

## Right ventricular function in patients with pulmonary hypertension; the value of myocardial performance index (Tei index) measured by tissue Doppler imaging

Dr. Abdullah Cheikh Ibrahim \*  
Ghazwan Mohammad \*

(Received 23 / 3 / 2017. Accepted 11 / 5 / 2017)

### □ ABSTRACT □

**Background:** Identifying the most sensitive markers of RV dysfunction is of immense importance in daily clinical practice in the patients with pulmonary hypertension, and Myocardial performance index (tei index) is used to estimate both systolic and diastolic function of the right ventricle, the value of this index correlates; to IVRT, IVCT, and ET.

**Objectives:** 1- To validate the accuracy of MPI as an easy and fast surrogate instead of conventional methodology assessment of the right ventricular dysfunction in patients with pulmonary hypertension. 2- Discussing the advantages of calculating the latter index by tissue doppler imaging versus conventional Doppler method. 3- Looking for an easy and accurate method to detect early stages of right ventricular dysfunction in cases of pulmonary hypertension, in which the function appear to be normal.

**Methods and results:** We studied series of 64 patients (men and women) with (pulmonary hypertension) divided into three age groups and compared with 47 healthy age matched volunteers as a control group. We selected subjects from Tishreen university hospital, Lattakia over the year 2016. The MPI has been derived from pulse and tissue Doppler. Systolic s wave and IVRT have been derived from tissue Doppler imaging. Finally, TAPSE has been obtained from M-mode echocardiography. Bland–Altman analysis showed very good agreement between MPI and tMPI in patients (the mean difference was - 0.07, absolute difference - 0.38 to 0.24; 95% intervals of agreement). A weak positive correlation was found between MPI Doppler and RVSP (mmHg) ( $r=0.18$ ,  $p=0.05$ ) and TRV (m/s) ( $r=0.18$ ,  $p=0.05$ ), and negative correlation with TAPSE (mm) ( $r=-0.21$ ,  $p=0.03$ ). A stronger positive correlation was found between tMPI and RVSP (mmHg) ( $r=0.28$ ,  $p=0.02$ ) and TRV (m/s) ( $r=0.29$ ,  $p=0.02$ ).

**Conclusion:** from our patient, we found that tei index have a good correlation with pulmonary hypertension, and could reveal myocardial dysfunction before the developing of frank right ventricular failure. The assessment could be done with conventional or tissue method, even though the tissue imaging is little more preferred. Nevertheless, using both methods can increase the index value.

**Keywords:** Pulmonary hypertension, Right ventricular dysfunction, Tei index Doppler, Tei index tissue.

\* Professor, Internal Department, Faculty of Medicine, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\* Master degree student, Internal Department, Faculty of Medicine, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## وظيفة البطين الأيمن في مرضى ارتفاع التوتر الرئوي ؛ قيمة مشعر الأداء القلبي (Tei index) بطريقة التصوير بالدوبلر النسيجي

د. عبد الله شيخ إبراهيم\*  
غزوان محمد\*

(تاريخ الإيداع 23 / 3 / 2017. قُبل للنشر في 11 / 5 / 2017)

### □ ملخص □

مقدمة: يعد تحديد المشعرات الأكثر حساسية لسوء وظيفة البطين الأيمن على درجة عالية من الأهمية في الممارسة السريرية اليومية في مرضى ارتفاع التوتر الرئوي. و يستعمل مشعر الأداء القلبي (Tei index) لتقدير الوظيفة الانقباضية والانبساطية معا للبطين الأيمن، و ترتبط قيمة هذا المشعر بزمني الاسترخاء و الانقباض متساوي الحجم و بزمن القذف البطيني. هدف البحث: 1- إثبات أن مشعر الأداء القلبي بديل سهل و سريع للمنهجية التقليدية في تقدير سوء وظيفة البطين الأيمن في مرضى ارتفاع الضغط الرئوي. 2- مناقشة ميزات حساب المشعر السابق بطريقة التصوير بالدوبلر النسيجي على الطريقة التقليدية بالدوبلر النبضي. 3- الكشف الباكر عن سوء وظيفة البطين الأيمن في حالات ارتفاع الضغط الرئوي و التي تبدو فيها الوظيفة البطينية محفوظة.

