

# بررسی تغییرات استرس اکسیداتیو ناشی از تیمارهای جیوه و نیکوتین در اسپرم گاو: تعدیل توسط منگنز و آلبومین

مهران عربی (Ph.D.)<sup>۱</sup>، احمدعلی محمدپور (Ph.D.)<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

## چکیده

**زمینه و هدف:** یکی از عوامل مهمی که نقشی شاخص در ناباروری مردان ایفاء می‌کند، فرآیند استرس اکسیداتیو یا افزایش غیرطبیعی رادیکال‌های آزاد در محیط است که در بیشتر موارد اثرات منفی بر روند تولیدمثل افراد بر جای می‌گذارد. در پژوهش حاضر نیز تغییرات احتمالی استرس اکسیداتیو ناشی از اثرات جیوه ( $600\ \mu M$  و  $1200\ \mu M$ ) به عنوان یون فلزی با توزیع فراوان در محیط و نیکوتین ( $75\ \mu M$ ) به عنوان یک آلكالوئید مهم در دود سیگار، در محیط آزمایشگاه بر ساختار بیوشیمیایی غشاء (پراکسیداسیون چربیها، LPO)، میزان گلوتاتیون (GSH)، قدرت تحرک و واکنش آکروزومی سلول‌های اسپرم گاو در حضور و بدون حضور ترکیبات منگنز و آلبومین سرم گاو (BSA) بررسی گردید.

**روش بررسی:** سنجش میزان پراکسیداسیون چربی‌های غشاء به کمک اندازه‌گیری غلظت MDA تولید شده در محیط انجام شد. غلظت گلوتاتیون احیاء شده (GSH) با اندازه‌گیری میزان DTNB احیاء شده، و واکنش آکروزومی نیز با به‌کارگیری روش همضم ژلاتین مورد سنجش قرار گرفتند. درصد سلول‌های متحرک و غیرمتحرک به کمک میکروسکوپ فاز کنتراست و در حرارت اتاق طی مدت ۱۲۰ دقیقه و با فواصل زمانی یک ساعته، شمارش گردیدند. ارزیابی آماری به کمک نرم افزار SPSS و با استفاده از آزمون t انجام گرفت. مقدار  $p < 0/05$  نیز از نظر آماری معنی دار در نظر گرفته شد.

**نتایج:** در این پژوهش افزودن جیوه و نیکوتین موجب افزایش معنی‌داری در میزان LPO ( $p < 0/01$ ) محیط حاوی اسپرم گردید. علاوه بر این، تیمارهای جیوه و نیکوتین موجب کاهش معنی‌داری در میزان غلظت GSH، قدرت تحرک (در فواصل زمانی مختلف) و درصد واکنش‌های آکروزومی (کاهش درصد هاله‌ها) اسپرم‌های گاو گردیدند. در مقابل، کاربرد ترکیبات منگنز و آلبومین باعث معکوس‌سازی این روندها شد. در این قسمت منگنز به عنوان یون برتر و با نتایج مطلوب‌تر عمل نمود. با توجه به این نتایج آلبومین در همراهی با غلظت‌های زیاد از یون‌های فلزی واجد خاصیت پرواکسیدانی گردیده، که نتیجه آن ناتوان‌سازی هر چه بیشتر اسپرمها (افزایش LPO و کاهش GSH ( $p < 0/01$ ))، کاهش واکنش آکروزومی ( $p < 0/001$ ) و کاهش در میزان قدرت تحرک در فواصل زمانی مختلف) بود.

**نتیجه‌گیری:** براساس نتایج مطالعه حاضر جیوه و نیکوتین قادر به القاء ناباروری در اسپرم می‌باشند و این دو، اثرات خود را از طریق تغییر در برخی پارامترهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی اسپرم نظیر ساختار غشاء و میزان قدرت تحرک، اعمال می‌کنند. علاوه بر این آنتی‌اکسیدانها (به ویژه آلبومین) را می‌توان به عنوان تیغ دو لبه‌ای در نظر گرفت که گاه پس از کاربرد، اثرات ناخواسته و منفی از خود بروز می‌دهد.

**کلید واژگان:** اسپرم، جیوه، نیکوتین، منگنز، آلبومین، استرس اکسیداتیو، تحرک اسپرم، واکنش آکروزومی، گلوتاتیون، مواد آنتی‌اکسیدان.

**مسئول مکاتبه:** دکتر مهران عربی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، صندوق پستی ۱۱۵، شهرکرد، ایران.

پست الکترونیک: mehranarabi@hotmail.com

## زمینه و هدف

یکی از عوامل مهم در ناباروری مردان فرآیند استرس اکسیداتیو (OS)<sup>۱</sup> است که در بیشتر موارد، اثرات منفی بر گامتها و روند تولیدمثل افراد بر جای می‌گذارد (۱). این نوع استرس، زمانی بروز می‌کند که سرعت تولید و عرضه رادیکال‌های آزاد اکسیژن<sup>۲</sup> (ROS) بیش‌تر از سرعت دفع آن از محیط درون و برون سلول باشد. بنابراین تمامی موجودات زنده هوازی با پارادوکسی به نام اکسیژن مولکولی (O<sub>2</sub>) روبرو هستند؛ یعنی از یک سو به اکسیژن نیاز دارند و از سوی دیگر طی روند استرس اکسیداتیو، انواع ROS نظیر رادیکال هیدروکسیل (OH) و آنیون سوپراکسید (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) بر عملکرد و ساختار سلولها تأثیر منفی داشته و بقاء موجود زنده را در معرض خطر قرار می‌دهد.

امروزه کاربرد مواد آنتی‌اکسیدان<sup>۳</sup> با هدف خنثی‌سازی ROS و کاهش اثرات منفی ناشی از OS بر سلولها و بافت‌های بدن مدنظر محققان بسیاری قرار دارد. اسپرم به علت دارا بودن مقادیر کمی از آنتی‌اکسیدانها در سیتوپلاسم خود (کاهش سیتوپلاسم در طی روند اسپرماتوژنز)، بسیار وابسته به سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی موجود در پلاسمای مایع منی است و چنانچه به هر علتی نظیر شستشو، این بخش از مایع منی از آن جدا شود، اسپرمها بسیار مستعد آسیب‌های اکسیداتیو خواهند شد (۵-۱).

