

## بررسی همبستگی ویژگی‌های رادیومیکیس استخراج‌شده از تصاویر پزشکی هسته‌ای با متابولیسم ضایعه در بیماران مبتلابه سرطان کولون

### چکیده

دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۱ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴ آنلاین: ۱۴۰۳/۰۵/۰۱

یونس سلیمانی<sup>۱</sup>، فرحناز آقاحسینی<sup>۲</sup>،  
پیمان شیخزاده<sup>\*۲</sup>

۱- گروه علوم اعصاب و مطالعات اعتیاد،  
دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی، دانشگاه  
علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.  
۲- گروه پزشکی هسته‌ای، دانشکده پزشکی،  
مجتمع بیمارستانی امام خمینی تهران، دانشگاه  
علوم پزشکی تهران، ایران.

**زمینه و هدف:** تصویربرداری پزشکی هسته‌ای دقت بالایی در ارزیابی متابولیسم ضایعات سرطان کولون نشان داده است. هدف از این مطالعه بررسی قابلیت فیچرهای رادیومیکیس استخراج‌شده از تصاویر پزشکی هسته‌ای به‌عنوان بیومارکرهای غیرتهاجمی متابولیسم ضایعه در بیماران مبتلابه سرطان کولون از طریق بررسی همبستگی این فیچرها با مقادیر  $\text{max (standardized uptake value, SUV)}$  بود.

**روش بررسی:** مطالعه حاضر از نوع مقطعی بود که از مرداد ماه ۱۴۰۱ تا مرداد ماه ۱۴۰۲ در گروه پزشکی هسته‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد. در این مطالعه از تصاویر پزشکی هسته‌ای مربوط به ۶۰ بیمار مبتلابه سرطان کولون اولیه استفاده شد. ضایعات سرطان کولون به شکل دستی بر روی تصاویر PET جداسازی شده و تعداد ۳۲ فیچر رادیومیکیس بافتی  $\text{textural}$  از تصاویر استخراج شدند. سپس با استفاده از آزمون آماری Spearman correlation coefficient همبستگی این فیچرها با مقادیر SUVmax مورد بررسی قرار گرفت. همچنین مقدار  $(P < 0/05)$  به‌عنوان سطح معناداری آزمون در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** بیش از ۹۶٪ از فیچرهای رادیومیکیس (۳۱ فیچر از ۳۲ مورد) همبستگی معناداری با مقادیر متابولیسم ضایعه داشتند  $(P < 0/05)$ . از این بین فیچرهای  $\text{GLZLM\_HGZE}$  و  $\text{GLZLM\_SZHGE}$  بیشترین همبستگی معنادار را با مقادیر SUVmax داشتند (به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۹۷۲۳ و ۰/۹۸۸۱). سطوح معناداری  $(P < 0/0001)$  و  $(P < 0/0001)$  از طرفی فیچر  $\text{GLZLM\_LZHGE}$  همبستگی معناداری با مقادیر متابولیسم ضایعه نشان نداد  $(P > 0/05)$ .

**نتیجه‌گیری:** روش رادیومیکیس این پتانسیل را دارد تا به‌عنوان یک روش کاملاً غیرتهاجمی جهت ارزیابی متابولیسم ضایعات سرطان کولون مورد استفاده قرار گیرد و پایش و درمان بیماران مبتلابه سرطان کولون را تسهیل کند.

**کلمات کلیدی:** سرطان کولون، متابولیسم، تصویربرداری پزشکی هسته‌ای، رادیومیکیس.

\*نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران،  
مجتمع بیمارستانی امام خمینی، بخش پزشکی هسته‌ای.  
تلفن: ۰۲۱-۶۱۱۹۲۴۰۰  
E-mail: psh82@yahoo.com

### مقدمه

به فردی را در مورد وضعیت بافت‌ها و ارگان‌ها ارائه دهد که با سایر روش‌های تصویربرداری قابل‌دسترسی نیست.<sup>۱</sup> یکی از کاربردهای تصویربرداری پزشکی هسته‌ای در تشخیص و درمان سرطان کولون است. سرطان کولون یکی از شایع‌ترین انواع سرطان است که در آن بافت‌های غیرطبیعی در روده بزرگ رشد می‌کنند.<sup>۲</sup> تصویربرداری

تصویربرداری پزشکی هسته‌ای یک روش تشخیصی و درمانی است که با استفاده از مواد رادیواکتیو، تصاویری از فعالیت مولکولی و فیزیولوژیک بدن تولید می‌کند.<sup>۱</sup> این روش می‌تواند اطلاعات منحصر

