بررسی آثار میدان الکترومغناطیسی بر رشد جوانه‌های اندام حرکتی فوقانی وتحتانی جنین موش نژاد Balb/C در شرایط in vitro

کاظم پریور، هما محسنی کوچصفهانی، مسعود مشهدی اکبربوجار، نسیم حیاتی رودباری:
دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده

در خلال دودهه گذشته، میدان‌های الکترومغناطیسی در درمان بیماری‌هایی نظیر بیماری‌های ماهیچه‌ای- اسکلتی وغضروفی کاربرد وسیعی داشته است. به منظور بررسی تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی برمراحل تکوین جوانه‌های اندام حرکتی(n=٧٠)، روش کشت جوانه اندام حرکتی جلویی و عقبی برای اولین بار در ایران، در آزمایشگاه زیست‌شناسی تکوینی گروه زیست‌شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران راه‌اندازی گردید. با استفاده از روش گرید[١] درمحیط کشت Eagle's MEM [2]، درفاز بین محیط کشت مایع و هوا، و در °C ٣٧±٠/١، جوانه‌ها انکوبه شدند. بدین منظور، تکوین سه گروه از جوانه های اندام حرکتی (کنترل، شم وآزمایشی) مورد بررسی قرار گرفتند. جوانه های مربوط به دو گروه آزمایشی و شم، در روز ١١/٥ رشد و نمو جنینی، از بدن موش‌ها جدا گشتند و به مدت دو روز در شرایط مذکور انکوبه شدند؛ در این مدت، گروه‌های آزمایشی برای دو ساعت تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ٥٠Hz و شدت ١٣١ گوس قرار گرفتند، گروه‌های کنترل در روز ١٣/٥ رشد و نمو جنینی از بدن قطع شدند. مطالعات مورفولوژیکی وهیستولوژیکی نمونه‌ها در قبل و پس ازمقطع‌گیری و رنگ‌آمیزی بافت‌ها، نشان دهنده تغییرات معنی‌دار(P<٠/٠٥ , P<٠/٠١ , P<٠/٠٠١) در تکوین جوانه‌های اندام حرکتی گروه‌های آزمایشی درمقایسه با گروه‌های شم و کنترل بود، به طوری که رشد ونمو به موازات محورهای دور- نزدیک[٣] و قدامی - خلفی[٤] دراندام حرکتی جلویی وعقبی در گروه‌های آزمایشی معنی‌دار بود(P<٠/٠٠١) و تعداد سلول‌های غضروفی، سلول‌های درحال تقسیم و گلبول‌های قرمز خون نیز افزایش معنی‌داری (P<٠/٠٠١ ، P<٠/٠١ وP<٠/٠٥) را در گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه‌های کنترل و شم از خود نشان دادند، در حالی که به علت تمایز به سلول‌های غضروفی، تعداد سلول‌های مزانشیمی کاهش معنی‌داری (P<٠/٠٠١ ، P<٠/٠١ و P<٠/٠٥) را در گروه‌های آزمایشی داشتند. ولی، تفاوت معنی‌داری در تعداد سلول‌های دژنره شده در گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه‌های کنترل و شم مشاهده نشد . این یافته‌ها نشان دهنده اثر تمایزی و رشد ونموی میدان الکترومغناطیسی بر رشد جوانه‌های اندام حرکتی در شرایط in vitro است.

١-grid technique ٢- Eagle's minimum essential medium ٣-proximo-distal (P-D)
٤-anterio-posterior (A-P)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

از ابتدای حیات، موجودات خود را با میدان‌های الکترومغناطیسی طبیعی وفق داده‌اند. میدان‌های طبیعی با فرکانس پایین از دو منبع اصلی: ۱) فعالیت‌های خورشیدی و ۲) رعد و برق منشأ می‌گیرند. علاوه بر این، کره زمین نیز دارای میدان مغناطیس استاتیک است، اما در صد سال اخیر، میدان‌های ساخت بشر با شدت‌های بالاتر و دامنه طیف‌های متفاوت، این میدان‌های طبیعی را متغیر ساخته‌اند[۱].

امروزه، میدان‌های الکترومغناطیسی برای ترمیم جراحات بدن (استخوان) مورد استفاده قرار می‌گیرند. لندری[۱] وهمکاران (۱۹۹۷) با بررسی اثر تحریکی میدان الکترومغناطیسی با فرکانس Hz ٦٠و شدت یک گوس(۱G) بر تمایز و تکثیر ضریع استخوان زند زبرین Rat، ١٤-۱ روز پس از جراحی تخریبی دریافتند که این میدان باعث تحریک استخوان‌سازی و سرعت بخشیدن به تمایز استئوبلاست‌ها می‌گردد[۲]؛ همچنین، اثر میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های Hz ۷۵،۱۵ و ۱۵۰ نیز بر رشد ونمو زند زیرین ۳۰ بوقلمون بالغ نر توسط مک لود[۲] وهمکاران (۱۹۹۲) مورد بررسی قرار گرفت و اثر این میدان برحفظ و بقای استخوان در بیماری‌های استخوانی به اثبات رسید[۳]. موارد ذکر شده در in vivo انجام پذیرفته اما مواردی وجود دارد که آثار میدان‌های الکترومغناطیسی بر رشد و تکثیر سلول‌های مختلف جانوری در in vitro نیز بررسی شده است.