یکی از تظاهرات مهم OS در سلولها، پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء (LPO)<sup>۴</sup> است که به عنوان پدیده‌ای فیزیولوژی در تمامی سلولهای غنی از اسیدهای چرب غیراشباع، رخ می‌دهد و از مجموعه واکنش‌ها شامل تخریب و تشکیل مجدد پیوندهای دوگانه در اسیدهای چرب غشایی تشکیل می‌شود. روند LPO موجب تخریب

ساختار غشاء، کاهش قدرت تحرک، مهار فعالیت‌های آنزیمی، و ایجاد شکستگی در ساختار DNA اسپرم می‌شود (۶،۷،۸،۹،۱۰). در بیشتر موارد، این قبیل تغییرات همراه با ایجاد ناباروری در افراد خواهد بود (۸،۷،۱).

منگنز (Mn<sup>2+</sup>) به‌عنوان یون فلزی کمیاب برای فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز میتوکندری و نیز فعال‌سازی آنزیم‌های هیدرولاز و کربوکسیلاز سلولی ضروری است (۹) منگنز در برخورد با برخی رادیکال‌های آزاد نظیر آنیون سوپراکسید ضمن تبدیل شدن به Mn<sup>3+</sup> باعث حذف این رادیکال می‌گردد (۱۰). آلومین نیز به‌عنوان پروتئین کوچک موجود در مایع سمینال و با عمل کلاتوری خود، یون‌های فلزی عامل پیشرفت و گسترش واکنش‌های پراکسیداسیون سلولی را جذب و حذف می‌نماید (۱۱). تحقیق Kankofer و همکاران نشان داد که وجود فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی (نوع آنزیمی) در مایع سمینال اسب موجب مهار روند تولید ROS و توقف پراکسیداسیون غشایی می‌شود (۱۲). با توجه به مطالب فوق و اهمیت القاء استرس اکسیداتیو توسط یون‌های فلزی و دیگر ترکیبات شیمیایی آلاینده محیط که موجب بسیاری از اختلالات بیوشیمیایی و عملکردی در سلولها می‌گردد، هدف این مطالعه بررسی اثرات منفی احتمالی ناشی از افزودن کلرید جیوه و نیکوتین بر عملکرد اسپرم گاو، به‌عنوان یک مدل جانوری و میان‌کنش ترکیبات منگنز و آلومین در تعدیل این اثرات در شرایط *in vitro* می‌باشد.

## روش بررسی

جمع آوری و آماده‌سازی نمونه‌های اسپرمی: در این تحقیق، آزمایش‌ها روی اسپرم‌های انزال یافته گاو نژاد هولشتاین<sup>۵</sup> انجام شد. بدین منظور دوازده نمونه سمینال (سیمن خالص) به کمک روش واژن مصنوعی، از مرکز اصلاح نژاد دام و تلقیح مصنوعی سازمان

1- Oxidative Stress  
2- Reactive Oxygen Species  
3- Antioxidants  
4- Lipid Peroxidation

5- Holstein

**تعیین میزان واکنش آکروزومی:** به منظور تعیین میزان درصد واکنش‌های آکروزومی انجام شده در شرایط مختلف از روش آزمایش هضم ژلاتین<sup>۴</sup> استفاده شد (۱۴). در این روش لامها پس از شستشو با الکل به مدت دو ساعت در یخچال نگهداری شدند و سپس یک لایه نازک ( $100 \mu l$ ) از محلول ژلاتین ۲/۵٪ روی آنان گسترش داده شد. در مرحله بعد لامها به مدت یک شب در محلول ۰/۰۵٪ گلو تار آلدئید تثبیت گردید. صبح روز بعد یک شستشوی کامل به وسیله آب مقطر جهت حذف مازاد گلو تار آلدئید روی لامها به عمل آمد و سپس به میزان  $50 \mu l$  از نمونه‌های اسپرمی به سطح آنان اضافه گردید و در انتهای این بخش، لامها برای ۲۴ ساعت در درون یک اتاقک مرطوب با دمای  $39^\circ C$  نگهداری شدند. پس از انقضای این مدت، لامها با رنگ کوماسی آبی<sup>۵</sup> رنگ آمیزی شدند و به کمک میکروسکوپ نوری معمولی (با بزرگنمایی ۴۰۰) تعداد و درصد نقاط روشن اطراف سر اسپرمها یا هاله‌ها<sup>۶</sup> (محل‌های هضم ژلاتین توسط آنزیم‌های آزاد شده از آکروزوم) ثبت گردید.

**اندازه‌گیری میزان گروه‌های سولفیدریل غیر پروتئینی:** این گروه‌ها به عنوان یک سیستم آنتی‌اکسیدانی غیر آنزیمی در درون اسپرم، که در حدود ۹۰٪ آنان گلو تاتیون احیاء شده (GSH) است، در نمونه‌های اسپرم هوموژن شده<sup>۷</sup> (به کمک هوموژنایزر با ۲۵۰-۳۰۰ RPM، به مدت ۳۰-۲۰ ثانیه)، با یا بدون یون فلزی و نیکوتین، و نیز آنتی‌اکسیدانها (با زمان انکوباسیون ۹۰ دقیقه) و با به کارگیری DTNB به عنوان معرف به انجام رسید و واحد نهایی برای آن  $\mu moles-SH/mg \text{ protein}/min$  در نظر گرفته شد (۱۵).

