

## تاثیر پالس‌های مستقیم الکتریکی بر بلوغ تخمک‌های نارس موش و تکوین جنین‌های حاصله

حسین ایمانی <sup>Ph.D.</sup> \*<sup>‡</sup>، مجتبی رضازاده <sup>Ph.D.</sup> \*<sup>‡</sup>، محمدحسین نصراصفهانی <sup>Ph.D.</sup> \*<sup>‡</sup>

محمدحسین بهاروند <sup>M.Sc.</sup> \*<sup>‡</sup>، سعید کاظمی <sup>Ph.D.</sup> \*<sup>‡</sup>، عبدالحسین شاهرودی <sup>M.Sc.</sup> \*<sup>‡</sup>

\* پژوهشکده رویان، گروه جنین‌شناسی

\* دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه آناتومی

\* دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله، دانشکده پزشکی، گروه آناتومی

<sup>‡</sup> آدرس مکاتبه: تهران، صندوق پستی ۴۶۴۴-۱۹۳۹۵، پژوهشکده رویان، گروه جنین‌شناسی

### چکیده

دریافت مقاله: ۸۲/۳/۴، پذیرش مقاله: ۸۲/۷/۲۴

هدف: مطالعه تاثیر پالس‌های مستقیم الکتریکی (Direct Electric DC) بر از سرگیری میوز و بلوغ آزمایشگاهی تخمک‌های نارس موش و تکوین جنین‌های حاصل از آن.

مواد و روشها: تخمک‌های نارس در نوبتهای مختلف از تخمدان موشهای بالغ (۶-۴) هفته نژاد NMRI در شرایط استریل جدا شد. تخمک‌های حاصل در پنج گروه دسته بندی شدند. تخمک‌های گروه یک تا چهار در محیط M2 به ترتیب در معرض ۱، ۲، ۳ و ۴ تحریک تخمک الکتریکی DC (۵۰V، ۳۰μS) با فاصله نیم ساعت قرار داده شدند. تخمک‌ها پس از شستشو در محیط T6 جهت بلوغ در محیط MEM-α بمدت ۲۴ ساعت داخل انکوباتور ۳۷°C با CO<sub>2</sub> پنج درصد قرار گرفتند. تخمک‌های بالغ شده (Metaphas II) در کنار اسپرم موشهای نر همان نژاد قرار گرفتند.

یافته‌ها: علی‌رغم معنی‌داری نتایج فعال کردن تخمک‌ها و از سرگیری میوز در تمام گروهها، تحریک الکتریکی DC (۵۰V، ۳۰μS) اکثر تخمک‌های نارس را فعال کرده (۸۹-۷۷ درصد) و ۶۸ تا ۷۷ درصد آنها بالغ شده و ۸۲-۴۲ درصد تخمک‌های بالغ شده نیز بارور شدند. شکل‌گیری جنین‌ها در گروه سوم (۳ بار تحریک) نسبت به دیگر گروهها بطور معنی‌دار نسبت به بقیه گروهها بالاتر بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد: جریان الکتریکی مستقیم در بازسرگیری میوز، شکسته شدن هسته و آزاد شدن اولین جسمک قطبی، بلوغ آزمایشگاهی، لقاح، شکل‌گیری و تکوین جنین‌ها تاثیر دارد و احتمالاً با تعمیم این روش بلوغ تخمک‌های نارس خانمهای نابارور با ترشح نامنظم و ناقص FSH و LH امکان پذیر خواهد بود.

کل واژگان: بلوغ آزمایشگاهی، فعال کردن الکتریکی، تخمک نارس، موش

فعال کردن مصنوعی تخمک پستانداران به منظور ایجاد سیتوپلاسم مناسب میزبان برای همانندسازی جنین، بررسی تاثیرات پلوییدی و بیان صفات والدین در تکوین جنین‌ها استفاده می‌شود، علاوه بر فعال کردن تخمک‌ها راه مناسبی برای بهبود کیفیت بلوغ آزمایشگاهی تخمک‌هاست، چراکه در لقاح آزمایشگاهی ارزیابی بلوغ سیتوپلاسم و بکارگیری تخمک مناسب، عامل مؤثری در بهبود لقاح و تکوین جنین‌هاست (۱).