تشخیص، پیش‌بینی و پیگیری سرطان کولون و سایر انواع سرطان‌ها کمک کند.<sup>۷</sup>

رادیومیکس با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، می‌تواند الگوهای پنهان و پیچیده‌ای را در تصاویر پزشکی شناسایی کند که با چشم عادی قابل تشخیص نیستند. این روش می‌تواند به تفکیک تومورهای خوش‌خیم و بدخیم، تعیین مرحله و گرایش سرطان، انتخاب درمان مناسب و ارزیابی پاسخ به درمان در بیماران مبتلا به سرطان کولون منجر شود.<sup>۸</sup> رادیومیکس یک روش غیرتهاجمی، سریع، دقیق و اقتصادی است که می‌تواند به بهبود کیفیت مراقبت از بیماران مبتلا به سرطان کولون و افزایش شانس بهبودی آنها کمک کند.<sup>۹</sup>

مطالعه حاضر با هدف بررسی همبستگی فیچرهای رادیومیکس استخراج‌شده از تصاویر FDG-PET/CT با مقادیر SUVmax ضایعات سرطان کولون و ارزیابی پتانسیل این فیچرها به‌عنوان بیومارکرهای غیرتهاجمی متابولیسم ضایعه در بیماران مبتلا به سرطان کولون انجام شد.

## روش بررسی

این طرح در دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران با کد اخلاق IR.TUMS.SPH.REC.1401.053 مورد تایید قرار گرفته است. مطالعه حاضر به صورت مقطعی از مرداد ماه ۱۴۰۱ تا مرداد ماه ۱۴۰۲ در گروه پزشکی هسته‌ای دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد.

تصاویر [18F] FDG PET/CT مربوط به ۶۰ بیمار مبتلا به سرطان اولیه کولون با تزریق داخل وریدی ۰/۱ میلی کوری از داروی FDG به ازای هر کیلوگرم از وزن بیمار به‌دست آمدند. در کنار داده‌های تصویری، اطلاعات بالینی بیماران نیز در دسترس بود. کلیه نکات اخلاقی از جمله عدم افشای اسامی و اطلاعات شخصی بیماران رعایت شده است.

انتخاب بیماران به‌صورت تصادفی و باتوجه به معیارهای ورود به مطالعه از جمله تومور کولون اولیه تاییدشده از نظر بافت‌شناسی، اندازه توده بزرگتر از دو سانتی‌متر و عدم وجود آرتیفکت در تصاویر اخذشده صورت پذیرفت. همچنین بیمارانی که قبلاً تحت درمان‌های

پزشکی هسته‌ای می‌تواند به پزشک کمک کند تا محل، اندازه، مرحله و گسترش تومور را مشخص کند. همچنین می‌تواند نشان دهد که آیا بیمار به روش‌های درمانی مانند شیمی‌درمانی، جراحی و پرتودرمانی پاسخ مثبت می‌دهد یا خیر.<sup>۴</sup>

یکی از رایجترین روش‌های تصویربرداری پزشکی هسته‌ای در زمینه سرطان کولون، تصویربرداری (Fluoro deoxy glucose- positron emission tomography/computed tomography, FDG-PET/CT) می‌باشد. این تکنیک ترکیبی است از دو دستگاه PET و توموگرافی کامپیوتری (CT) که همراه با تزریق داروی رادیواکتیو نشاندارشده‌ی F18 FDG قابل انجام است.<sup>۲</sup>

شاخص‌ترین اطلاعاتی که از تصویربرداری پزشکی هسته‌ای قابل دریافت می‌باشد، اطلاعاتی در رابطه با متابولیسم سلول‌های ضایعه است. این اطلاعات در قالب پارامترهای جذب استاندارد قابل محاسبه و ارزیابی می‌باشند. مهمترین پارامتر ارزیابی متابولیسم ضایعه در تصویربرداری پزشکی هسته‌ای مقدار ماکزیمم جذب استاندارد (Maximum standardized uptake value, SUVmax) درون ضایعه می‌باشد که به‌عنوان استاندارد تشخیصی بالینی مورد استفاده می‌باشد.<sup>۵</sup>

علیرغم دقت بالا و مزایای تصویربرداری پزشکی هسته‌ای در ارزیابی متابولیسم ضایعات مختلف از جمله توده‌های سرطانی کولون، استفاده از داروهای رادیواکتیو در این مدالیته تصویربرداری و همچنین هزینه بالای انجام آزمون‌های پزشکی هسته‌ای استفاده از آن را در بالین با چالش‌هایی مواجه ساخته است.<sup>۶</sup> بنابراین یافتن جایگزین‌های غیرتهاجمی جهت بررسی و ارزیابی متابولیسم ضایعات سرطانی بیش از پیش می‌تواند از بعد بالینی، هزینه‌های درمانی و همچنین سلامت بیماران کمک‌کننده باشد.