مطالعات بر خرگوش‌ها که در معرض میدان الکترومغناطیسی (۲G,۱۵/٤Hz) قرارگرفته‌اند، افزایش در میزان هورمون پاراتیروئید نشان می‌دهند، بدون این که افزایشی در رشد سلول‌ها دیده شود[٤]. مطالعه‌ی سلول‌های بلاستمایی جوانه اندام حرکتی جنین ۱۲ روزه Rat نشان داد که میدان الکترومغناطیسی(با فرکانس بالا) اثر آنابولیکی بر سلول‌های غضروف‌ساز در شرایط in vitro دارد[٥]. این نتایج نشان می‌دهند که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند اثر تحریکی بر رشد و تمایز استخوان وغضروف داشته باشند، اما اثرمستقیم این میدان بر مراحل ابتدایی رشد و نمو جوانه اندام حرکتی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. به همین منظور، با وجود این که کارهای اندکی با استفاده از سیستم کشت in vitro در رابطه با کشت اندام جوانه اندام حرکتی صورت گرفته است، در ایران نیز تا کنون این تکنیک مورد استفاده قرار نگرفته است، لذا برای اولین بار این سیستم راه‌اندازی شد و اثر میدان الکترومغناطیسی بر رشد و نمو جوانه اندام حرکتی جنین موش در شرایط کشت مورد بررسی قرار گرفت.

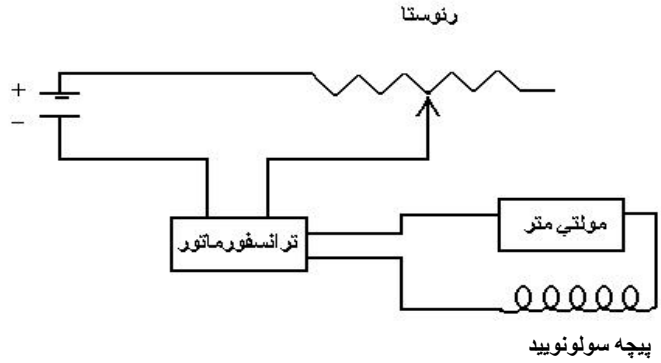
مواد و روش‌ها

دستگاه‌های طراحی شده برای ایجاد میدان الکترومغناطیسی شامل مولتی‌متر، ترانسفورماتور، بوبین (پیچه) سولونویید، رئوستا و سیم‌های رابط بود. طراحی، ساخت و راه‌اندازی دستگاه‌های ذکر شده در آزمایشگاه زیست‌شناسی تکوینی دانشگاه تربیت معلم تهران انجام گرفت. برای برق ورودی نیزازجریان برق شهری

۱-Landry ۲-McLeod

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

(۲۲۰ ولت) استفاده گردید. با استفاده از ترانسفورماتور کاهنده، برق ۲۲۰ولت شهر و شدت جریان ۱۵ آمپر به ولتاژ ٤۰ ولت و شدت جریان۲ آمپر تبدیل گردید. همچنین، شکل امواج، سینوسی و فرکانس۵۰ هرتز بود که میدانی به شدت ۱۳۱ گوس برابر با ۱۳/۱۱۵ میلی تسلا (mT) تولید می‌کرد(شکل۱).



شکل۱- دستگاه تولید کننده‌ی میدان الکترومغناطیسی .

محیط کشت مایع(Eagle's MEM)، حاوی۲۲۰۰ میلی‌گرم برلیتر سدیم بی‌کربنات و ٥۸٤ میلی‌گرم برلیتر ال گلوتامین[1] بوده که برای جلوگیری از ایجاد آلودگی، ۱۰۰میلی‌گرم برلیتر پنی‌سیلین و۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر استرپتومایسین، و به منظور غنی کردن محیط کشت مقدار۱۵میلی‌لیتر برلیتر سرم بند ناف انسان(هنگام کشت) اضافه گردید، سپس استریلاسیون توسط فیلتر سرنگی صورت گرفت. pH محیط کشت، با استفاده از دستگاه pH متر اندازه‌گیری و در حد ۷/٤ تثبیت گردید.

دراین آزمایش‌ها، از٤٥ موش بالغ ماده نژاد Balb/C با وزن۳۰ - ۲٦ گرم استفاده شد که از انستیتو پاستور تهیه شده و سپس در اتاق حیوانات با شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی و درجه حرارت ۲۳° C نگهداری شدند. هنگام شب، چهار موش ماده و یک موش نر در یک قفس قرار داده شده، آمیزش در نیمه شب انجام می‌گرفت. با رؤیت درپوش واژن روز صفر حاملگی مشخص گردید.

در روز ۱۱/٥ حاملگی، موش‌های ماده با اتر بیهوش شدند، سپس، لوله‌های رحمی با دقت از بدن مادر جدا گردیدند و در پتری دیش حاوی محلول نمک بالانس شده هنکس[2](HBSS) قرارگرفتند. درمرحله بعد، با استفاده از میکروسکوپ استریو، جنین‌ها از بافت رحمی جدا شدند، سپس، ازحفره آمنیونی خارج و جوانه‌های اندام حرکتی جلویی وعقبی جدا گردیده، در داخل پتری دیش دیگری که حاوی HBSS بود، قرارداده شدند(شکل۲). بلافاصله جوانه‌ها به ظروف کشت منتقل گردیدند[٦]. طی این روش، جوانه‌ها در فاز بین محیط کشت مایع وهوا قرارگرفته، سپس، ظروف کشت درانکوباتور دارای ٥% CO_2 و۹٥% هوا و دمای ۳۷±۰/۱ درجه سانتی‌گراد، به مدت دو روز انکوبه شدند. سه گروه از جوانه‌های اندام حرکتی برای این تحقیق در نظر گرفته شدند:

۱-L-glutamine ۲-Hanks balanced salt solution

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

۱) گروه کنترل(n=۷۰)، که در روز ۱۳/۵جنینی از بدن جدا شده، بدون این که درمحیط کشت قرار گیرند.
۲) گروه شم(n=۷۰)، که در روز ۱۱/۵ جنینی جدا شده و به مدت دو روز درمحیط کشت فاقد میدان قرار گرفتند.
۳) گروه آزمایشی(n=۷۰)، که در روز ۱۱/۵ جنینی ازبدن جدا شده و پس از دو ساعت تطبیق با محیط به مدت دو ساعت تحت تأثیر میدان(فرکانس ۵۰Hz و شدت ۱۳۱ گوس) قرارگرفتند و به مدت دو روز در محیط کشت مذکور، کشت داده شدند.