**بررسی قدرت تحرک اسپرم:** برای این بررسی، تعداد و درصد سلول‌های متحرک و غیر متحرک در محیط‌های متفاوت به کمک میکروسکوپ فاز کنتراست، و در حرارت

جهاد کشاورزی، روستای کیوترا آباد، شهرستان زیار از توابع شهر اصفهان تهیه گردید. نمونه‌های مذکور به سرعت و در یک فلاسک حاوی یخ، به محل آزمایشگاه فیزیولوژی جانوری در دانشگاه شهرکرد منتقل شد و پس از شستشو با محلول رینگر تایرود<sup>۱</sup> (شامل:  $0.8g NaCl$ ،  $0.2g KCl$ ،  $0.2g CaCl_2$ ،  $0.1g NaHCO_3$ ،  $0.05g NaH_2PO_4$ ،  $0.1g MgCl_2$ ،  $0.1g$  گلوکز،  $0.5g$  Hepes در  $100 ml$  آب مقطر دو بار تقطیر شده) دو بار سانتریفوژ ( $500g$ ، هر بار به مدت ۵ دقیقه) گردید تا پلاسما سمینال از اسپرم تفکیک گردد. در نهایت رسوب اسپرمی حاصله به چهار بخش مساوی تقسیم و به صورت حل شده در حداقل مقدار رینگر تایرود (سوسپانسیون سلولی) در مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

**سنجش میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء:** به این منظور مقدار تولید ترکیبات واکنش‌دهنده با اسید تیوباری تیوریک (TBA)<sup>۲</sup> از جمله مالوندی آلدئید<sup>۳</sup>، در محیط حاوی اسپرم گاو، اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش شامل نمونه اسپرمی، محلول آبی ۱/۲٪ TBA، با یا بدون یون‌های فلزی، نیکوتین و آنتی‌اکسیدانها بود که به مدت ۹۰ دقیقه در دمای  $37^\circ C$  انکوبه شدند. پس از حرارت دادن مخلوط واکنش، و در انتها سانتریفوژ کردن، مقدار غلظت مجموعه TBA+MDA تشکیل شد. در محیط یا میزان جذب نوری سطحی‌ترین لایه از مخلوط واکنش، در طول موج  $532nm$  با کمک روش طیف سنجی نوری سنجیده شد و واحد نهایی برای آن  $n \text{ moles MDA}/mg \text{ protein}/min$  در نظر گرفته شد (۱۳). در این پژوهش جهت نشان دادن فعالیت ویژه واکنش‌های بیوشیمیایی، واحدهای مربوطه در میزان محتوی پروتئین نمونه‌های اسپرمی (برحسب میلی‌گرم) بیان گردیدند.

4- Gelatin digestion test

5- Commasie blue

6- Halos

7- Homogenated sperm samples

1- Tyrode's ringer

2- Thiobarbituric acid

3- Malondialdehyde (MDA)

از آزمایش سنجش میزان LPO یا تعیین غلظت MDA بعد از یک دوره انکوباسیون ۹۰ دقیقه‌ای، نشان داد که افزودن کلرید جیوه ( $600 \mu M$  و  $1200 \mu M$ ) و نیکوتین ( $0.75 mM$ ) موجب افزایش قابل توجه و معنی‌داری در میزان تولید کمپلکس TBA+MDA محیط در مقایسه با گروه شاهد (بدون جیوه، نیکوتین و آنتی‌اکسیدانها)، به ترتیب به میزان  $26/74$ ،  $34/88$  و  $29/07$ ٪ ( $p < 0.01$ ) گردید (جدول شماره ۱). افزودن آنتی‌اکسیدان‌های منگنز و آلومین به محیط حاوی اسپرم گاو موجب کاهش معنی‌دار در تولید محصول مهم روند LPO یعنی MDA گردید.

نکته قابل توجه در این میان اثر آلومین در نمونه‌های اسپرمی تیمار شده با غلظت  $1200 \mu M$  جیوه بود که نه تنها باعث کاهش در میزان تولید MDA محیط نگردید؛ بلکه موجب افزایش نسبی در مقادیر MDA محیط شد ( $7/76$ ٪). در این قسمت از آزمایشها، جیوه به صورت وابسته به دوز در پیشبرد تولید MDA محیط وارد عمل گردید (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۲ مقادیر ثبت شده مربوط به تاثیر جیوه و نیکوتین بر میزان گروه‌های تیولی (GSH) موجود در محیط‌های حاوی اسپرم‌های گاو (با زمان انکوباسیون ۹۰ دقیقه) را نشان می‌دهد. از نظر آماری مشخص گردید که پس از کاربرد جیوه و نیکوتین، کاهش معنی‌داری در غلظت GSH محیط‌های حاوی اسپرم گاو پدید آمد که این کاهش به ترتیب به میزان  $22/79$ ٪،

اتاق، به مدت ۱۲۰ دقیقه و با فواصل زمانی یک ساعت، شمارش گردیدند. در این مرحله، نوع و درجه‌بندی حرکت اسپرمها مد نظر نبود و هر اسپرم با فعالیت حرکتی مشخص در میدان دید به عنوان سلول متحرک ثبت گردید. اسپرم‌های فاقد حرکت در قبل و پس از افزودن نیکوتین و جیوه به عنوان سلول‌های غیرمتحرک (غیرفعال یا مرده) در نظر گرفته شدند (۱۶).

**غلظت‌های مورد استفاده از جیوه، نیکوتین و آنتی‌اکسیدانها:** در پژوهش حاضر، اثرات کلرید جیوه ( $HgCl_2$ ) با غلظت‌های  $600 \mu M$  و  $1200 \mu M$  و نیکوتین با غلظت  $0.75 mM$  بر عملکرد اسپرم گاو را در میانکنش با ترکیبات منگنز ( $MnCl_2$ ) با غلظت  $0.8 mM$  و آلومین سرم گاوی (BSA) با غلظت ۱٪ بررسی نمودیم.

**مواد شیمیایی و آنالیز آماری:** کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده از کارخانه Merck آلمان تهیه و خریداری شد. محلول‌های مورد استفاده به کمک PBS (در آب مقطر دو بار تقطیر) تهیه شدند.

