مقـاله مروری

نقش همگرائی علوم در پزشکی

دکتر مسلم بهادری*

استاد آسیب شناسی دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

* نشانی نویسنده مسئول:

دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

نشانی الکترونیک: bahadorim@ams.ac.ir

چکیده

همگرائی علوم پزشکی Convergence Medicine یک زمینه جدید آموزشی، پژوهشی و درمانی در علوم پزشکی است که دارای ظرفیت عظیم در تحول آینده در پزشکی هم در بخش پژوهش و هم درمراقبت‌های بالینی Clinical Care خواهد داشت. این تکنولوژی جدید که عملا از سال ۲۰۱۴ شروع شد به سرعت در جوامع دانشگاهی سراسر جهان گسترش یافت. همگر ائی پزشکی، به دنبال همگرائی فنآوری در علوم Converging Technologies in Science در سال ۲۰۰۲ به عنوان NBIC که شامل همگرائی Nanotechnology, Biotechnology ,Informatics technology and Cognitive Science است، معرفی گردید. در حال حاضر در تعداد فزاینده‌ای از دانشگاه‌ها و موسسات آموزشی و پژوهشی همگرائی پزشکی وجود دارد که این رهیافت را پیش می‌برند و در این مطالعه بعضی از این موسسات نام برده شده است. توجه به اهداف و دیدگاه‌های این تکنولوژی پزشکی و استفاده از آن امید فراوانی برای آینده پزشکی در سلامت جامعه و رفع مشکلات زیستی آنها خواهد بود. در این مطالعه ضمن بیان چگونکی پیدایش این رهیافت، بعضی از سودمندی‌های آن در امور پزشکی شرح داده شده است. بحث درباره این رهیافت در جامعه پزشکی ایران می‌تواند ما را در فهم چگونگی ساختار اساسی این فرآیند هم در حوزه خدمات بهداشتی Health Care Policies و هم پژوهش، سرمایه‌گذاری برای پژوهش، سیاست‌های عملی Workforce Policies و همکاری‌های تیمی کمک نماید.

کلید واژه‌ها: همگرائی، پژوهش‌های نوآورانه، مراقبت‌های نوآورانه بالینی، همگرائی پزشکی، همکاری تیمی، علوم بین رشته‌ای

همگرائی در پزشکی
طرح مسئله

در سال ۲۰۰۲ میلادی، بنیاد ملی علوم آمریکا و اطاق تجارت آن US National Science Foundation and Department of Commerce گزارشی درباره فنآوری‌های همگرائی برای بهبود عملکرد انسانی Converging Technologies for Improving Human Performance منتشر کرد که خیلی زود مورد توجه دانشمندان علوم در سراسر دنیا قرارگرفت. در این گزارش به همگرائی فنآوری‌های چهار شاخه علمی نانو تکنولوژی Nanotechnology، بایوتکنولوژی Biotechnology، فنآوری اطلاعات Information Technology و دانش شناخت Cognitive Science که به اختصار NBIC نامیده شد، اشاره گردید. ظرفیت استفاده از این فنآوری‌ها در بالابردن بهداشت و درمان علیلی‌ها در آن گزارش بیان شده بود. این فنآوری که بعدا تعدادی دیگر بر ان افزوده شد، امروزه در بسیاری از مراکز علمی جهان از جمله در دانشگاه‌های صنعتی ایران در حال پیشرفت و تکامل است (۵-۱).

در سال ۲۰۱۴ شورای تحقیقات ملی National Research Council آمریکا گزارشی تحت عنوان Convergence:Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences , Engineering and Beyond منتشر کرد (۶).

این گزارش ۱۵۰ صفحه‌ای، مرحله تازه‌ای از تحول برای آینده مطرح کرد که نه تنها شامل علوم عمومی بلکه علوم پزشکی در قرن بیست و یکم شد که همگرائی پزشکی نامیده شد (۹-۷). شاخه علوم پایه فرهنگستان علوم پزشکی جمهوری اسلامی در دو همایش سالانه یک روزه در ماه بهمن ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ درباره همگرائی در علوم پزشکی برنامه‌هائی اجرا کرد (۱۱و۱۰). در این مقاله با استفاده از منابع معتبر خلاصه‌ای از برداشت‌های جدید در استفاده از این فنآوری در پزشکی را مرور می‌کنیم.

