث	۱۳ (۳۶/۱)	۱۱ (۳۰/۶)	۱۰ (۲۷/۸)	
میانگین سنی (سال)	۶۵/۳۷±۱۷/۵۵	۶۴/۱۲±۱۶/۲۹	۶۶/۰۸±۱۶/۶۰	۰/۱۵۹
میانگین مدت‌زمان دیالیز (سال)	۳/۸۹±۱/۸	۳/۱۴۴/۳	۳/۵۶±۱/۷	۰/۲۴۹
میانگین تعداد دفعات دیالیز در هفته	۲/۳۷±۰/۶۹	۲/۵۱±۰/۴۳	۲/۸۲±۰/۶۷	۰/۱۹۸
میانگین کفایت دیالیز (لیتر)	۱/۱۹±۰/۱۶	۱/۱۷±۰/۱۵	۱/۱۳±۰/۱۸	۰/۲۲۶
سابقهٔ دیابت تعداد (درصد)				
مثبت	۱۹ (۵۲/۸)	۲۱ (۵۸/۳)	۱۹ (۵۲/۸)	۰/۱۷۷
منفی	۱۷ (۴۷/۲)	۱۵ (۴۱/۷)	۱۷ (۴۷/۲)	
سابقهٔ پرفشاری خون تعداد (درصد)				
مثبت	۱۷ (۴۷/۲)	۱۶ (۴۴/۴)	۱۹ (۵۲/۸)	۰/۲۳۷
منفی	۱۹ (۵۲/۸)	۲۰ (۵۵/۶)	۱۷ (۴۷/۲)	

نتایج مطالعه نشان داد که تمرینات ورزشی مقاومتی و هوازی تأثیر معناداری در سطح کلسیم، فسفر و *PTH* داشت، به‌طوری که باعث افزایش معنادار میزان کلسیم (*P*=۰/۰۳۳)، کاهش میزان فسفر (*P*=۰/۰۳۸)، کاهش میزان *PTH* (*P*=۰/۰۲۵) و کاهش حاصل ضرب کلسیم ـ فسفر (*P*=۰/۰۱۱) شد. تأثیر تمرینات مقاومتی هوازی در کلسیم، فسفر، حاصل‌ضرب کلسیم ـ فسفر و *PTH* در گروه‌های مداخله و کنترل در جدول‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است.

جدول ۲. تأثیر ورزش هوازی و مقاومتی در کلسیم در گروه‌های مداخله و کنترل

متغیر	گروه بیماران	زمان اندازه‌گیری	میانگین ± انحراف معیار	**P-value	
				ابتدای مطالعه	انتهای مطالعه
کلسیم (*mg/dl*)	ورزش هوازی	ابتدای مطالعه	۷/۸۳ ±۰/۹۵	۰/۶۸۴	۰/۰۳۳
		انتهای مطالعه	۹/۸۰ ±۱/۷۵		
		*P-value=	***۰/۰۳۸***		
	ورزش مقاومتی	ابتدای مطالعه	۸/۰۵ ±۰/۷۹		
		انتهای مطالعه	۹/۵۸ ±۱/۲۳		
		*P-value=	***۰/۰۴۴***		
	کنترل	ابتدای مطالعه	۹/۱۱ ±۲/۰۴		
		انتهای مطالعه	۹/۷۳ ±۱/۶۹		
		*P-value=	۰/۱۲۹		

* *t- test*
** *Measure repited test (ANOVA)*

جدول ۳. تأثیر ورزش هوازی و مقاومتی در فسفر در گروه‌های مداخله و کنترل

متغیر	گروه بیماران	زمان اندازه‌گیری	میانگین ± انحراف معیار	**P-value	
				ابتدای مطالعه	انتهای مطالعه
فسفر (mg^2/dl^2)	ورزش هوازی	ابتدای مطالعه	۵/۹۲ ±۲/۲۷	۰/۹۷۳	۰/۰۳۸
		انتهای مطالعه	۴/۳۵ ±۱/۵۶		
			*P-value=۰/۰۴۱		
	ورزش مقاومتی	ابتدای مطالعه	۵/۸۳ ±۱/۸۹		
		انتهای مطالعه	۴/۱۵ ±۱/۱۱		
			*P-value=۰/۰۲۳		
	کنترل	ابتدای مطالعه	۶/۰۳ ±۱/۹۹		
		انتهای مطالعه	۵/۸۶ ±۲/۴۶		
			*P-value=۰/۳۶۱		