با بهره‌گیری از نرم افزار SPSS (version 11.0)، روش آماری Student's t-test مورد استفاده قرار گرفت. به کمک این روش میانگین داده‌های گروه‌های تجربی (تیمار) با گروه شاهد (کنترل) مقایسه گردید. مقدار  $p < 0.05$  از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

## نتایج

آزمون آماری t-test در مورد میانگین داده‌های حاصل

جدول ۱- مقایسه میزان MDA تولید شده (پراکسیداسیون چربی‌ها) در نمونه‌های اسپرم گاو تیمار شده با جیوه و نیکوتین

با یا بدون منگنز و آلومین (BSA)

<i>n moles MDA/mg protein/min</i> <b>M ±SD</b>				گروهها
نیکوتین $0.75 mM$	کلرید جیوه $1200 \mu M$	کلرید جیوه $600 \mu M$	شاهد	
$*0.111 \pm 0.0049$	$*0.116 \pm 0.0050$	$*0.109 \pm 0.0045$	$0.086 \pm 0.0050$	آنتی‌اکسیدانها
$0.095 \pm 0.0051$	$0.097 \pm 0.0052$	$0.093 \pm 0.0051$	$0.087 \pm 0.0048$	بدون آنتی‌اکسیدان
$0.098 \pm 0.0045$	$*0.125 \pm 0.0047$	$0.095 \pm 0.0053$	$0.086 \pm 0.0051$	منگنز $0.8 mM$
				BSA ۱٪

\* مقادیر p مقایسه شده با گروه شاهد (بدون آنتی‌اکسیدان، جیوه و نیکوتین):  $p < 0.01$ .

هر داده نشانگر M±SD مربوط به سه مشاهده مستقل (هر کدام با سه مرتبه تکرار) است.

جدول ۲- میزان گروه های سولفیدریلی غیر پروتئینی (GSH) در نمونه های اسپرم گاو تیمار شده با جیوه و نیکوتین با یا بدون منگنز و آلبومین (BSA).

$\mu\text{moles -SH/mg protein/min}$ M±SD				گروهها
نیکوتین ۰/۷۵ mM	کلرید جیوه ۱۲۰۰ $\mu\text{M}$	کلرید جیوه ۶۰۰ $\mu\text{M}$	شاهد	
**۲/۸۴±۰/۲۸۷	**۳/۵۲±۰/۲۱۹	*۴/۱۰±۰/۳۰۲	۵/۳۱±۰/۲۱۷	بدون آنتی اکسیدان
*۴/۴۸±۰/۲۲۷	*۴/۳۴±۰/۲۴۷	**۴/۸۷±۰/۲۱۹	۵/۳۷±۰/۲۱۰	منگنز ۰/۱ mM
*۴/۴۶±۰/۲۲۳	**۳/۰۹±۰/۲۲۱	۴/۵۲±۰/۲۱۱	۵/۲۹±۰/۲۱۴	BSA ٪۱

مقادیر p مقایسه شده با گروه شاهد (بدون آنتی اکسیدان، جیوه و نیکوتین): \* p<۰/۰۵ و \*\* p<۰/۰۱.

هر داده نشانگر M±SD مربوط به سه مشاهده مستقل (هر کدام با سه مرتبه تکرار) است.

در جدول شماره ۳، نتایج تاثیر جیوه و نیکوتین بر میزان قدرت تحرک اسپرم گاو در محدوده زمانی ۰-۱۲۰ دقیقه به نمایش درآمده است. بر اساس این داده‌ها مشخص گردید که پس از طی زمان ۱۲۰ دقیقه انکوباسیون، کاهش معنی داری در قدرت تحرک اسپرم‌های گروه شاهد به میزان ۱۰/۳۵٪ (p<۰/۰۱) پدیدار شد و این میزان کاهش در تیمارهای جیوه و

در این قسمت میزان کاهش ۲۷/۶۹٪ و ۳۳/۷۱٪ توسط نیکوتین در حد فاصل کاهش ایجاد شده توسط دو غلظت متفاوت از جیوه قرار داشت. در بررسی نتایج مندرج در جدول شماره ۲ نیز مشخص گردید که کاربرد آلبومین در نمونه‌های اسپرمی تیمار شده با غلظت ۱۲۰۰  $\mu\text{M}$  جیوه، میزان کاهش غلظت GSH محیط تشدید شد (۱۲/۲۲٪) (جدول شماره ۲).

جدول ۳- نشان دهنده اثر کلرید جیوه (۶۰۰ و ۱۲۰۰ میکرومولار) و نیکوتین (۰/۷۵ میلی مولار) بر درصد سلول‌های متحرک اسپرم گاو با یا بدون حضور منگنز و آلبومین

زمان انکوباسیون (دقیقه) M±SD				درصد اسپرم های متحرک
۱۲۰	۹۰	۳۰	۰	
** ۷۸±۱	* ۸۱±۱/۵	۸۵±۱/۳	۸۷±۰/۹	بدون آنتی اکسیدان، جیوه و نیکوتین
** ۷۶±۰/۹	* ۸۰±۱/۹	۸۴±۱/۴	۸۷±۱/۳	کلرید جیوه ۶۰۰ $\mu\text{M}$
* ۷۹±۱/۹	۸۳±۲	۸۶±۱/۵	۸۷±۰/۹	کلرید جیوه ۶۰۰ $\mu\text{M}$ + Mn
** ۷۸±۱/۷	* ۷۹±۳	۸۵±۲/۲	۸۷±۱/۹	کلرید جیوه ۶۰۰ $\mu\text{M}$ + BSA
** ۷۳±۲	* ۷۹±۱/۹	* ۸۱±۲/۱	۸۶±۳	کلرید جیوه ۱۲۰۰ $\mu\text{M}$
** ۷۵±۱/۹	* ۸۱±۲/۱	۸۴±۱/۳	۸۶±۲	کلرید جیوه ۱۲۰۰ $\mu\text{M}$ + Mn
** ۷۱±۲	** ۷۵±۱/۷	* ۸۲±۲/۲	۸۶±۳	کلرید جیوه ۱۲۰۰ $\mu\text{M}$ + BSA
** ۷۵±۲/۸	* ۷۹±۳	* ۸۲±۱/۶	۸۷±۲	نیکوتین ۰/۷۵ mM
** ۷۶±۲	* ۸۱±۲/۴	۸۵±۲	۸۷±۲	نیکوتین ۰/۷۵ mM + Mn
۷۹±۴	* ۸۲±۳	۸۶±۱/۴	۸۷±۱/۹	نیکوتین ۰/۷۵ mM + BSA

مقادیر p مقایسه شده با گروه شاهد (بدون آنتی اکسیدان، جیوه و نیکوتین، در زمان صفر انکوباسیون): \* p<۰/۰۵، \*\* p<۰/۰۱، \*\*\* p<۰/۰۰۱.

