



Semnan University



Research Article

Radiographic investigation of the effects of platelet-rich plasma on bone repair in femoral head osteotomy (FHO) in rabbits

Afsaneh Ghariby¹, Mohammad Hasan Yousefi^{2*} , Nooshin Ghazaleh³, Majid Masoudifard⁴, Mahmood Ahmadi Hamedani³.

Abstract

Platelet-rich plasma (PRP), has emerged as a promising adjunct in musculoskeletal regenerative therapies. The FHO limits the bony contact between the femoral head and the acetabulum and allows the formation of a fibrous pseudoarthrosis. This study aimed to evaluate the radiographic effects of PRP on bone repair following femoral head osteotomy in rabbits. Eighteen adult male New Zealand White rabbits were randomly divided into two equal groups: a treatment and a control group. Blood was collected from the hearts of the treatment group in a tube containing anticoagulant in an amount of 6 cc, and after two centrifugation steps with CaCl₂, the autologous PRP was activated. For each rabbit in the treatment group, 1.5 ml of PRP was prepared and added at the surgical site. Standardized radiographic assessments were performed at 2, and 3 weeks postoperatively to evaluate callus formation, area of periosteal reaction, and degree of changes in the acetabulum. The PRP-treated group demonstrated significantly enhanced radiographic signs of bone regeneration, including earlier onset of callus formation and improved periosteal reaction, degree of changes in the acetabulum compared to controls. These findings suggest that PRP accelerates early bone healing and improves structural integrity post-FHO, potentially supporting its use in orthopedic surgical practice. The presence of high concentrations of growth factors in platelet-rich plasma to accelerate bone repair and pseudo-joint formation by reducing joint inflammation, can be effective in faster weight gain in cases requiring hip arthroplasty. More histological studies are recommended to confirm these results.

Keywords: Platelet-rich plasma, femoral head osteotomy, Radiography evaluation, Hip arthroplasty.

1. Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

2. Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

3. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran.

4. Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding author: Myousefi@semnan.ac.ir

DOI: [10.22075/jvml.2026.39277.1190](https://doi.org/10.22075/jvml.2026.39277.1190)

Received: 05.10.2025

Revised: 14.01.2026

Accepted: 19.01.2026

How to Cite this Article:

Gharibi, A. , Yousefi, M.H., , Ghazaleh, N. , Masoudifard, M. and Ahmadi Hamedani, M. (2026). Radiographic investigation of the effects of platelet-rich plasma on bone repair in femoral head osteotomy (FHO) in rabbits. *Journal of Veterinary Medicine & Laboratory Research*, 18(1), 39-53.

doi: [10.22075/jvml.2026.39277.1190](https://doi.org/10.22075/jvml.2026.39277.1190)





بررسی رادیوگرافی اثر پلاسمای غنی از پلاکت بر ترمیم استخوان در محل برداشت سر استخوان ران در خرگوش

افسانه غریبی^۱، محمد حسن یوسفی^{۲*}، نوشین غزاله^۳، مجید مسعودی^۴، محمود احمدی همدانی^۳.

خلاصه

پلاسمای غنی از پلاکت (PRP) به عنوان یک مکمل امیدبخش در درمان های ترمیمی اسکلتی-عضلانی مطرح شده است. جراحی برداشت سر استخوان ران (FHO) تماس استخوانی بین سر استخوان ران و حفره استابولوم را محدود کرده و امکان تشکیل یک شبه آرتروز فیبری را فراهم می کند.

این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات رادیوگرافی PRP بر ترمیم استخوان پس از استئوتومی سر استخوان ران (FHO) در خرگوش ها انجام شد. هجده خرگوش نر بالغ سفید نیوزیلندی به طور تصادفی به دو گروه مساوی درمان و کنترل تقسیم شدند. شش سی سی خون از قلب خرگوش های گروه درمان در لوله حاوی ماده ضد انعقاد جمع آوری شد و پس از دو مرحله سانتریفیوژ و فعال سازی با $CaCl_2$ ، PRP اتولوگ تهیه گردید. برای هر خرگوش در گروه درمان، ۱.۵ میلی لیتر PRP در محل جراحی استفاده شد.

ارزیابی های رادیوگرافی در هفته های دوم و سوم پس از عمل برای بررسی تشکیل کالوس، واکنش پریوست و تغییرات حفره استابولوم انجام شد. نتایج نشان داد گروه تحت درمان با PRP در مقایسه با گروه کنترل، بازسازی استخوانی بهتری شامل شروع سریع تر تشکیل کالوس و بهبود واکنش پریوست داشت. همچنین تغییرات حفره استابولوم در این گروه کمتر بود.

این یافته ها نشان می دهد PRP بهبود اولیه استخوان را تسریع کرده و یکپارچگی ساختاری را پس از FHO بهبود می بخشد و می تواند از کاربرد آن در جراحی های ارتوپدی حمایت کند. وجود غلظت بالای فاکتورهای رشد در PRP، علاوه بر تسریع ترمیم استخوان و تشکیل مفصل کاذب از طریق کاهش التهاب مفصل، می تواند در افزایش سریع تر تحمل وزن مؤثر باشد. برای تأیید نتایج، انجام مطالعات بیشتر بافت شناسی توصیه می شود.

واژه های کلیدی: پلاسمای غنی از پلاکت، برداشت سر استخوان ران، ارزیابی رادیوگرافی، آرتروپلاستی مفصل ران.

۱. دانشکده دامپزشکی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

۲. گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی سمنان، سمنان، ایران.

۳. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی سمنان، سمنان، ایران.

۴. گروه علوم درمانگاهی، دانشکده دامپزشکی تهران، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: Myousefi@semnan.ac.ir

DOI: [10.22075/jvls.2026.39277.1190](https://doi.org/10.22075/jvls.2026.39277.1190)

دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۳

بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۲۴

پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۲۹

ترمیم استخوان یک فرآیند فیزیولوژیکی پیچیده است که شامل هماهنگی رویدادهای سلولی و مولکولی، از جمله التهاب، رگ‌زایی، استخوان‌سازی و بازسازی است. در جراحی ارتوپدی، افزایش بازسازی استخوان پس از عمل‌هایی مانند استئوتومی سر استخوان ران (FHO) به ویژه در مدل‌های حیوانی کوچک مانند خرگوش، یک هدف بالینی حیاتی است. پلاسمای غنی از پلاکت (PRP)، یک محصول مشتق از خون اتولوگ غنی از پلاکت‌ها و فاکتورهای رشد، به دلیل تحریک بازسازی بافت و تسریع ترمیم استخوان، مورد توجه قرار گرفته است (Etulain, 2018). جراحی برداشت سر استخوان ران، تماس استخوانی بین سر استخوان ران و استابولوم را محدود می‌نماید و با تشکیل بافت فیبروزی متراکم اجازه تشکیل مفصل کاذب فیبروزی را در محل می‌دهد. این روش درمانی می‌تواند به عنوان راه حل دوم و یا در مواردی که محدودیت اقتصادی وجود دارد مد نظر قرار گیرد (Engstig et al., 2022). این جراحی برای تسکین درد در بیمارهای مرتبط با مفصل کوکسوفمورال، همچون دیسپلازی شدید مفصل، استئوآرتریت، شکستگی فشرده یا پیچیده سر و گردن استخوان ران و یا نکرور سر استخوان ران می‌تواند انجام شود. دیسپلازی مفصل ران یک بیماری شایع ارتوپدی است که معمولاً در نژادهای بزرگ سگ دیده شده و موجب آرتروز و درد مفصل ران می‌شود. در بیماران نابالغ اغلب درد به دلیل لغزش سر استخوان ران است. این بیماری مفصلی معمول‌ترین اندیکاسیون برای اکسیژنال آرتروپلاستی می‌باشد. باید توجه داشت که برای بیمارانی که علائم بالینی ندارند استفاده نشده و زمانی که سایر درمان‌ها شکست خورده، این جراحی با احتیاط تمام انجام می‌شود (Harper, 2017).