نمونه‌های هر یک از گروه‌ها به مدت ۵ ساعت در فیکساتور بوئن تثبیت شدند، سپس، مراحل آب‌گیری(اتانول)، شفاف کردن (تولوئن)، آغشته ساختن با حمام پارافین و قالب‌گیری با پارافین انجام گرفت آنگاه از قالب‌های آماده شده برش‌های سهمی به ضخامت ۵ میکرون تهیه شد و با روش هماتوکسیلین ـ ائوزین رنگ‌آمیزی صورت گرفت. سپس به طور تصادفی در ۱۰ مقطع از هرلام تهیه شده، طول نواحی مختلف جوانه‌ها با استفاده از گراتیکول خطی اندازه‌گیری و تعداد سلول‌ها توسط گراتیکول مشبک شمارش گردید.

نتایج به دست آمده به صورت اعداد خام به کامپیوتر داده شد، آنگاه تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها، با استفاده از نرم افزارSPSS در P<۰/۰۰۱ ، P<۰/۰۱ وP<۰/۰۵ و با در نظرگرفتن انحراف معیار(SE) انجام گردید؛ سپس، با کمک نرم افزار excel، هیستوگرام‌های مربوطه ترسیم شد.

b a

شکل۲ـ استریوفتومیکروگراف جوانه اندام حرکتی در روز ۱۱/۵ جنینی (بزرگ‌نمایی ۳۵×)
a : جوانه اندام حرکتی جلویی b : جوانه اندام حرکتی عقبی