همگرایی پزشکی Convergence in Medicine

در فارسی convergence in medicine، همگرائی در پزشکی نام گرفته است که یک شاخه تازه از همگرائی علوم است و متوجه اصول و دیسیپلین‌هائی می‌شود که چگونه بتوان مسئله بهداشت عمومی اجتماعی و علیلی‌های ناشی از حوادث را با ادغام اقدامات پزشکی بالینی درحیطه‌های غیر بالینی به حد مناسب و مطلوب حل کرد. این رشته‌های غیر بالینی بسیار متعدد و شامل مهندسی، انفورماتیک، بیولوژی مولکولی، کامپیوتر، سرمایه‌گذاری entreprenership، بهداشت اجتماعی، علوم انسانی، مدیریت، روزنامه‌نگاری، سیاست، قانون و هنر می‌باشند که به تناسب در این همکاری‌ها شرکت دارند. هدف همگرائی نوسازی بهداشتی بر پایه همکاری‌های بین‌رشته‌ای interdisciplinary و تفکر چند رشته‌ای multidisciplinary mindset است(۸).

اگر بتوانیم این تفکر تیمی برای ارتقای سلامت را به عنوان مدلی شبیه توپی و پره چرخ دوچرخه Hub and Spoke Model در نظر بگیریم، نوآوری و اکتشاف، توپی"Hub" را تشکیل می‌دهد و تمامی قلمرو وابسته به تندرستی para-health domain که تولیدکننده دانش، امکانات و تجربه است و پیش‌بینی‌ها را توسعه می‌دهد، چرخ‌های آن"Spokes" خواهد بود.

دکتر هاریس ایر Harris Ayre پنج دلیل مهم بشرح زیر را برای این که همگرائی پزشکی در آینده حقیقت حرفه پزشکی خواهد بود، بیان می‌کند (۹).

۱) در آینده حل مسایل بهداشتی منحصرا با ارائه خدمت انحصاری تک رشته‌ای بسیار مشکل و غامض خواهد بود. بزرگترین چالش‌های بهداشتی نظیر افزایش بیماری‌های مزمن و بیماری‌های وابسته به سن به علت مسن‌تر شدن افراد جامعه و تغییر عوامل سبک زندگی (lifestyle factors)، افزایش هزینه‌های بهداشتی ناشی از افزایش سن و سرمایه‌گذاری‌های سنگین، افزایش بیماری‌های غیر واگیر و ناکافی بودن خدمات بهداشتی برای آنها، توسعه بیماری‌های عفونی و افزایش مقاومت میکروبی، اثرات بد تغییرات محیط زیست بر سلامت و بالاخره شهرگرائی و عدم تساوی‌های اجتماعی خواهد بود.

۲) برای روش‌های تشخیصی و درمانی، نوآوری‌ها و اکتشافات به سرعت افزایش می‌یابند. اکتشافات و نوآوری‌های تکنولوژیک به میزان چشمگیری به بازار عرضه می‌گردند و پزشکان به تنهائی نمی‌توانند خود را با آن تطبیق دهند.

۳) همگرائی قابل دسترسی زود رشد کرده است. نمونه‌های حیاتی واقعی از مدل‌های همگرائی برای مراقبت‌های بهداشتی عملا به بازار آمده است. یک نمونه قابل توجه از این نوع، نوآوری شرکت NantHealth در شهر کولور Culver City لوس آنجلس است. NantHealth یک کمپانی مراقبت بهداشتی است که پزشکی بیومولکولار و بیواینفورماتیک را با خدمات تکنولوژیک همگرا کرده است و اخیرا بر این پایه یک روش درمان سرطان با استفاده از همگرائی علوم بکار گرفته است. NantHealth در نظر دارد یک درمان شیمیائی شخصی real-time personalized therapy بر پایه آخرین یافته‌های بالینی شیمی درمانی، پروفایل ژنومیک، و همین طور smart-phone, supercomputer و cloud storage technologies انجام دهد.