* *t- test*
** *Measure repited test (ANOVA)*

جدول ۴. تأثیر ورزش هوازی و مقاومتی در حاصل‌ضرب کلسیم ـ فسفر در گروه‌های مداخله و کنترل

متغیر	گروه بیماران	زمان اندازه‌گیری	میانگین ± انحراف معیار	**P-value	
				ابتدای مطالعه	انتهای مطالعه
حاصل‌ضرب کلسیم‌ـ فسفر (mg^2/dl^2)	ورزش هوازی	ابتدای مطالعه	۴۶/۳۵ ±۲/۱۶	۰/۳۷۹	۰/۰۱۱
		انتهای مطالعه	۴۲/۶۳ ±۲/۷۳		
			*P-value=۰/۰۳۹		
	ورزش مقاومتی	ابتدای مطالعه	۴۶/۹۳ ±۱/۴۹		
		انتهای مطالعه	۴۰/۸۸ ±۱/۳۷		
			*P-value=۰/۰۲۷		
	کنترل	ابتدای مطالعه	۵۴/۹۳ ±۴/۰۶		
		انتهای مطالعه	۵۶/۰۲ ±۴/۱۶		
			*P-value=۰/۱۱۹		

* *t- test*
** *Measure repited test (ANOVA)*

جدول ۵. تأثیر ورزش هوازی و مقاومتی در PTH در گروه‌های مداخله و کنترل

متغیر	گروه بیماران	زمان اندازه گیری	میانگین ± انحراف معیار	**P-value	
				ابتدای مطالعه	انتهای مطالعه
PTH (ng/dl)	ورزش هوازی	ابتدای مطالعه	۲۰۳/۰۰ ۲۷۳±/۲۶	۰/۴۵۶	۰/۰۲۵
		انتهای مطالعه	۱۶۹/۷۲ ۲۷۰±/۳۶		
			*P-value=۰/۰۳۱		
	ورزش مقاومتی	ابتدای مطالعه	۱۹۵/۷۸ ۲۵۴±/۹۹		
		انتهای مطالعه	۱۰۹/۰۷ ۱۳۳±/۳۲		
			*P-value=۰/۰۰۷		
	کنترل	ابتدای مطالعه	۱۹۳/۷۰ ۲۶۱±/۰۵		
		انتهای مطالعه	۱۷۹/۱۸ ۱۵۶±/۱۸		
			*P-value=۰/۱۴۹		

* *t- test*
** *Measure repited test (ANOVA)*

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که ورزش‌های مقاومتی و هوازی به‌طور قابل توجهی سطح کلسیم را افزایش و میزان فسفر، حاصل‌ضرب کلسیم ـ فسفر و هورمون پاراتیروئید را در بیماران

همودیالیزی کاهش می‌دهند. این یافته به‌طور کامل با نتایج مطالعهٔ *Prié* و همکاران همسو است [۹].

پرکاری پاراتیروئید کلیوی یکی از عوارض شایع بیماری مزمن کلیه است که با افزایش سطح *PTH* ثانویه، به‌دلیل اختلال در هموستاز کلسیم، فسفات و ویتامین *D*، مشخص می‌شود [۱۰]. ناهنجاری‌های کلسیم، فسفر و *PTH*، که از نشانه‌های شناخته‌شدهٔ بیماری مزمن کلیه، اختلال مواد معدنی و استخوان هستند، با پیامدهای نامطلوب در بیمارانی که دیالیز مداوم دریافت می‌کنند، مرتبط هستند [۱۲-۱۰]. این اختلال در بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیهٔ پیشرفته، به اختلال در متابولیسم مواد معدنی و اختلال در تنظیم فیزیولوژی اسکلتی و قلبی عروقی منجر می‌شود [۱۳].