هر داده نشانگر Mean±SD مربوط به سه مشاهده مستقل (هر کدام با سه مرتبه تکرار) است.

جدول ۴- نشان دهنده اثر جیوه (Hg) و نیکوتین بر درصد واکنش‌های آکروزومی (درصد هاله‌ها) سلول‌های اسپرم گاو یا بدون منگنز (Mn) و آلومین (BSA)

درصد هاله‌ها (% Halos)				گروه‌ها	آنتی‌اکسیدانها
نیکوتین ۰/۷۵ mM	کلرید جیوه ۱۲۰۰ μM	کلرید جیوه ۶۰۰ μM	شاهد		
**۸۳±۱/۷	۸۱±۲	**۸۵±۱/۸	۹۱±۱/۹	بدون آنتی‌اکسیدان	
***۸۸±۱/۹	***۸۶±۱/۵	۸۸±۱/۹	۹۱±۱/۷	منگنز ۰/۱ mM	
*۸۶±۱/۳	***۷۸±۱/۶	**۸۴±۲	۹۲±۱/۵	BSA ٪۱	

مقادیر p مقایسه شده با گروه شاهد (بدون جیوه، نیکوتین و آنتی‌اکسیدان):  $p < 0.001$ ،  $p < 0.01$ ،  $p < 0.05$  \* مقایسه شده با گروه تیمار جیوه یا نیکوتین مربوطه:  $p < 0.001$  \*\*\*

هر داده نشانگر Mean±SD مربوط به سه مشاهده مستقل ( هر کدام با سه مرتبه تکرار) است.

### بحث

پژوهش‌های اخیر نشان داده است که اثرات منفی ROS و LPO بر ساختار اسپرم، به عنوان یک عامل مهم در بروز ناباروری در انسان در نظر گرفته شده، و از میان آنها می‌توان به اختلالات وسیع غشاء، کاهش قدرت تحرک، اختلالات آکروزومی اسپرمها، که موجب تضعیف اتصال اسپرم به تخمک و انجام لقاح اشاره نمود (۱۸-۱۶، ۶، ۴، ۳، ۱). از آن جایی که اسپرم طی اسپرماتوزن حجم عمده‌ای از سیتوپلاسم خود را از دست می‌دهد؛ لذا در مقایسه با سلول‌های سوماتیک از ذخیره و توان آنتی‌اکسیدانی کمتری برخوردار هستند و چنانچه پلاسمای سمینال (محیط بقاء زیست اسپرمها) که حاوی انواع زیادی از آنتی‌اکسیدان هاست، به نحوی از آنان جدا گردد شرایط بسیار خطرناک و نامطلوبی را برای این سلولها فراهم خواهد آورد که اولین پیامد آن هجوم ROS موجود در محیط به آنان خواهد بود (۱۸، ۱۷).

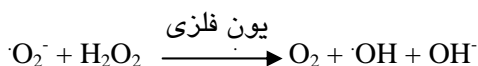
در پژوهش حاضر اثرات غلظت‌های ۶۰۰ μM و ۱۲۰۰ μM جیوه و ۰/۷۵ mM نیکوتین بر روی اسپرم‌های گاو و میان کنش آن با ترکیبات منگنز و آلومین مورد بررسی قرار گرفت.

جیوه یک یون فلزی بسیار فعال و لیپوفیل است به طوری که بخار آن به سرعت از راه ریه‌ها و مخاط

نیکوتین نیز تداوم یافته و بیشتر گردید. در این مجموعه از آزمایشها، منگنز در مقایسه با آلومین از توان آنتی‌اکسیدانی بهتری در جهت افزایش میزان قدرت تحرک اسپرمها در گروه‌های تیماری و نیز شاهد برخوردار بود. مشابه با موارد قبلی، در این قسمت نیز کاربرد آلومین در گروه‌های تیمار شده با غلظت ۱۲۰۰ μM از جیوه نتایج معکوس به دنبال داشت و منجر به کاهش بیشتر (در ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از شروع انکوباسیون) قدرت تحرک اسپرمها گردید.

در آزمایش سنجش میزان فعالیت آکروزومی اسپرم‌های گاو در شرایط مختلف مشخص گردید که تیمارهای جیوه (۶۰۰ μM و ۱۲۰۰ μM) و نیکوتین (۰/۷۵ mM) موجب کاهش معنی‌دار درصد اسپرم‌های واجد واکنش آکروزومی گردیدند (جدول شماره ۴). این میزان کاهش در تیمار با جیوه ۱۲۰۰ μM بیشتر از سایر تیمارها بود (۹۸/۱۰٪،  $p < 0.001$ ). منگنز از قدرت آنتی‌اکسیدانی بهتری نسبت به آلومین برخوردار بود. در این قسمت نیز آلومین رفتار بیوشیمیایی مشابه‌ای را ارائه داد و در گروه‌های تیمار شده با غلظت ۱۲۰۰ μM از جیوه، موجب کاهش بیشتری در تعداد اسپرم‌های با آکروزوم تخلیه شده، گردید (جدول شماره ۴).

که جیوه به صورت وابسته به غلظت، موجب القاء پراکسیداسیون سلولی و افزایش تولید MDA در سوسپانسیون‌های سلولی می‌شود (۵). بر طبق یک قاعده کلی، یون‌های فلزی به کمک عمل واسطه‌ای خود قادر به تولید رادیکال پر قدرت OH<sup>-</sup> (به عنوان محرک اصلی شروع روند LPO) از دیگر انواع ROS بوده که با نام معادله هابر-ویس معروف است و به صورت زیر به انجام می‌رسد (۳۰):



از سویی دیگر، نیکوتین به عنوان ماده‌ای فعال در دود سیگار منجر به افزایش سطح ROS پلاسما سیمن می‌شود، بدین ترتیب درجاتی از اختلال در قدرت باروری اسپرم را القاء می‌کند (۳۱). در پژوهش حاضر نیز پس از افزودن نیکوتین، میزان LPO محیط پس از ۹۰ دقیقه آنکوباسیون به صورت معنی‌دار افزایش یافت که این موید افزایش میزان ROS در محیط حاوی اسپرم‌های گاو بود و منجر به بروز پراکسیداسیون گردید. در مطالعه‌ای روی سلول‌های پانکراس در انسان مشخص گردید که افزودن نیکوتین به محیط کشت این سلولها موجب افزایش میزان ROS محیط و به دنبال آن افزایش روند LPO می‌گردد (۳۲).