عملکرد اندام حرکتی و کیفیت زندگی در بسیاری از بیماران مبتلا به آرتروز ران که تحت عمل جراحی برداشت سر و گردن ران قرار می‌گیرند، بهبود می‌یابد. در هر حال، بیماران کوچک‌تر، معمولاً، نتایج بهتری نسبت به بیماران بزرگ‌تر، می‌گیرند. این روش جراحی، همچنین ممکن است در سگ‌های با نژاد بزرگ نیز، زمانی که سایر روش‌های درمانی، مؤثر واقع نشده‌اند یا عملی نیستند، مورد استفاده قرار گیرد (Fossum, 2012). ترمیم شکستگی استخوان یک فرآیند چند مرحله‌ای شامل التهاب، رگ‌زایی و

استخوان‌زایی است. این ترمیم با التهاب شروع شده که منجر به آزادسازی سیتوکین‌ها و فاکتورهای رشد مختلف و سپس جذب سلول‌های بنیادی و تشکیل عروق و استخوان می‌گردد (Rather et al., 2019). از آنجایی که ضریع استخوانی، اندوستئوم و مغز استخوان حاوی سلول‌های بنیادی اوستئوپروژنی‌تور است و به خوبی عروق‌رسانی نیز شده است، استخوان ظرفیت بسیار بالایی برای ترمیم دارد. مرمت و بازسازی شکستگی استخوان‌ها و آسیب‌های دیگر، به خصوص وابسته به استفاده از سلول، سیگنالینگ مولکول‌ها و فرآیندهای رمودلینگ و بازسازی استخوانی - است (Mescher, 2013).

پلاسمای غنی از پلاکت از خون خود بیمار تهیه می‌شود و حاوی فاکتورهای رشدی است که بر بهبود زخم تأثیر می‌گذارند. از میان این عوامل رشد، فاکتور رشد مشتق از پلاکت، فاکتور رشد تبدیل‌کننده، فاکتور رشد شبه انسولین و فاکتور رشد اپیدرمی نقش اساسی در مکانیسم‌های ترمیم بافت دارند. اگرچه فاکتورهای رشد و مکانیسم‌های دخیل هنوز به خوبی شناخته نشده‌اند، اما کاربرد آسان PRP در کلینیک و نتایج مفید احتمالی آن، از جمله کاهش خونریزی، بهبود سریع بافت نرم و بازسازی استخوان، نویدبخش رویکردهای درمانی جدید است. با این حال، مطالعات حیوانی و آزمایشات انسانی نتایج متناقضی را در مورد استفاده از PRP نشان می‌دهد (Nikolidakis and Jansen, 2008).

PRP شامل ۱. پلاکت‌ها ۲. لوکوسیت‌ها ۳. فیبرین ۴. فاکتورهای رشد و سیتوکین‌ها می‌باشد. هنگامی که پلاکت فعال می‌شود، پروتئین‌های سیگنالینگ متعددی را ترشح می‌کند که در بهبود بافت اسکلتی-عضلانی دخیل هستند. این پروتئین‌های سیگنالینگ، فعالیت‌های سلول را با تعامل با گیرنده‌های واقع در غشای سلول هدف، کنترل می‌کنند. غلظت‌های فراتر از حد طبیعی فیزیولوژیک فاکتورهای رشد به روند بهبودی، توسط مکانیسم‌های مستقیم یا غیر مستقیم سرعت می‌بخشند (Mei-Dan et al., 2010). درمان‌های سلولی اتولوگ نوظهور نظیر پلاسمای غنی از پلاکت این پتانسیل را دارند که به صورت درمان کمکی در بسیاری از بیماری‌ها مثل ناهنجاری‌های ماهیچه‌ای-استخوانی و ناهنجاری‌های مفصلی مورد استفاده قرار گیرند (Everts et al., 2020). اصطلاح ارتوبیولوژیک امروزه با

توجه به همین روش‌های درمانی مطرح گردیده است و گزارش‌های موفقیت‌آمیزی از درمان‌ها با استفاده از PRP وجود دارد (Filardo et al., 2018; Xuan et al., 2021; Belk et al., 2020). در سال ۲۰۱۱، تأثیر استفاده از PRP روی شکل‌گیری اولیه استخوان در ضایعاتی که توسط غشاء محافظت می‌شوند به صورت هیستولوژیک و هیستومورفومتریک بر روی فرق سر در خرگوش توسط بروگینی و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت (Broggin et al., 2011). از جمله مطالعات دیگر می‌توان به تأثیر PRP بر روی ترمیم شکستگی‌های حاد دیافیز استخوان ران (Singh et al., 2017) و یا تأثیرات PRP در ترمیم شکاف‌های سطح غضروف مفصلی استخوان ران مبتلا به استئوآرتریت در خرگوش در سال ۱۳۹۴ اشاره کرد (Kalbkhani et al., 2015).

تجربه بالینی مثبت استفاده از پلاسمای غنی از پلاکت در حوزه‌های مختلف پزشکی، محققان را برآن داشته است تا فرصت‌های بالینی را برای استفاده از درمان‌های بهینه با PRP بررسی کنند (Andia et al., 2018). مطالعات متعددی در خصوص مفید بودن استفاده از PRP صورت گرفته که اغلب فاقد پروتکل مشخصی بوده‌اند و تنها در مطالعات اندکی معیارهای کمی در ترکیب نهایی PRP مورد استفاده بیان شده است (Chahla et al., 2017). به هر حال PRP یک مکمل امیدوارکننده در مدیریت زخم‌ها و بافت اسکار می‌باشد که با تحقیقات بیشتر، ارزش آن بهتر مشخص خواهد شد (Alser and Goutos, 2018). اگرچه استفاده اولیه از PRP در ناهنجاری‌های عضلانی و استخوانی بوده است اما امروزه در ترمیم زخم‌ها، پیوند چربی، اصلاح بافت اسکار، آلوپسی و افزایش حجم پوست، مورد استفاده است (Lynch and Bashir, 2016). استفاده از PRP با سرعت در ارتوپدی در حال افزایش است، لیکن اثر بخشی واقعی آن هنوز به طور کامل مشخص نشده است. در خصوص مفید بودن تزریق این ماده در محل هم گزارش‌های مثبت وجود دارد و هم گزارش‌های منفی (Hussain et al., 2017).

نقا‌ص استخوانی ایجاد شده در استخوان ران خرگوش در مراحل اولیه استخوان‌سازی توسط آلوگرافت استخوان به همراه پلاسمای غنی از پلاکت، پروتئین مورفوژنتیک نوترکیب استخوان انسانی-۲ (rhBMP-2) و اسید زولدرنیک تقویت پیدا کرد، هر چند مکانیسم‌های بازسازی

استخوان مشخص نیست (Saginova et al., 2023). ارزیابی تغییرات هیستوپاتولوژی متعاقب تجویز پلاسمای غنی از پلاکت در محل برداشت سر استخوان ران در خرگوش نشان داد که پلاسمای غنی از پلاکت می‌تواند باعث تسریع بهبود بافت استخوانی شود (Bakhtoo et al., 2019). نشان داده شده است که تزریق پلاسمای غنی از پلاکت می‌تواند باعث افزایش استحکام بازسازی استخوان و تراکم مواد معدنی در طول فرایند بهبودی در خرگوش گردد (Karakayali et al., 2022).

با توجه به این نکته که استفاده از پلاسمای غنی از پلاکت در موضع جراحی می‌تواند عوارض جانبی بالینی به دنبال داشته باشد بر آن شدیم که اثرات بالینی ناشی از استفاده PRP در جراحی برداشت سر استخوان ران خرگوش را در این مطالعه بررسی کنیم.