مطالعات اپیدمیولوژیک بیماران دیالیزی شواهد قابل توجهی ارائه می‌دهند که نشان می‌دهد افزایش *PTH* با مرگ‌ومیر مرتبط است [۱۴، ۱۳]. دستورالعمل‌های بهبود پیامدهای جهانی بیماری کلیوی توصیه می‌کنند که غربالگری و مدیریت پرکاری پاراتیروئید برای همهٔ بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیه آغاز شده است و اصلاحات لازم انجام شود [۱۵].

مطالعهٔ حاضر نشان داد که برنامهٔ ورزشی مقاومتی و هوازی شانزده هفته‌ای حین دیالیز در بهبود سطح *PTH*، کاهش فسفر سرم و همچنین بهبود کلسیم سرم و حاصل‌ضرب کلسیم ـ فسفر مؤثر بوده است. بااین‌حال، برخی مطالعات دیگر نتایج متناقضی گزارش داده‌اند.

مطالعهٔ حاضر کاهش میزان *PTH* را در هر دو گروه ورزشی نشان داد. هرچند میزان کاهش *PTH* در گروه ورزش‌های مقاومتی در مقایسه با گروه هوازی بیشتر بود، این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود. تحقیقات قبلی نشان داده است که ورزش سطح *PTH* پلاسما را در بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیه کاهش می‌دهد [۱۶]. تحقیقات دربارهٔ تأثیر ورزش بر *PTH* محدود است، اما تحت‌تأثیر فعالیت بدنی قرار می‌گیرد. سطح آن می‌تواند پس از ورزش، بسته به مدت و شدت فعالیت متفاوت باشد. همچنین، سن نیز از عوامل اثرگذار در مقادیر *PTH*ذکر شده است، به‌طوری که با افزایش سن، به‌دلیل کاهش تراکم استخوانی، مقدار این هورمون افزایش می‌یابد [۱۶].

شاید افزایش سطوح پاراتیروئید سرمی به‌طور مستقیم انعکاسی از اثر کاهش سطوح سرمی یون‌های کلسیم به‌عنوان عامل تنظیم‌کنندهٔ عمده در ترشح این هورمون باشد، سازوکاری که با آن ورزش ترشح آن را تحریک کند، هنوز در پردهٔ ابهام باقی مانده است [۱۷]. باوجوداین، یافته‌های محققان ارتباط قوی بین غلظت یون‌های کلسیم خارج‌سلولی و ترشح پاراتورمون را گزارش کرده‌اند، به‌گونه‌ای که کاهش یون کلسیم به افزایش پاراتورمون و افزایش یون کلسیم به کاهش ترشح این هورمون منجر می‌شود. فعالیت بدنی به افزایش جذب رودهای یون کلسیم، کاهش دفع ادراری آن و در نتیجه افزایش سطوح پاراتورمون می‌انجامد [۱۸]. بااین‌حال، محققان بیان کرده‌اند که اثر فعالیت بدنی در درجه‌ای از تغییر ترشح *PTH* و مقادیر یون‌های کلسیم، که رابطهٔ معکوس با هم دارند، شاید منعکس‌کنندهٔ تفاوت‌هایی در شدت، مدت و نوع ورزش مقاومتی و هوازی باشد که می‌تواند بیانگر علت تناقض موجود بین پژوهش‌های گوناگون باشد [۱۸-۱۶]. علاوه‌بر این، مقاومت در برابر عملکرد *PTH* می‌تواند با پیشرفت بیماری کلیوی رخ دهد [۱۹، ۱۷].

در مطالعهٔ حاضر، سطح فسفر در هر دو گروه ورزشی به‌طور معناداری در مقایسه با گروه کنترل کاهش یافت. هرچند این کاهش در گروه ورزش مقاومتی بیشتر بود، ولی این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود. تأثیر ورزش در سطح فسفر با یافته‌های چندین مطالعه قبلی مطابقت دارد [۲۱، ۲۰]. *Deligiannis* و همکارانش همچنین گزارش دادند که افزایش جریان خون به ۲۵۰ میلی‌لیتر در دقیقه و سپس به ۳۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه می‌تواند در پاک‌سازی فسفر از خون مؤثر باشد [۲۰].

