

CT Angiographic Findings of Right Ventricular Dysfunction in Patients with Acute Massive Pulmonary Embolism

Abolhasan Shakeri Bavil^{1*}, Homa Akbari¹, Reza Javadrashid², Mohammad Hosein Abdekarimi³, Mohammad Reza Ghafari³, Hosein Namdar⁴

¹Tuberculosis and Lung Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

²Department of Radiology, School of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

³Radiologist, Tabesh Imaging Center, Tabriz, Iran

⁴Department of Cardiology, School of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

Received: 18 Mar, 2013 Accepted: 16 Jun, 2013

Abstract

Background and Objectives: Massive Pulmonary Embolism (MPE) is a life threatening condition. MPE is defined as a 50% or more occlusion of the main pulmonary arteries or obliteration of two or more of lobar arteries. Patients often die at the primary hours as a result of right heart failure , therefore finding the signs of Right Ventricular (RV) dysfunction is helpful in early diagnostic concern of MPE in first studies for example spiral CT scans in patients with respiratory symptoms. The aim of this study was to determine the CT angiographic findings due to RV dysfunction in patients with acute MPE.

Materials and Methods: We conducted analytic study. This study was performed on 80 humans by using of CT angiography for evaluation of findings due to RV dysfunction. They were obtained from CT Angiography Department of Madany Hospital in Tabriz City.

Results: The mean of maximum short axis diameter of RV in case group is higher than control group and it is statistically significant ($p<0.05$). The mean of maximum short axis diameters of right and left ventricular ratio in case group is higher than control group and it is statistically significant too ($p<0.05$). The mean of superior vena cava and azygus veins diameter in case group is higher than control group and it is statistically significant ($p<0.05$).

Conclusions: Evaluation of RV afterload findings by computed tomography could be effective in prediction of sever MPE, faster therapeutic management and resultant decreased mortality.

Keywords: Massive pulmonary embolism, Diameter of RV and LV, 64 MDCT angiography, Superior vena cava and azygus veins diameter

*Corresponding author:
E-mail shakeri.ab@gmail.com

مقاله پژوهشی

یافته‌های سی تی آنژیوگرافی ثانویه به اختلال عملکرد بطن راست در بیماران مبتلا به آمبولی ریوی حاد حجیم

ابوالحسن شاکری باویل: مرکز تحقیقات سل و بیماریهای ریوی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران، نویسنده رابط:
E-mail: shakeri.ab@gmail.com

هما اکبری: گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
رضا جواد رشید: گروه رادیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
محمدحسین عبد کریمی: متخصص رادیولوژی، مرکز تصویربرداری تابش، تبریز، ایران
محمدرضا غفاری: مرکز تحقیقات سل و بیماریهای ریوی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
حسین نامدار: گروه قلب، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

دریافت: ۹۱/۱۲/۲۸ پذیرش: ۹۲/۳/۲۶

چکیده

زمینه و اهداف: آمبولی ریوی حجیم اختلالی تهدیدکننده حیات با مرگ و میر بالاست. آمبولی ریوی حجیم به صورت انسداد ۵۰٪ یا بیشتر شریان‌های ریوی اصلی یا مسدود شدن ۲ یا بیشتر از شرایین لوبار تعریف می‌شود. بیماران اغلب در ساعتهای اولیه در اثر نارسایی بطن راست می‌میرند. بنابراین یافتن علایم اختلال عملکرد بطن راست در شک تشخیصی اولیه آمبولی ریوی حجیم در مطالعات اولیه از قبیل سی تی اسکن اسپیرال، در مبتلایان به علایم تنفسی مفید خواهد بود. هدف ما از این مطالعه یافته‌های سی تی آنژیوگرافی اختلال عملکرد بطن راست در بیماران مبتلا به آمبولی ریوی حاد حجیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در یک مطالعه تحلیلی، بر روی ۸۰ نفر و به کمک دستگاه سی تی آنژیوگرافی مولتی اسلایس در بخش سی تی آنژیوگرافی مرکز آموزشی و درمانی شهید مدنی شهر تبریز، ۴۰ بیمار مبتلا به آمبولی ریوی حجیم و ۴۰ بیمار با سی تی آنژیوگرافی نرمال مورد بررسی قرار گرفتند و حداکثر محور کوتاه بطن راست و بطن چپ و نسبت آنها و نیز قطر ورید ازیگوس و اجوف فوقانی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین حداکثر قطر کوتاه بطن راست در گروه مورد نسبت به گروه شاهد بالاتر بوده و این رابطه از نظر آماری معنی‌دار بود ($p < 0.05$). میانگین نسبت حداکثر قطر کوتاه بطن راست و بطن چپ در گروه مورد نسبت به گروه کنترل بالاتر و این رابطه معنی‌دار بود ($p < 0.05$). میانگین قطر ورید اجوف فوقانی و ورید ازیگوس در گروه مورد نسبت به گروه کنترل بالاتر بوده و رابطه معنی‌دار بود ($p < 0.05$).