اگر چه القاء فعالیت مصنوعی تخمک در گونه‌های مختلف با استفاده از مواد شیمیایی (۲) از قبیل کلسیم یونوفور (۳)، استرونیسم  $sr^{+2}$  (۴) اتانول (۵) و سیکلوهگزآمید (۶) گزارش شده است، اما مواد شیمیایی در فعال ساختن تخمک بعضی از حیوانات از جمله تخمک Procine مؤثر نیست (۷، ۸). فعال کردن پارتنئوژنیک تخمک بوسیله تحریکات الکتریکی در انتقال هسته بطور گسترده‌ای مورد استفاده دارد و لازمه شروع تکوین جنین‌های حاصل از انتقال هسته با فعال کردن تخمک است، که عموماً بوسیله تحریک الکتریکی صورت می‌گیرد، لیکن علیرغم گزارشات متعدد مبنی بر سودمندی این روش، هنوز مطلوب نیست و حداقل اثر بخشی را دارد.

ناکون تاثیر سیگنال مستقیم الکتریکی با دوره زمانی بر شکل‌گیری پیش هسته تخمک خوکچه (۹، ۱۰، ۱۱) و همچنین تغییرات پارتنئوژنیک حاصل از پالس‌های مشخص در تکوین جنین‌های خرگوش مورد بررسی قرار گرفته است (۱۲، ۱۳، ۱۴).

در شرایط طبیعی فعال کردن الکتریکی تخمک‌ها در حالت اتصال اسپرم به تخمک، حدود ۹۰ دقیقه طول می‌کشد و نتیجه آن آزادسازی جسمک قطبی است. اگر در این دوره زمانی چندین پالس الکتریکی بر تخمک‌ها اعمال گردد، خصوصیات یک تخمک فعال را نشان می‌دهد (۱۵، ۱۶، ۱۷) و آزاد سازی دومین جسمک قطبی دیپلوئیدی را در آنها مشهود می‌گردد (۱۸). با کاهش تعداد و شدت پالس‌های الکتریکی و جلوگیری از تحریکات بیش از حد، تخمک‌ها بطور طبیعی فعال شده و ساختار هاپلوئیدی پیدا خواهند کرد (۱۸). از این رو بعضی محققین معتقدند: کاهش نسبت تعداد پالس‌ها به تناوب زمانی راه حل مناسبی است و این اثر بخشی با افزایش فواصل بین اعمال پالس‌ها بیشتر می‌شود. تعیین تعداد تحریکات پالس‌های الکتریکی قبل از اعمال آن از اصول ضروری فعال سازی الکتریکی تخمک‌هاست (۱۵، ۱۸، ۱۹).

علاوه بر این فاکتورهای کیفی تخمک، نژاد حیوان، مرحله تکوینی تخمک در زمان فعال شدن نقش مهمی در میزان موفقیت این پدیده دارد (۱۶، ۲۰، ۲۱). تاثیر میزان پالس‌های الکتریکی در بلوغ تخمک پس از اوولاسیون در زمانهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است، و باروری ۷۷ درصد تخمک‌های فعال شده گزارش شده است (۲۲). در این تحقیق تاثیر پالس‌های الکتریکی مستقیم ۷۰ ولتی در تناوب ۳۰ میکرو ثانیه‌ای در دفعات مختلف بدون القا اوولاسیون و بدون دریافت هورمونهای گنادوتروپینی خارجی در تخمک‌های نارس موش، میزان فعال شدن تخمک‌های نارس، بلوغ، لقاح و تکوین جنین‌های حاصل از تخمک‌های بالغ شده مورد توجه قرار گرفته است.

## مواد و روشها

### ت تهیه تخمک‌های نارس

در این تحقیق از موشهای سوری نژاد NMRI ۶-۴ هفته‌ای تهیه شده از انیستیتو رازی کرج (ایران) استفاده شد. موشهای ماده با قطع نخاع کشته شده و تخمدان آنها در شرایط استریل خارج و پس از انتقال درون فطرات ۵۰۰ میکرولیتری محیط کشت MEM- $\alpha$  حاوی FCS ۵ درصد، چربیهای اضافی اطراف تخمدان حذف و با استفاده از سرنگ‌های انسولین Dissect شده و تخمک‌های نارس و حاوی ژرمنال وزیکل همراه با سلولهای گرانولوزا جدا شد. سپس با روش پیست کردن سلولهای گرانولوزای اطراف آن برداشته شد. تخمک‌های نارس هسته دار (Germinal) با سیتوپلاسم روشن، ZP (Zona Pellucida) بکنواخت با فضای Prevettline مناسب یکسان برای پنج گروه انتخاب شدند.