مواد و روش کار

در این مطالعه که با کد اخلاق *FR.SU.REC.1395.20.10.1* مورد تصویب شورای پژوهشی دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان قرار گرفت، تعداد ۱۸ خرگوش نر سفید نیوزلندی بالغ، با وزن تقریبی 1200 ± 200 گرم به دو گروه کنترل و درمان تقسیم شدند که در هر گروه ۹ خرگوش قرار گرفت. خرگوش‌ها از مؤسسه رازی تهیه شدند. خرگوش‌های هر دو گروه در شرایط محیطی مناسب از نظر هوا و نور و غذای روزانه کافی برخوردار بودند. قبل از اجرای بیهوشی عمومی، آنتی‌بیوتیک‌تراپی به مدت ۳۰ دقیقه قبل از جراحی به صورت زیرپوستی با آنتی‌بیوتیک انروفلوکساسین به میزان 5 mg/kg با نام تجاری انروفلان ۵٪ (شرکت عرفان با) انجام شد.

تعداد ۱۸ قطعه خرگوش با ترکیب دو داروی کتامین هیدروکلراید (ساخت شرکت آلفاسان هلند) به میزان 15 mg/kg و مدتومیدین (ساخت شرکت *Sjva s.a.u* اسپانیا) به میزان 0.25 mg/kg به صورت داخل عضلانی تحت القای بیهوشی قرار گرفتند. جهت نگهداری بیهوشی در طول جراحی، از ترکیب دارویی کتامین هیدروکلراید به میزان 15 mg/kg و میدازولام (ساخت شرکت کاسپین) به میزان 1 mg/kg به صورت تزریق در ورید حاشیه‌ای گوش، استفاده شد (Wenger, 2012).

آماده‌سازی PRP خودی

خون از طریق قلب با سوزن لوله خون‌گیری در خلأ و یا با

ارزیابی رادیوگرافی

رادیوگرافی خرگوش‌ها در هفته دوم و سوم بعد از جراحی انجام و تشکیل استخوان جدید در آن‌ها بررسی شد. رادیوگراف‌ها بر اساس معیار تعیین‌شده توسط کمپبل (Duff and Campbell, 1978) به انواع A تا H تقسیم شدند و توسط معیار کمی پریئوستال ری‌اکشن، (Thrall, 2012) نیز مورد بررسی قرار گرفتند. معیارهایی هم‌چون تشکیل کالوس، New bone formation، واکنش پریئوستال، صافی یا تیز بودن لبه‌ها و دانسیته استخوان تشکیل‌شده، فیوژن جامد یا بالغ شده، توسط رادیولوژیست، بررسی و به صورت چشمی (کیفی) و عددی (کمی)، گزارش شد. برای گزارش این تغییرات از یک طبقه‌بندی به پیشنهاد رادیولوژیست استفاده شد که در آن بیشترین تغییرات با درجه ۳ و کم‌ترین میزان تغییرات با درجه ۱ گزارش شد.

درجه ۱: بدون تغییرات در حفره و لبه استابولوم

درجه ۲: تغییر در لبه استابولوم و بدون تغییر در داخل حفره استابولوم

درجه ۳: بیشترین تغییر در لبه و حفره استابولوم تشکیل کالوس در محل جراحی، یکی از مواردی است که متعاقب شکستگی‌ها و در مرحله ترمیم اتفاق می‌افتد. از آن‌جا که گزارش موارد تشکیل کالوس به صورت کیفی برای بررسی آماری مطلوب نبود، از یک سیستم طبقه‌بندی برای گزارش موارد، توسط رادیولوژیست استفاده شد که در آن تشکیل کالوس به دو بخش تقسیم شد که در این طبقه‌بندی، در مواردی که تشکیل کالوس اتفاق نیفتاده بود و پروسه ترمیم شروع نشده بود، تقسیم‌بندی بر اساس واکنش‌های استخوانی در محل صورت گرفته بود که به دو صورت همراه با واکنش‌های استخوانی یا بدون واکنش استخوانی گزارش شدند. اندازه‌گیری میزان واکنش پریئوستال استخوانی با کمک ابزار اندازه‌گیری مساحت در نرم‌افزار دیوژن لیت (Division lite) طبق توصیه رادیولوژیست انجام شد که در مواردی که در چند محل واکنش پریئوستال دیده شده بود، از میانگین مساحت‌های اندازه‌گیری شده استفاده شد (Simman et al., 2008). از این روش جهت ارائه یک ویژگی به صورت کمی استفاده شد تا مقایسه مساحت‌های واکنش پریئوستال تشکیل شده، بتواند میزان پیشرفت فرایند ترمیم را توصیف کند:

سوزن G۲۵ و سرنگ cc ۱۰ و به میزان cc ۶ در لوله‌ی حاوی ضد انعقاد سدیم سیترات ۳.۲ درصد با نام VACUETTE جمع‌آوری گردید. سانتریفیوژ اولیه با g ۵۰۷ به مدت ۱۰ دقیقه برای پاکسازی گلبول‌های قرمز و جمع‌آوری پلاسما و سانتریفیوژ ثانویه با 1409g به مدت ۱۵ دقیقه برای جداسازی پلاکت‌ها انجام شد (روش دو مرحله‌ای). سپس با اضافه کردن $CaCl_2$ 50 μ l به ازای هر ml یعنی ۰.۳ ml با کمک پیپت به میکروتیوب‌ها، PRP فعال گردید. این PRP بر اساس سیستم PAW: $P_2XB\beta$ بود (Dhurat and Sukes, 2014).

روش جراحی

پس از طی مراحل آماده‌سازی و شرایط جراحی، با استفاده از رهیافت رأسی‌جانبی در قسمت مفصل ران، برشی با اسکالپل ایجاد و عضله دو سر ران و عضله کشنده نیم پهن کنار زده شدند. عضله پهن بیرونی برش زده و به سمت شکمی کنار قرار گرفت. با پنس آتروماتیک پوست و با پنس آلپس عضلات ثابت شدند. سپس در ران لاکسیشن ایجاد شد. در رباط گرد نیز برشی ایجاد گردید. جهت انجام استئوتومی، پا به سمت خارج چرخانده شد تا جایی که خط مفصل زانو با میز جراحی به صورت افقی قرار گرفت. محل انجام استئوتومی، به صورت عمودی نسبت به میز جراحی در محل اتصال گردن ران و متافیز ران مشخص شد. با استفاده از استئوتوم و یک چکش استئونومی، سر استخوان ران برداشته شد. برای هر خرگوش گروه درمان، ۱.۵-۲ ml PRP آماده شد که در محل FHO پس از شست‌وشوی محل با نرمال سالین، به عنوان بستر، اضافه شد (هر میلی‌لیتر PRP تقریباً حاوی ۸۰۰ تا ۹۰۰ هزار پلاکت می‌باشد). در گروه کنترل، تنها نرمال سالین ۰.۹٪ در محل جراحی جهت شست‌وشو استفاده شد و کپسول مفصلی، روی استابولوم بخیه شد. مراقبت‌های بیهوشی نیز توسط دستگاه پالس اکسیمتر انجام گرفت. بعد از اتمام جراحی، اثرات مدت‌میدین، به وسیله آتپامزول بازگردانده شد (به ازای ۰.۲ mg/kg از مدت‌میدین، ۱ mg/kg آتپامزول با نام تجاری Alzane و ساخت شرکت Syva s.a.u اسپانیا، به صورت داخل عضلانی، تجویز شد) آنتی بیوتیک انروفلوکساسین ۵٪ با نام تجاری انروفان ۵ ساخت شرکت داروسازی عرفان دارو، در هر خرگوش به میزان ۰.۱ سی‌سی با ۳ سی‌سی آب مقطر مخلوط کرده و به صورت زیرپوستی به مدت ۵ روز مورد استفاده قرار گرفت.

نوع A: کالوس تشکیل نشده است و واکنش پریئوستیال (Periosteal reaction) ندارد.

نوع B: کالوس تشکیل نشده است و واکنش پریئوستیال (Periosteal reaction) دارد.

نوع C: کالوس تشکیل شده است و واکنش پریئوستیال (Periosteal reaction) ندارد.

نوع D: کالوس تشکیل شده است و واکنش پریئوستیال (Periosteal reaction) دارد.



