

ربات های حمل کننده دارو مرتبط با سرطان

مه سیما علیزاده
دانشجوی کارشناسی مهندسی پزشکی
mahssiimaalizadeh@gmail.com

سحر صابری منش
کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی
saberimaneshsahar@gmail.com

چکیده - امروزه بیشتر بیمارانی که روند شیمی درمانی را پشت سر می گذارند، داروهای ضد سرطان را به صورت خوراکی یا تزریق درون وریدی دریافت می کنند که هر دو روش با عوارض جانبی ناخوشایندی همراه هستند. روش جدید می تواند این موارد را کاهش داده و همچنین کاربردهای جدیدی را برای میکروروبات ها ارائه کند. این میکروروبات ها با استفاده از آهنرباها به سمت هدف خود، سلول های سرطانی هدایت می شوند و پس از ورود به محیط اسیدی اطراف تومور بار دارویی خود را آزاد می کنند. یکی از چالش های مهم محققان برای رها سازی دارو، استفاده و وارد کردن این نانوذرات در جریان خون، تجمع آن ها در محل مناسب در بدن و تاثیر روی بیماری است. کلید واژه- سرطان، دارو، درمان، میکروروبات، نانوروبات

1- مقدمه

پژوهشگران موسسه فناوری ماساچوست و محققان MIT با الهام از باکتری ها، ربات هایی را ساختند که با نیروی مغناطیس حرکت می کنند و می توانند نانو ذرات حاوی دارو را به صورت مستقیم در محل تومور سرطانی رها کنند.

که می تواند به طور قابل توجهی درمان سرطان را بهبود بخشد زیرا تزریق مستقیم داروهای شیمی درمانی در محل سلول های سرطانی را امکان پذیر می کند. همچنین استفاده از نانوروبات ها یا بیو نانو ربات ها در امر دارو رسانی باعث می گردد اثرات جانبی داروها کمتر شده و عمل درمان سریعتر انجام شود با نانو ربات های جراح نیز می توانند به نقاطی از بدن بروند که انسان و ابزار معمولی قادر به دسترسی به آن ها نیستند.

همچنین روی نانو ربات هایی کار شده است که باعث افزایش سیستم دفاعی در مقابل بیماری ها می شوند و نیز از بعضی از نانو ربات ها می توان برای بررسی یک منطقه از نظر آلودگی های شیمیایی استفاده کرد. [1,2]

2- مواد و روش ها

2.1 هدایت میکروروبات ها به سمت سلول های سرطانی با کمک آهنربا

این ربات های کوچک به شکل حیوانات مختلف از جمله پروانه، خرچنگ و ماهی چاپ شده و دارای شکاف هایی درون خود هستند که می توان آنها را با محموله مورد نظر پر کرد. پژوهشگران تراکم چاپ بخش های مشخصی مانند انتهای چنگال خرچنگ یا دهان ماهی را تغییر دادند که قادر به باز یا بسته شدن در زمانی هستند که اسیدیته محیط از آستانه تحمل ربات بیشتر باشد. پس از تکمیل، میکروروبات ها در محلولی دارای نانوذرات اکسید فروبرده شد تا به ربات های مغناطیسی تبدیل شوند و هدایت مغناطیسی آن ها درون بدن ممکن باشد. زمانی که به هدف خود می رسند، تغییرات سریع در سطوح PH در مکان هدف به آزاد شدن محموله میکروروبات ها منتج می شود.