بررسی تحقیقات محدود موجود دربارهٔ آثار ورزش در کاهش سطح فسفر نشان داد که اگرچه ورزش سطح فسفر را کاهش می‌دهد، آثار و تغییرات قابل توجه را می‌توان در درازمدت مشاهده کرد و شاید برای برخی مطالعات به ورزش طولانی مدت‌تر و شدیدتری نیاز باشد [۲۲-۲۰]. این مطالعه نشان داد که سطح کلسیم سرم در گروه‌های مداخله تغییر قابل توجهی نشان داده و به‌طور معناداری افزایش یافته است. هرچند این افزایش در ورزش هوازی بیشتر بود، از نظر آماری تفاوت معناداری بین دو گروه ورزشی دیده نشد.

تغییرات کلسیم در بیماران همودیالیزی متعاقب فعالیت‌های ورزشی مورد تأیید برخی از محققان نبوده است. *March* و همکارانش مانند برخی دیگر از محققان نتوانستند هیچ تأثیری از ورزش بر کلسیم سرم را بازیابی کنند. شاید مطالعاتی با بازهٔ زمانی طولانی‌تر و تفاوت در نوع و فراوانی ورزش مورد نیاز باشد [۲۳]. *Salhab* و همکارانش در بررسی نظام‌مند خود شواهدی یافتند که از رابطهٔ مثبت بین فعالیت بدنی و پیامدهای استخوانی در بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیه حمایت می‌کند [۲۴]. مطالعات نشان می‌دهند که ورزش به‌عنوان تنظیم‌کنندهٔ هموستاز عمل می‌کند، سطح واسطه‌های گردش خون و هورمون‌ها را تغییر می‌دهد و تقاضا را برای عضلات اسکلتی و دیگر اندام‌های حیاتی برای سوبستراهای انرژی افزایش می‌دهد [۹-۷]. ورزش همچنین متابولیسم استخوان و مواد معدنی، به‌ویژه کلسیم و فسفات را فعال می‌کند که هر دو برای انقباض عضلات، سیگنالینگ عصبی ـ عضلانی، بیوسنتز آدنوزین تری فسفات و دیگر سوبستراهای انرژی ضروری هستند [۱۰]. با توجه به اینکه *PHT* در تنظیم هموستاز کلسیم و فسفات دخیل است، ورزش مزمن ممکن است با تغییر سطح کلسیم و فسفات در جریان خون، به محدودکردن ترشح *PTH* در فعالیت ورزشی کمک کند. از سوی دیگر، *PTH* مستقیماً به ورزش و میوکین‌های ورزشی واکنش نشان می‌دهد [۱۷-۱۵].

سطح بالای سیتوکین‌های پیش‌التهابی ممکن است در ازدست‌دادن استخوان و شکستگی در بیماران مبتلا به بیماری مزمن کلیه نقش داشته باشد [۲۵]. علاوه‌بر این، سیتوکین‌های

التهابی فعال‌کننده‌های قوی لیگاند فعال‌کنندهٔ گیرندهٔ فاکتور هسته‌ای کاپا B هستند که با استئوکلاست‌ها فعال می‌شوند [۱۱]. ورزش ممکن است با بهبود التهاب و جلوگیری از ازدست‌دادن استخوان در بیماران همودیالیزی، مسیر لیگاند فعال‌کنندهٔ گیرندهٔ فاکتور هسته‌ای کاپا B را غیرفعال کند که همهٔ این موارد به تنظیم بهتر متابولیسم مواد معدنی استخوانی در بیماران همودیالیزی منجر می‌شود [۲۶، ۱۱].