نتیجه‌گیری: ارزیابی یافته‌های افزایش پس بار بطن راست در سی تی اسکن می‌تواند در پیش‌بینی آمبولی ریوی شدید و اقدامات تشخیصی و درمانی سریعتر و کاهش مرگ و میر ناشی از آن موثر باشد.

کلیدواژه‌ها: ترومبوآمبولی ریوی شدید، اقطار بطن‌های راست و چپ، سی تی آنژیوگرافی ۶۴ ردیف دکتور، قطر ورید ازیگوس - اجوف فوقانی

مقدمه

آمبولی ریوی جزء بیماریهای شایع قلبی عروقی به شمار می‌رود (۱). در این میان آمبولی ریوی حجیم، اختلالی تهدیدکننده حیات و همراه با مرگ و میر قابل توجه است (۲). آمبولی ریوی حجیم عموماً به صورت ۵۰٪ یا بیشتر انسداد در عروق ریوی یا مسدود شدن قطر دو یا بیش از دو شریان لوبار تعریف می‌شود (۳). در صورت عدم شک بالینی میزان مرگ و میر ۳۱-۳۸٪ است (۴) و در صورت بروز شوک ۷۰٪ بیماران دچار آمبولی ریوی شدید می‌میرند (۵). بیماران معمولاً در اثر نارسایی بطن راست و کلاپس سیستم گردش خون دچار مرگ می‌شوند که اغلب در ساعتهای اول بعد از بستری رخ می‌دهد. تقریباً ۶۵٪ بیماران در ساعت اول و ۹۲/۹٪ آنها در ۲/۵ ساعت اول دچار مرگ خواهند شد (۶). بیماران با اختلال کارکرد بطن راست از بیماران بدون این

اختلال مرگ و میر بالاتری دارند حتی اگر در زمان تظاهر از نظر همودینامیک پایدار باشند (۵ و ۷). به طور کلاسیک آمبولی ریوی حجیم در نتیجه مهاجرت یک ترومبوز وریدی از طریق دهلیز و بطن راست و قرارگیری آنها در شاخه‌های بزرگ شریان ریوی ایجاد می‌شود و اختلال کارکرد بطن راست به صورت یک نتیجه مستقیم انسداد حاد شاخه‌های بزرگ شریان ریوی ایجاد می‌گردد (۵). در آمبولی ریوی حجیم افزایش فشار شریان ریوی و پس بار بطن راست باعث اختلال عملکرد بطن راست می‌شود. افزایش ناگهانی پس بار باعث می‌شود که تش دیواره بطن راست افزایش یافته که منجر به دیلاتاسیون و هیپوکینزی بطن راست و نارسایی ثانویه تری‌کوسپید ثانویه می‌گردد. سپتوم بین بطنی ممکن است به طرف بطن چپ انحراف پیدا کند و این جابجایی باعث کاهش

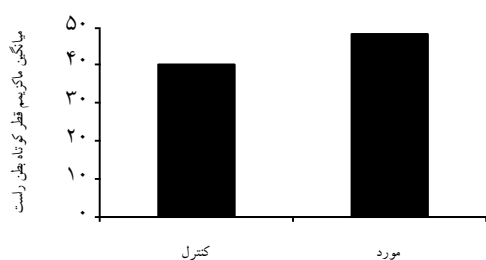
سپس ماکزیمم محور کوتاه بطن‌ها عمود بر محور بلند قلب اندازه‌گیری شده و به صورت بیشترین فاصله بین سپتوم بین بطنی و دیواره آزاد بطن تعریف می‌شود، سطوح اندازه‌گیری دو بطن ممکن است در یک سطح نباشد.