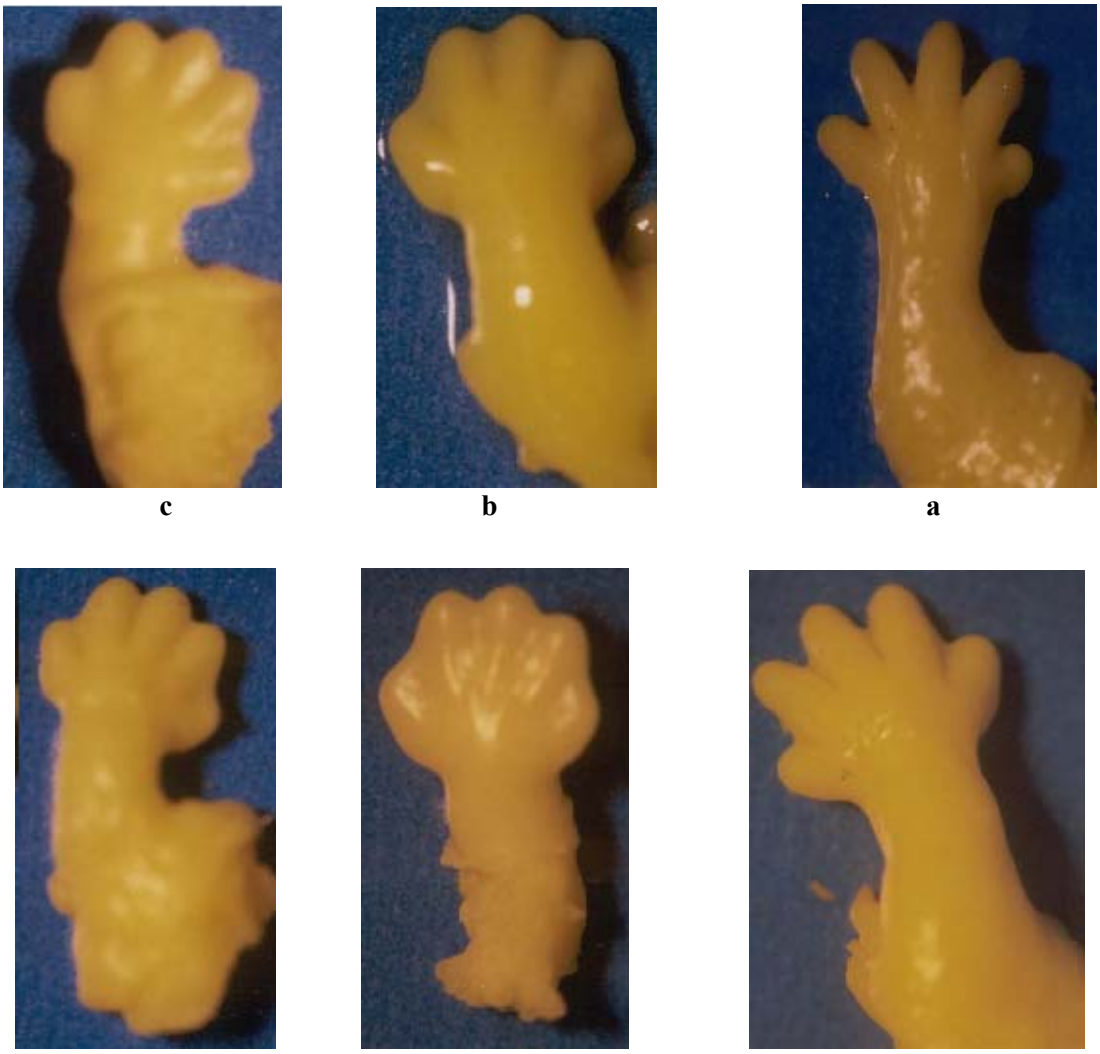
نتایج

اندام حرکتی جلویی و عقبی هر یک از سه گروه کنترل، شم و آزمایشی به طور جدا گانه تحت بررسی‌های ماکروسکوپی، میکروسکوپی، هیستولوژیکی وآماری قرار گرفتند(شکل۳). مقایسه گروه آزمایشی با گروه‌های کنترل و شم نشان دهنده رشد جوانه‌ها در طول محورهای P-D و A-P است ولی هیچگونه ناهنجاری ظاهری در جوانه‌ها دیده نشد. با بررسی هیستولوژیکی فتومیکروگراف‌های جوانه‌های اندام حرکتی سه گروه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

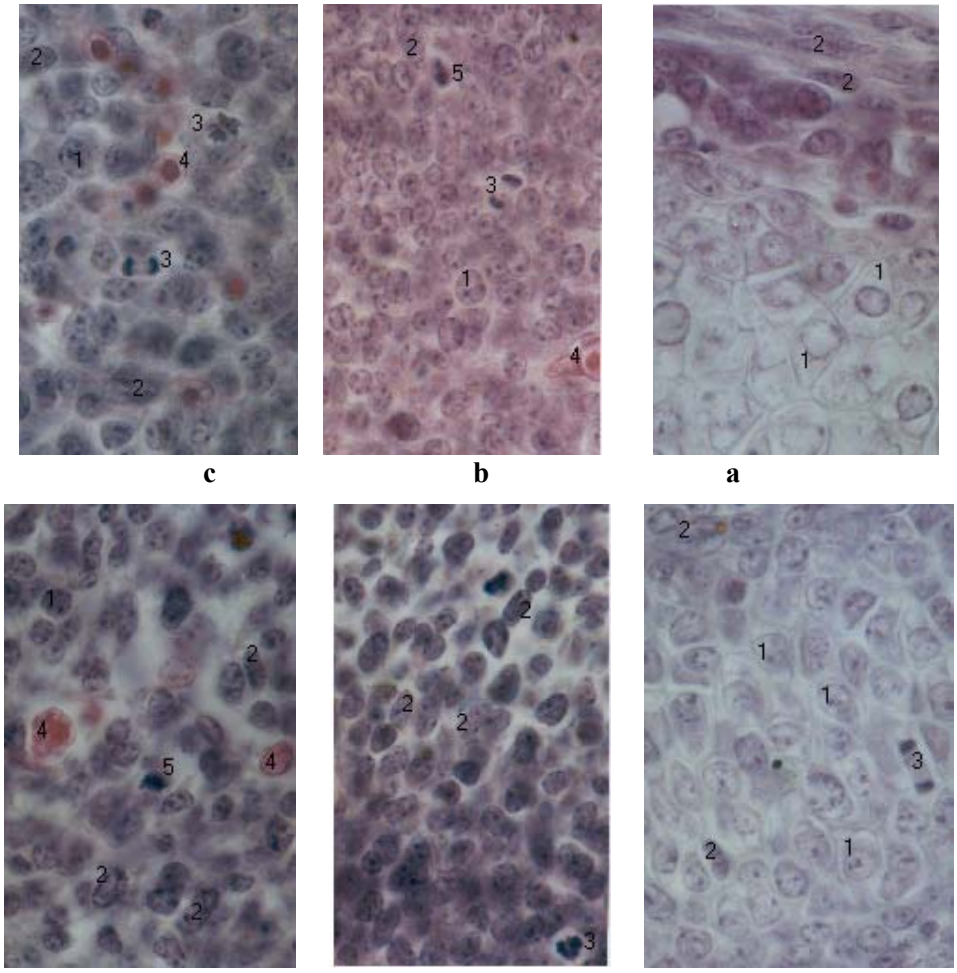
کنترل، شم و آزمایشی(شکل٤) فاکتورهایی از قبیل طول کل اندام، عرض کل اندام، طول هریک از انگشتان، طول منطقه اول(انگشت و کف)، طول منطقه دوم(مچ)، طول منطقه سوم (بازو وساعد در مورد دست یا ساق و ران در مورد پا)، تعداد سلول‌های غضروفی و مزانشیمی، سلول‌های درحال تقسیم و دژنره شدن و گلبول‌های قرمز خون مشخص گردید.

با مقایسه هیستوگرام‌های (اشکال ٥، ٦ و٧) هریک از این نمونه‌ها با یکدیگر، اختلاف معنی داری بین همه موارد بررسی شده ، به جز تعداد سلول‌های دژنره شده مشخص گردید ($P<۰/۰۰۱$ ، $P<۰/۰۱$ و $P<۰/۰۵$).