از مهم‌ترین محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به اندازه‌گیری‌نکردن تأثیر ورزش در تودهٔ استخوانی اشاره کرد. اندازه‌گیری‌نکردن تراکم مواد معدنی استخوان در این کار، محدودیت است؛ زیرا استحکام استخوان به کیفیت و کمیت استخوان بستگی دارد. از محدودیت‌های دیگر می‌توان به کنترل‌نکردن دقیق رژیم غذایی بیماران در طول دورهٔ تحقیق اشاره کرد که سعی شد با توجیه آنان دربارهٔ رعایت رژیم پیشنهادشده، این محدودیت به حداقل برسد. در نهایت، بررسی‌نکردن طولانی‌مدت آثار ورزش از محدودیت‌های دیگر این تحقیق بود. پژوهش‌های آینده باید بر مشاهدهٔ تأثیر انواع مختلف ورزش در تراکم استخوانی در بیماران همودیالیزی، کنترل دقیق رژیم غذایی و بررسی آثار طولانی‌مدت ورزش در متابولیسم استخوانی این بیماران تمرکز کنند.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد ورزش حین دیالیز، که حداقل هفته‌ای سه جلسهٔ شصت دقیقه‌ای انجام شود، می‌تواند متابولیسم مواد معدنی استخوان را در بیماران بزرگسال تحت درمان با دیالیز بهبود بخشد. لذا، پیشنهاد می‌شود برای تمام بیماران دیالیزی با توجه به شرایط جسمانی و توانایی بدنی، فعالیت ورزشی متناسب تجویز شود و بیماران برای انجام این فعالیت‌ها ترغیب شوند. همچنین مطالعات بیشتر باید بر مشاهدهٔ تأثیر مدت‌زمان و تعداد جلسات هرکدام از این ورزش‌ها در اختلالات مواد معدنی استخوان و مرگ‌ومیر به هر علتی در بیماران دیالیزی متمرکز شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامهٔ دورهٔ پزشکی مصوب دانشگاه علوم پزشکی شاهرود است. بدین وسیله از پرسنل محترم بیمارستان امام حسین (ع) شاهرود و به‌ویژه پرسنل محترم بخش دیالیز تقدیر و تشکر می‌شود. نویسندگان این مقاله قدردانی و سپاس خود را از تمامی بیماران محترم نیز اعلام می‌کنند.

تضاد منافع

نویسندگان تأیید می‌کنند که هیچ تضاد منافعی با نتایج مطالعه ندارند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه دارای تأییدیهٔ اخلاق در پژوهش از کمیتهٔ اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شاهرود با شناسهٔ IR.SHMU.REC.1403.062 است. همچنین در مرکز کارآزمایی های بالینی کشور با کد IRCT20100102002954N30 ثبت شده است. ضمناً، همهٔ شرکت‌کنندگان رضایت شفاهی و کتبی خود را اعلام و همکاری لازم را کردند. تمام خدمات به بیماران به‌طور رایگان ارائه شد و حق آنان برای توقف مطالعه تضمین شد.

سهم نویسندگان

نویسندهٔ اول (پژوهشگر اصلی) تدوین پروپوزال، جمع‌آوری داده‌ها، مشارکت در تدوین بخش‌های مختلف طرح، نگارش مقاله (۲۰ درصد)؛ نویسندهٔ دوم (پژوهشگر اصلی) مسئول مکاتبات، طراحی پروژه، مشارکت در تدوین بخش‌های مختلف طرح، ویرایش علمی مقاله (۲۰ درصد)؛ نویسندهٔ سوم (پژوهشگر همکار): مشارکت در جمع‌آوری داده‌ها، تفسیر نتایج، مرور مقاله (۲۰ درصد)؛ نویسندهٔ چهارم (پژوهشگر همکار): آنالیزور طرح، مرور مقاله (۵ درصد)؛ نویسندهٔ پنجم (پژوهشگر همکار): مشارکت در جمع‌آوری داده‌ها، مرور مقاله (۵ درصد)؛ نویسندهٔ ششم (پژوهشگر همکار): مشارکت در تدوین بخش‌های مختلف طرح، بازنگری متون، تهیهٔ پیش‌نویس اولیهٔ مقاله (۲۰ درصد)؛ نویسندهٔ هفتم (پژوهشگر همکار): مشارکت در جمع‌آوری داده‌ها، مرور مقاله (۵ درصد)؛ نویسندهٔ هشتم (پژوهشگر همکار): مشارکت در جمع‌آوری داده‌ها، مرور مقاله (۵ درصد).