سپس قطر ورید اجوف فوقانی نیز در سطح قوس آزیگوس اندازه‌گیری شد.

در نهایت همه داده‌ها در چک لیست مخصوص جمع آوری شدند و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۵ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و نتایج به صورت $\text{Mean} \pm \text{SD}$ ذکر گردید. برای آمار توصیفی از شاخصهای مرکزی همچون میانگین و شاخصهای پراکندگی همچون انحراف معیار استفاده شد. جهت آمار تحلیلی از آزمون K-S (کولموگوروف اسمیرنف) استفاده شد و بعد از تأیید نرمالیتی داده‌ها از آزمون T مستقل برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد (با توجه به اینکه داده‌های تحقیق از قبیل ماکزیمم قطر کوتاه بطن‌ها و اقطار وریدهای آزیگوس و سوپریور ونا کاوا کمی می‌باشند) در سطح $p < 0.05$ رابطه معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

چهار بیمار مبتلا به آمبولی ریوی حجیم و ۴۰ بیمار با سی‌تی آنژیوگرافی نرمال مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج زیر حاصل شد: میانگین حداکثر قطر کوتاه بطن راست در گروه مورد $40/14 \pm 10/5$ میلی‌متر و در گروه کنترل $39/81 \pm 6/5$ mm می‌باشد. این میانگین در گروه مورد نسبت به گروه کنترل بالاتر است. طبق آزمون آماری انجام شده، t-test مستقل، این رابطه معنی‌دار است ($p < 0.05$). تفاوت میانگین در دو گروه $8/33$ در فاصله اطمینان 95% ($4/41 \pm 12/24$) می‌باشد که با توجه به این فاصله اطمینان، این رابطه معنی‌دار است.



نمودار ۱: مقایسه میانگین ماکزیمم قطر کوتاه بطن راست در گروه مورد نسبت به گروه کنترل

میانگین حداکثر قطر کوتاه بطن چپ در گروه مورد $38/73 \pm 12/16$ mm و در گروه کنترل $41/84 \pm 6/4$ mm می‌باشد. این میانگین در گروه مورد نسبت به گروه کنترل بالاتر است. طبق آزمون آماری انجام شده، t-test مستقل، این رابطه معنی‌دار نبود ($P < 0/05$).

پرشدگی بطن چپ و برون‌ده قلبی و افت فشار سیستمیک و ایسکمی بطنی و دیلاتاسیون بیشتر بطن راست می‌گردد (۸). اغلب بیماران با شک بالینی قوی به آمبولی ریوی تحت سی‌تی آنژیوگرافی قرار می‌گیرند. بیماران با علائم ریوی و شک تشخیصی به مواردی چون آمبولی ریوی و پنومونی و تشخیص‌های افتراقی آن تحت اسکن اسپیرال قفسه سینه قرار می‌گیرند. یافته‌هایی چون ترومبوز ایترواسکولار و تغییرات پارانشیمال مطرح‌کننده آمبولی ریوی می‌باشند (۹ و ۱۰ و ۱۱). در این میان یافتن علائمی دال بر اختلال عملکرد بطن راست می‌تواند در شک تشخیصی زودهنگام آمبولی ریوی بویژه موارد حجیم کمک‌کننده باشد بطوریکه این بیماران سریعاً تحت سی‌تی آنژیوگرافی قرار گرفته و استراتژی درمانی لازم جهت آنها صورت می‌گیرد. این موضوع از این جهت حائز اهمیت است که میزان مرگ و میر بویژه در ساعتهای اولیه بعد از آمبولی حجیم بالاست. لذا یافتن پارامترهای تشخیصی در قفسه سینه که منجر به تصمیم‌گیری تشخیصی و درمانی مناسب و زود هنگام در موارد آمبولی ریوی حجیم شود دارای ارزش دیاگنوستیک و پروگنوستیک خواهد بود.