۴) پزشکان بطور فزآینده برای دریافت خدمات غیر بالینی non-clinical opportunities اصرار می‌ورزند. همگرائی پزشکی Convergence medicine careers ممکن است در این موارد به پزشکان کمک کند. یک مطالعه در سال ۲۰۰۷ د ر بین ۱۰۸۴۰۸ پزشکان فارغ‌التحصیل آمریکائی نشان داد که ادامه خدمات تمام وقت پزشکی از ۵۱/۳ % در سال ۱۹۹۷ به ۴۶/۵% در سال ۲۰۰۴ سقوط کرد. البته این رقم در سال‌های اخیر

می‌توانـد کاهش خیلی بیشـتری را نشـان دهد. انجمـن society of physician Entrepreneurs کـه یـک شـبکه اجتماعی از پزشـکان و سـایر شـاغلین بهداشـتی Health related professionals اسـت و فقـط در آمریـکا ۱۷۰۰۰ عضـو دارد، در فعالیت‌هـای همگرائـی bio-innovation and entrepreneurs شـرکت دارند و بنظر می‌رسـد از محبوبیـت بالایـی برخوردار اسـت. پزشـکان آمریکائی که خدمات سـنتی پزشـکی را تـرک و در ایـن گونـه فعالیت‌ها شـرکت می‌کنند بـه شـدت رو بـه افزایش می‌باشـند.

۵) همگرائی علوم توسط موسسات صاحب نام prominent institutions ازجمله شورای تحقیقات ملی امریکا National Research Council حمایت می‌شود. دانشگاه کالیفرنیای جنوبی USC در حال تاسیس Mi-chelson Center for convergence Biosciences می‌باشد. نوآوران استرالیا شبکه همگرائی علوم را ایجاد کرده‌اند و ده‌ها موسسات دیگر به این نوآوری در علوم پزشکی رو آورده‌اند (۹).

در مقاله perspective که توسط ده پژوهشگر بنام و برجسته جهانی منتشر شده است، به معرفی برنامه‌های زیادی که توسط چند کشور استرالیا، انگلستان، سویس و آمریکا انجام شده می‌پردازد و منحصرا درباره تقویت و کاربردهای همگرائی پزشکی توضیح می‌دهد (۸).

همگرائی علوم، شامل ادغام در هم آمیخته و هم‌افزای رشته‌های علمی مختلف trans –disciplinary integration of a diverse array of sciences است که زمینه تازه‌ای از پژوهش، توسعه و کاربری را توصیف می‌کند. هم زمان هماهنگی بین حکومت، آکادمی و صنعت نیز این همگرائی را عملی می‌گرداند. امید می‌رود همگرائی آموزش مشترک علوم، Mutual learning، همکاری عمیق‌تر بین موسسات علمی، نگاه تازه‌تر جهانی Novel worldviews and par-adigms و همچنین ادغام دانش و زبان بین بخشی Trans-disciplinary language and knowledge integration برای حل مشکلات حقیقی جهان عملی گردد(۱۳و۱۲).

پزشکی همگرا Convergence medicine شامل قالب‌گیری فلسفه دانش همگرا در داخل مراقبت‌های بهداشتی بالینی Clinical Health Care بر پایه همکاری نزدیک تر دانشمندان، متخصصین علوم پایه، متخصصین بالینی و همچنین افزایش آموختنی‌های حرفه‌ای پزشکی Medical Professionalism می‌باشد (۱۴-۱۲).

اگرچه درحال حاضر، نمونه‌هائی از همگرائی از قبیل رادیولوژی با استفاده از کشفیات رونتگن در سال ۱۸۹۵ و کاربرد آن در پزشکی در سال ۱۸۹۷ و پاتولوژی جراحی Surgical Pathology با استفاده از انواع میکروسکوپ وجود دارند، ولی نیاز بیشتری برای پیشبرد و تقویت این همگرائی لازم است. اقدام به همگرائی در پزشکی با توجه به ماهیت درهم پیچیده و چند دستگاهی بدن complexity and polysystemic nature و تعداد زیادی از معضلات پزشکی که برای حل آنها برداشت‌های انفرادی single silo approach ناکافی است، از ضروریات است.

شارپ و لنگر Sharp and Langer همگرائی را در بیومدیسن به عنوان سومین انقلاب نام برده‌اند، انقلاب اول را بیولوژی سلولی و مولکولی cellular and molecular biology، انقلاب دوم را ژنومیکس genomics profile و انقلاب سوم را همگرائی در بیومدیسین con-vergence science in medicine نامیده‌اند (۱۵).