حمایت مالی

معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شاهرود حمایت مالی این طرح را عهده‌دار بود.

REFERENCES

1. Bello AK, Okpechi IG, Osman MA, Cho Y, Htay H, Jha V, et al. Epidemiology of hemodialysis outcomes. *Nat Rev Nephrol*. 2022;**18**(6):378–395. PMID: 35194215 DOI: 10.1038/s41581-022-00542-7
2. Uchiyama K, Adachi K, Muraoka K, Nakayama T, Oshida T, Yasuda M, et al. Home-based aerobic exercise and resistance training for severe chronic kidney disease: a randomized controlled trial. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2021;**12**(6):1789–1802. PMID: 34554649 DOI: 10.1002/jcsm.12775
3. Cardoso DF, Marques EA, Leal DV, Ferreira A, Baker LA, Smith AC, et al. Impact of physical activity and exercise on bone health in patients with chronic kidney disease: a systematic review of observational and experimental studies. *BMC Nephrol*. 2020;**21**(1):334. PMID: 32770949 DOI: 10.1186/s12882-020-01999-z
4. Middelbeek RJW, Motiani P, Brandt N, Nigro P, Zheng J, Virtanen K, et al. Exercise intensity regulates cytokine and klotho responses in men. *Nutr Diabetes*. 2021;**11**(1):5–9. PMID: 33414377 DOI: 10.1038/s41387-020-00144-x
5. Anding K, Bär T, Trojniak-Hennig J, Kuchinke S, Krause R, Rost J, et al. A structured exercise programme during