هدف از این مطالعه بررسی یافته‌های سی‌تی آنژیوگرافی ثانویه به اختلال عملکرد بطن راست در بیماران مبتلا به آمبولی ریوی حاد حجیم و مقایسه آن با بیماران با سی‌تی آنژیوگرافی نرمال می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه تحلیلی از اسفند ماه ۱۳۸۹ تا بهمن ماه ۱۳۹۰ به مدت ۱۱ ماه در بخش سی‌تی آنژیوگرافی پارسیان مرکز آموزشی و درمانی شهید مدنی و مرکز تصویربرداری ایران در تبریز انجام شد و تعداد ۸۰ بیماری که توسط پزشکان مختلف جهت سی‌تی آنژیوگرافی (به علت شک به آمبولی ریوی) ارجاع شده بودند مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بعد از تزریق ۱۰۰ میلی‌لیتر ماده حاجب به فرم داخل وریدی و انجام سی‌تی اسکن، با استفاده از نرم‌افزارهای MIP و VRT، تصاویر شریان ریوی و شاخه‌های آن تحت بازسازی سه‌بعدی قرار گرفته و بررسی شد. سی‌تی اسکن با استفاده از اسکنر ۶۴ دکتوری، somatom sensation 64 و بدون ECG-synchronisation در برشهای ۰/۶ میلی‌متری با روی هم‌افتادگی ۰/۴ میلی‌متری در وضعیت خوابیده به پشت در برشهای آگزیکال انجام شد.

سی‌تی آنژیوگرافی ۴۰ بیمار مبتلا به آمبولی ریوی حجیم مجزا گردید. آمبولی ریوی حجیم به صورت ۵۰٪ یا بیشتر انسداد عروق ریوی و یا مسدود شدن کامل قطر دو یا بیش از دو شریان لوبار تعریف شد. افراد با سابقه بیماری قلبی و ریوی، سابقه جراحی قلبی و توراکس، سابقه بیماری مادرزادی قلبی و بیماری دریچه‌ای قلبی از مطالعه حذف شدند و افراد در گروه‌های مورد مطالعه از نظر محدوده سنی همسان شدند. سپس ۴۰ مورد سی‌تی آنژیوگرافی نرمال نیز مجزا شد.

ابتدا ماکزیمم محور کوتاه بطن راست و ماکزیمم محور کوتاه بطن چپ و سپس نسبت آنها اندازه‌گیری شد.

بحث

در مطالعه آقای Wang و همکاران در سال ۲۰۰۸ در چین، ۲۳ بیمار مبتلا به آمبولی ریوی حجیم بررسی شدند که میانگین نسبت قطر بطن راست به بطن چپ حدود ۱/۵ اندازه گیری شده است (۱۳). در مطالعه ما نیز در مبتلایان به آمبولی ریوی حجیم این نسبت ۱/۳ اندازه گیری شد که با نتایج فوق مطابقت دارد.

در مطالعه فوق میانگین قطر بطن راست 50.7 ± 0.78 و میانگین قطر بطن چپ 35.7 ± 0.66 و نسبت اقطار بطن راست به بطن چپ 1.59 ± 0.73 اندازه گیری شد. در مطالعه ما نیز در مبتلایان به آمبولی ریوی حجیم میانگین قطر بطن راست و چپ به ترتیب 40.14 ± 1.05 و 38.73 ± 1.21 و میانگین نسبت اقطار بطن راست به چپ 1.3 ± 0.46 اندازه گیری گردید. در گروه کنترل نیز میانگین قطر بطن راست 39.81 ± 0.5 و میانگین قطر بطن چپ 41.84 ± 0.46 و نسبت اقطار بطن راست به بطن چپ 0.97 ± 0.2 بدست آمد. همچنین در مطالعه Wang میانگین قطر ورید ازیگوس و سوپریور وناکاوا به ترتیب 14.3 ± 0.25 و 20.8 ± 0.336 اندازه گیری شده است. در مطالعه ما نیز میانگین اقطار ورید ازیگوس و سوپریور وناکاوا به ترتیب 9.5 ± 1.77 و 21.16 ± 4.15 در گروه مبتلا به آمبولی ریوی حجیم و 8.81 ± 1.92 و 18.27 ± 3.64 در گروه کنترل می باشد که در مقایسه معنی دار می باشند (۱۳).