اهمیت همگرائی پزشکی در خدمات پزشکی بالینی و پژوهش

ارتقای نقش همگرائی علوم در پزشکی بالینی به دلایل چندی اهمیت دارد (۸). همگرائی می‌تواند باعث کمک بیشتر در حرفه پزشکی، انجام پژوهش و ایجاد نوآوری، افزایش قدرت تعلیم و توانمندسازی، و افزایش قدرت درمان شود که در مجموع، به مراتب بهتر از گذشته چالش‌های پیچیده پیش روی پزشکی را حل کند. این چالش‌های پیچیده که در بالا ذکر شده‌اند شدیدا رو به افزایش‌اند. این چالش‌ها که از نظر اتیولوژی، تظاهرات و عواقب از هم متفاوتند و ظاهرا بهم نیز مربوط نیستند، فراوان بوده و روبرو شدن با آنها راهکارهای متفاوتی را می‌طلبد.

دیگر اینکه همگرائی می‌تواند درگیری شاغلین پزشکی را با نوآوری‌های نوین غیربالینی non-clinical innovations آسان کند. اینها شامل اکتشافات روزافزون بیولوژی مولکولی، شناخت و کاربرد بیشتر از پرفایل‌های ژنومیکس کم خرج، افزایش قدرت و کاربری کامپیوتر، استفاده بهینه از تلفن همراه هوشمند، استفاده از وسایل کوچک small device usage (microchips) افزایش دریافت اطلاعات از مستندات الکترونی بهداشتی E-Health و بالاخره افزایش با خبر شدن از عوامل دیگر تاثیرگذار بر تندرستی می‌باشند.

استفاده از همگرائی در پزشکی Convergent Approaches in Medical Research and Innovation

نمونه‌های فراوانی از رهیافت همگرائی در تحقیقات و نوآوری‌های پزشکی وجود دارد که عده‌ای از آنها در فهرست زیر آورده شده‌اند(۸). ایـن نمونه‌هـا زمینه‌هائـی از پژوهش‌هـا Fields of Research، پژوهش‌هـای حمایتـی نوآورانـه، نوآوری‌هـای بالینـی وابسـته بـه بیمارسـتان یـا انسـتیتوها و مراقبت‌هـای بالینـی را شـامل می‌شـود.

۱. نمونه‌های زمینه پژوهشی Field of research (۲۰-۱۶).

الف: پزشکی ترجمانی translational medicine که اهمیت ترجمان آزمایشگاه و بالین bench to bedside translation را بیان می‌کند. مراحل پزشکی ترجمانی توسط Licinio و Wong این گونه تعریف شده است (۱۶):

پیدایش سوال از طریق علوم پیش بالینی– بالینی و اپیدمیولوژی T0-T1-bench to bedside

T2- bedside to clinical application (clinical trials)
T3-translation to policy and health care guidelines
T4- assessment of health policy and usages
T5- global health application

نمونه پزشکی ترجمانی، اقدامات ادوارد جنر در مورد پیدایش واکسن آبله که از مشاهده بالینی شیردوشان مبتلا به زخم آبله تا تولید واکسن علیه این بیماری می‌باشد(۱۷و۱۶)

ب – علوم پیری شناسی Geroscience (۱۸)

ت – چاپ سه بعدی Three dimensional printing(3DP) (۱۹)

ث – نوروواکونومی رفتاری Behavioral neuroeconomics (۲۰)

۲–پژوهش‌های نوآورانه Convergent research initiative که شامل نوآورانه‌های پیش‌بینی‌کننده Precision medicine initiative طرح روان شناسی و روان پزشکی Research domain criteria project است (۲۲و۲۱).

پژوهش‌های حمایت‌کننده و نوآورانه بالینی
Supporting research and clinical innovation

رهیافت همگرائی در مراقبت‌های بالینی Convergence in clinical care ازنکات مهم در همگرائی تعداد زیادی از موسسات convergence-focused research institute که از نزدیک با هم همکاری می‌کنند، می‌باشد. Hall و همکاران از تیم TREC، همکاری تیم پژوهشی چندرشته‌ی موسسه ملی سرطان آمریکا را گزارش کرده‌اند (۲۳).

چندین موسسه و سازمان‌های پزشکی از قبیل انستیتوی فرانسیس کریک Francis Crick Institute در سال ۲۰۱۵ مرکز پژوهشی پزشکی ترجمانی را تاسیس کردند. هدف اصلی موسسه کریک آن است که پژوهش‌های نوآورانه در پزشکی را بدون مرز انجام دهد و از اینرو با موسساتی در انگلستان consortium of six UK-based scientific and academic organizations و همینطور با تعدادی از موسسات تحقیقاتی در امریکا همکاری دارد(۲۴). علاوه بر آن، همچنین موسساتی در سیلیکون والی آمریکا و در دانشگاه‌های معروف آمریکائی مانند Stanford , UCSF و USC برای استفاده از همگرائی پزشکی همت گماشته‌اند (۲۶و۲۵).