### فعال کردن تخمک‌ها

تخمک‌های عاری از سلولهای گرانولوزا بین دو ورقه استیل الکترودی دستگاه الکتروفیزون روی لام مخصوص در داخل محیط کشت M<sub>2</sub> حاوی ۱۸۸M /۰ مانتول، ۱۰۰  $\mu$ M کلیرد کلسیم و ۱۰۰  $\mu$ M کلیرد منیزیم قرار داده شد. پالس الکتریکی مستقیم (30 $\mu$ s, 50v; DC) در چهار گروه آزمایش اعمال و با گروه کنترل (پنجم) مقایسه شد.

گروه اول (GI)، ۱۵۸ تخمک نارس با یک پالس الکتریکی (DC)، گروه دوم (GII)، تعداد ۱۵۱ عدد تخمک نارس با دو پالس الکتریکی (DC) به فاصله نیم ساعت، گروه سوم (GIII) ۱۰۵ عدد تخمک نارس با سه پالس الکتریکی (DC) به تناوب با فاصله زمانی نیم ساعت، گروه چهارم ۱۰۵ تخمک نارس با چهار پالس الکتریکی به تناوب و با فاصله زمانی نیم ساعت تحریک شدند و در گروه پنجم (GN) تعداد ۱۹۴ تخمک نارس بدون تحریک الکتریکی بعنوان گروه کنترل انتخاب شد.

تخمک‌های نارس فعال شده با DC و تخمک‌های گروه کنترل بمدت ۲۴ ساعت در محیط کشت MEM- $\alpha$  حاوی FCS ۵ درصد در داخل انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد با CO<sub>2</sub> ۵ درصد قرار داده شد و سپس با میکروسکوپ معکوس، مراحل بلوغ آزمایشگاهی و از سرگیری میوز در تمام گروهها بررسی شد. تخمک‌های بدون تغییر در هسته را با عنوان تخمک‌های GV با نارس (Germinal Vesicle)، تخمک‌های با هسته شکسته شده بعنوان (GVB) Germinal Vesicle Breakdown) با نشانه شروع تقسیم میوز و تخمک‌های دارای جسمک قطبی بعنوان تخمک‌های بالغ یا MII (Metaphase II) شناسایی گردید.

### لقاح و تکوین تخمک‌های بالغ شده

ابتدا موشهای سوری نژاد NMRI به روش قطع نخاعی کشته، دم اپیدیدیم آنها جدا و فطرات ۵۰۰ میکرولیتری محیط کشت T6 حاوی ۵ میکروگرم BSA (Bovine Serum Albumin) در هر میلی‌لیتر منتقل شده، سپس نمونه‌ها بمدت ۱/۵ ساعت در داخل انکوباتور

در گروه سوم آزمایشی (GIII) از ۱۰۵ تخمک نارس سالم که در معرض سه پالس الکتریکی DC قرار گرفتند پس از ۲۴ ساعت در ۱۶/۱۹ درصد آنها تغییری مشاهده نگردید. از سرگیری میوز در ۸۳/۸ درصد تخمک‌ها شروع شد که از این میزان در ۱۲/۲۵ درصد هسه‌ها شکسته شد و ۷۱/۴۲ درصد تخمک‌ها بالغ شدند و به مرحله MII رسیدند، که با گروه کنترل و سه گروه آزمایشی دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. ۳۹ عدد تخمک بالغ شده با اسپرم نر مجاور (Inseminate) شد. جدول شماره یک نشانگر میدان لقاح و وضعیت تکوین تخمک‌های بارور شده است (جدول ۱).

در گروه چهارم آزمایشی (GIV) از ۱۰۵ تخمک نارس سالم که در معرض چهار پالس الکتریکی DC قرار گرفتند، پس از ۲۴ ساعت در ۱۱/۴۲ درصد آنها نشانی از شروع میوز مشاهده نشد. از سرگیری میوز در ۷۹/۹۹ درصد مشاهده شد که از این میزان در ۸/۵۷ درصد هسه تخمک‌ها شکسته شد و ۷۱/۴۲ درصد این تخمک‌ها روند میوز خوبی طی شد و در محیط آزمایشگاه بالغ گردید. ۵۰ عدد تخمک بالغ شده آزمایشگاهی با اسپرم‌های موش نر مجاور (Inseminate) شدند که پس از ۲۴ ساعت ۲۸ درصد تخمک‌ها به جنین‌های دو سلولی تبدیل شدند که نسبت به گروه کنترل و دیگر گروههای آزمایشی اختلاف فاحش معنی‌داری داشت. وضعیت تکوین تخمک‌های بارور شده در روزهای دوم، سوم و چهارم در جدول شماره یک آورده شده است (جدول ۱).