haemodialysis for patients with chronic kidney disease: clinical benefit and long-term adherence. *BMJ Open*. 2015;**5**(8):e008709. PMID: 26316654 DOI: 10.1136/bmjopen-2015-008709
6. Clyne N, Anding-Rost K. Exercise training in chronic kidney disease: effects, expectations and adherence. *Clin Kidney J*. 2012;**14**(Suppl 2):ii3–ii14. PMID: 33981415 DOI: 10.1093/ckj/sfab012
7. Wilund KR, Tomayko EJ, Wu PT, Chung HR, Vallurupalli S, Lakshminarayanan B. Intradialytic exercise training reduces oxidative stress and epicardial fat: a pilot study. *Nephrol Dial Transplant*. 2010;**25**(8):2695–2701. PMID: 20190243 DOI: 10.1093/ndt/gfq106
8. Yang SJ, Hong HC, Choi HY, Yoo HJ, Cho GJ, Hwang TG, et al. Effects of a three-month combined exercise programme on fibroblast growth factor 21 and fetuin-A levels and arterial stiffness in obese women. *Clin Endocrinol (Oxf)*. 2011;**75**(4):464–469. PMID: 21521346
9. Prié D, Torres PU, Friedlander G. A new axis of phosphate balance control: fibroblast growth factor 23-klotho. *Nephrol Ther*. 2009;**5**(6):513–519. DOI: 10.1016/j.nephro.2009.04.001
10. Rattazzi M, Bertacco E, Del Vecchio A, Puato M, Faggin E, Pauletto P. Aortic valve calcification in chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*. 2013;**28**(12):2968–2976. PMID: 24097800 DOI: 10.1093/ndt/gft310
11. Tabibi MA, Wilund KR, Salimian N, Nikbakht S, Soleymany M, Roshanaeian Z, et al. The effect of intradialytic exercise on calcium, phosphorus and parathyroid hormone: a randomized controlled trial. *BMC Nephrol*. 2023;**24**(1):276. PMID: 37730530 DOI: 10.1186/s12882-023-03327-7
12. Ekramzadeh M, Santoro D, Kopple JD. The effect of nutrition and exercise on body composition, exercise capacity, and physical functioning in advanced CKD patients. *Nutrients*. 2022;**14**(10):2129. PMID: 35631270 DOI: 10.3390/nu14102129
13. Lombardi G, Ziemann E, Banfi G, Corbetta S. Physical activity-dependent regulation of parathyroid hormone and calcium-phosphorous metabolism. *Int J Mol Sci*. 2020;**21**(15):5388. PMID: 32751307 DOI: 10.3390/ijms21155388
14. Bakaloudi DR, Sioulis A, Dounousi E, Chourdakis M. The effect of exercise on nutritional status and body composition in hemodialysis: a systematic review. *Nutrients*. 2020;**12**(10):3071. PMID: 33050111 DOI: 10.3390/nu12103071
15. Fakhrpour R, Ebrahim K, Ahmadizad S, Tayebi Khoroshahi H. Effects of combined training on FGF23 and some vascular calcification risk factors in hemodialysis patients. *Med J Tabriz Univ Med Sci Health Serv*. 2016;**38**(3):84–91. Link
16. Gutierrez O, Isakova T, Rhee E, Shah A, Holmes J, Jüppner H, et al. Fibroblast growth factor-23 mitigates hyperphosphatemia but accentuates calcitriol deficiency in chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol*. 2005;**16**(7):2205–2215. PMID: 15917335 DOI: 10.1681/asn.2005010052
17. Maimoun L, Manetta J, Couret I, Dupuy AM, Mariano JP, Goulart K, et al. The intensity level of physical exercise and the bone metabolism response. *Int J Sports Med*. 2006;**27**:105–111. PMID: 16475055 DOI: 10.1055/s-2005-837621
18. Maimoun L, Simmar D, Caillaud C, Peruchon E, Sultan C, Rossi M, et al. Response of bone metabolism related hormones to a single session of strenuous exercise in active elderly subjects. *Br J Sports Med*. 2005;**39**(8):497–502. PMID: 16046330 DOI: 10.1136/bjsm.2004.013151
19. Covic A, Fliser D, Fouque D, Goldsmith D, Kanbay M, et al. Epidemiology, contributors to, and clinical trials of mortality risk in chronic kidney failure. *Lancet*. 2014;**383**(9931):1831–1843. PMID: 24856028 DOI: 10.1016/s0140-6736(14)60384-6
20. Deligiannis A, D'Alessandro C, Cupisti A. Exercise training in dialysis patients: impact on cardiovascular and skeletal muscle health. *Clin Kidney J*. 2021;**14**(Suppl 2):ii25–ii33. PMID: 33981417 DOI: 10.1093/ckj/sfaa273
21. Meléndez Oliva E, Villafañe JH, Alonso Pérez JL, Alonso Sal A, Molinero Carlier G, Quevedo García A, et al. Effect of exercise on inflammation in hemodialysis patients: a systematic review. *J Pers Med*. 2022;**12**(7):1188. PMID: 35887685 DOI: 10.3390/jpm12071188
22. Manera KE, Tong A, Craig JC, Shen J, Jesudason S, Cho Y, et al. An international Delphi survey helped develop consensus-based core outcome domains for trials in peritoneal dialysis. *Kidney Int*. 2019;**96**(3):699–710. PMID: 31200941 DOI: 10.1016/j.kint.2019.03.015
23. March DS, Graham-Brown MP, Stover CM, Bishop NC, Burton JO. Intestinal barrier disturbances in haemodialysis patients: mechanisms, consequences, and therapeutic options. *Biomed Res Int*. 2017;**2017**:5765417. DOI: 10.1155/2017/5765417
24. Salhab N, Karavetian M, Kooman J, Fiaccadori E, El Khoury CF. Effects of intradialytic aerobic exercise on hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *J Nephrol*. 2019;**32**(4):549–566. PMID: 30659520 DOI: 10.1007/s40620-018-00565-z
25. Tabibi MA, Cheema B, Salimian N, Corrêa HL, Ahmadi S. The effect of intradialytic exercise on dialysis patient survival: a randomized controlled trial. *BMC Nephrol*. 2023;**24**(1):100. doi:10.1186/s12882-023-03158-6. DOI: 10.1186/s12882-023-03158-6
26. Uchiyama K, Washida N, Morimoto K, Muraoka K, Kasai T, Yamaki K, et al. Home-based aerobic exercise and resistance training in peritoneal dialysis patients: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2019;**9**(1):2632. PMID: 30796338 DOI: 10.1038/s41598-019-39074-9