رهیافت همگرائی در مراقبت‌های بالینی
رهیافت همگرائی در اونکولوژی

اکتشافات تازه در بیومارکرها، بیوکامپیوتینگ و نانوتکنولوژی باعث شد که متخصصین بالینی از رهیافت همگرائی bio-nano-info convergence، برای تشخیص مولکولی و درمان فردی individualized therapy بیماری سرطان و سایر بیماری‌ها استفاده کنند (۲۷).

اخیرا یک مجله تحت عنوان Convergent Science Physical Oncology منتشر شده است (۲۸) که هدف این مجله ادغام دانش‌های فیزیک با بیولوژی سرطان و اونکولولوژی بالینی به منظور افزایش درک و روش‌های درمانی در بیماران سرطانی می‌باشد.

مرکز راهبردی بنام Center for Strategies Scientific Initiative (CSSI) که مورد حمایت موسسه ملی سرطان آمریکا است در حال حاضر رهیافت بین رشته‌ای را برای نوآوری‌ها در سرطان شروع کرده است (۲۹).

موسسات فراوانی در آمریکا و استرالیا و اروپا به این منظور تاسیس و بیش از ۶۰۰۰ گرانت برای اینگونه بررسی‌ها novel technologies وجود دارد. اداره پژوهش پروتئومیکس بالینی در کانسر Office of Cancer Clinical Proteomics Research در نظر دارد پلی بین بررسی‌های ژنوتیپ و فنوتیپ کانسر با استفاده از آخرین فناوری‌ها انجام دهد.

رهیافت همگرائی در operating system با استفاده از سیستم digital clinical operating از رهیافت‌های جدیدی است که در بیشتر موسسات در حال عملی شدن می‌باشد. در همین راستا استفاده از medical robotics عرصه تازه‌ای از رهیافت همگرائی در پزشکی می‌باشد و استفاده از آن به سرعت در حال افزایش است. که شامل جراحی‌های روبوتیک، معاضدت‌های اجتماعی روباتی، Emergency response robotic و سیستم‌های Prosthetic and exoskeletons and rehabilitation می‌باشد (۳۲–۳۰).

استفاده از رهیافت همگرائی، بسیار مفصل‌تر از آن است که در این مختصر گنجانیده شود و روز بروز دامنه آن وسیع‌تر می‌شود. البته استفاده از این رهیافت معایبی نیز دارد. دکتر هاریس ایر و همکاران در جدولی طولانی فرصت‌ها و ریسک‌های بالقوه آنرا چه از دید پزشکان و چه از دید سایرین غیر پزشک توضیح داده‌اند (۸).

نتیجه‌گیری

همگرایی علوم پزشکی یک زمینه نوین در پزشکی با ظرفیت عظیم در تحول آینده‌ی آموزش و پژوهش پزشکی و مراقبت‌های بالینی می‌باشد. همگرایی در علوم، ادغام علوم مهندسی، فیزیکی، کامپیوتر و علوم مربوط به سلامت می‌باشد و برای پزشکی و سلامت، انرژی و محیط بسیار سودمند و بخشی از پروژه‌های همگرایی است که توسط National Science Foundation (NSF) طراحی شده است.

همگرایی در علوم به عصر علمی یونان باستان و دوران طلایی اسلام بازمی‌گردد. از آنجاکه در گزارش اصلی مشاهده می‌شود، روند همگرایی بعنوان یک میراث از پیشرفت انسان از زمان شکل‌گیری مجموعه اتم‌ها و ظهور زندگی‌های قبیله‌ای و ابتدایی وجود داشته است.

آنچه در دوره ابتدایی قرن بیست و یکم دیده می‌شود، افزایش اهمیت همگرایی در علوم بعنوان عامل اساسی در فراگیری و پیشرفت سریع علمی و تکنولوژی زمان حاضر می‌باشد.

مراجع

1. National Science Foundation and Department of Commerce; Converging Technologies for Improving Human Performance. A report 2002: http://www.wtec.org/

2. Roco MC. Coherence and divergence of megatrends in science and engineering. Journal of Nanoparticle Research. 2002 Apr 1;4(1-2):9-19.