در گروه کنترل (N) ۱۹۴ تخمک نارس سالم در معرض تحریک الکتریکی قرار نگرفتند و مستقیماً وارد محیط کشت شدند. پس از ۲۴ ساعت در ۲۲/۶۸ درصد هیچ علامتی از شروع میوز مشاهده نگردید، که نسبت به تمام گروههای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. هسه ۹/۲۷ درصد هسه تخمک‌های نارس شکسته شد و در ۶۸/۰۴ درصد تخمک‌ها روند میوز بخوبی طی شد و در محیط آزمایشگاه بالغ شدند، که بجز با گروه دوم آزمایش باقیه گروههای آزمایشی اختلاف داشت. ۸۴ تخمک بالغ شده با اسپرم‌های موش نر مجاور (Inseminate) شدند، که پس از ۲۴ ساعت ۹ درصد تخمک‌ها به جنین‌های دو سلولی تبدیل شدند و وضعیت تکوین تخمک‌های بارور شده در روزها بعد در جدول شماره یک آورده شده است (جدول ۱).

۳۷ درجه سانتی‌گراد حاوی CO<sub>2</sub> ۵ درصد انکوبه شد. با انتقال اسپرمهای فعال، سالم از کتاره قطره (در هر میلی‌لیتر ۱×۱۰<sup>۵</sup> عدد اسپرم) به داخل فطرات محیط T6 حاوی ۱۶ میلی‌گرم BSA بر میلی‌لیتری، تخمک‌های بالغ شده نیز به آنها منتقل شد. تخمک‌ها پس از ۶-۴ ساعت از محیط فعلی به قطره‌های محیط T6 حاوی ۵ میلی‌گرم BSA بر میلی‌لیتری منتقل شدند. وضعیت تخمک‌ها پس از ۲۴، ۴۸، ۷۲، ۹۶ ساعت بوسیله میکروسکوپ معکوس برای ثبت مراحل تکوین جنینی بررسی شد و نتایج حاصل با آزمون آماری Chi-Square بررسی شد.

## یافته‌ها

در این مطالعه ۷۱۳ تخمک نارس و سالم در نوبتهای مختلف از تخمدان موشهای سوری جدا شد و بطور تصادفی در چهار گروه آزمایشی و یک گروه کنترل تقسیم بندی شد. همانطور که در جدول شماره یک آمده است، در گروه آزمایشی اول (GI) از ۱۵۸ تخمک نارس که در معرض یک پالس الکتریکی DC قرار گرفت، پس از ۲۴ ساعت در ۱۱/۴ درصد آنها نشانی از علایم شروع میوز دیده نشد. از سرگیری میوز در ۸۸/۶ درصد تخمک‌های نارس مشاهده شد، که از این میزان ۱۱/۴ درصد هسه آنها شکسته شد. ۷۷/۲ درصد آنها تا مرحله MII پیش رفته و بالغ شدند. میزان بلوغ این گروه با دیگر گروههای آزمایشی و گروه کنترل اختلاف داشت که از نظر آماری معنی دار بود. ۹۲ عدد تخمک بالغ شده آزمایشگاهی با اسپرم‌های موش نر مجاور (Inseminate) گردید. جدول نشانگر میزان لقاح و وضعیت تکامل تخمک‌های بارور شده است (جدول ۱).

در گروه دوم آزمایشی (GII) از ۱۵۱ تخمک نارس سالم که در معرض دو پالس الکتریکی DC قرار گرفته، پس از ۲۴ ساعت در ۲۲/۵۱ درصد آنها هیچ تغییری مشاهده نشد. از سرگیری میوز در ۸۰/۱۲ درصد تخمک‌ها شروع شد که از این میزان در ۱۱/۲۵ درصد هسه شکسته و ۶۸/۷۸ درصد آنها بالغ و تا مرحله MII پیش رفتند، که از نظر آماری با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت. ۸۴ تخمک بالغ شده با اسپرم‌های موش نر مجاور (Inseminate) شد، جدول ۱ نشانگر میزان لقاح و وضعیت تکوین تخمک‌های بارور شده است (جدول ۱).