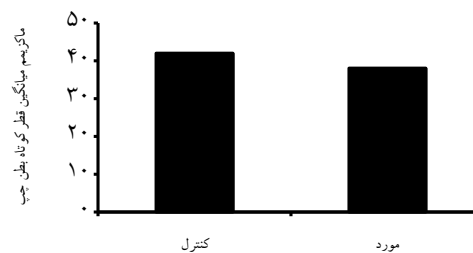
Van der meer و همکاران در مطالعه ای در سال ۲۰۰۵ افزایش میزان مورتالیتی را در مبتلایان به آمبولی ریوی با نسبت قطر بطن راست به چپ بالای ۱ نشان دادند (۶).

مطالعه Araoz و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان داد که بزرگی بطن راست پیشگویی کننده میزان بستری در ICU می باشد (۱۴). مطالعه Quiraz و همکاران در سال ۲۰۰۴ مشخص کرد که بزرگی راست با وقایع بالینی ناگوار همراه است (۱۵). در مطالعه ما نیز میانگین قطر بطن راست در مبتلایان به آمبولی ریوی شدید و حجیم نسبت به گروه کنترل بالاتر بود و با مطالعات فوق مطابقت دارد.

Schoepf و همکاران در سال ۲۰۰۴ به این نتیجه رسید که بزرگی بطن راست با مرگ زودرس همراه می باشد به طوری که حساسیت و اختصاصیت و ارزش اخباری مثبت و منفی به ترتیب 78.8% و 38% و 15.6% و 92.3% در پیشگویی مورتالیتی در ۳۰ روز می باشد (۹).

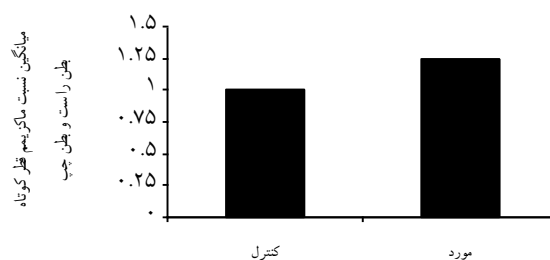
Chaye و همکاران در سال ۲۰۰۶ گزارش کردند که قطر بطن راست و بطن چپ و نسبت قطر بطن راست به بطن چپ و اقطار ورید ازیگوس و سوپریور وناکاوا به طور چشمگیری بین افراد زنده مانده و افراد فوت کرده متفاوت است و نسبت قطر بطن راست به بطن چپ و ورید ازیگوس اجازه پیش بینی صحیح بقا را در 89% مبتلایان به آمبولی ریوی فراهم کرد (۱۶).

در مطالعه ما نیز بررسی نسبت قطر بطن راست به بطن چپ و اقطار ورید ازیگوس و سوپریور وناکاوا در مبتلایان به آمبولی ریوی حجیم و بیماران بدون آمبولی ریوی نشان داد که تفاوتها بین اقطار ذکر شده در دو گروه معنی دار می باشد.



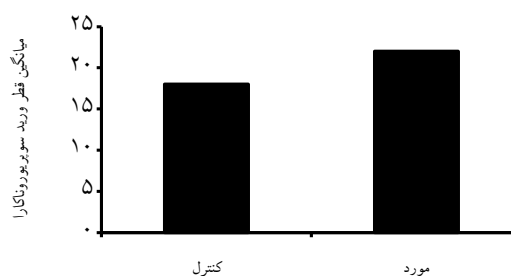
نمودار ۲: مقایسه میانگین ماکزیمم قطر کوتاه بطن چپ در گروه مورد نسبت به گروه کنترل

میانگین نسبت حداکثر قطر کوتاه بطن راست و بطن چپ در گروه مورد 1.3 ± 0.46 و در گروه کنترل 0.97 ± 0.2 می باشد. این میانگین در گروه مورد نسبت به گروه کنترل بالاتر است. طبق آزمون آماری انجام شده، t-test مستقل، این رابطه معنی دار است ($P < 0.05$). تفاوت میانگین نسبتها در دو گروه 0.37 در فاصله ی اطمینان 95% ($0.07 - 0.21$) می باشد که با توجه به این فاصله ی اطمینان، این رابطه معنی دار است.