2.2 ارتشی از ربات های کوچک خدماتی

در آزمایشگاه، پژوهشگران از آهنرباها برای هدایت یک میکروروبات ماهی شکل به سمت سلول های سرطانی و عبور آن از ساختارهایی که رگ های خونی را شبیه سازی می کردند، استفاده کردند. دانشمندان محیط این بخش را اندکی اسیدی تر کرده که موجب باز شدن دهان ماهی میکروروبات و آزاد شدن دارو شد و آن ها از این طریق در نابودی سلول های سرطانی موفق بودند. در آزمایش های دیگر، میکروروبات های خرچنگ شکل به گونه ای طراحی شدند تا نانوذرات دارو را درون چنگال های خود حمل کنند. پس از هدایت به سمت هدف، دارو از چنگال های آنها آزاد شد و این ایده را می توان برای دسته هایی از میکروروبات هایی که قادر به غلتیدن، راه رفتن، شنا کردن یا حتی خزیدن هستند، اجرا کرد و با هدایت آنها داروها را به بخش هدف رساند. طراحی های جدید میکروروبات های ماهی و خرچنگ شکل بسیار چشمگیر بوده زیرا می توانند به طور خودکار دارو را در محلی خاص که نیازمند درمان هستند آزاد کنند و البته به نظر نمی رسد که در آینده نزدیک این قبیل میکروروبات ها مورد استفاده قرار بگیرند. ربات ها باید کوچکتر باشند و همچنین به روشی برای تصویربرداری و ردیابی آنها طی سفرشان در بدن ما نیاز است. [1]



یکی از چالش های مهم محققان برای رها سازی دارو با استفاده از نانوذرات، وارد کردن این نانوذرات در جریان خون، تجمع آن ها در محل مناسب در بدن و تاثیر روی بیماری است. سایمون شورل از محققان این پروژه درباره این ربات گفت: رهاپش دارو با نانوذرات همیشه با چالش

فوتوداینامیک تراپی و شیمی‌درمانی که بر تولید "گونه‌های فعال اکسیژن" (ROS) متکی هستند، اثربخشی کمتری داشته باشند. گروهی دیگر میکروربات‌های بیوهیبریدی به نام "ولبات‌ها" (Volbots) را ابداع کرده‌اند که هیپوکسی را برای بهبود کارایی درمان‌های سرطان تسکین می‌دهد. دانشمندان، راهبردهای مختلفی را برای معکوس کردن هیپوکسی تومور آزمایش کرده‌اند؛ از جمله به کار بردن میکرو/نانو حامل‌ها با استفاده از گلبول‌های قرمز، هموگلوبین و نانوحباب‌ها که ظرفیت بارگیری اکسیژن ناکافی را نشان داده‌اند. میکروربات‌های بیوهیبریدی از دو بخش زنده و مصنوعی تشکیل شده‌اند. در حالی که بخش زنده ربات معمولاً تحرک و حمل و نقل را امکانپذیر می‌کند، دانشمندان می‌توانند عملکردهای اضافی را برای انجام دادن وظایف خاصی مانند انتشار دارو در بدن برای درمان بافت سرطانی به کار بگیرند. گروه دمیرچی، میکروربات‌های بیوهیبریدی خود را با استفاده از "جلبک‌های غلتان" یا "ولوکس" (Volvox) طراحی کردند که به عنوان موتور عمل می‌کنند و در انتخاب نام ولبات‌ها از نام این جلبک‌ها وام گرفته شده است چون جلبک‌های غلتان می‌توانند از طریق حرکت همزمان هزاران برآمدگی مو مانند به نام "تاژک" (flagella) شنا کنند که روی سطح آنها قرار دارند.

ولبات‌ها با نانوذرات مغناطیسی طراحی شده‌اند که روی سطح بیرونی آنها قرار دارند و به پژوهشگران کمک می‌کنند تا حرکت را با استفاده از یک میدان مغناطیسی بیرونی هدایت کنند. همچنین نانوذرات، امکان تشخیص با ام‌آر‌آی و تصویربرداری فوتوترمال را فراهم می‌کنند و به دانشمندان امکان می‌دهند تا آنها را به راحتی در بدن ردیابی کنند. دانشمندان در مقاله خود نشان دادند که هیچ اثری از سمی شدن در نتیجه درمان با ولبات‌ها وجود ندارد با وجود این، مکانیسم‌های پاکسازی و انتقال جلبک، چالش‌های بالقوه‌ای را ایجاد می‌کنند که باید پیش از استفاده بالینی بررسی شوند. [4]