تصویر ۱ - رادیوگراف شکمی-پشتی از نمونه کنترل



تصویر ۲ - رادیوگراف شکمی-پشتی از نمونه درمان

در جدول شماره ۱ به صورت مختصر، وضعیت کمی پارامترهای ارزیابی رادیوگرافهای گروه کنترل در هفته دوم آورده شده است. بر این اساس درجه استابولوم در تعداد ۴ نمونه، ۱ و در ۳ نمونه، ۲ و در ۲ نمونه دیگر از گروه کنترل، ۳ ارزیابی شد.

کالوس تشکیل شده و واکنش پریئوستال در تعداد ۳ نمونه، از نوع C و در ۴ نمونه از نوع A و در یک نمونه از نوع B و در یک نمونه دیگر از نوع D بود. ارزیابی به عمل آمده نشان داد که مساحت واکنش پریئوستال در تعداد ۶ نمونه، صفر بوده است.

جدول ۱- کمیت پارامترهای ارزیابی رادیوگرافهای گروه کنترل در هفته دوم

کنترل پارامتر ارزیابی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درجه استابولوم	۱	۱	۱	۱	۳	۲	۲	۳	۲
مساحت واکنش پریئوستال (mm ²)	۰	۰	۰/۱	۰	۳/۳	۰	۰	۲/۱	۰
نوع کالوس و واکنش پریئوستال محل جراحی	C	C	A	A	D	A	A	B	C

حفره استابولوم در همه نمونه‌های گروه درمان به غیر از یک نمونه دیده شد. کالوس در نمونه‌های درمان به غیر از دو نمونه تشکیل شده بود.

در جدول شماره ۲ به صورت مختصر وضعیت کمی پارامترهای ارزیابی رادیوگرافهای گروه درمان در هفته دوم آورده شده است. بر این اساس درجه استابولوم در تعداد ۷

هفته دوم، گروه کنترل

ارزیابی کیفی: محل برش ناصاف، به استثنای کنترل شماره ۵ که لبه‌ها صاف بود. در لبه کرانیال و کودال حفره استابولوم تغییری مشاهده نشد، اما لبه کرانیال در ۴ نمونه کنترل، گسترش یافته و لبه کودال نیز در ۴ نمونه کنترل در حال محو شدن بود. واکنش پریئوستال واضح در داخل حفره استابولوم در ۵ نمونه گروه کنترل مشاهده شد. کالوس در ۵ نمونه از گروه کنترل تشکیل شده بود. واکنش پریئوستال در محل برش یا جراحی دیده نشد، به استثنای ۴ نمونه از گروه کنترل که واکنش محدود را نشان دادند.

هفته دوم، گروه درمان

ارزیابی کیفی: در محل برداشت استخوان، لبه استخوان در تعداد ۵ نمونه از گروه درمان صاف و در تعداد ۴ نمونه ناصاف دیده شد. لبه کرانیال در تعداد ۷ نمونه از گروه درمان گسترش یافته بود و لبه کودال نیز در تعداد ۷ نمونه محو شده بود. واکنش پریئوستال در محل برش و در داخل

درمان، از نوع B و در ۱ نمونه دیگر از نوع C بود. ارزیابی به عمل آمده نشان داد که مساحت واکنش پریئوستال تنها در یک نمونه درمان، صفر بوده است.

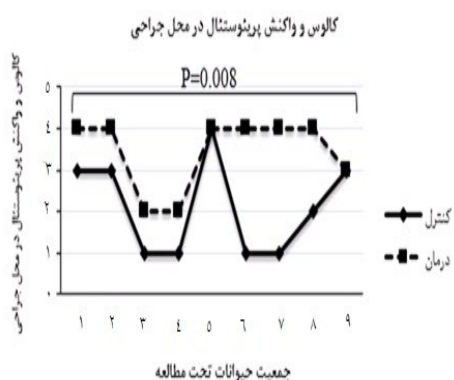
نمونه ۳ و در ۱ نمونه، ۲ و در ۱ نمونه دیگر از گروه درمان، ۱ ارزیابی شد. کالوس تشکیل شده و واکنش پریئوستال در اکثر نمونه‌های درمان از نوع D بود و در تعداد ۲ نمونه

جدول ۲- کمیت پارامترهای ارزیابی رادیوگراف‌های گروه درمان در هفته دوم

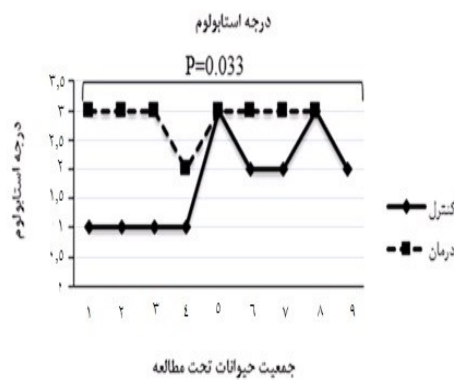
درمان	پارامترهای ارزیابی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درجه استابولوم	درجه استابولوم	۳	۳	۳	۲	۳	۳	۳	۳	۱
مساحت واکنش پریئوستال (mm ²)	مساحت واکنش پریئوستال (mm ²)	۲/۲۵	۳/۴۵	۲/۰۳	۴/۸	۱	۳/۳۶	۱/۳	۹/۳	۰
نوع کالوس و واکنش پریئوستال محل جراحی	نوع کالوس و واکنش پریئوستال محل جراحی	D	D	B	B	D	D	D	D	C

آماري تست فریدمن (Friedman Test) انجام و اختلاف آماری معنادار بین گروه‌های دریافت‌کننده PRP در مقایسه با گروه کنترل دیده شد.

مقایسه آماری نوع کالوس و واکنش استخوانی در محل برش جراحی (نمودار ۱) و درجه تغییرات استابولوم (نمودار ۲) در هفته دوم بین گروه کنترل و درمان به کمک روش



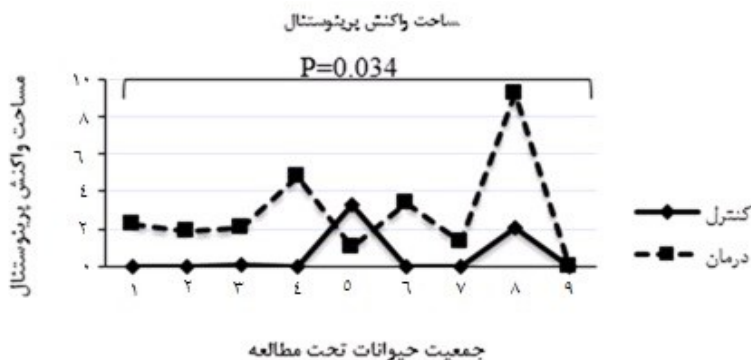
نمودار ۲- مقایسه درجه استابولوم بین گروه کنترل و درمان در هفته دوم



نمودار ۱- مقایسه واکنش استخوانی بین گروه کنترل و درمان در هفته دوم

فریدمن (Friedman Test) اختلاف آماری معنادار را نشان داد (نمودار ۳).

مقایسه آماری مساحت واکنش پریئوستالی در هفته دوم بین گروه کنترل و درمان به کمک روش آماری تست



نمودار ۳- مقایسه مساحت واکنش پریئوستالی بین گروه کنترل و درمان در هفته دوم

هفته سوم، گروه کنترل

ارزیابی کیفی: در محل برش، لبه استخوان در اکثر نمونه‌های کنترل به استثنای ۳ نمونه صاف شده بود. لبه کرانیال در تعداد ۵ نمونه کنترل بدون تغییر و در تعداد ۴ نمونه گسترش یافته بود. لبه کودال حفره استابولوم در تعداد ۴ نمونه در حال محو شدن بوده و در سایر نمونه‌های کنترل تغییری مشاهده نشد. واکنش پریئوستال واضح در داخل حفره استابولوم در ۴ نمونه گروه کنترل مشاهده شد. کالوس در ۶ نمونه از گروه کنترل تشکیل شده بود. واکنش پریئوستال در محل برش یا جراحی به استثنای ۳ نمونه از

گروه کنترل به خوبی مشاهده شد.