MDA نیز به عنوان یکی از محصولات نهایی روند LPO به راحتی با نفوذ به ساختار بیوشیمیایی غشاء سلولها موجب عدم تقارن در ساختار لیپیدی آن شده و به این ترتیب موجب کاهش سیالیت غشاء می‌شود. کاهش سیالیت غشاء موجب کاهش قدرت تحرک اسپرم و نیز عدم کارایی اسپرم اتصال به تخمک و عمل لقاح می‌گردد (۳۳).

GSH به عنوان تری‌پپتیدی مهم در درون انواع سلول‌های موجودات زنده با حداکثر غلظت ۱۰mM وجود دارد. با توجه به وجود گروه تیول در ساختار GSH و واکنش خنثی‌کنندگی این ترکیب با رادیکال‌های

دهان جذب خون می‌شود. این عنصر پس از جذب در بدن از غشاء سلولها عبور می‌نماید و در بافت‌های بدن انباشته می‌گردد (۱۹). گزارش‌های زیادی از اثرات سمی جیوه بر عملکرد سلول‌های جانوری موجود است. جیوه موجب القاء تولید ROS درون سلول، آسیب به لوله‌های منی‌ساز بیضه، القاء و آپوپتوز در سلولها می‌شود (۲۳-۲۰). نتایج حاصل از پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد که جیوه به صورت وابسته به زمان، قادر به القاء و پیشبرد معنی‌دار روند LPO در نمونه‌های اسپرم گاو است، که این اثر با افزایش غلظت MDA محیط به اثبات رسید.

در مورد مکانیسم و محل اثر جیوه در غشاء سلولها، در گزارشی عنوان شد که جیوه در بافت‌های کبدی و کلیوی موشها موجب گسترش روند LPO می‌شود و این اثر خود را از طریق پراکسیداسیون فسفاتیدیل سرین و فسفاتیدیل اتانول آمین موجود در غشاء این سلولها به انجام رسانیده که خود مؤید حساسیت زیاد این دو فسفولیپید نسبت به جیوه است (۲۴). همچنین براساس یافته‌های اخیر تحقیقات جیوه علاوه بر چسبیدن به گروه‌های سولفیدریلی (تیولی) پروتئینها، به مجموعه‌ای از نقاط ویژه در مجموعه‌های فسفولیپیدی غشاء سلولها نیز متصل شده و موجب کاهش سیالیت غشاء می‌شود (۲۵). در یکی از جدیدترین پژوهشها توسط Marchi و همکاران مشخص شد که جیوه از طریق فعال‌سازی فسفولیپاز A<sub>2</sub> موجود در غشاء لیزوزوم‌های سلولها موجب ناپایداری و تخریب ساختار غشاء این اندامک درون سلولی می‌شود (۲۶).

از سوی دیگر در سایر پژوهشها به تولید مستقیم ROS توسط تاثیر جیوه بر بافت‌های بدن جانوران اشاره دارد که موجب پیشبرد روند LPO در سلول‌های آنان می‌شود (۲۹-۲۷).

نتایج قبلی در مورد تاثیر یون‌های فلزی جیوه و مس بر سلول‌های آبشش ماهی کپور معمولی نیز نشان می‌دهد

حرک محروم می‌گردند (۳،۱۶،۳۷،۳۸). تغییرات ناشی از پراکسیداسیون اجزاء غشاء اسپرمها منجر به کاهش فعالیت آنزیم  $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATPase}$  (به عنوان یک پمپ یونی دخیل در حرکت) و در نهایت افت شدید در قدرت تحرک این اسپرمها می‌شود (۳۸). در پژوهش دیگری در سال ۲۰۰۰ نیز مشخص گردید که یون‌های فلزی سمی از طریق ایجاد اختلال در سازمان‌دهی اجزاء غشاء میتوکندری‌های اسپرم، باعث کاهش معنی‌داری در قدرت تحرک آنان می‌شوند (۳۹).

واکنش آکروزومی (آزاد شدن آنزیم‌های هیدرولیتیک از کیسه آکروزومی اسپرم) کامل و طبیعی جهت نفوذ اسپرم به درون لایه‌های محافظ تخمک و به دنبال آن عمل لقاح لازم و ضروری است. بر اساس نتایج پژوهش، تیمارهای جیوه و نیکوتین موجب کاهش معنی‌داری در درصد اسپرم‌های واجد واکنش آکروزومی گردیدند. بر اساس نتایج سایر پژوهشها، نقایص عملکردی ناشی از تأثیر ROS و LPO بر اسپرمها موجب کاهش قدرت تحرک و انجام واکنش آکروزومی ناقص در آنان شده که نتیجه آن عدم موفقیت اسپرم در اتصال به تخمک و عمل لقاح است (۱۷).

براساس این نتایج می‌توان به بروز تغییرات ناشی از پراکسیداسیون لیپیدها در غشاء اسپرمها اشاره نمود که منجر به ارائه یک واکنش آکروزومی غیرطبیعی شده است. از آن جایی که وجود یک غشاء سالم و طبیعی جهت انجام واکنش آکروزومی ضروری است، لذا هرگونه ایجاد آسیب در ساختار بیوشیمیایی غشاء، منجر به کاهش قدرت باروری اسپرمها و اختلال در روند باروری فرد خواهد شد. در پژوهش حاضر، منگنز به میزان بیشتری در جهت بهبود وضعیت غشاء اسپرمها و واکنش آکروزومی آنان در مقایسه با آلبومین عمل نمود.