به نقل از ساوث چاینا مورنینگ پست، طراحی این میکرو ربات که دقیقاً داروها را به نقطه خاصی از بدن می‌برد با الهام از ساختار سلول‌های انسانی و همچنین خرس آبی (Tardigrada) انجام شده که جان سخت‌ترین موجود روی کره زمین است. پروفیسور «وو ژیگوانگ» یکی از کارشناسان فناوری زیستی و «ژائو جی» کارشناس رباتیک از انستیتو فناوری هاربین در تحقیقی جدید یک راه حل یافته‌اند. ربات مذکور مانند یک زیردریایی کوچک است و پوسته آن شامل ۳ لایه است، یک لایه مغناطیسی داخلی که برق تولید می‌کند، لایه ژلی میانی که ارتباط برقرار می‌کند و لایه غشای خارجی که شبیه سلول انسانی است و علاوه بر زیست سازگار بودن، میزان اصطکاک را کاهش می‌دهد. ساختار پنجه دار ربات نیز با الهام از خرس آبی میکروسکوپی طراحی شده است. اندازه میکرو ربات‌ها از ۸ تا ۲۰ میکرومتر است و سرعت جریان خون نیز به ۲ سانتیمتر بر ثانیه می‌رسد.

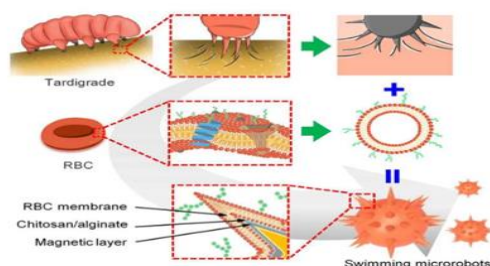
نفوذ نانو ذرات به بافت بیمار روبرو بوده است. در سال ۲۰۱۴ این گروه با الهام از ساختار حرکتی باکتری‌ها، میکرورباتی را طراحی کردند که ابعادی نزدیک یک سلول را دارا است. آن‌ها رشته‌های شلاقی شکل را از باکتری‌ها الهام گرفته و در این ربات مورد استفاده قرار دادند. این ربات‌ها با استفاده از چاپگر سه بعدی با قدرت تفکیک بالا تولید شده‌اند و پس از پوشش‌دهی با نیکل، امکان حرکت آن‌ها با میدان مغناطیسی فراهم شد. [2]

درمان سرطان به روش‌های مختلفی از جمله داروها، هاپیرترمی (افزایش کنترل شده درجه حرارت تومور به میزان ۳ تا ۸ درجه سانتیگراد)، پرتودرمانی و جراحی انجام می‌شود. اگرچه درمان دارویی متداول‌ترین روش در بین آن‌ها است، اما تحویل دقیق مقدار مطلوبی از داروی مورد نظر به قسمت خاصی از بدن دشوار است، زیرا این امر به عملکرد گردش خون بستگی زیادی دارد. با این هدف، تیم تحقیقاتی پروفیسور Hongsoo Choi در گروه مهندسی رباتیک در مرکز تحقیقات میکروروبات در DGIST کره جنوبی، موفق به ساخت یک میکروروبات تجزیه پذیر شد که می‌تواند در درمان هاپیرترمی و کنترل داروها موثر باشد.

روش هاپیرترمی به دلیل عوارض جانبی کم دارای محبوبیت است، اما در این روش، تحویل دارو به بخش خاصی از بدن دشوار است. با استفاده از این میکروروبات‌ها می‌توان سلول‌های سرطانی را از طریق هاپیرترمی و ترشح کنترل شده دارو به طور دقیق‌تر و منظم‌تر درمان کرد؛ بنابراین انتظار می‌رود ایمنی و کارایی درمان سرطان را هم افزایش دهد. این میکروروبات باید در بدن تجزیه و یا پس از استفاده بازیابی شوند تا اثرات مضر بعدی را به حداقل برسانند. در نتیجه محققان این میکرو ربات را با یک پلیمر تجزیه پذیر ساخته و پس از استفاده کامل از آن، تخریب پذیری آن را آزمایش کردند. همچنین این روبات‌ها می‌توانند با استفاده از یک میدان مغناطیسی خارجی و از طریق کنترل بی سیم، حمل و نقل داروها را سریع و دقیق انجام دهد. این تیم تحقیقاتی اثر مثبت میکروروبات‌ها بر کیفیت هاپیرترمی سلول‌های سرطانی و هدف گیری داروهای که توسط میدان‌های مغناطیسی کنترل می‌شوند را تأیید کردند و به گفته این محققان این روش در بهبود درمان سرطان و کاهش عوارض جانبی روش‌های درمانی موثر است. [3]