در جدول شماره ۳ به صورت مختصر وضعیت کمی پارامترهای ارزیابی رادیوگراف‌های گروه کنترل در هفته سوم آورده شده است. بر این اساس، درجه استابولوم در تعداد ۱ نمونه، ۱ و در ۵ نمونه، ۲ و در ۳ نمونه دیگر از گروه کنترل، ۳ ارزیابی شد. کالوس تشکیل شده و واکنش پریئوستال در تعداد ۳ نمونه، از نوع B و در سایر نمونه‌ها از نوع D بود. ارزیابی به عمل آمده نشان داد که مساحت واکنش پریئوستال در تعداد ۲ نمونه، ۰/۵ و در سایر نمونه‌ها بیش از ۰/۵ بوده است.

جدول ۳ - کمیت پارامترهای ارزیابی رادیوگراف‌های گروه کنترل در هفته سوم

کنترل پارامترهای ارزیابی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درجه استابولوم	۲	۱	۲	۲	۳	۳	۲	۳	۲
مساحت واکنش پریئوستال (mm ²)	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۹	۴/۵	۰/۷	۰/۹	۲/۳	۱/۸
نوع کالوس و واکنش پریئوستال محل جراحی	D	D	D	D	D	B	B	B	D

هفته سوم، گروه درمان

ارزیابی کیفی: در محل برداشت استخوان، لبه استخوان در اکثریت نمونه‌ها از گروه درمان صاف دیده شد. لبه کرانیال نیز در اکثریت نمونه‌های گروه درمان گسترش یافته و لبه کودال نیز محو شده بود. واکنش پریئوستال در محل برش و در داخل حفره استابولوم و تشکیل کالوس در همه نمونه‌های گروه درمان دیده شد. در جدول شماره ۴ به

صورت مختصر وضعیت کمی پارامترهای ارزیابی رادیوگراف‌های گروه درمان در هفته سوم آورده شده است. بر این اساس، درجه استابولوم در تعداد ۸ نمونه، ۳ و در ۱ نمونه، ۱ از گروه درمان ارزیابی شد. کالوس تشکیل شده و واکنش پریئوستال در تمام نمونه‌های درمان از نوع D بود. ارزیابی به عمل آمده نشان داد که مساحت واکنش پریئوستال تنها در یک نمونه درمان، زیر ۱ بوده است.

جدول ۴ - کمیت پارامترهای ارزیابی رادیوگراف‌های گروه درمان در هفته سوم

درمان پارامترهای ارزیابی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
درجه استابولوم	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۱
مساحت واکنش پریئوستال (mm ²)	۳/۴۵	۲/۸	۳/۷	۶/۲۵	۳/۳	۴/۴	۱/۸۳	۱۱/۲۵	۰/۶
نوع کالوس و واکنش پریئوستال محل جراحی	D	D	D	D	D	D	D	D	D

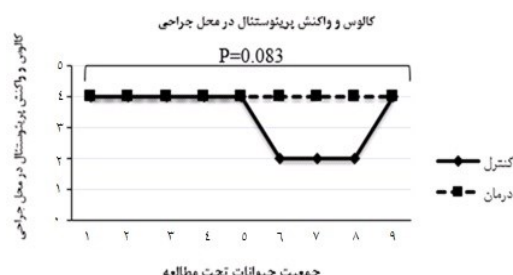
در مقایسه آماری، نوع کالوس و واکنش‌های استخوانی در محل انجام جراحی (نمودار ۴) و درجه تغییرات استابولوم (نمودار ۵) براساس اطلاعات مشاهده شده بین گروه کنترل

و گروه دریافت کننده PRP در هفته سوم به کمک روش آماری تست فریدمن (Friedman Test) اختلاف آماری معناداری مشاهده نشد.



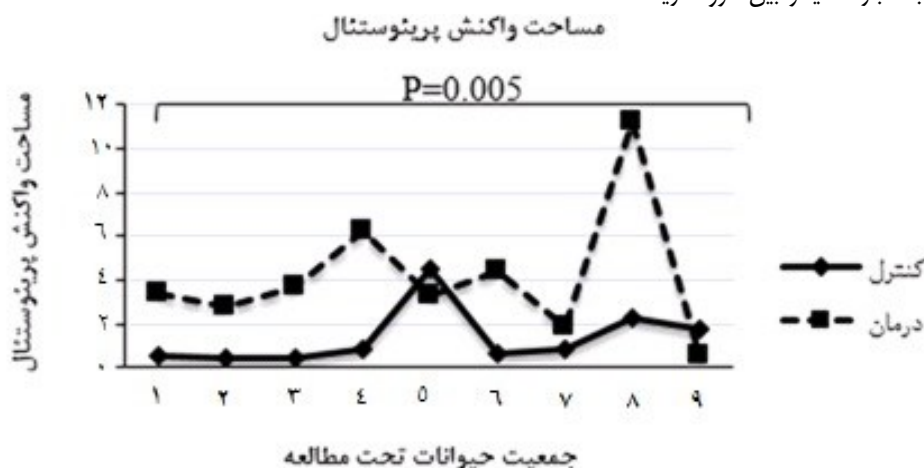
نمودار ۵- مقایسه درجه استابولوم بین گروه کنترل و درمان در هفته سوم

در مقایسه با گروه کنترل از نظر مساحت واکنش پریئوستال در محل انجام جراحی، اختلاف آماری معناداری در هفته دوم و سوم مشاهده شد.



نمودار ۴- مقایسه واکنش استخوانی بین گروه کنترل و درمان در هفته سوم

در مقایسه آماری، مساحت واکنش پریئوستالی در هفته سوم بین گروه کنترل و درمان با استفاده از تست فریدمن (Friedman Test) نیز اختلاف آماری معنادار مشاهده شد (نمودار ۶). به عبارت دیگر بین گروه دریافت کننده PRP



نمودار ۶- مقایسه مساحت واکنش پریئوستالی بین گروه کنترل و درمان در هفته سوم

استخوان متعاقب جراحی با سرعت بیشتری صورت پذیرد. استفاده بالینی از پلاسمای غنی از پلاکت محدود به دو دهه اخیر بوده و در ابتدا بیشتر در جراحی فک، صورت و دندان استفاده شده است. اما اخیرا پیشرفت‌های تحقیقاتی در استفاده از PRP در طیف وسیعی از بافت‌ها از جمله استخوان، غضروف، تاندون، عضله و جراحی ارتوپدی و پلاستیک مشاهده می‌شود (Alsousou et al., 2013). در سال ۲۰۰۸، یوکوتا و همکاران، مطالعه‌ای تجربی در ۲۴ خرگوش سفید ژاپنی انجام دادند که در آن‌ها استفاده از PRP در شتاب دادن به روند آنژیوژنز در یک استخوان نکروتیک دارای ایمپلنت بعد از جراحی، مورد بررسی قرار گرفت. آنژیوژنز در هفته اول و دوم بعد از جراحی، نشان می‌داد که تراکم عروقی و میانگین طولی عروق تازه تشکیل شده به صورت قابل توجهی در گروه تحت درمان با PRP

بحث

در این مطالعه، اثر پلاسمای غنی از پلاکت بر استخوان‌سازی متعاقب انجام جراحی برداشت سر و گردن استخوان ران در خرگوش و اثرات بالینی و رادیوگرافیک ناشی از آن در محل انجام جراحی مورد بررسی قرار گرفت. بر مبنای نتایج حاصل از این پژوهش، افزایش معنی‌داری در واکنش‌های استخوانی، متعاقب استفاده از PRP در محل جراحی پس از جراحی مشاهده شد. بر اساس نتایج مذکور، گروه دریافت‌کننده PRP در مقایسه با گروه کنترل اختلاف آماری معنی‌داری را از نظر واکنش‌های استخوانی شامل: افزایش مساحت واکنش پریئوستالی و درجه کالوس شکل گرفته و تغییرات استابولوم نشان داد. این بدان معنا است که استفاده از PRP در طی جراحی‌های ارتوپدی سبب می‌شود میزان واکنش‌های استخوانی در محل افزایش یافته و بهبود

بیشتر بوده است (Yokota et al., 2008).