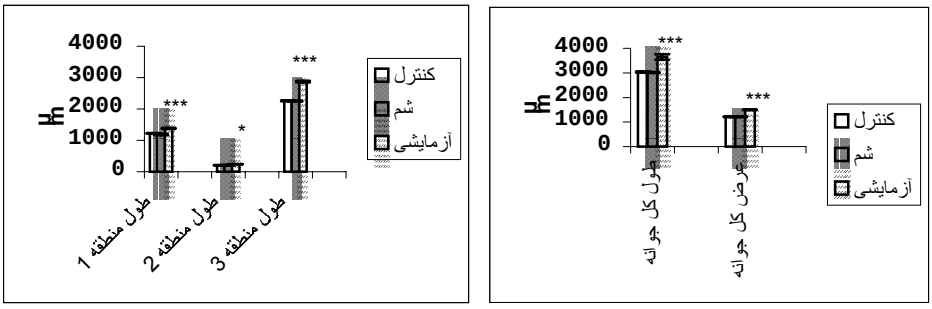
شکل۳- استریوفتومیکروگراف جوانه‌های اندام حرکتی در گروه‌های آزمایشی، شم و کنترل(بزرگ‌نمایی ۳۵×)
a: جوانه اندام حرکتی جلویی جنین ۱۳/۵ روزه گروه آزمایشی b: جوانه اندام حرکتی جلویی جنین ۵/ ۱۳ روزه گروه شم c: جوانه اندام حرکتی جلویی جنین۱۳/۵ روزه گروه کنترل d:جوانه اندام حرکتی عقبی جنین ۱۳/۵ روزه گروه آزمایشی e: جوانه اندام حرکتی عقبی جنین ۱۳/۵ روزه گروه شم f: جوانه اندام حرکتی عقبی جنین ۱۳/۵ روزه گروه کنترل

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ٤- فتومیکروگراف جوانه اندام حرکتی گروه‌های آزمایشی، شم و کنترل(الف- سلول غضروفی، ب- سلول مزانشیمی، پ- سلول در حال تقسیم ،ث- گلبول قرمز خون و ج- سلول دژنره شده (بزرگ‌نمایی ۱۱۲۵×))

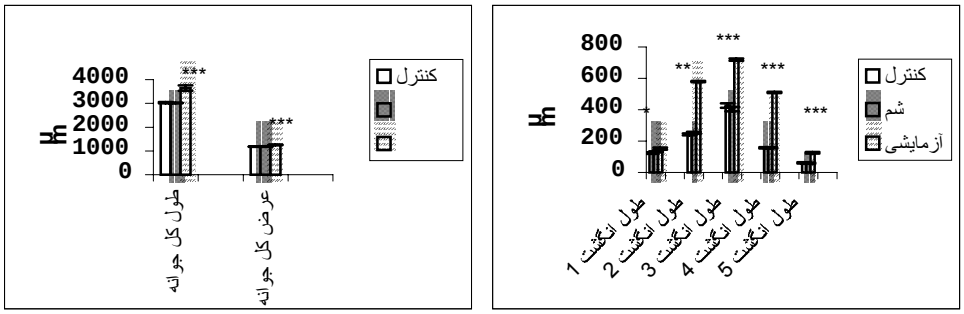
a: جوانه اندام حرکتی جلویی جنین ۱۳/۵ روزه گروه آزمایشی b: جوانه اندام حرکتی جلویی جنین ۱۳/۵ روزه گروه شم c: جوانه اندام حرکتی جلویی جنین ۱۳/۵ روزه گروه کنترل d: جوانه اندام حرکتی عقبی جنین ۱۳/۵ روزه گروه آزمایشی e: جوانه اندام حرکتی عقبی جنین ۱۳/۵ روزه گروه شم f: جوانه اندام حرکتی عقبی جنین ۱۳/۵ روزه گروه کنترل



a b

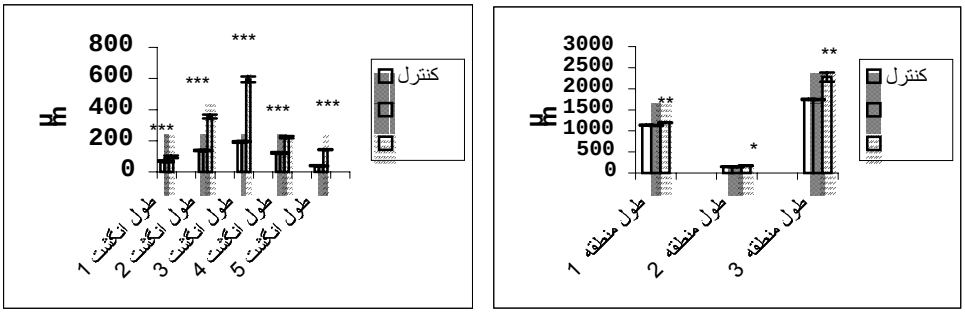
(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



d c

(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)



f e

(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)

شکل۵- مقایسه رشد جوانه‌های اندام حرکتی گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

a : مقایسه رشد طولی و عرضی کل جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

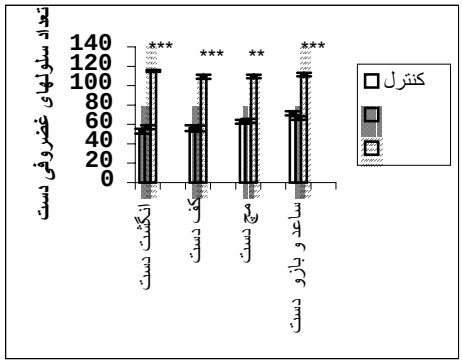
b : مقایسه رشد طولی منطقه ۱(انگشت و کف دست)، رشد طولی منطقه ۲(مچ دست) و رشد طولی منطقه ۳(ساعد و بازو) جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

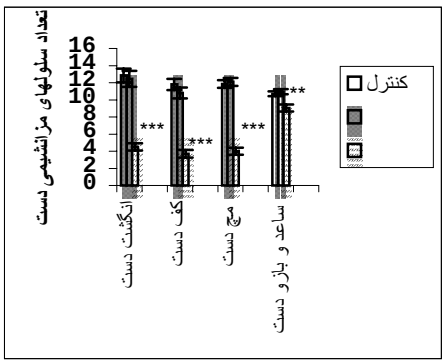
c : مقایسه رشد طولی انگشتان جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

d : مقایسه رشد طول و عرض کل جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

e : مقایسه رشد طولی منطقه ۱(انگشت و کف پا)، رشد طولی منطقه ۲(مچ پا) و رشد طولی منطقه ۳(ساق و ران) جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

f : مقایسه رشد طولی انگشتان جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی



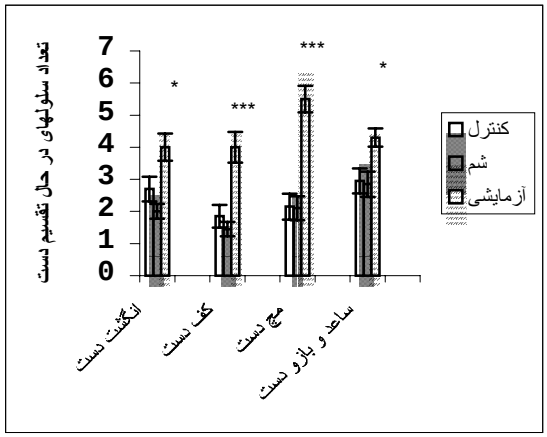


b a

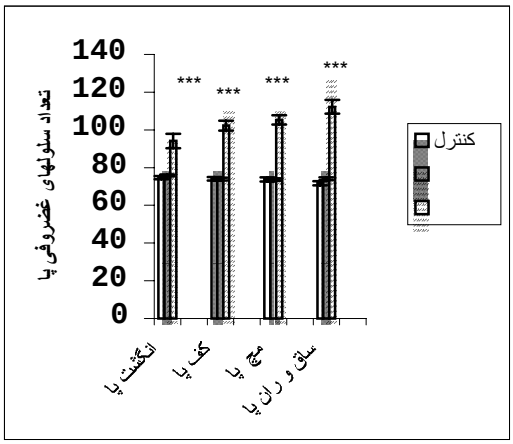
شکل ٦- (*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

(ادامه شکل ٦)

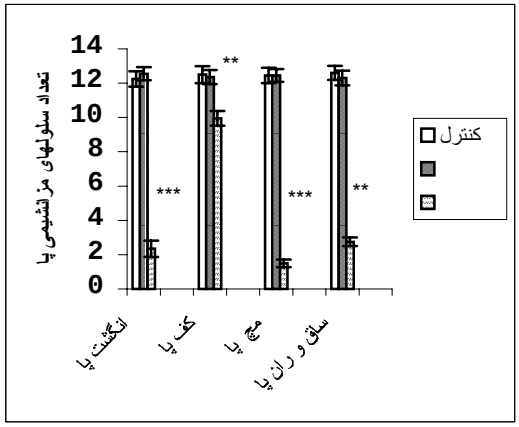


c

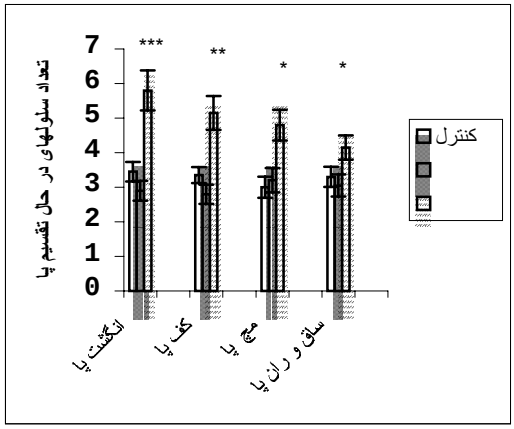


d

(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)



e



f

(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)

شکل ٦- مقایسه تعداد سلول‌های جوانه‌های اندام حرکتی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

a : مقایسه تعداد سلول‌های غضروفی جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

b : مقایسه تعداد سلول‌های مزانشیمی جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

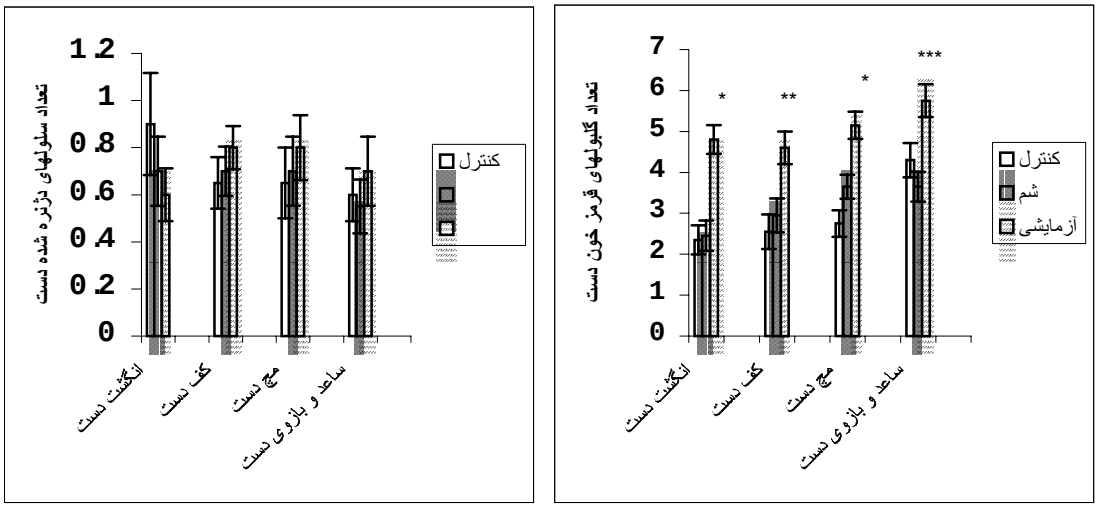
c : مقایسه تعداد سلول‌های در حال تقسیم جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

d: مقایسه تعداد سلول‌های غضروفی جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

e : مقایسه تعداد سلول‌های مزانشیمی جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