یکی از روش‌های کاملاً غیرتهاجمی که پتانسیل این مهم را دارد، روش رادیومیکس (Radiomics) می‌باشد. رادیومیکس یک روش پیشرفته‌ی تحلیل و پردازش در تصویربرداری پزشکی است که با استخراج و تحلیل داده‌های بسیار زیادی از تصاویر پزشکی مانند توموگرافی کامپیوتری (CT)، تصویربرداری تشدید مغناطیسی (Magnetic resonance imaging, MRI)، توموگرافی گسیل پوزیترون (PET) و غیره، قادر است اطلاعات مفیدی را در مورد ویژگی‌های سلولی و مولکولی تومورها ارائه دهد. این روش می‌تواند به

آزمون از -۱ تا +۱ متغیر است به طوری که مقدار صفر بیانگر عدم وجود همبستگی و مقدار یک بیانگر همبستگی بالا می‌باشد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری در SPSS software, version 26 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شدند. مقدار سطح معناداری برای مطالعه ( $P < 0/05$ ) در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

جدول ۱ نشان‌دهنده اطلاعات دموگرافیک و اطلاعات بالینی شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر می‌باشد. بیشتر شرکت‌کنندگان در مطالعه مبتلابه سرطان کولون از نوع آدنوکارسینوما بودند که از نظر پراکندگی هر دو کولون سمت راست و چپ و همچنین کولون عرضی را شامل می‌شد. نتایج آزمون آماری Spearman نشان داد که از بین ۳۲ فیچر رادیومیکیس استخراج‌شده در این مطالعه ۳۱ مورد از آنها همبستگی معناداری با مقادیر SUVmax داشتند ( $P < 0/05$ ) تنها یک مورد از فیچرهای رادیومیکیس (GLZLM\_LZHGE) همبستگی معناداری با مقادیر متابولیسم ضایعه نشان نداد ( $P > 0/05$ ). جدول ۲ نشان‌دهنده اسامی و مقادیر همبستگی و همچنین سطح معناداری مربوط به هر یک از این فیچرها می‌باشد.

جدول ۱: اطلاعات دموگرافیک و بالینی شرکت‌کنندگان در این مطالعه

مشخصات بیماران	میانگین ± انحراف معیار
سن	۵۸/۵ ± ۱۱/۲
جنسیت (مرد/زن)	۲۳/۳۷
وزن	۷۵/۹ ± ۱۴/۶
سایز تومور (سانتی‌متر)	۴/۰۲ ± ۱/۳۹
محل تومور	
سمت راست	۲۷
سمت چپ	۲۳
عرضی	۱۰
هیستولوژی	
آدنوما	۲
آدنوکارسینوما	۵۵
نا مشخص	۳

رادیوترابی یا کموترابی قرار گرفته‌اند از مطالعه کنار گذاشته شدند. نواحی مورد نظر (Volumes of interest, VOIs) در هر تصویر توسط پزشک متخصص (با بیش از ۱۰ سال تجربه) به شکل سه بعدی بر روی تصاویر PET ترسیم شدند.

فیچرهای رادیومیکیس بافتی (textural) سازماندهی فضایی شدت و کسل و ناهمگنی درون ضایعه را اندازه‌گیری می‌کند. در این مطالعه از فیچرهای بافتی استفاده شد، زیرا فیچرهای بافتی مهمترین فیچرهای رادیومیکیس در آنالیز کمی تصاویر پزشکی هستند.<sup>۱۰</sup>

در مجموع ۳۲ مورد از فیچرهای بافتی که در مطالعات اخیر استفاده شده‌اند از نواحی تومورال ترسیم شده استخراج شدند. ترسیم نواحی تومورال و استخراج فیچرهای رادیومیکیس توسط نرم افزار منبع باز LIFEx (version 7.1.0, <http://www.lifexsoft.org>) انجام شد.<sup>۱۱</sup>

فیچرهای رادیومیکیس استخراج‌شده در این مطالعه به چهار گروه (Gray-level co-occurrence matrix, GLCM) شامل هفت فیچر، (Gray-level run-length matrix, GLRLM) شامل ۱۱ فیچر، (Neighborhood grey-level difference matrix, NGLDM) شامل سه فیچر و (Gray level zone length matrix, GLZLM) شامل ۱۱ فیچر دسته‌بندی می‌شوند. در این مطالعه، فیچرهای بافتی با استفاده از یک هیستوگرام دو بعدی با ۶۴ سطح اندازه‌گیری شد. در مجموع هشت ماتریس مربوط به هشت جهت دو بعدی با offset برابر با یک محاسبه شد و سپس برای تولید یک ماتریس یکتا، میانگین‌گیری شدند. ماتریس میانگین برای محاسبه فیچرهای بافتی استفاده شد.