2.3 درمان سرطان با میکروروبات‌های جلبکی

به نقل از ادونسد ساینس نیوز، طی فرآیند پیشروی سرطان، تومورهای جامد معمولاً مناطقی را با دسترسی محدود به مواد مغذی و اکسیژن ایجاد می‌کنند. ساختار غیرطبیعی رگ‌های خونی و سرعت بالای رشد تومور باعث می‌شود که سلول‌های دور از رگ‌ها، شرایطی به نام "هیپوکسی" (Hypoxia) یا سطوح پایین اکسیژن را تجربه کنند. هیپوکسی تومور باعث می‌شود که روش‌های درمان سرطان مانند پرتودرمانی،



2.4 طراحی نانوربات:

طراحی نانوربات باید به اندازه کافی مطلوب و عملکرد آن در محیط مایع از درجه آزادی بالایی برخوردار باشد و شامل مدل های زیستی است که شامل اجزاء و طبق گردش مولکولی خواهد بود. به طور کلی از یک بازوی ربات به منظور انجام عملیات ویژه در نانوربات استفاده شده است که البته در این خصوص باید همه شرایط زیستی از قبیل جذب پروتئین و مراقبت از سامانه در مقابل یورش و همچنین سازش پذیری نانوربات با محیط را بررسی کرد. اساس کنترل سامانه ها برپایه عملکرد حسگرهای تعبیه شده بر روی نانوربات خواهد بود و مجموعه ای از حسگرها باید محیط کاری را بررسی نموده و امکان عملکرد در مویرگ ها یا شاهرگ ها را تجزیه و تحلیل نمایند. البته ساخت بهترین حسگرها و فعال سازی آنها در ابعاد نانو امری پیچیده است که برای این منظور باید از تکنیک حسگرهای شیمیایی کمک گرفت [6].

2.5 کنترل عملکرد نانوربات:

کنترل و هوشمند سازی رابه دوشکل می توان اجرا نمود اما این که واقعا کدام یک عملی تر است، نیاز به بررسی های عمیق تر دارد و یک روش که از آن به عنوان کاربرد مولکولی و استفاده از موتورها و حسگرها در ابعاد مولکولی یاد شده است، براین اساس کار می کند که حسگرها با دریافت و ارسال تغییرات شیمیایی، کنترل ورود و خروج اطلاعات رادر یک نانوربات برعهده می گیرند و همچنین از تکنیک نانوالکتریک برای پردازش این اطلاعات در خارج از بدن یا درون نانوربات و داخل رگ های بدن استفاده می کنند. دومین راهکار، استفاده از تکنیک فن آوری زیستی است که هم اکنون به منظور تولید، تغییر و اصلاح فرآورده ها در گیاهان، جانوران و تولید میکروارگانیسم ها برای کاربردهای ویژه، از ارگانیسم های زنده از آن استفاده می شود. در روش جدید با استفاده از DNA می توان ساختار هوشمندی را برای يك نانوربات ایجاد نمود و با رمز گذاری اطلاعات دیجیتالی درون DNA می توان در یک نانوربات پس از دریافت اطلاعات، پردازش را در خود نانوربات انجام داد [6].