گروههای آزمایشی	تعداد تخمک نارس	۲۴ ساعت پس از تحریک الکتریکی				تعداد تخمک	پس از ۲۴ ساعت insemination شده	جنین‌ها ۲۸ ساعت پس از insemination			جنین‌ها ۷۲ ساعت پس از insemination			جنین‌ها ۹۶ ساعت پس از insemination		
		GV	MII	GVB	%			%	%	%	%	%	%	%	%	
GI	۱۵۸	۱	۱۸	۱۸	۱۲۲	۹۲	۵	۳۴	۳	۱۵	۲۲	۳	۲۲	۳	۱۰	۱۷
			۱۱.۳۹	۱۱.۳۹	۷۷.۲۲	۵۹.۴۹		۱۶.۴۵	۱۱.۳۹	۲۱.۵۲	۲.۵۳	۱۶.۴۵	۱۱.۳۹	۱.۹۰	۱۰.۷۶	۱۷.۰۸
GII	۱۵۱	۲	۲۲	۲۲	۱۰۳	۸۲	۲	۱۵	۲۱	۲۱	۲	۱۵	۲۱	۲	۱۰	۱۷
			۱۴.۵۷	۱۴.۵۷	۶۸.۸۷	۵۴.۳۰		۱۰.۶۰	۱۳.۹۰	۱۳.۹۰	۱.۳۲	۱۰.۶۰	۱۳.۹۰	۱.۳۲	۱۰.۶۰	۱۷.۰۸
GIII	۱۰۵	۲	۱۷	۱۷	۷۵	۷۸	۱۰	۱۷	۱۵	۱۴	۴	۱۵	۱۴	۲	۱۰	۱۷
			۱۶.۱۹	۱۶.۱۹	۷۱.۴۲	۷۴.۲۹		۱۶.۱۹	۱۵.۲۴	۱۳.۳۳	۳.۷۷	۱۵.۲۴	۱۳.۳۳	۳.۷۷	۱۰.۴۷	۱۷.۰۸
GIV	۱۰۵	۲	۱۱	۱۱	۷۵	۵۰	۱۲	۲۲	۲۲	۲۲	۰	۲۲	۲۲	۰	۱۱	۱۷
			۱۰.۴۷	۱۰.۴۷	۷۱.۴۲	۴۷.۶۲		۲۱.۹۰	۲۱.۹۰	۲۱.۹۰	۰.۰۰	۲۱.۹۰	۲۱.۹۰	۰.۰۰	۱۰.۴۷	۱۷.۰۸
N	۱۹۴	۰	۲۲	۲۲	۱۷۰	۸۵	۹	۱۶	۱۶	۳	۱۶	۳	۱۶	۳	۱۶	۱۶
			۱۱.۳۹	۱۱.۳۹	۸۷.۵۸	۴۳.۸۱		۸.۲۵	۸.۲۵	۸.۲۵	۱.۵۴	۸.۲۵	۸.۲۵	۱.۵۴	۱۰.۴۷	۱۷.۰۸

## بحث

تخمک‌های بالغ پستانداران در مرحله متافاز II آزاد می‌شوند و تا زمان ورود اسپرم به داخل تخمک‌های بالغ در این مرحله متوقف می‌شوند و به دنبال ورود اسپرم به داخل تخمک تحرکات لازم برای رهاش از این وقف و آزاد سازی جسمک قطبی به نشانه ارائه میوز صورت می‌پذیرد (۲۲).

نتایج این مطالعه نشان داد: که اعمال جریان مستقیم الکتریکی در دفعات مختلف و با فواصل زمانی سی دقیقه‌ای بر فعال کردن تخمک‌های نارس موش، بلوغ، لقاح و تسهیم جنین‌های حاصل از این تحرک تاثیر دارد. تعداد پالس‌ها در بلوغ و تسهیم جنین‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. مطالعات Ozil در سال ۱۹۹۹ نیز مزید این موضوع است. وی تاثیر پالس الکتریکی را در بهبود تقسیم جنین‌های حاصل از تخمک‌های بالغ خرگوش در آزمایشگاه را گزارش کرد (۲۲).