در سال ۲۰۱۴، اثرات اوستئواینداکتیو و استخوان‌زایی استفاده از PRP خودی و جایگزین استخوان اسفنجی در جراحی آرترودیز خلفی‌جانبی در ستون فقرات بخش لامبار، به شکل آینده‌نگر کوهورت مورد بررسی قرار گرفت. ۲۰ بیمار تحت جراحی آرترودیز خلفی‌جانبی قرار گرفتند و سی‌تی‌اسکن در ۶ و ۱۲ ماه بعد از عمل جراحی و اندازه‌گیری تراکم استخوان، افزایش تراکم استخوان و فیوژن بهتر و بیشتری را در ۶ ماه بعد از جراحی در گروه درمان شده با PRP نشان می‌داد (Tarantino et al., 2014).

در مطالعه حاضر، مقایسه رادیوگرافی با استفاده از دو معیار کمی و کیفی به صورت هم‌زمان انجام شد و بررسی آماری در هر دو بخش کمی و کیفی، توانایی بررسی مناسب‌تر فرآیند استخوان‌سازی و استئواینداکتیو را فراهم کرد. اثرات استخوان‌زایی با کمک اندازه‌گیری مساحت واکنش پریوستالی ممکن شده بود و همچنین برای آن‌که امکان مقایسه بهتر تغییرات استابولوم فراهم شود، از یک سیستم طبقه‌بندی مبتنی بر مشاهدات استفاده شد.

بهبود زخم، فرایند پیچیده‌ای است که به وجود انواع مختلف سلول‌ها و فاکتورهای رشد و سیتوکین‌ها و عناصر ماتریکس خارج سلولی بستگی دارد. بنابراین سلول‌های بنیادی که پیش‌ساز سلول‌های اولیه هستند، نقش بسیار مهمی در ترمیم زخم دارند. فاکتورهای رشدی نظیر EGF، FGF، PDGF، TGF و VEGF نیز تنظیم‌کننده فعالیت این سلول‌ها هستند (Pikuła et al., 2015).

دلیل منطقی برای استفاده از PRP، جایگزین نمودن لخته خون با PRP، به حداقل رساندن حضور سلول‌های قرمز خون و افزایش غلظت پلاکت‌ها در محل جراحی است. در روند فیزیولوژیک بهبود زخم، پلاکت‌سازی شده در لخته خون به عنوان یک منبع اصلی فاکتورهای بیولوژیک فعال، فعالیت می‌کند (Mei-Dan et al., 2010).

التهاب، مرحله اول ترمیم زخم است که می‌توان آن را به دو مرحله تقسیم کرد: اول، رگ‌های خونی برای کنترل خونریزی تنگ می‌شوند. سپس، با گذشت چند دقیقه، رگ‌های خونی گشاد می‌شوند و این موضوع باعث تورم می‌شود. مرحله بعدی ترمیم زخم، حذف مواد خارجی از محل زخم است. این روند، به طور طبیعی در سطح سلولی اتفاق می‌افتد. برخی از گلبول‌های سفید خون به باکتری‌ها و

سایر آثار موجود در محل زخم حمله می‌کنند. در مرحله بعد، سلول‌ها به صورت طبیعی رشد و بازسازی بافت‌های آسیب دیده را آغاز می‌کنند. رگ‌های خونی کوچک به منظور تحویل خون به زخم ایجاد می‌شوند. سپس سلول‌های پوستی مهاجرت می‌کنند و در عرض چند ساعت از زخم اولیه، پوست زخم تشکیل می‌شود. این سلول‌های پوستی یا سلول‌های اپیتلیال می‌توانند در عرض ۴۸ ساعت به طور قطع، بسته‌شدن زخم جراحی را موجب شوند. در مرحله نهایی، فیبرهای کلاژن تازه، دوباره سازماندهی می‌شوند. این فرایند باعث افزایش سرعت ترمیم زخم در طی یک دوره طولانی (تا ۲ سال) می‌شود (Kahn et al., 2010).

نتایج به دست آمده از این مطالعه به خوبی با ویژگی‌های بیان شده در شیوه و مکانیسم فعالیت PRP متناسب است. هنگامی که پلاکت فعال می‌شود، پروتئین‌های سیگنالینگ متعددی را ترشح می‌کند که در بهبود بافت اسکلتی-عضلانی دخیل هستند. این پروتئین‌های سیگنالینگ، فعالیت‌های سلول را با تعامل با گیرنده‌های واقع در غشای سلول هدف، کنترل می‌کنند. این اتصال، مسیرهای مختلف سیگنالینگ درون سلولی را فعال می‌کند که موجب سنتز پروتئین‌های مورد نیاز برای فرآیندهای احیاکننده مانند رگ‌زایی یا تشکیل ماتریکس خارج سلولی می‌شود. علاوه بر این، سیگنال‌های اولیه برای فعال شدن سلول‌های محلی را ایجاد می‌کند و سلول‌های پیش‌ساز را در محل آسیب سامان‌دهی می‌کند تا تمایز یابند. پلاسمای غنی از پلاکت حاوی بسترهای چسبنده قوی برای سلول‌ها، مانند فیبرین، فیبرونکتین، ویترونکتین، ترومبوسپوندين، استئوکالسن، و استئونکتین است. با توجه به این خواص، پلاسمای غنی از پلاکت در روند بازسازی زردپی‌ها، عضلات، رباط‌ها، غضروف و صدمات استخوان بسیار مهم می‌باشد. به طور معمول، پس از فشار عضلانی یا کوفتگی، هماتوم که به عنوان یک نتیجه از سرچشمه اختلال عروقی، شامل حدود ۹۴٪ سلول‌های قرمز خون، پلاکت‌ها (۴٪)، و کمتر از ۱٪ لکوسیت شکل می‌گیرد. استفاده از پلاسمای غنی از پلاکت، سبب به حداقل رساندن حضور سلول‌های قرمز خون و افزایش غلظت پلاکت‌ها در محل جراحی می‌شود. در مسیر انجام این فرایند، غلظت‌های فراتر از حد طبیعی فیزیولوژیک فاکتورهای رشد به روند بهبودی، توسط مکانیسم‌های مستقیم یا غیر مستقیم سرعت می‌بخشند (به عنوان مثال، افزایش سنتز فاکتورهای رشد توسط سلول‌های

زمان بهبودی برای بیماران با انواع شکستگی بدنه ران پرداختند. نتایج رادیوگرافی بیانگر تفاوت معنی‌داری بین گروه تحت درمان با PRP با سایر گروه‌ها در ماه‌های ۳ و ۴ بود (Singh *et al.*, 2017). مطالعه هیستوپاتولوژیکی استفاده از PRP در جراحی برداشت سر استخوان ران خرگوش نشان داد که تشکیل بافت غضروفی و استخوانی در هنگام استفاده از PRP در روند ترمیم، از نظم و یک پارچگی بیشتری برخوردار می‌باشد (Bakhtoo et al., 2019).

مطالعاتی نیز وجود دارند که تاثیر مثبت PRP را نشان نداده‌اند. اخیراً مطالعه‌ای در خصوص ترمیم غضروف مفصلی خرگوش با استفاده از سلول‌های کندروسیت خودی به همراه PRP انجام شد. محققان این مطالعه بیان کردند که هیچ اثر مثبتی در روند ترمیم غضروف مفصلی مشاهده نشد. آن‌ها بیان کردند که ممکن است PRP تشکیل استخوان داخل غضروفی را تقویت نماید (Kato *et al.*, 2022). درمان زخم جراحی، موضوع مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۶ را تشکیل می‌داد که در آن، اثر PRP به عنوان یک رهیافت الهام گرفته از طبیعت برای افزایش و بهبود زخم جراحی، مورد مطالعه قرار گرفت. در نتیجه این مطالعه به این نکته اشاره شده است که مطالعات بیشتری برای درک درست اثرات PRP مورد نیاز است؛ علاوه بر این از این مطالعات می‌توان مکانیسم فعالیت و دزای PRP را نیز دریافت کرد. در هر حال آزمون‌های با کیفیت بالا و کورسازی شده و تصادفی‌سازی شده ممکن است فواید PRP در بیماران تحت جراحی را نشان دهد (Fernandez-Moure *et al.*, 2017).