SUVmax به بالاترین مقدار SUV مشاهده‌شده در منطقه مورد نظر (VOI) در تصویر اشاره دارد. این مقدار به شناسایی مناطق با افزایش جذب رادیو داروی [18F]FDG کمک می‌کند، که می‌تواند نشان‌دهنده فعالیت متابولیک بالا باشد که اغلب با تومورها یا مناطق التهاب همراه است. این مقادیر توسط نرم افزار LIFEx برای هر VOI به صورت نسبی از میزان جذب رادیو دارو در ناحیه مورد نظر، مقدار تزریق‌شده رادیو دارو و وزن بیمار محاسبه و ذخیره شدند.

باتوجه به توزیع ذاتی غیرنرمال فیچرهای رادیومیکیس، از آزمون آماری ناپارامتری Spearman correlation coefficient جهت ارزیابی همبستگی فیچرهای رادیومیکیس استخراج‌شده از تصاویر پزشکی هسته‌ای با مقادیر SUVmax استفاده شد. رنج مقدار همبستگی در این

جدول ۲: همبستگی فیچرهای رادیومیکس مستخرج از تصاویر پزشکی هسته‌ای با مقادیر SUVmax

P*	فاصله اطمینان ۹۵٪	ضریب همبستگی	فیچرهای رادیومیکس
<۰/۰۰۰۱	-۰/۳۷۷۰ تا -۰/۷۳۱۱	-۰/۵۸۰۹	GLCM_Homogeneity
<۰/۰۰۰۱	-۰/۳۷۹۳ تا -۰/۷۳۲۴	-۰/۵۸۲۷	GLCM_Energy
<۰/۰۰۰۱	۰/۸۷۸۵ تا ۰/۶۸۲۸	۰/۸۰۱۱	GLCM_Contrast
<۰/۰۰۰۱	۰/۷۶۹۸ تا ۰/۴۵۰۴	۰/۶۳۶۶	GLCM_Correlation
<۰/۰۰۰۱	۰/۸۸۷۵ تا ۰/۷۰۴۱	۰/۸۱۵۳	GLCM_Entropy_log10
<۰/۰۰۰۱	۰/۸۸۷۵ تا ۰/۷۰۴۱	۰/۸۱۵۳	GLCM_Entropy_log2
<۰/۰۰۰۱	۰/۸۱۶۵ تا ۰/۵۴۵۳	۰/۷۰۵۹	GLCM_Dissimilarity
<۰/۰۰۰۱	۰/۷۶۶۵ تا ۰/۴۳۶۳	۰/۶۲۹۰	GLRLM_SRE
<۰/۰۰۱۳	-۰/۱۶۴۰ تا -۰/۶۱۰۵	-۰/۴۱۱۷	GLRLM_LRE
<۰/۰۰۰۱	-۰/۳۰۹۱ تا -۰/۶۹۸۲	-۰/۵۳۱۱	GLRLM_LGRE
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۵۳۲ تا ۰/۸۶۷۱	۰/۹۲۰۶	GLRLM_HGRE
<۰/۰۰۰۱	-۰/۲۷۸۷ تا -۰/۶۸۰۷	-۰/۵۰۶۸	GLRLM_SRLGE
<۰/۰۰۰۳	-۰/۲۲۳۰ تا -۰/۶۴۷۵	-۰/۴۶۱۳	GLRLM_LRLGE
<۰/۰۰۰۱	۰/۸۳۴۸ تا ۰/۵۷۸۰	۰/۷۳۱۳	GLRLM_LRHGE
۰/۰۰۰۶	۰/۶۲۹۳ تا ۰/۱۹۳۵	۰/۴۳۶۶	GLRLM_GLNU
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۲۷۳ تا ۰/۷۹۸۶	۰/۸۷۷۹	GLRLM_RLNU
۰/۰۰۱۱	۰/۶۰۶۶ تا ۰/۱۶۷۴	۰/۴۱۰۶	GLRLM_RP
<۰/۰۰۰۱	-۰/۴۹۹۹ تا -۰/۷۹۴۶	-۰/۶۷۳۱	NGLDM_Coarseness
۰/۰۰۲۶	۰/۵۸۴۴ تا ۰/۱۳۳۷	۰/۳۸۱۵	NGLDM_Contrast
۰/۰۰۱۰	-۰/۱۷۲۱ تا -۰/۶۰۹۷	-۰/۴۱۴۶	NGLDM_Busyness
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۰۶۸ تا ۰/۷۵۰۸	۰/۸۴۶۰	GLZLM_SZE
<۰/۰۰۰۱	-۰/۳۲۱۳ تا -۰/۷۰۰۲	-۰/۵۳۷۳	GLZLM_LZE
<۰/۰۰۰۱	-۰/۸۶۴۴ تا -۰/۹۵۱۳	-۰/۹۱۸۳	GLZLM_LGZE
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۳۰ تا ۰/۹۷۹۸	۰/۹۸۸۱	GLZLM_HGZE
<۰/۰۰۰۱	-۰/۷۱۸۴ تا -۰/۸۹۳۵	-۰/۸۲۴۸	GLZLM_SZLGE
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۳۷ تا ۰/۹۵۳۱	۰/۹۷۲۳	GLZLM_SZHGE
<۰/۰۰۰۱	-۰/۴۰۵۰ تا -۰/۷۴۶۱	-۰/۶۰۲۴	GLZLM_LZLGE
۰/۱۷۵۰	۰/۰۸۷۷ تا -۰/۴۱۹۱	-۰/۱۷۷۴	GLZLM_LZHGE
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۶۲۲ تا ۰/۸۹۳۷	۰/۹۳۶۳	GLZLM_GLNU
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۷۸۶ تا ۰/۹۳۸۹	۰/۹۶۳۷	GLZLM_ZLNU
<۰/۰۰۰۱	۰/۸۰۹۵ تا ۰/۵۳۰۶	۰/۶۹۵۴	GLZLM_ZP