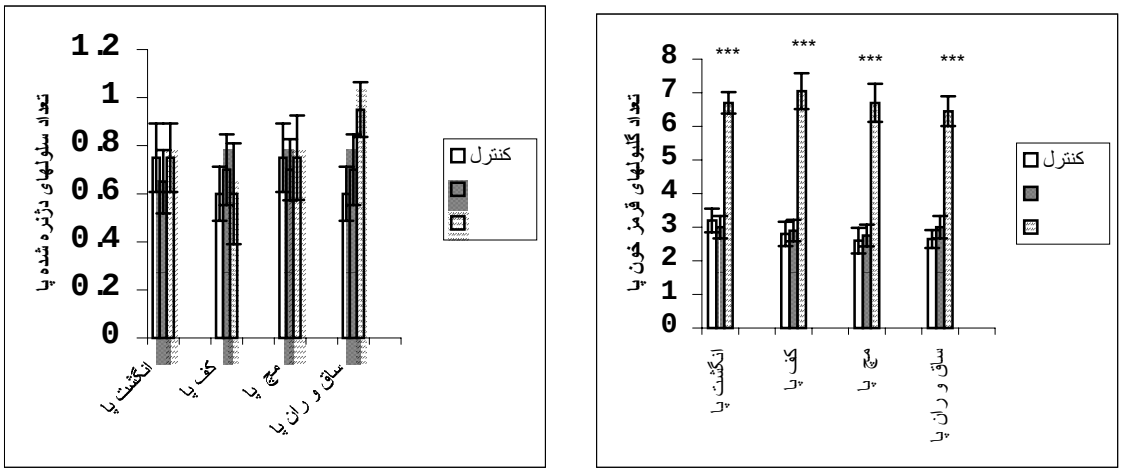
f : مقایسه تعداد سلول‌های در حال تقسیم جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



b a

(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)



d c

(*P<۰/۰۵ , **P<۰/۰۱ , ***P<۰/۰۰۱)

شکل ۷- مقایسه تعداد سلول‌های جوانه‌های اندام حرکتی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

a : مقایسه تعداد گلبول‌های قرمز خون جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

b : مقایسه تعداد سلول‌های دژنره شده جوانه اندام حرکتی جلویی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

c : مقایسه تعداد گلبول‌های قرمز خون جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

d: مقایسه تعداد سلول‌های دژنره شده جوانه اندام حرکتی عقبی در گروه‌های کنترل، شم و آزمایشی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

بحث

فرایند رشد و نمو بسیاری از اندام‌ها تحت تأثیر میدان‌های الکترومغناطیسی، مثبت و یا منفی است. تحقیقات زیادی در زمینه تأثیر این میدان‌ها بر موجودات زنده انجام گرفته ولی نتایج متفاوت بوده است. با وجود تنوع فاکتورهای مؤثر(فرکانس، شدت میدان، شکل موج، مدت زمان اثردهی میدان و نوع حیوان) اما اعتقاد اکثر پژوهشگران براین است که فرکانس میدان‌های الکترومغناطیسی دارای نقش اصلی است و از این میان، فرکانس‌های محدوده ۳۰۰-۳۰ هرتز که اصطلاحاً ELF [۱] نامیده می‌شود، بیش‌ترین تأثیر را بر بافت‌های زنده دارد[۷].

نتایج بررسی‌های اخیر نشان دهنده افزایش سلول‌های در حال تقسیم در نواحی مختلف جوانه اندام حرکتی گروه‌های آزمایشی بوده که بیان‌گر آثار میدان الکترومغناطیسی است[۸].

نتیجه دیگربه دست آمده از مطالعات اخیر، تجمع سلول‌های پیش ساز در مناطق غضروف‌ساز گروه‌های آزمایشی است که عامل مهمی برای ایجاد ارتباط بین سلولی و غضروف‌زایی است، به طوری که مقدار cAMP سلولی افزایش یافته، باعث تحریک غضروف‌زایی می‌شود؛ این پدیده در شرایط in vivo توسط نیومن[۲][۹] و در شرایط in vitro توسط سولارس[۳] و همکاران به اثبات رسیده است[۱۰]. عامل مهم دراین زمینه، تراکم اسید هیالورونیک خارج سلولی است که در شرایط in vivo توسط کوشر[۴] و همکاران[۱۱] و در شرایط in vitro توسط سولارس و همکاران پیشنهاد گردیده است[۱۲].

کاهش سلول‌های مزانشیمی در گروه‌های آزمایشی نیز به علت تمایز آن‌ها به سلول‌های غضروفی تحت فرایند غضروف‌زایی است[۱۲]. پس از مطالعه ساختار بافتی گروه‌های آزمایشی، سلول‌های غضروفی به خوبی به شکل کروی قابل مشاهده است. این سلول‌ها به صورت سلول‌های درحال تمایز به کندروسیت‌ها در مناطق غضروف‌ساز دیده می‌شوند، سولارس و همکاران نیز نشان دادند که شکل کروی نقش مؤثری در تمایز سلول‌های غضروفی دارد[۱۳]. همچنین نتایج بررسی‌های اخیرنشان داد که تحت تأثیر میدان الکترومغناطیسی تعداد سلول‌های غضروفی افزایش یافته و تکامل بیش‌تری می‌یابند. درحقیقت، می‌توان گفت که میدان الکترومغناطیسی تمایز و تقسیم را در سلول‌های غضروفی به گونه‌ای افزایش داده که« محمدعلی و همکاران، ۱۹۹٤» نیز آثار آنابولیک میدان الکترومغناطیسی(با فرکانس ۱۵۰MHz) را برفعالیت‌های آنزیمی سلول‌های غضروفی جوانه‌های اندام حرکتی در in vitro مشاهده کردند[۱٤]. به این ترتیب همان طور که نتایج تحقیقات اخیر نشان داد، تأثیر میدان الکترومغناطیسی سبب افزایش طول و بخش‌های مختلف جوانه گردیده و هیچ گونه ناهنجاری مورفولوژیکی در نمونه‌ها مشاهده نمی‌شود.