در این پژوهش بلوغ تخمک‌های نارس بدون استفاده از هورمونهای گنادوتروپینی خارجی، صرفاً با تحریک الکتریکی مستقیم مورد نظر بود. در مطالعات بلوغ آزمایشگاهی تخمک‌های نارس بدون سلولهای گرانولوزی موش در حضور استروئید، فاکتور رشد و دیگر ترشحات پاراکرینی به میزان ۵۷ درصد گزارش کرده‌اند (۴). در گروه کنترل پژوهش حاضر، بدون افزودن فاکتورهایی مانند استروئیدها، فاکتور رشد، هورمونهای گنادوتروپینی... تخمک‌های نارس در محیط MEM- $\alpha$  میزان ۶۸ درصد بالغ گردیدند. احتمالاً این اختلاف بدلیل تفاوت در محیط کشت است. اگر چه با ارائه کافی هورمونهای گنادوتروپینی به محیط کشت بلوغ آزمایشگاهی تخمک‌ها افزایش چشمگیری پیدا خواهد کرد (۲۳). البته در تخمک بعضی از حیوانات همچون خوکچه، با اعمال تحریکات الکتریکی در ۴۸ ساعت دوم بلوغ آزمایشگاهی بدون حضور هورمونها افزایش معنی‌دار در فعال سازی آنها نسبت به گروه کنترل اتفاق می‌افتد (۲۴).

پالس‌های الکتریکی نفوذپذیری دیواره سلولها را افزایش می‌دهد و حرکت یونها به داخل سلول را القا می‌کند و بدنبال آن جریان ورود کلسیم سیتوپلاسم افزایش پیدا می‌کند (۲۵). با ورود کلسیم به سلول مانند کشیده شدن ماشه تفنگ، باعث پدیده القاکننده افزایش کلسیم به (Calcium Induced Calcium Rise; CICR) داخل سلولی می‌شود و بدنبال این پدیده القا نوسانات کلسیمی در تخمک مشاهده و میزان کلسیم در سیتوپلاسم زیاد می‌شود (۲۶). بدون توجه به ماهیت محیط‌های کشت الکتروپوریشن، روشن است که تخمک‌های خوکچه با تحریک الکتریکی بدون حضور  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  خارج سلولی فعال نمی‌شود (۱۱، ۲۷) در مقابل به تناوب گزارش شده است که تحریک الکتریکی تخمک‌های Porcine به صورت (in-vivo) در محیط آزمایشگاه میزان بالایی از نرخ فعالیت را حین بلوغ، حتی بدون حضور  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  در محیط الکتروپوریشن از خود نشان می‌دهد (۲۸). بر اساس این نتایج مطرح شده است که مکانیزم رهایی کلسیم داخل سلولی در تخمک‌های بالغ شده آزمایشگاهی Porcine در مقایسه با داخل بدن ناکافی یا غیرطبیعی است (۲۷). در هر حال بایستی کلسیم خارج سلولی در تخمک‌های موش و خرگوش بطور دقیق تحت

کنترل باشد تا با حالت طبیعی برابری کرده یا حداقل نیازمندیا را برای تخمک برطرف نماید و القا فعال سازی شروع تحریکات کلسیمی لقاح و مراحل بعدی تکوین جنین به خوبی انجام شود (۱۲، ۳۰ تا ۳۴). همچنین با حضور کافی  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  در محیط کشت نرخ بالایی از فعال شدن تخمک‌ها گزارش شده است (۳۲، ۳۳ و ۳۵) و در اغلب تخمک‌های فعال شده پس از ۲۴ ساعت اولین تقسیم مشاهده شده است و ثابت شده است که تمام وقایع ورود  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  خارج سلولی و آزاد شده  $Ca^{2+}$  داخل سلول به دنبال فعال سازی اتفاق می‌افتد (۲۳). در این پژوهش نیز محیطی سرشار از  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  برای فعال سازی تخمک‌های نارس یکبار گرفته شد. بنظر می‌رسد که پس از نفوذپذیری غشا تخمک، کلسیم خارج سلولی موجود در محیط کشت وارد سیتوپلاسم تخمک‌های نارس شده و وقایع فعال شدن تخمک‌ها رخ داده و تخمک‌ها فعال می‌شوند. برخی از محققان گزارش نموده‌اند که هر چه تخمک‌ها پیرتر باشند حساسیت بیشتری نسبت به تحریکات الکتریکی دارند (۳، ۳۶). شاید به همین دلیل هر چه تخمک‌ها زمان بیشتری در محیط بمانند نسبت به تحریکات الکتریکی حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهد و همانطور که در جدول شماره یک آمده است نرخ بلوغ تخمک‌های نارس در گروه سوم و چهارم آزمایش به دلیل ماندگاری ۲ ساعته در محیط کشت افزایش یافته است.