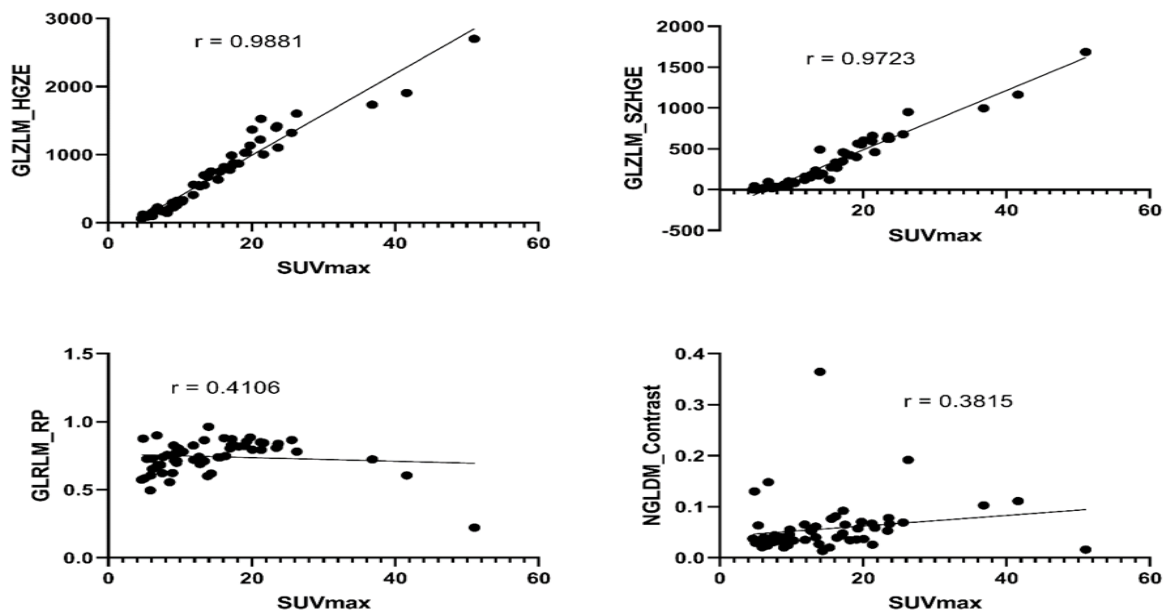
\*آزمون آماری: Spearman correlation coefficient و (P<۰/۰۵) معنادار در نظر گرفته شد.

