



دانشگاه صنعتی اصفهان  
دانشکده مهندسی مواد

دفاع از رساله دکتری  
مهندسی پزشکی، گرایش بیومترال  
با عنوان

## سنتر نانوذرات هسته-پوسته فریتی بارگذاری شده با دارو به منظور درمان ترمبوز

ارائه کننده: عباس مغنی زاده

زمان: سه شنبه ۴ آبان ساعت ۱۳ (بصورت مجازی)

اعضای کمیته داوری:

**اساتید راهنما:** دکتر فخرالدین اشرفی زاده، ژاله ورشو ساز  
**اساتید داور:** دکتر سعید شیبانی، دکتر مجید طبایخان، دکتر شیدا لباف

### چکیده:

ایجاد لخته خون در مویرگ‌ها یکی از دلایل اصلی سکته مغزی و یا قلبی است. بعد از ایجاد ترمبوز وریدی، جدا شدن و حرکت لخته بسمت ریه می‌تواند باعث انسداد ریوی و نهایتاً منجر به مرگ گردد. روش‌های رایج کنونی برای جلوگیری از حرکت و درمان لخته محدودیت‌های ذاتی دارند. هدف از این پژوهش، مطالعه و ارزیابی دو روشی غیرتهاجمی جدید جهت ممانعت از حرکت لخته و سایش مکانیکی-شیمیایی آن با نانوذرات مغناطیسی حامل دارو می‌باشد. در این پژوهش، روش زیست‌نگهداشت مغناطیسی لخته ابداع و مطالعه شده که در آن با استفاده از نانوذرات مغناطیسی حامل داروی ترمبولیتیک تحت میدان مغناطیسی، نه تنها لخته را در جای خود نگه داشته بلکه باعث حل شدن آن نیز می‌شود. تکنیک نانوترمبولیتیک مغناطیسی بر مبنای سایش و انحلال لخته با نانوذرات مغناطیسی حامل دارو نیز مطالعه شده است. در این راستا، نانوذرات هسته-پوسته فریت روی-سیلیکا با استفاده از دو روش هم‌رسوبی و استبر سنتر شد و داروی استربتو کیناز در آن بارگذاری شد. برای تجزیه و تحلیل تکنیک زیست‌نگهداشت مغناطیسی لخته در شرایط برون تنی، مدار هیدرولیکی مشابه با شرایط رگ و نکاوا طراحی و ساخته شد تا تأثیر پارامترهای مهم این فرایند شامل میدان مغناطیسی (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ تسلا)، دوز نانوذرات (۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱ گرم)، فشار سیال (۱۲۰، ۸۰ و ۱۸۰ میلی‌متر جیوه) و دبی سرعت جریان سیال (۲/۵، ۵ و ۷/۵ لیتر بر دقیقه) در نگهداشت مغناطیسی اندازه‌های مختلف لخته بررسی گردد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش پارامترهای شدت میدان مغناطیسی و دوز نانوذرات مغناطیسی به حداکثر مقادیر آنها، می‌توان ۱۰۰ درصد لخته‌ها را بی‌حرکت و حدود ۶۱ درصد از وزن لخته‌ها را حل کرد؛ نرخ نگهداشت و انحلال لخته بطور مستقیم با شدت میدان مغناطیسی ارتباط دارد. در حالیکه لخته‌های کوچک با اعمال میدان مغناطیسی ۰/۲ تسلا نگهداشته می‌شوند، برای نگهداشت لخته‌های بزرگتر نیاز به میدان مغناطیسی قوی‌تر (۰/۳ تسلا) می‌باشد. بعلاوه، با افزایش شدت میدان مغناطیسی از کمترین مقدار ۰/۱ به ۰/۳ تسلا، راندامان حل شدن لخته‌های بزرگ از ۳۰/۹ به ۶۱/۴ درصد افزایش می‌یابد (در آزمایش‌ها  $P\text{-Value} < 0.05$  در نظر گرفته شده است). افزایش فشار و دبی جریان تأثیر معکوس بر نگهداشت مغناطیسی لخته‌ها دارند. برای پژوهش در مورد سایش لخته با نانوذرات حامل دارو، دستگاه نانو ترمبولیتیک مغناطیسی طراحی و ساخته شد و برای درک بهتر فرایند، یک مدل ریاضی برای توصیف روابط بین پارامترهای فرایند توسعه داده شد. اندازه‌گیری با روش پراکندگی دینامیکی نور نشان دهنده آن است که اندازه دبری (تراشه) های حاصل از فرایند نانو ترمبولیتیک مغناطیسی در محدوده نانو (کمتر از ۸۰۰ نانومتر) است که خطر ابتلا به آمبولی دیستال را به عنوان نگرانی از استفاده از تکنیک‌های فعلی آتروکتومی از بین می‌برد. نتایج نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی بیشترین تأثیر را در فرایند نانو ترمبولیتیک مغناطیسی دارد، در حالی که افزایش دوز ذرات نانو مغناطیسی بیشتر از ۴۰ میلی‌گرم، تأثیری در کاهش میزان لخته ندارد. تصاویر میکروسکوپی نیروی اتمی نیز نشان دهنده عدم آسیب به رگ مصنوعی در این روش است. تکنیک‌های پیشنهادی برای نگهداشت مغناطیسی لخته و نانو ترمبولیتیک مغناطیسی علاوه بر غیرتهاجمی بودن، قابلیت منحصربفردی برای ممانعت از حرکت لخته‌ها به سمت اندام حیاتی و از بین بردن لخته‌ها فراهم می‌آورند و بعلاوه پیش‌بینی می‌شود یک روش ممتاز برای از بین بردن سایر رسوبات در رگ‌ها خواهند بود.

**کلمات کلیدی:** نانوذرات مغناطیسی، داروی ترمبولیتیک، رگ مصنوعی، لخته خون، میدان مغناطیسی، ترمبولیتیک، ترومبوز، رهایش دارو، فرایند سایش.