2.6 منابع انرژی برای نانوربات ها:

موثرترین روش برای این که نانوربات ها مدام در حال حرکت و فعالیت باشند در هر محیطی نه صرفا محیط

رسد و مسافتی که خون در یک ثانیه حرکت می کند احتمالا هزار بار بیشتر از طول ربات است. ربات مذکور در حالت عملیاتی، از راه دور به وسیله یک میدان مغناطیسی چرخنده خارجی کنترل می شود و در نتیجه ربات در رگ های خونی با حالتی دوار مانند چرخ حرکت می کند. هنگامی که ربات به منطقه مورد نظر می رسد به طور ایمن به بافت مذکور می چسبد. ربات پس از متصل شدن و حذف میدان مغناطیسی می تواند با جریان شدید خون مقابله کند همچنین سطح ربات ساختاری دارد که شبیه سلول های قرمز خون است. محققان چینی گلبول های قرمز طبیعی را به وزیکول های کوچک (ریز کیسه یک حباب درون یا بیرون سلول) شکستند و با جذب الکترواستاتیکی به لایه ژل چسبانند. غشای لایه گلبول قرمز خون که به سطح میکروربات چسبیده، نه تنها زیست سازگاری ماشین کوچک را ارتقا می دهد، بلکه به اجتناب از حملات ایمنی کمک می کند و سطح را صاف تر می کند و مقاومت را از بین می برد. این ویژگی به ربات امکان می دهد تا تومورها را در عمیق ترین و سخت ترین قسمت های ریه درمان کنند. این ربات نرم و باریک در حین حرکت رشد می کند و همچنین می تواند با فشردن کردن خود از میان شکاف هایی که تقریبا 40 درصد نازکتر از قطر اصلی اش است عبور کنند و این به ربات ها کمک می کند تا مسیرهای باریک و پیچیده در اعماق بدن انسان مانند درخت برونش (بخشی از دستگاه تنفسی) را طی کنند. پروفیسور «پیترو والداستری Pietro» مجری این تحقیقات گفت: «این ربات های جدید نشاندهنده پیشرفت قابل توجهی در فناوری ناوبری جراحی هستند که می تواند برای میلیون ها نفر مفید واقع شود. در حال حاضر جراحی هایی وجود دارند که می توانند از این فناوری در آینده بسیار سود ببرند. مثلا، فناوری های برونکوسکوپی که برای مشاهده داخل ریه های بیمار یا نمونه برداری استفاده می شود نمی تواند به راحتی به بیشتر راه های هوایی دسترسی پیدا کنند، زیرا هدایت ابزار با فشار دادن آن به بدن بیمار بسیار دشوار است.» این دستگاه کوچک که «ربات پیچک» نامیده می شود، از فشار هوا در داخل بدن برای رشد و مغناطیس برای هدایت استفاده می کند در حالی که بسیاری از سازمان ها در حال بررسی استفاده از ربات های پیچک برای کاربردهای بالینی هستند و این ربات قابلیت بهبود ایمنی و کارایی روش های پزشکی از تشخیص گرفته تا نمونه برداری و درمان را دارد که زمان بهبودی را کاهش می دهد و خطرات جراحی را به حداقل می رساند.

[5]

بسیار کوچکی قرار دارد که این دستگاه را قادر می سازد تا به نقطه خاصی از تومور برود و این در حالی است که با همین دستگاه جراحی، نمی توان با دقت میلیمتری روی تومورها کار کرد. با نانو ربات ها می توان تست های پاتولوژی یا تشخیص طبی را طی چند دقیقه انجام داد و حتی می توان دارویی را به منظور از بین بردن تومور با دقت، وارد بدن بیمار کرد. نانو ربات کربنی به ابعاد ۱۰۰ نانومتر به وسیله دستگاه های کنترل شده، داروهای تزریقی را در بافت بدن بیماران هدایت می کند و پس از تزریق دارو به این دستگاه، دارو به تمام بافت های بیمار به خصوص بافت های سرطانی و ایدزی رسیده و آن ها رو از بین میبرد. [18]