SUVmax: standard uptake value maximum, GLCM: Grey-level co-occurrence matrix, GLRLM: grey-level run length matrix, SRE: short-run emphasis, LRE: long-run emphasis, LGRE: low gray-level run emphasis, HGRE: high gray-level emphasis, SRLGE: short-run low gray-level emphasis, SRHGE: short-run high gray-level emphasis, LRLGE: long-run low gray-level emphasis, LRHGE: long-run high gray-level emphasis, GLNU: gray-level non-uniformity, RLNU: run-length non-uniformity, RP: run percentage, NGLDM: neighborhood grey-level difference matrix, GLZLM: grey-level zone length matrix, SZE: short-zone emphasis, LZE: long-zone emphasis, LGZE: low gray-level zone emphasis, HGZE: high gray-level zone emphasis, SZLGE: short-zone low gray-level emphasis, SZHGE: short-zone high gray-level emphasis, LZLGE: long-zone low gray-level emphasis, LZHGE: long-zone high gray-level emphasis, GLNU: gray-level non-uniformity, ZLNU: zone length non-uniformity, ZP: zone percentage

۰/۹۸۸۱، ۰/۹۷۲۳، ۰/۴۱۰۶، ۰/۳۸۱۵ و سطوح معناداری ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۰۱، ۰/۰۰۲۶، ۰/۰۰۱۱، ۰/۰۰۰۱.

شکل ۱ نشان‌دهنده نمودار خطی همبستگی این چهار فیچر با مقادیر SUVmax می‌باشد.

همچنین نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن بود که فیچرهای GLZLM\_SZHGE و GLZLM\_HGZE بیشترین همبستگی معنادار و فیچرهای GLRLM\_RP و NGLDM\_Contrast کمترین همبستگی معنادار را با مقادیر SUVmax داشتند (به ترتیب با ضرایب همبستگی



شکل ۱: نمودار خطی همبستگی فیچرهای GLZLM\_HGZE، GLZLM\_SZHGE، GLRLM\_RP، NGLDM\_Contrast با مقادیر SUVmax

SUV: standardized uptake value. GLZLM: grey-level zone length matrix. GLRLM: grey-level run length matrix. NGLDM: neighborhood grey-level difference matrix, HGZE: high gray-level zone emphasis. SZHGE: short-zone high gray-level emphasis. P: run percentage).

SUVmax به‌عنوان مرجع برای ارزیابی متابولیسم ضایعات سرطان کولون استفاده شد. ۳۱ مورد از ۳۲ فیچر استخراج‌شده (۹۶/۸۷٪) همبستگی معناداری را با مقادیر SUVmax داشتند که نشان‌دهنده پتانسیل بسیار بالای روش رادیومیکس برای ارزیابی متابولیسم ضایعه به شکل غیرتهاجمی می‌باشد. از این میان دو فیچر GLZLM\_HGZE و GLZLM\_SZHGE بیشترین میزان همبستگی معنادار را با مقادیر SUVmax داشتند که نشان‌دهنده اهمیت بالای فیچرهای گروه GLZLM در ارزیابی متابولیسم ضایعات سرطان کولون دارد که با مطالعات گذشته همسویی دارد.<sup>۱۲</sup>

## بحث

در مطالعه حاضر از تصاویر PET/CT شکمی مربوط به بیماران مبتلابه سرطان کولون استفاده شد. ترسیم و جداسازی نواحی VOI به‌وسیله پزشک متخصص و به‌وسیله نرم افزارهای مربوط به این کار انجام شد. همچنین تعداد ۳۲ فیچر رادیومیکس از هرکدام از نواحی جداسازی شده بر روی تصاویر PET استخراج شدند. سپس با استفاده از آزمون‌های آماری مربوطه همبستگی این فیچرها با مقادیر متابولیسم ضایعه مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر از مقادیر

کمک شایانی کرده و پتانسیل روش رادیومیکس را به عنوان یک متد کاملا غیرتهاجمی برای استفاده در بالین بیش از پیش تقویت خواهد کرد.

این مطالعه دارای محدودیت‌هایی می‌باشد. در مطالعه حاضر از روش دستی برای جداسازی نواحی تومورال بر روی تصاویر PET استفاده گردید. مطالعات آینده بایستی تمرکز بیشتری بر روی سایر روش‌های جداسازی بافت از جمله روش‌های اتوماتیک مبتنی بر هوش مصنوعی داشته باشند. همچنین، مطالعه حاضر به شکل گذشته‌نگر در تعداد محدودی از بیماران سرطان کولون انجام پذیرفت. توصیه می‌شود که مطالعات آینده بر روی تعداد بیشتری از بیماران و به شکل آینده‌نگر انجام شوند. از طرفی به منظور تایید و تحکیم نتایج مطالعه حاضر، توصیه می‌شود مطالعات آینده با استخراج گروه‌های متنوع‌تری از فیچرهای رادیومیکس انجام پذیرند.