۱-extremely low frequency ۲-Newman ۳-Solursh ٤- Kosher

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

افزایش معنی‌دار درتعداد گلبول‌های قرمز گروه‌های آزمایشی نشان داد که میدان الکترومغناطیسی بر فرایند خون‌سازی تأثیر می‌گذارد، همانطور که تحقیقات کسلر[1] و همکاران ثابت کرد که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند برخی از پارامترهای خون را تحریک نموده و افزایش معنی‌داری درتعداد سلول‌های خونی (اریتروسیت‌ها، تعداد مقاطع رگ‌های خونی، غلظت هموگلوبین و پروتئین‌های پلاسمایی) موجب گردد[۱۵].

درتعداد سلول‌های دژنره شده در محیط کشت پس از تأثیر میدان هیچ گونه تغییرات معنی‌داری دیده نشد که نشان دهنده عدم تأثیر میدان (با فرکانس Hz ۵۰ و شدت ۱۳۱ گوس) بر مرگ و میر سلولی است.

به این ترتیب نتایج به وجود نوعی پتانسیل غضروف‌زایی وخون‌سازی برای میدان‌های الکترومغناطیسی تأکید می‌گذارد که می‌توان از آن در موارد کلینیکی و پزشکی بهره‌های فراوان برد؛ و با به کارگیری میدان الکترومغناطیسی می‌توان گام وسیعی در زمینه تکثیر و ترمیم سلول‌های غضروفی برداشت.

تقدیر وتشکر

بدین وسیله از همکاری مسئولان محترم گروه زیست شناسی و دانشکده علوم دانشگاه تربیت معلم تهران در تأمین امکانات اجرایی این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. J. Blaxham , The evolution of the earth's magnetic field , SCI. AM. 12 (1989) 68-75.
2. P. S. Landry, K. K. Sadasivan, A. A. Marino, J. A. Albright, Electromagnetic fields can affect osteogenesis by increasing the rate of differentiation , clinical orthopaedics. 338 (1997) 262-270 .
3. K.J. McLeod, C.T. Rubin, The effects of low-frequency fields on osteogenesis, J. Bone. Joint. Surg. Incor. 74(6) (1992) 920-9.
4. Y. Hiraki, N. Endo, M. Takigawa, A. Asada, H. Takahashi, F. Suzuki, Enhanced responsiveness to parathyroid hormone and induction of functional differentiation of cultured rabbit costal chondrocytes by a pulsed electromagnetic field , Biochim. Biophys. Acta. 931(1)(1987) 94-100
5. H. Mohamed-Ali, M. Scheller, M. Hetscher, S. Kohlsmann, K.D. Kramer, Action of high–frequency magnetic field on the cartilage matrix in vitro, Bioelectrocheemistry and Bioenergetics 37 (1995) 25-29.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

6. R.I. Freshney, Animal cell culture -a practical approach, Oxford university press publisher , New York. (1992)233-236.
7. I. Zusman, Effect of pulsing electromagnetic fields on the prenatal and postnatal development in mice and rat. In vivo and in vitro, studies. Teratology. 42 (1990) 157-170.
8. F. Pezzetti, M. De Mattei, A. Caruso, R. Cadossi, P. Zucchini, F. Carinci, G.C. Traina, V. Sollazzo, Effects of Pulsed Electromagnetic Fields on Human Chondrocytes: An In Vitro Study. Calcif. Tissue. Int. 65 (1999) 396–401.
9. S.A. Newman, Lineage and pattern in the developing vertebrate limb, Trends. Genet. 4 (1988) 329-332.
10. M. Solursh, R. Reiter, P.B. Ahrens, B.M. Vertel, Stage and position- related changes in chondrogenic response of chick embryonic wing mesenchyme to treatment with dibutyryl cyclic, AMP. Dev. Biol. 83 (1981) 9-19.
11. R.A. Kosher, M.P. Savage, K.H. Walker, A gradation of hyaluronate accumulation along the proximodistal axis of the embryonic chick limb bud . J. Embryol. Exp. Morpol. 63 (1981) 85-98.
12. M. Solursh, R.S. Reiter, Evidence for histogenic interaction during in vitro limb chondrogenesis, Dev. Biol. 78 (1980) 141-150.
13. M. Solursh, T.F. Linsenmaryer, K.L. Jensen, Chondrogenesis from single limb mesenchyme cell, Dev .Biol. 78 (1982) 141- 150.
14. H. Mohamed-Ali, H. Kolkenbrock, N. Ulbrich, H. Sorensen, K.D. Kramer, H.J Merker., Influence of electeromagnetic fields on the enzyme activity of rheumatiod synovial fluid cells in vitro, Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 32(4) (1994) 319-26.
15. G. Cieslar, A. Sieron, B. Turczynski, M. Adamek and F. Jaskolski, The influence of extremely low-frequency variable magnetic fields on rheologic and dielectric properties of blood and the water-electrolyte balance in experimental animals, Bielectrochemistry and Bioenergetics 35(1994)29-32.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]