نتیجه گیری

این مطالعه و مطالعاتی از این دست این موضوع را بیان می‌کنند که علیرغم وجود برخی مطالعات بسیار محدود در رد تاثیر مثبت PRP، هنوز پلاسمای غنی از پلاکت با توجه به مقرون به صرفه بودن و کمتر تهاجمی بودن، یک استراتژی جذاب برای تسریع در روند بهبودی زخم و ترمیم بافت‌ها محسوب می‌شود. با استفاده از یافته‌های این مطالعه می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که استفاده از PRP در محل جراحی ارتوپدی به علت دارا بودن فاکتورهای رشد می‌تواند باعث تحریک استئوبلاست‌ها در محل استابولوم و موجب ساخت استخوان، شکل‌گیری نواحی واکنش پریوستالی با مساحت قابل توجه و نهایتاً ترمیم ساختارهای

موجود در محل آسیب (Mei-Dan *et al.*, 2010). فاکتور رشد مشتق از پلاکت PDGF یک فعال کننده قوی سلول‌های با منشأ مزانشیمی است و تکثیر سلول‌هایی نظیر ماکروفاژ، مونوسیت و فیبروبلاست‌ها را که برای ترمیم بافت ضروری هستند را تحریک می‌کند. PDGF سیگنال خود را از طریق ماکروفاژهای زخم منتقل کرده و موجب بازخورد مثبت اتوکرین و در نتیجه افزایش سنتز PDGF و فاکتورهای رشد درون زخم گردیده و به این ترتیب، این آبشار فاکتورهای رشد سبب تسریع بهبود و ترمیم زخم می‌شوند (Pierce *et al.*, 1991). مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۶ نشان داد که لکوسیت‌ها به شدت بر کیفیت تاثیر PRP مؤثر هستند، بنابراین توجه به این نکته در روش تهیه PRP می‌تواند در حصول نتایج بالینی بهتر مفید باشد (Kobayashi *et al.*, 2016).

در مطالعه انجام شده روی زخم‌های دیابتی پا نشان داده شد که سطح سیتوکین‌ها در بیماران دیابتی که دارای زخم در ناحیه پا هستند دچار تغییر شده است که با تنظیم سطح این سیتوکین‌ها می‌توان ترمیم زخم‌ها را تسریع بخشید (Zubair and Ahmad, 2019). تحقیقات انجام شده بر روی ترمیم زخم در زنان در معرض جراحی سزارین، نشان داد که استفاده از PRP به دلیل پلاکت زیاد و فاکتور رشد بالا موجب تسریع ترمیم زخم می‌شود (Tehranian *et al.*, 2016).

در سال ۲۰۱۵، مال هوترا و همکاران، نقش PRP خودی در درمان شکستگی‌های جوش نخورده در استخوان‌های بلند را در یک مطالعه آینده‌نگر بررسی کردند. در این مطالعه بیان شد که PRP یک درمان مؤثر و امن برای درمان عدم جوش‌خوردگی در شکستگی‌ها است (Malhotra *et al.*, 2015).

در سال ۱۳۹۴، کلب‌خانی و همکاران، بررسی تأثیرات PRP در ترمیم شکاف‌های سطح غضروف مفصلی استخوان ران مبتلا به استئوآرتریت در خرگوش را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بعد از بررسی ۸ هفته‌ای نشان داد که میزان شکاف‌های غضروف سطح مفصلی استخوان ران بین گروه‌های درمان شده با PRP با گروه کنترل تفاوت معناداری داشت و PRP تأثیر ترمیمی روی غضروف مفصلی داشت (Kalbkhani *et al.*, 2015).

در سال ۲۰۱۷، سینگ و همکاران، به بررسی تأثیر PRP بر روی ترمیم شکستگی‌های حاد دیافیز ران و کاهش مدت

استخوانی بدون عوارض جانبی گردد. لازم به ذکر است که نتایج بدست آمده در این تحقیق، اولیه بوده و مطالعات بافت‌شناسی بیشتر با استفاده از دوزهای مشخص و مناسب برای تایید این یافته‌ها ضرورت دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند که از کمک‌ها و مشاوره ارائه شده توسط جناب آقای دکتر علی مهدوی و زحمات کارشناسان دانشکده‌های دامپزشکی دانشگاه سمنان و تهران، خانم رئیس‌بان و آقایان رستمی، پورافشار و فسخودی نهایت تشکر را داشته باشند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در این پژوهش هیچگونه تعارض منافی وجود ندارد.

مشارکت‌های نویسندگان

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دکتری عمومی دامپزشکی خانم دکتر فاطمه غریبی بوده و با مشارکت دکتر محمد حسن یوسفی، خانم دکتر نوشین غزاله، دکتر مجید مسعودی فرد و دکتر محمود احمدی همدانی انجام شده است.

منابع مالی

تمامی منابع مالی این پژوهش، شخصی تامین شده است.

بیانیه اخلاقی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه خانم فاطمه غریبی دانش‌آموخته دانشکده دامپزشکی دانشگاه سمنان و با کد اخلاق FR.SU.REC.1395.20.10.1 بوده است.

References

- Alser, O. H., & Goutos, I. (2018). The evidence behind the use of platelet-rich plasma (PRP) in scar management: a literature review. *Scars, burns & healing*, 4, 2059513118808773. <https://doi.org/10.1177/2059513118808773>
- Andia, I., & Maffulli, N. (2018). A contemporary view of platelet-rich plasma therapies: moving toward refined clinical protocols and precise indications. *Regenerative medicine*, 13(6), 717-728. <https://doi.org/10.2217/rme-2018-0042>
- Alsousou, J., Ali, A., Willett, K., & Harrison, P. (2013). The role of platelet-rich plasma in tissue regeneration. *Platelets*, 24(3), 173-182. <https://doi.org/10.3109/09537104.2012.684730>
- Bakhtoo, R., Vayeghan, A. J., Ghazale, N., & Khaligh, S. G. (2019). Histopathological Changes Following Administration of Platelet-rich Plasma (PRP) in Femoral Head Osteotomy (FHO) in Rabbit. *J Vet Res*, 74(3), 418-426.
- Belk, J. W., Kraeutler, M. J., Houck, D. A., Goodrich, J. A., Dragoo, J. L., & McCarty, E. C. (2021). Platelet-rich plasma versus hyaluronic acid for knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American journal of sports medicine*, 49(1), 249-260. <https://doi.org/10.1177/036354652090939>
- Broggini, N., Hofstetter, W., Hunziker, E., Bosshardt, D. D., Bornstein, M. M., Seto, I., ... & Buser, D. (2011). The influence of PRP on early bone formation in membrane protected defects. A histological and histomorphometric study in the rabbit calvaria. *Clinical implant dentistry and related research*, 13(1), 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2009.00266.x>
- Chahla, J., Cinque, M. E., Piuze, N. S., Mannava, S., Geeslin, A. G., Murray, I. R., ... & LaPrade, R. F. (2017). A call for standardization in platelet-rich plasma preparation protocols and composition reporting: a systematic review of the clinical orthopaedic literature. *JBJS*, 99(20), 1769-1779. DOI: 10.2106/JBJS.16.01374
- Dhurat, R., & Sukesh, M. (2014). Principles and methods of preparation of platelet-rich plasma: a review and author's perspective. *Journal of cutaneous and aesthetic surgery*, 7(4), 189-197. DOI: 10.4103/0974-2077.150734
- Duff, R., & Campbell, J. R. (1978). Radiographic appearance and clinical progress after excision arthroplasty of the canine hip. *Journal of Small Animal Practice*, 19(1-12), 439-449. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1978.tb05519.x>
- Engstig, M., Vesterinen, S., Morelius, M., Junnila, J., & Hyytiäinen, H. K. (2022). Effect of femoral head and neck osteotomy on canines' functional pelvic position and locomotion. *Animals*, 12(13), 1631. doi.org/10.3390/ani12131631
- Etulain, J. (2018). Platelets in wound healing and regenerative medicine. *Platelets*, 29(6), 556-568. <https://doi.org/10.1080/09537104.2018.1430357>
- Everts, P., Onishi, K., Jayaram, P., Lana, J. F., & Mautner, K. (2020). Platelet-rich plasma: new performance understandings and therapeutic considerations in 2020. *International journal of molecular sciences*, 21(20), 7794. doi.org/10.3390/ijms21207794
- Fernandez-Moure, J. S., Van Eps, J. L., Cabrera, F. J., Barbosa, Z., Del Rosal, G. M., Weiner, B. K., ... & Tasciotti, E. (2017). Platelet-rich plasma: a biomimetic approach to enhancement of surgical wound healing. *Journal of surgical research*, 207, 33-44. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.08.063>
- Filardo, G., Di Matteo, B., Kon, E., Merli, G., & Marcacci, M. (2018). Platelet-rich plasma in tendon-related disorders: results and indications. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1984-1999. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4261-4>
- Fossum, T. W. (2012). *Small Animal Surgery Textbook-E-Book: Small Animal Surgery Textbook-E-Book*. Elsevier Health Sciences
- Harper, T. A. (2017). Femoral head and neck excision. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 47(4), 885-897. [Doi.org/ 10.1016/j.cvs.2017.03.002](https://doi.org/10.1016/j.cvs.2017.03.002)
- Hussain, N., Johal, H., & Bhandari, M. (2017). An evidence-based evaluation on the use of platelet rich plasma in orthopedics—a review of the literature. *Sicot-j*, 3, 57. [doi: 10.1051/sicotj/2017036](https://doi.org/10.1051/sicotj/2017036)
- Kahn, C. M., & Line, S. (Eds.). (2010). *The Merck veterinary manual (Vol. 2825)*. Kenilworth, NJ: Merck.
- Kalbkhani, M., N Dehghani, S., Najafpour, A., Naji Hadadi, S., Ghorbanzadeh, N., & Kalbkhani, M. H. (2015). The effect of prp in repair of femoral articular cartilage notches on experimentally induced osteoarthritis rabbit. *Studies in Medical Sciences*, 26(3), 215-226.