سپاسگزاری، این مقاله حاصل بخشی از یک طرح تحقیقاتی تحت عنوان "مطالعه همبستگی بین ویژگی‌های CT Radiomics و یافته‌های جذب FDG-PET در تومور اولیه و متاستازهای کبدی آن در بیمار مبتلا به سرطان کولون" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۴۰۱ و با کد ۵۷۵۲۵ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

مطالعات اخیر ارتباط بین SUVmax تصویربرداری F-FDG PET/CT و عوامل بالینی پاتولوژیک را در ضایعات اولیه سرطان کولون پیش از جراحی نشان داده‌اند.<sup>۱۳-۱۵</sup> در همین راستا گزارش شده است که مقادیر SUVmax با برخی خصوصیات ضایعه مانند طول توده، استیج بیماری و جزییات بافت‌شناسی تومور ارتباط معنادار دارد. به طور مثال Li و همکاران در مطالعه خود عنوان کردند که مقدار SUVmax تصویربرداری F-FDG PET/CT ضایعه اولیه سرطان کولون پیش از جراحی به طور معناداری با طول ضایعه، استیج بالینی، نوع هیستوپاتولوژیک و درجه تمایز تومور مرتبط است. همچنین، این سازگاری در استیج I و IV از بیماری بالاتر است.<sup>۹</sup> هیچکدام از مطالعات گذشته همبستگی فیچرهای رادیومیکس را با مقادیر متابولیک ضایعه به طور مستقیم مورد بررسی قرار نداده‌اند. بنابراین نتایج مطالعه حاضر می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با فیچرهای رادیومیکس مستخرج از تصاویر PET ارائه دهد که این قابلیت را دارند تا در کنار اطلاعات متابولیک PET و اطلاعات پاتولوژیک جهت تشخیص و مدیریت بهتر بیماران مبتلا به سرطان کولون مورد استفاده قرار گیرد.

شناسایی چنین فیچرهای رادیومیکس با قابلیت ارزیابی غیرتهاجمی متابولیسم ضایعه، به تعمیم‌پذیری نتایج مطالعات رادیومیکس در حوزه پیش‌بینی و پیش‌آگهی ضایعات سرطان کولون

## References

- Berger A. How does it work? Positron emission tomography. *Bmj*. 2003;326(7404):1449.
- Vaquero JJ, Kinahan P. Positron Emission Tomography: Current Challenges and Opportunities for Technological Advances in Clinical and Preclinical Imaging Systems. *Annu Rev Biomed Eng*. 2015;17:385-414.
- Hossain MS, Karuniawati H, Jairoun AA, Urbi Z, Ooi J, John A, et al. Colorectal Cancer: A Review of Carcinogenesis, Global Epidemiology, Current Challenges, Risk Factors, Preventive and Treatment Strategies. *Cancers (Basel)*. 2022;14(7).
- Maeda C, Endo S, Mori Y, Mukai S, Hidaka E, Ishida F, et al. The ability of positron emission tomography/computed tomography to detect synchronous colonic cancers in patients with obstructive colorectal cancer. *Mol Clin Oncol*. 2019;10(4):425-9.
- Li D, Wang Y, Liu W, Chen Q, Cai L, Xing X, et al. The Correlation between (18)F-FDG PET/CT Imaging SUVmax of Preoperative Colon Cancer Primary Lesions and Clinicopathological Factors. *J Oncol*. 2021;2021:4312296.
- Trotter J, Pantel AR, Teo B-KK, Escorcía FE, Li T, Pryma DA, et al. Positron Emission Tomography (PET)/Computed Tomography (CT) Imaging in Radiation Therapy Treatment Planning: A Review of PET Imaging Tracers and Methods to Incorporate PET/CT. *Advances in Radiation Oncology*. 2023;8(5):101212.
- Dai W, Mo S, Han L, Xiang W, Li M, Wang R, et al. Prognostic and predictive value of radiomics signatures in stage I-III colon cancer. *Clin Transl Med*. 2020;10(1):288-93.
- Rogers W, Thulasi Seetha S, Refaee TAG, Lieverse RIY, Granzier RWY, Ibrahim A, et al. Radiomics: from qualitative to quantitative imaging. *Br J Radiol*. 2020;93(1108):20190948.
- Orlhac F, Nioche C, Klyuzhin I, Rahmim A, Buvat I. Radiomics in PET Imaging: A Practical Guide for Newcomers. *PET Clin*. 2021;16(4):597-612.
- McCague C, Ramlee S, Reinius M, Selby I, Hulse D, Piyatissa P, et al. Introduction to radiomics for a clinical audience. *Clinical Radiology*. 2023;78(2):83-98.
- Nioche C, Orhac F, Boughdad S, Reuzé S, Goya-Outi J, Robert C, et al. LIFEX: A Freeware for Radiomic Feature Calculation in Multimodality Imaging to Accelerate Advances in the Characterization of Tumor Heterogeneity. *Cancer Research*. 2018;78(16):4786-9.
- Alongi P, Stefano A, Comelli A, Spataro A, Formica G, Laudicella R, et al. Artificial Intelligence Applications on Restaging [18F]-FDG PET/CT in Metastatic Colorectal Cancer: A Preliminary Report of Morpho-Functional Radiomics Classification for Predic