3. National Science Foundation (NSF). Studies on Convergence .http://www.nsf.gov/od oia/convrgence.jsp: 2004

4. Roco M C, Bainbridge W, Tonn B, et al. Convergence of knowledge, technology and society, Science policy report .Springer 2004

5. Massachusetts Institute of Technology (MIT), Washington Office. The third revolution. The convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and engineering. Report 2011

6. National Research Council (NRC). Convergence: Facilitating J H et al.Convergence of biomarkers,bioinformaticsransdisciplinary Integration of Life Sciences,Physical Sciences, Engineering, and Beyond . 2014; The National Academy Press, Washington.

7. MIT 2016: Convergence: The future of Health, edited by Sharp, Hock field and Jacks . MIT, Cambridge Massachusetts

8. Eyre HA, Forbes M, Raji C, Cork N, Durning S, Armstrong E, et al. Strengthening the role of convergence science in medicine. Convergent Science Physical Oncology. 2015;1(2):026001.

9. Eyre HA. 5 Reasons Why Convergence Medicine is the future. https://www.linkedin.com/pulse/5-reasons-why-convergence-medicine-future-harris-a-eyre

۱۰. همگرائی–علوم میان رشته ای. همایش علوم پایه پزشکی فرصتها و چالشها. فرهنگستان علوم پزشکی ایران۱۲ بهمن ۱۳۹۶

۱۱. همگرائی در علوم پزشکی–ضرورتها وملزومات. همایش علوم پایه فرهنگستان علوم پزشکی ایران بهمن ۱۳۹

12. Herskowitz A. Introducing Convergence Medicine. by anataramedicine, 2011; Convergence Medicine.

13. Chen J. Convergence: The future of Health 2016. Report on convergence Ideas challenge Winner

14. Graham T. Convergence in Medicine. Oslo-Life Science report. University of Oslo 2018

15. Sharp PA, Langer R. Research agenda. Promoting convergence in biomedical science. Science. 2011;333(6042):527.

16. Licinio J, Wong ML. Launching the 'war on mental illness'. Mol Psychiatry. 2014;19(1):1-5.

17. Bornstein SR, Licinio J. Improving the efficacy of translational medicine by optimally integrating health care, academia and industry. Nat Med. 2011;17(12):1567-9.

18. Burch JB, Augustine AD, Frieden LA, Hadley E, Howcroft TK, Johnson R, et al. Advances in geroscience: impact on healthspan and chronic disease. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2014;69 Suppl 1:S1-3.

19. Ventola CL. Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. P T. 2014;39(10):704-11.

20. Stanger C, Elton A, Ryan SR, James GA, Budney AJ, Kilts CD. Neuroeconomics and adolescent substance abuse: individual differences in neural networks and delay discounting. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry. 2013;52(7):747-755.e6.

21. NIH; Precision Medicine Initiative. www.nih.gov/precision-medicine-initiative cohort-program 2015

22. Insel T, Cuthbert B, Garvey M, Heinssen R, Pine DS, Quinn K, et al. Research domain criteria (RDoC): toward a new classification framework for research on mental disorders. Am J Psychiatry. 2010;167(7):748-51.

23. Hall KL, Stokols D, Moser RP, Taylor BK, Thornquist MD, Nebeling LC, et al. The collaboration readiness of transdisciplinary research teams and centers: findings from the National Cancer Institute's TREC year-one evaluation study. American journal of preventive medicine. 2008;35(2):S161-72.

24. The Francis Crick Institute.www.crick.ac.uk/

25. Michelson center of convergence bioscience. http://convergence.usc.edu/

26. Bio-X : pioneering discoveries in benefit of human health. http://biox.stanford.edu/sites/default/files/basic-page-file/stanford_bio-x_white_paper.pdfw

27. Phan JH, Moffitt RA, Stokes TH, Liu J, Young AN, Nie S, et al. Convergence of biomarkers, bioinformatics and nanotechnology for individualized cancer treatment. Trends Biotechnol. 2009;27(6):350-8.

28. Convergent Science Phsical oncology. http://iopscience.iop.org/2057-1739

29. NCI. Center for strategic scientific initiative.2015. http://cssi.cancer.gov/

30. Kudyba SP. Healthcare informatics: increasing efficacy and productivity. CRC press 2010

31. Detmer DE, Shortliffe EH. Clinical informatics: prospects for a new medical subspecialty. JAMA. 2014;311(20):2067-8.

32. Sohn W, Lee HJ, Ahlering TE. Robotic surgery: review of prostate and bladder cancer. Cancer J. 2013;19(2):133-9.