- Karakayali, M., Alpay, Y., & Sarisözen, B. (2022). Effect of platelet-rich plasma on bone regenerate consolidation in distraction osteogenesis: An experimental study in rabbits. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 56(1), 8-13. DOI: 10.5152/j.aott.2022.20443
- Kato, Y., Yanada, S., Morikawa, H., Okada, T., Watanabe, M., & Takeuchi, S. (2022). Effect of platelet-rich plasma on autologous chondrocyte implantation for Chondral defects: results using an in vivo rabbit model. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 10(3), 23259671221079349. <https://doi.org/10.1177/23259671221079349>
- Kobayashi, Y., Saita, Y., Nishio, H., Ikeda, H., Takazawa, Y., Nagao, M., ... & Kaneko, K. (2016). Leukocyte concentration and composition in platelet-rich plasma (PRP) influences the growth factor and protease concentrations. *Journal of Orthopaedic Science*, 21(5), 683-689. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2016.07.009>
- Lynch, M. D., & Bashir, S. (2016). Applications of platelet-rich plasma in dermatology: a critical appraisal of the literature. *Journal of Dermatological Treatment*, 27(3), 285-289. <https://doi.org/10.3109/09546634.2015.1094178>
- Malhotra, R., Kumar, V., Garg, B., Singh, R., Jain, V., Coshic, P., & Chatterjee, K. (2015). Role of autologous platelet-rich plasma in treatment of long-bone nonunions: a prospective study. *Musculoskeletal surgery*, 99(3), 243-248. <https://doi.org/10.1007/s12306-015-0378-8>
- Mei-Dan, O., Lippi, G., Sánchez, M., Andia, I., & Maffulli, N. (2010). Autologous platelet-rich plasma: a revolution in soft tissue sports injury management?. *The Physician and sportsmedicine*, 38(4), 127-135. doi.org/10.3810/psm.2010.12.1835
- Mescher AL. (2013). *Osteogenesis. Junqueira's Basic Histology Text & Atlas. 13: 148-153, 5-37*
- Nikolidakis, D., & Jansen, J. A. (2008). The biology of platelet-rich plasma and its application in oral surgery: literature review. *Tissue Engineering Part B: Reviews*, 14(3), 249-258. <https://doi.org/10.1089/ten.teb.2008.0062>
- Pierce, G. F., Mustoe, T. A., Altrrock, B. W., Deuel, T. F., & Thomason, A. (1991). Role of platelet-derived growth factor in wound healing. *Journal of cellular biochemistry*, 45(4), 319-326. <https://doi.org/10.1002/jcb.240450403>
- Pikuła, M., Langa, P., Kosikowska, P., & Trzonkowski, P. (2015). Stem cells and growth factors in wound healing. *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej (Online)*, 69, 874-885. <https://doi.org/10.5604/17322693.1162989>
- Rather, H. A., Jhala, D., & Vasita, R. (2019). Dual functional approaches for osteogenesis coupled angiogenesis in bone tissue engineering. *Materials Science and Engineering: C*, 103, 109761. doi.org/10.1016/j.msec.2019.109761
- Saginova, D., Tashmetov, E., Kamyshanskiy, Y., Tuleubayev, B., & Rimashevskiy, D. (2023). Evaluation of bone regenerative capacity in rabbit femoral defect using thermally disinfected bone human femoral head combined with platelet-rich plasma, recombinant human bone morphogenetic protein 2, and zoledronic acid. *Biomedicines*, 11(6), 1729. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11061729>
- Simman, R., Hoffmann, A., Bohinc, R. J., Peterson, W. C., & Russ, A. J. (2008). Role of platelet-rich plasma in acceleration of bone fracture healing. *Annals of plastic surgery*, 61(3), 337-344. DOI: 10.1097/SAP.0b013e318157a185
- Singh, R., Rohilla, R., Gawande, J., & Sehgal, P. K. (2017). To evaluate the role of platelet-rich plasma in healing of acute diaphyseal fractures of the femur. *Chinese Journal of Traumatology*, 20(1), 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2016.03.007>
- Tarantino, R., Donnarumma, P., Mancarella, C., Rullo, M., Ferrazza, G., Barrella, G., ... & Delfini, R. (2014). Posterolateral arthrodesis in lumbar spine surgery using autologous platelet-rich plasma and cancellous bone substitute: an osteoinductive and osteoconductive effect. *Global spine journal*, 4(3), 137-141. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1376157>
- Tehrani, A., Esfahani-Mehr, B., Pirjani, R., Rezaei, N., Heidary, S. S., & Sepidarkish, M. (2016). Application of autologous platelet-rich plasma (PRP) on wound healing after caesarean section in high-risk patients. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 18(7), e34449. doi: 10.5812/ircmj.34449
- Thrall, D. E. (2012). *Textbook of veterinary diagnostic radiology-E-book*. Elsevier health sciences.
- Wenger, S. (2012). Anesthesia and analgesia in rabbits and rodents. *Journal of exotic pet medicine*, 21(1), 7-16. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2011.11.010>Get rights and content
- Xuan, Z., Yu, W., Dou, Y., & Wang, T. (2020). Efficacy of platelet-rich plasma for low back pain: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery*, 81(06), 529-534. DOI: 10.1055/s-0040-1709170.

- Yokota, K., Ishida, O., Sunagawa, T., Suzuki, O., Nakamae, A., & Ochi, M. (2008). Platelet-rich plasma accelerated surgical angio-genesis in vascular-implanted necrotic bone: an experimental study in rabbits. *Acta orthopaedica*, 79(1), 106-110. <https://doi.org/10.1080/17453670710014842>
- Zubair, M., & Ahmad, J. (2019). Role of growth factors and cytokines in diabetic foot ulcer healing: a detailed review. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 20(2), 207-217. <https://doi.org/10.1007/s11154-019-09492-1>