نمودار ۳: مقایسه میانگین نسبت ماکزیمم قطر کوتاه بطن راست و بطن چپ در گروه مورد نسبت به گروه کنترل

میانگین قطر ورید اجوف فوقانی در گروه مورد 21.16 ± 4.15 و در گروه کنترل 18.27 ± 3.64 می باشد. این میانگین در گروه مورد نسبت به گروه کنترل بالاتر است. طبق آزمون آماری انجام شده، t-test مستقل، این رابطه معنی دار است ($P < 0.05$). تفاوت میانگین در دو گروه 2.89 در فاصله ی اطمینان 95% ($1.15 - 4.62$) می باشد که با توجه به این فاصله ی اطمینان، این رابطه معنی دار است.



نمودار ۴: مقایسه میانگین قطر ورید سوپریور وناکاوا در گروه مورد نسبت به گروه کنترل

Oliver و همکاران در سال ۱۹۹۸ نشان دادند که انحنا یافتن سپتوم بین بطنی به سمت چپ در سی تی اسکن با انسداد شدید شریان پولمونری مرتبط است (۱۸).

مطالعه ما نشان داد که افزایش قطر بطن راست و کاهش قطر بطن چپ و در نتیجه افزایش نسبت آنها و نیز افزایش قطر ورید ازیگوس و اجوف فوقانی می‌تواند نشان‌دهنده افزایش پس بار بطن راست باشد که از علل مهم آن آمبولی ریوی حجیم می‌باشد.

نتیجه گیری

از آنجایی که بسیاری از بیمارانی که با تنگی نفس مراجعه می‌کنند جهت ارزیابی علت، تحت سی تی اسکن اسپیرال قفسه سینه قرار می‌گیرند، لذا یافتن علایمی دال بر وجود تنش در بطن راست می‌تواند مطرح‌کننده یکی از علل مهم آن یعنی آمبولی ریوی حجیم باشد. این امر باعث ارجاع سریعتر بیماران جهت انجام سی تی آنژیوگرافی ریوی و در نتیجه تشخیص سریعتر آنها می‌شود، بویژه اینکه تشخیص سریع و شروع زودرس درمان در این بیماران در کاهش مرگ و میر و موربیدیتی بسیار حایز اهمیت می‌باشد.

در سال ۲۰۰۳ Collomb و همکاران نشان داد که یک ارتباط چشمگیر مثبت بین قطر کوتاه بطن راست و نسبت قطر بطن راست به بطن چپ و ارتباط منفی بین قطر کوتاه بطن چپ با شدت آمبولی ریوی وجود دارد. همچنین مطالعه آنها نشان داد که تفاوت چشمگیری بین اقطار سوپریور و نااکاوا در مبتلایان به آمبولی ریوی شدید و غیرشدید وجود دارد (۷).

در مطالعه ما نیز تفاوت معنی‌داری بین اقطار سوپریور و نااکاوا در مبتلایان به آمبولی ریوی حجیم و افراد بدون آمبولی ریوی مشهود است.

مطالعات دیگر توسط Contranctor در سال ۲۰۰۲ (۱۸) و نیز Lim و همکاران (۱۲) در سال ۲۰۰۵ نشان دادند که علایم تنش بطن راست شامل نسبت اقطار بطن راست به بطن چپ بالای ۱ و انحنا یافتن سپتوم به سمت چپ در سی تی آنژیوگرافی ریوی حساسیت ۹۲-۷۸٪ و اختصاصیت ۱۰۰٪ و ارزش اخباری مثبت ۱۰۰٪ در مقایسه با یافته‌های اکوکاردیوگرافیک در یافتن اختلال عملکرد بطن راست دارد.

wintersperger در سال ۱۹۹۹ نشان داد که نسبت قطر بطن راست به بطن چپ بالای ۱/۵ با یک اپیزود شدید آمبولی ریوی همراه است (۱۷).