افزایش تعداد تخمک‌های متافاز II به دنبال ارائه تحریکات الکتریکی در گروه‌های آزمایشی موید همین مطلب است. به نظر می‌رسد اعمال پالس‌های الکتریکی به تناوب به تخمک‌های نارس موش ورود میزان کافی کلسیم از محیط کشت به داخل تخمک‌ها تسهیل می‌کند و پدیده CICR رخ می‌دهد و با القا افزایش  $Ca^{2+}$  در داخل تخمک فعال سازی را القا و تخمک‌های بیشتری در محیط آزمایشگاه بالغ می‌سازد. از طرفی بدلیل تاثیر گذاری ورودی کافی  $Ca^{2+}$  بداخل تخمک‌ها، تخمک‌های بالغ شده آزمایشگاهی مراحل تکوین و تشکیل جنین‌های بهتری را پس از Insemination از خود نشان می‌دهند و همانطور که در جدول شماره یک آمده است، تشکیل جنین‌ها در گروه‌های سوم و چهارم آزمایشی (سه تحریک الکتریکی به بالا) درصد بیشتری دارد و در گروه سوم نسبت به گروه کنترل و حتی دیگر گروه‌های آزمایشی اختلاف فاحش معنی‌داری مشاهده می‌شود. که حاکی از تاثیر گذاری ۳ بار تحریک و به دنبال آن حضور کافی  $Ca^{2+}$  در داخل تخمک این گروه است و مجموع جنین‌های دو، چهار، هشت سلولی به ۸۴ درصد می‌رسد که نسبت به دیگر گروه‌های آزمایشی (۶۰-۵۱ درصد) و گروه کنترل (۵۰ درصد) اختلاف فوق‌العاده زیاد است.

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش حدس می‌زنیم که لقاء فعال شدن تخمک‌های نارس در آزمایشگاهی و بلوغ آنها بستگی به بلوغ کامل هسته، سیتوپلاسم پیرو تحریک الکتریکی و به دنبال آن انتقال کلسیم از محیط دارد. هر چه محیط مورد استفاده و تعداد تحریکات به عمل آمده شرایط دلخواه داخل بدن را پیدا کند تکوین جنین‌های حاصل از تخمک‌های بالغ شده بیشتر می‌شود. به طوری که در تحقیق حاضر تخمک‌ها تا ۷۷ درصد بالغ شدند و جنین‌های حاصل





27. Idion BA, Martin MJ, Market GL: Parthenogenetic activation of mouse and pig Oocytes matured in vitro. *Theriogen*, 1990; 33: 1165-1175
28. Prather RS, Sims MM, First NI: Nuclear Transplantation in the early porcine embryo. *Theriogen* 1988; 29: 290
29. Prather RS, Sims MM, First NI: Nuclear Transplantation in early pig embryos. *Biol Reproduct*, 1989; 41: 414-418
30. Onodera M, Tsunoda T: Parthenogenetic activation of Mouse and rabbit eggs by electric stimulation in Vitro. *Gamete Res*, 1989; 22: 277-283
31. Richards LF, White KI: Electroporation-induced intracellular  $Ca^{2+}$  flux and its effect on murine Oocyte activation. *Mol Reproduct*, 1992; 31: 152-159
32. Rickords LF, White KJ: Electroporation of inositol 1, 4, 5, triphosphate induces repetitive calcium Oscillations in murine Oocytes. *J Experimental Zootology*, 1993; 265: 178-184
33. Rickords LF, Peters MS, Schoenbeck RA, Stumpf TT, Prather RS: Okadaic acid increases rate of activation of electrically activated in vitro matured porcine Oocytes. *Theriogen*, 1993; 39: 296
34. Vitullo AD, Ozil JP: Repetitive calcium stimuli drive meiotic resumption and pronuclear development during mouse Oocyte activation. 1992; 151: 128-136
35. Schoenbeck RA, Peters MS, Rickords LF, Stumpf TT, Terlouw SL, Prather RS: Diacylglycerol-enhanced Electrical of porcine Oocytes matured in vitro. *Theriogen* 1993; 40: 257-266
36. Collas P, Robl JM: Factors affecting the efficiency of nuclear transplantation in the rabbit embryos. *Biol Reproduct* 1990; 43, 877-884