کاربرد آنتی‌اکسیدانها به عنوان مواد دور کننده رادیکال‌های آزاد از محیط اطراف سلولها موجب

آزاد محیط، در صورت بروز هرگونه اختلال در تولید و ذخیره GSH، شاهد گسترش هرچه بیشتر روند LPO خواهیم بود (۲۴). کاهش میزان GSH در تیمارهای مختلف با جیوه به اثبات رسیده است (۳۵). نتایج آزمایش‌های حاضر نشان داد که تیمارهای جیوه و نیکوتین موجب کاهش قابل ملاحظه و معنی‌داری در میزان GSH نمونه‌های اسپرم گاو گردید. طی مطالعه‌ای دیگر نیز مشخص گردید که GSH توسط میانکنش مستقیم با عناصر فلزی نظیر جیوه (اتصال یک یون جیوه به روش کوئووالانسی با دو مولکول GSH)، سبب خنثی‌سازی و سپس دور سازی آنان از محیط زیست سلولها شده و بدین ترتیب ضمن کاهش غلظت GSH سلول، از سمیت جیوه در درون سلولها نیز کاسته می‌شود (۳۶). از سوی دیگر با توجه به القاء LPO توسط جیوه و نیکوتین که به طور یقین از مسیر تولید ROS عبور نموده، کاهش میزان GSH محیط در ارتباط با اثر قوی آنتی‌اکسیدانی این ترکیب بوده که ضمن خنثی‌سازی ROS محیط، به گلو‌تاتیون اکسید شده تبدیل شده است.

قدرت تحرک پیش‌رونده اسپرمها به عنوان عامل تعیین‌کننده و موثر در باروری افراد مطرح می‌شود و متضمن لقاح موفقیت‌آمیز خواهد بود. طی این پژوهش مشخص شد که تیمارهای جیوه و نیکوتین موجب کاهش درصد اسپرم‌های متحرک در محیط گردد و براساس نتایج قبلی قدرت تحرک اسپرمها به هنگام افزایش رادیکال‌های آزاد و محصولات میانی و یا نهایی روند LPO در محیط آزمایش، به صورت معنی‌داری کاهش یافته و در واقع به دنبال اختلال در فرایندهای تبادل یونی غشاء و آنزیم‌های دخیل در آن، از میزان فعالیت و تحرک این سلولها کاسته می‌شود (۳۷). از سوی دیگر، انواع ROS موجب مهار آنزیم‌های درون سلولی نیز می‌گردد، بدین ترتیب اسپرمها از منابع آنزیمی دخیل در تأمین ATP مورد نیاز جهت قدرت



عنوان کرد که گروه تیولی موجود در ساختار آلبومین موجب اتواکسیداسیون یون‌های فلزی شده و این روند در نهایت موجب عرضه یون‌های سوپراکسید به محیط شده، که خود عامل تشدید کننده پراکسیداسیون سلولی خواهد بود. بنابراین کاربرد آنتی‌اکسیدانها به مثابه یک تیغ دو لبه است که در یک محدوده بسیار ظریف از تغییرات غلظت، ضمن تغییر ماهیت، مبدل به عوامل خطر آفرین برای بسیاری از سلولها خواهند شد (۴۰).

### تشکر و قدردانی

مؤلفین بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از همکاری سرکار خانم دکتر نها افتخاری (در آنالیز آماری) و از کمک‌های جناب آقای سید رسول صیدایی (در اجرای آزمایشها) کارشناس محترم آزمایشگاه فیزیولوژی جانوری گروه زیست‌شناسی دانشگاه شهرکرد، اعلام می‌دارند.

فروکش‌سازی روند LPO و دیگر اثرات منفی آنان شده و بدین ترتیب ساختار بیوشیمیایی سلولها و فیزیولوژی آنان محفوظ خواهند ماند. در پژوهش حاضر نیز مشخص گردید که کاربرد غلظت‌های مشخص از منگنز و آلبومین موجب کاهش و مهار روند LPO، افزایش میزان GSH در محیط، و ایجاد بهبود در قدرت تحرک اسپرمها می‌شود. در این میان منگنز به عنوان آنتی‌اکسیدان بهتر و با نتایج مطلوب‌تر نسبت به آلبومین عمل نمود.

### نتیجه‌گیری

در بررسی به عمل آمده در پژوهش حاضر مشخص شد که آلبومین علاوه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، واجد نوعی خاصیت پرواکسیدانی نیز می‌باشد. در خصوص توجه این خاصیت آلبومین که در مواجهه با غلظت‌های زیاد از یون‌های فلزی از خود نشان می‌دهد، می‌توان

## References

- 1- Agarwal A., Saleh R.A., Bedaiwy M.A. Role of reactive oxygen species in the pathophysiology of human reproduction. *Fertil Steril*.2003;79:829-843.
- 2- عربی مهران، راویندر آناند. تاثیر نیکوتین بر اسپرم افراد نورمواسپرمیک: تعدیل توسط آنتی‌اکسیدانها. فصلنامه باروری و ناباروری، سال سوم، شماره یازدهم، تابستان ۱۳۸۱، صفحات ۲۲-۱۱.
- 3- Arabi M., Sanyal S.N., Kanwar U., Anand, R.J.K. The Effect of antioxidants on nicotine and caffeine induced changes in human sperm-An in vitro Study. In: Male fertility and lipid metabolism. Editors. De Vriese S.R., Christophe A.B.), Chapter 16, Published by AOCS Press, USA.2003;pp:250-267.
- 4- Arabi M. Nicotinic infertility: assessing DNA and plasma membrane integrity of human spermatozoa. *Andrologia*.2004;36(5):305-310.
- 5- Arabi M. Analysis of impact of metal ion contamination on Carp (*Cyprinus carpio* L). *Biol Trace Elem Res*. 2004;100(3):229-246.
- 6- Aitken R.J., Clarkson J.S., Fisher S. Generation of reactive oxygen species, lipid peroxidation and human sperm function. *Biol Reprod*.1989;40:183-197.
- 7- Iwasaki A., Gagnon A. Formation of reactive oxygen species in spermatozoa of infertile patients. *Fertil Steril*.1992;57:409-416.
- 8- Agarwal A., Allamaneni S.S., Nallella K.P., George A. T., Mascha E. Correlation of reactive oxygen species levels with the fertilization rate after in vitro fertilization: a qualified meta-analysis. *Fertil Steril*.2005;84(1):228-231.
- 9- Sikka S.C. Oxidative stress and role of antioxidants in normal and abnormal sperm function. *Front Biosci*. 1996;1:78-86.
- 10- Depuydt C.E., Bosmans E., Zalata A., Schoonjans F., Comhaire F. The relation between reactive oxygen species and cytokines in andrological patients with or without male accessory gland infection. *J Androl*.1996; 17:699-707.
- 11- Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free radical in biology and medicine. 2<sup>nd</sup> Edition, Published by Clarendon Press, Oxford.1989;pp:372-390.
- 12- Kankofer M., Kolm G., Aurich J., Aurich C. Activity of glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase and peroxidation intensity in stallion semen