3- بحث و تحلیل

میکروربات های هیدروژل برای حمل هیدروکلراید لیکورین (LH) برای مهار سلول های سرطان روده بزرگ (CRC) به کار گرفته می شوند. جهش های ژنتیکی اغلب منجر به افزایش مقاومت دارویی در تومور می شود و سلول ها روش های درمانی موجود در کنترل را بی اثر می کنند. [19] ترکیبات حاصل از منابع گیاهی دارای مزایای هزینه کم، پایداری بالا، ایمنی بالا و هدف گیری هستند و در کاربردهای بالینی بسیار ارزشمند هستند. [20] میکروربات های مغناطیسی که با تغییر قدرت و جهت به دستکاری دقیق دست می یابد و میدان مغناطیسی پتانسیل زیادی برای کاربرد بالینی در دارو و درمان تومورها که علاقه زیادی در بین آنها برانگیخته است را دارد. [21] متاستاز فرآیندی است که طی آن سلول های سرطانی در اندام های دورتر رشد می کنند یعنی دور از اندام اصلی خود، و کشنده ترین تظاهرات آن سرطان است. [22] اکثریت بیماران سرطانی از بیماری متاستاتیک، به جای تومورهای اولیه می میرند. تحرک سلول های تومور برای متاستاز ضروری است معمولاً با ترمیم زخم و سنجش ترانسول می باشد. [23]

4- نتیجه گیری

میکروربات ها با یک میدان مغناطیسی کنترل می شوند و می توانند در بافت ها و ارگان های زنده در جریان خون بدن حرکت کنند همچنین بسیاری از کاربردهای بالقوه در زمینه مهندسی پزشکی نیز توسط آن ها انجام شده است. برای مثال ممکن است که برای Microsurgery در رگ های خونی انجام شوند که انتظار می رود جزو روش های پزشکی اتخاذ شده در آینده نزدیک باشد. امروزه استفاده گسترده از تله مدیسین امکان تمرکز زدایی از فعالیت هایی که به طور معمول در سطح دوم مراقبت سلامت انجام می شوند را فراهم می کند و این عملکرد رami توان در سطح مراقبت های اولیه نیز ارائه نمود. همچنین تله مدیسین می تواند تداوم و کیفیت خدمات مراقبت از سلامت رانیز ارتقاء بخشد و در حال حاضر که استفاده بهینه از منابع جهت هزینه اثر

بیولوژیک، ایجاد منابعی از انرژی است که از محیطی که نانوربات در آن مشغول به کار است فراهم شود. انرژی جنبشی سیال، اشعه های الکترومغناطیسی که از نور ساطع می شوند، گزینه های مناسبی برای منبع انرژی هستند. که این اشعه ها برای فضای کاری باز مورد استفاده قرار می گیرند.

همچنین استفاده از تغییرات دمایی با کم و زیاد شدن نور نیز گزینه مناسبی هستند اما برای یک فضای کاری گسترده، انرژی تولید شده از ارتعاش مناسب تر خواهد بود که در محیط های مختلف از جمله محیط بیولوژیک می توان از آن استفاده کرد. [7]

نانوتکنولوژی در مهندسی پزشکی تحولی در درمان بیماری های مانند سرطان، بیماری های قلبی-عروقی، بیماری های اعصاب، عفونت و بیماری های دیگر ایجاد کرده است و باعث به وجود آمدن ابزار کوچک، سریع و ارزان با عملکردهای جدید شده است. تحولات نانو تکنولوژی در علوم مختلف، سنسورها و کامپیوترها باعث ظهور نانو و میکرو ربات ها شده است. این ها از یک سو با حجم زیادی از اطلاعات سر و کار دارند و از سوی دیگر از طریق سنسورها و عملکرد ها با جهان فیزیکی در ارتباط هستند. [7]

همچنین می توانند قابلیت های حسی مختلفی نظیر سنسور های گرمایی و شیمیایی و حرکت این حسگر ها را به کار ببرند و یکی از دشوار ترین مراحل برای نانو ربات ها، حرکت در نزدیکی یک مولکول زنده و شناسایی و پی بردن به ماهیت آن است. [6]