References

- Ocak I, Fuhrman C. CT angiography findings of the left atrium and right ventricle in patients with massive pulmonary embolism. *American Journal of Roentgenology* 2008; **191**(4): 1072-1076.
- Reid JH, Murchison JT. Acute right ventricular dilatation: a new helical CT sign of massive pulmonary embolism. *Clinical Radiology* 1998; **53**(9): 694-698.
- Kucher N, Goldhaber SZ. Management of massive pulmonary embolism. *Circulation* 2005; **112**(2): e28-e32.
- Wu AS, Pezzullo JA, Cronan JJ, Hou DD, Mayo-Smith WW. CT Pulmonary Angiography: Quantification of Pulmonary Embolus as a Predictor of Patient Outcome—Initial Experience. *Radiology* 2004; **230**(3): 831-835.
- Santos ML, Uriona VJ, Exaire RJ, Mendoza D, Martínez GM, Pulido T, et al. Massive pulmonary embolism, thrombus in transit, and right ventricular dysfunction. *Arch Cardiol Mex* 2007; **77**(1): 44-53.
- Van der Meer RW, Pattynama PM, Van Strijen MJ, Van den Berg-Huijsmans AA, Hartmann IJ, Putter H, et al. Right Ventricular Dysfunction and Pulmonary Obstruction Index at Helical CT: Prediction of Clinical Outcome during 3-month Follow-up in Patients with Acute Pulmonary Embolism. *Radiology* 2005; **235**(3): 798-803.
- Collomb D, Paramelle PJ, Calaque O, Bosson JL, Vanzetto G, Barnoud D, et al. Severity assessment of acute pulmonary embolism: evaluation using helical CT. *European Radiology* 2003; **13**(7): 1508-1514.
- Grifoni S, Olivotto I, Cecchini P, Pieralli F, Camaiti A, Santoro G, et al. Short-term clinical outcome of patients with acute pulmonary embolism, normal blood pressure, and echocardiographic right ventricular dysfunction. *Circulation* 2000; **101**(24): 2817-2822.
- Schoepf UJ, Costello P. Ct angiography for diagnosis of pulmonary embolism: State of the art. *Radiology* 2004; **230**(2): 329-337.
- Mastora I, Remy-Jardin M, Masson P, Galland E, Delannoy V, Bauchart JJ, et al. Severity of acute pulmonary embolism: evaluation of a new spiral CT angiographic score in correlation with echocardiographic data. *European Radiology* 2003; **13**(1): 29-35.
- Brant WE. Fundamentals of diagnostic radiology. LWW. 2012
- Lim KE, Chan CY, Chu PH, Hsu YY, Hsu WC. Right ventricular dysfunction secondary to acute massive pulmonary embolism detected by helical computed tomography pulmonary angiography. *Clinical Imaging* 2005; **29**(1): 16-21.
- Wang J, Guo X, Liu M, Guo Y, Wang C, Yang Y. The dynamic study of the pulmonary artery obstruction degree and the right ventricular function in massive pulmonary embolism on CT pulmonary angiography. *Journal of Nanjing Medical University* 2008; **22**(3): 188-192.
- Araoz PA, Gotway MB, Trowbridge RL, Bailey RA, Auerbach AD, Reddy GP, et al. Helical CT pulmonary angiography predictors of in-hospital morbidity and mortality in patients with acute pulmonary embolism. *Journal of Thoracic Imaging* 2003; **18**(4): 207-216.
- Quiroz R, Kucher N, Schoepf UJ, Kipfmüller F, Solomon SD, Costello P, et al. Right ventricular enlargement on chest computed tomography

- prognostic role in acute pulmonary embolism. *Circulation* 2004; **109**(20): 2401-2404.
16. Ghaye B, Ghuysen A, Willems V, Lambermont B, Gerard P, D'Orio V, et.al. Severe Pulmonary Embolism: Pulmonary Artery Clot Load Scores and Cardiovascular Parameters as Predictors of Mortality1. *Radiology* 2006; **239**(3): 884-891.
17. Wintersperger BJ, Stäbler A, Seemann M, Holzknecht N, Helmberger T, Fink U, Reiser MF. Evaluation of right heart load with spiral CT in patients with acute lung embolism]. *RöFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 1999; **170**(6): 542.
18. Oliver TB, Reid JH, Murchison JT. Interventricular septal shift due to massive pulmonary embolism shown by CT pulmonary angiography: an old sign revisited. *Thorax* 1998; **53**(12): 1092-1094.