- during storage at 5 degrees C. *Theriogenology*.2005; 63(5):1354-1365.
- 13- Aitken R.J., Harkiss D., Bukingham D. Relationship between iron-catalyzed lipid peroxidation potential and human sperm function. *J Reprod Fertil*.1993;98:257-265.
- 14- Fiscor G., Ginsberg L.C., Oldford G.M., Snoke R.E., Becker R.W. Gelatin-substrate film technique for detection of acrosin in single mammalian sperm. *Fertil Steril*. 1983;30:543-552.
- 15- Sedlak J., Lindsay R.H. Estimation of total, protein-bound and non-protein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. *Anal Biochem*. 1968;25:192-205.
- 16- Verma A., Kanwar K.C. Human sperm motility and lipid peroxidation in different ascorbic acid concentrations: an in vitro analysis. *Andrologia*.1998;23:325-29.
- 17- Sharma R.K., Agarwal A. Role of reactive oxygen species in male infertility. *J Urol*.1996;48:835-850.
- 18- Crinnion W.J. Environmental medicine, part three, Long-term effects of chronic low dose mercury exposure. *Altern Rev Med*.2000;5:209-223.
- 19- Schurz F., Sabater-Vilar M., Fink-Gremmels J. Mutagenicity of mercury chloride and mechanisms of cellular defence: the role metal-binding proteins. *Mutagenesis*. 2000;15(6):525-530.
- 20- Rao M.V., Sharma P.S. Protective effect of vitamin E against mercuric chloride reproductive toxicity in male mice. *Reprod Toxicol*.2001;15:705-712.
- 21- Araragi S., Kondoh M., Kawase M., Saito S., Higashimoto M., Sato M. Mercuric chloride induces apoptosis via a mitochondrial-dependent pathway in human leukemia cells. *Toxicology*.2003;184:1-9.
- 22- Sener G., Sehirli A.O., Ayanoglu-Dulger G. Melatonin protects against mercury (II)-induced oxidative tissue damage in rats. *Pharmacol Toxicol*. 2003;93:290-296.
- 23- Shinada M., Takizawa Y., Muto H. Effect of mercuric chloride on phospholipid peroxidation in rat. *Nippon Koshu Eisei Zasshi*.1990;37(12): 1010-1014.
- 24- Delnomdedieu M., Allis J.W. Interaction of inorganic mercury salts with model and red cell membrane: importance of lipid-binding sites. *Chem Biol Interact*. 1993; 88:71-87.
- 25- Marchi B., Burlando B., Moore M.N., Viarengo A. Mercury and copper-induced lysosomal membrane destabilisation depends on  $[Ca^{2+}]_i$  dependent phospholipase A2 activation. *Aquat Toxicol*.2004;66:197-204.
- 26- Lund B.A., Miler D.M., Woods J.S. Mercury-induced H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> formation and lipid peroxidation in vitro in rat kidney mitochondria. *Biochem Pharmacol*.1991;42:181-187.
- 27- Nath K.A., Croatt A.J., Likely S., Behrens T.W., Warden D. Renal oxidant injury and oxidant response induced by mercury. *Kidney Int*.1996;50:1032-1043.
- 28- Ariza M.E., Bijur G.N., Williams M.V. Lead and mercury metagenesis: Role of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, superoxide dismutase, and xanthine oxidase. *Environ Mol Mutagen*.1998;31: 352-361.
- 29- Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem J*. 1984;219:1-14.
- 30- Cope G.F. The in vitro effects of nicotine and cotinine on sperm motility. *Hum Reprod*.1998;13:777-778.
- 31- Wetscher G.J., Bagchi M., Bagchi D., Perdakis G., Hinder P.R., Glaser K., Hinder R. Free radical production in nicotine treated pancreatic tissue. *Free Radic Biol Med*.1995;18:877-882.
- 32- Yuli I., Wilbrandt W., Shinitzky M. Glucose transport through cell membrane of modified lipid fluidity. *Biochemistry*.1981;20:4250-4257.
- 33- Meister A., Anderson M.E. Glutathione. *Ann Rev Biochem*.1983;52:711-760.
- 34- Elia A.C., Galarini R., Taticchi M.I., Dorr A.J., Mantilacci L. Antioxidant responses and bioaccumulation in *Ictalurus melas* under mercury exposure. *Ecotoxicol Environ Saf*.2003;55:162-167.
- 35- Hultberg B., Anderson A., Isaksson A. Interaction of metals and thiols in cell damage and glutathione distribution: potentiation of mercury toxicity by dithiothreitol. *Toxicology*.2001;156: 93-100.
- 36- Lissak A., Wiener-Megnazi Z., Reznick A.Z., Shnizer S., Ishai D., Grach B., Lahav-Baratz S., Shiloh H., Kofman M., Dirnfeld M. Oxidative stress indices in seminal plasma, as measured by the thermocheminescence assay, correlate with sperm parameters. *Fertil Steril*. 2004;81(suppl.1):792-797.
- 37- Bilodeau J.F., Blanchette S., Cormier N., Sirard M.A. Reactive oxygen species-mediated loss of bovine sperm motility in egg yolk Tris extender: protection by pyruvate, metal chelators and bovine liver or oviductal fluid catalase. *Theriogenology*.2002;57(3):1105-1122.
- 38- Woo A.L., James P.F., Lingrel J.B. Sperm motility is dependent on a unique isoform of the Na, K-ATPase. *J Biol Chem*.2000;275:20693-20699.
- 39- Au D.W., Chiang M.W., Wu R.S. Effects of cadmium and phenol on motility and ultrastructure of sea urchin and mussel spermatozoa. *Arch Environ Cont Toxicol*. 2000;38(4):455-463.
- 40- Tien M., Bucher J.R., Aust S.D. Thiol-dependent lipid peroxidation. *Biochem. Biophys Res Commun*.1982; 107(1):279-285.