- tion of Disease Outcome. *Applied Sciences*. 2022;12(6):2941.
13. Rahmim A, Bak-Fredslund KP, Ashrafinia S, Lu L, Schmidlein CR, Subramaniam RM, et al. Prognostic modeling for patients with colorectal liver metastases incorporating FDG PET radiomic features. *Eur J Radiol*. 2019;113:101-9.
  14. Piñeiro-Fiel M, Moscoso A, Pubul V, Ruibal Á, Silva-Rodríguez J, Aguiar P. A Systematic Review of PET Textural Analysis and Radiomics in Cancer. *Diagnostics (Basel)*. 2021;11(2).  
Lv L, Xin B, Hao Y, Yang Z, Xu J, Wang L, et al. Radiomic analysis for predicting prognosis of colorectal cancer from preoperative 18F-FDG PET/CT. *Journal of Translational Medicine*. 2022;20(1):66.

## Correlation of radiomics features extracted from nuclear medicine images with lesion metabolism in patients with colon cancer

Yunus Soleymani Ph.D.<sup>1</sup>  
Farahnaz Aghahoseini M.D.<sup>2</sup>  
Peyman Sheikhzadeh Ph.D.<sup>2\*</sup>

1- Department of Neuroscience and Addiction Studies, School of Advanced Technologies in Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.  
2- Department of Nuclear Medicine, School of Medicine, Imam Khomeini Hospital Complex, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

\* Corresponding author: Imam Khomeini Hospital Complex, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.  
Tel: +98-21-61192400  
E-mail: psh82@yahoo.com

### Abstract

Received: 10 Jun. 2024 Revised: 18 Jun. 2024 Accepted: 14 Jul. 2024 Available online: 22 Jul. 2024

**Background:** Nuclear medicine imaging has shown high accuracy in evaluating the metabolism of colon cancer lesions. The aim of this study was to investigate the ability of radiomics features extracted from nuclear medicine images as non-invasive biomarkers of lesion metabolism in patients with colon cancer by examining the correlation of these features with SUV (standardized uptake value) max values.

**Methods:** The current study was a cross-sectional study that was conducted from July 2022 to July 2023 in the nuclear medicine department of Tehran University of Medical Sciences. In this study, PET/CT (positron emission tomography/computed tomography) images of 60 patients with primary colon cancer were used. Colon cancer lesions were manually delineated on PET images by an experienced physician and saved as VOIs (volumes of interest). Thirty-two textural radiomics features were extracted from each VOI, including feature groups of gray-level co-occurrence matrix (GLCM), gray-level run-length matrix (GLRLM), neighborhood grey-level difference matrix (NGLDM), and gray-level zone length matrix (GLZLM). Then, the correlation of these features with SUVmax values was investigated using the Spearman correlation coefficient statistical test. Also, the value of  $p < 0.05$  was considered as the significance level of the test.

**Results:** A comprehensive analysis revealed that more than 96% of the examined radiomics features specifically, 31 out of 32 exhibited a statistically significant correlation with lesion metabolism values, as indicated by p-values less than 0.05. Among these features, GLZLM\_HGZE stood out with a high correlation coefficient of 0.9881, alongside a significance level of less than 0.0001. Similarly, GLZLM\_SZHGE also demonstrated a strong correlation, with a coefficient of 0.9723 and a significance level below 0.0001, indicating a robust relationship with SUVmax values. In contrast, GLZLM\_LZHGE was the only feature that failed to show a significant correlation with lesion metabolism values ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** The radiomics method has the potential to be used as a completely non-invasive method to evaluate the metabolism of colon cancer lesions and facilitate the monitoring and treatment of patients with colon cancer.

**Keywords:** colonic neoplasms, metabolism, positron-emission tomography, radiomics.