و می توانند یک هدف مشخص در رگ های کوچک تر را شناسایی کنند علاوه بر این به کارگیری سنسور های گرمایی و شیمیایی در پیشرفت کیفی و کمی کار نانوربات ها تاثیر بسیاری داشت و بسیاری از محققان در حال حاضر، ربات خود را با قابلیت ارتباط بی سیم مجهز می کنند که چندین مزیت نسبت به تک ربات دارد. [6-14] کاربرد های پزشکی بالقوه نانوربات ها از برطرف کردن عوارض جانبی شیمی درمانی گرفته تا درمان بیماری آلزایمر، همواره وسیع و بلند پروازانه بوده است و طی ۱۰ سال گذشته، پژوهشگران مختلف در زمینه ایجاد سیستم های مورد نیاز جهت توسعه کار نانوربات های فعال و مفید به عنوان سنسور، سیستم های انتقال اطلاعات و تامین سوخت به پیشرفت های زیادی دست یافتند. [6] نانو ربات می تواند از طریق شناسایی و هدایت به طرف مقصد با استفاده از سیگنال های اولتراسونیک به بدن انتقال پیدا کند و منعکس شود و به منبع اصلی برگشت پیدا کند همچنین سیگنال های اولتراسونیک پرتو به بدن بیمار رفته و پالس از سیگنال های اولتراسونیک هدایت شده و پزشکان مسیر آن را مشخص می کنند که این کار می تواند به صورت بی سیم از راه دور انجام شده و از این طریق در تله مدیسین هم می توان از آن استفاده کرد. [15 و 16 و 17]

نانو ربات قابل کنترلی که قادر است در جراحی سرطان مورد استفاده قرار گیرد و داخل این دستگاه موتورهای

- [16] NANOROBOTICS – AN
UPCOMING Revolution”, Kumar ,
Piyush
- [17] Motion Control Algorithms for
Nanorobot Swarms in Medicine”,
Hegarty , James , H.-S
- [18] technology/nanotechnology
<http://www.library.tebyan.net/Sciencet>
- [19] Qunaj et al., 2023
- [20] Avila-Carrasco et al., 2019
- [21] (Li et al., 2017; Wang et al., 2020; Ji et
al., 2021; Zhang et al., 2023; Li et al.,
2023).
- [22] Xia et al., 2023
- [23] Jin et al., 2019

[24] سحر صابری منش، مهسیما علیزاده ” تشخیص و درمان
سرطان به کمک اینترنت اشیا و هوش مصنوعی “ نهمین
کنفرانس دانشجویی مهندسی برق کشور، دانشگاه علامه فیض
کاشانی

بخش ترین فعالیت برای جنبه های اقتصادی لحاظ می
گردد و این تکنولوژی می تواند کم هزینه تر از فعالیت
های معمول باشد. امروزه در تاثیر گذار بودن و اثربخشی
تله مدیسین در موارد خاص هیچ تردیدی وجود ندارد.

5- مراجع

- [1] Cancer Research, Treatment and
Education Institute
- [2] Student News Agency
- [3] Young Journalists Club
- [4] Iranian Students News Agency ISNA
- [5] Anna Khabrian
- [6] Article: Nanorobot Technology and Its
Application in Medicine – Compiled by:
Engineer Hamidreza Sharifani – Smart
Industry Magazine, Year 12, February
2019, Issue 015
- [7] Comprehensive Iranian Medical
Engineering Site – Author: Fatemeh
Mohandesi, Professor Habibnejad
Korayem
- [8] Adoption of Vehicular Ad Hoc
Networking Protocols by Networked
Robots- WimVandenbergh , Ingrid
Moerman ,
Science 2102.
- [9] Robotics technology: a journey into the
Future – Abhilashpandya,PHD – 2012.
- [10] Dynamic analysis algorithm for a micro
– robot for Surgical applications –
.[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on
2024-10-17]
- [11] Design, Fabrication and control of a
magnetic Capsule-robot for the human
esophagus
Springer – Verlag 2011.
- [12] Capsule endoscopy – Amechatronic
Perspective- Lin LIN, Mahdi Rasouli,
Andy Prima Ken CANA, ,Soojay
PHEE – Research Article – 2011-Springer
- [13] Perspective of active Capsule– 2011 –
the Chinese university of Hong kong.
- [14] Swallowable Wireless Capsule
Endoscopy progress and Technical
Challenges – October 2011.
- [15] Nano – Medicine based drug delivery
system “ Journal of Advanced pharmacy
Education & Research