مواد البحث و نتائجه: شملت الدراسة 111 شخصا منهم 47 شاهدا متطوعا من الأصحاء من الرجال و النساء و 64 مريضا (ارتفاع الضغط الرئوي) تمت مقارنتهم مع مجموعة الشاهد المماثلة لهم بالفئة العمرية بعد تقسيمهم إلى ثلاث فئات عمرية و ذلك من المراجعين لمستشفى تشرين الجامعي باللاذقية خلال عام 2016 م. تم اشتقاق مشعر الأداء القلبي بكل من الدوبلر النبضي التقليدي و الدوبلر النسيجي و أيضا حساب الموجة الانقباضية S و زمن الاسترخاء متساوي الحجم IVRT بالدوبلر النسيجي و أخيرا قياس الانزياح الانقباضي لمستوى حلقة مثلث الشرف TAPSE بالإيكو وحيد البعد. وجدنا من مخططات بلاند و ألتمان توافقا جيد جدا بين ال tMPI و ال MPI Doppler، حيث بلغ متوسط الفرق -0.07 و تراوح الفرق المطلق بين -0.38 و 0.24 و كانت جميع القيم ضمن مجال الثقة 95%. و وجدنا كذلك علاقة طردية ضعيفة بين MPI Doppler وكل من RVSP (mmHg) (p=0.05، r=0.18) و TRV (m/s) (p=0.05، r=0.18) و علاقة عكسية ضعيفة مع TAPSE (mm) (p=0.03، r=-0.21). كما وجدنا علاقة طردية أقوى بين نسبيا بين tMPI وكل من RVSP (mmHg) (r=0.28)، و TRV (m/s) (p=0.02، r=0.29).

الخلاصة: لقد تبين من دراستنا أن مشعر تاي يمتلك علاقة جيدة مع ارتفاع الضغط الرئوي و يمكن أن يكشف سوء الوظيفة البطينية قبل تطور قصور القلب الأيمن الصريح، و يمكن للتقييم أن يتم بالطريقة النسيجية أو التقليدية مع وجود بعض الأفضلية للتصوير النسيجي. كما يشار كذلك إلى أن استخدام الطريقتين معا يزيد من قيمة المشعر.  
الكلمات المفتاحية: ارتفاع الضغط الرئوي، سوء وظيفة البطين الأيمن، مشعر تاي بالدوبلر العادي، مشعر تاي النسيجي.

\* أستاذ في قسم الأمراض الباطنة / أمراض القلب و الأوعية، كلية الطب البشري، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.  
\* طالب دراسات عليا في قسم الأمراض الباطنة / أمراض القلب و الأوعية، كلية الطب البشري، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

**مقدمة:**

يمتلك البطين الأيمن هندسة بنبوية معقدة جدا، و قد تم إغفال دراسته و دوره في الوظيفة الإجمالية للقلب فيما سبق، و استمر الاعتقاد الخاطئ بأن البطين الأيمن هو مجرد موصل منفعل للدم بين الجهاز الوريدي و الرئتين لأكثر من ثلاثين عاما، إلى أن تم التعرف سريريا على احتشاء البطين الأيمن [1]. لقد ظهرت وظيفة البطين الأيمن كمتنبأ حساس لتحمل الجهد و كمحدد هام للأعراض السريرية في قصور القلب المزمن و لمعطيات البقاء survival outcome في مرضى ارتفاع الضغط الرئوي.

**تشريح البطين الأيمن و انقباضه:**

يتألف البطين الأيمن شكليا من ثلاثة مكونات تشريحية كما اقترح من كل من Lillehei [2] و Goor و هي:

- جزء المدخل مع جهاز الصمام مثلث الشرف.
- الترابيق العضلي القمي.
- جزء المخرج المدعو بالقمع (infundibulum)، و الذي يتماهى مع المنطقة العضلية الملساء للمخرج.

كما تبدي هندسة الألياف في البطين الأيمن النماذج التالية (الشكل 1):

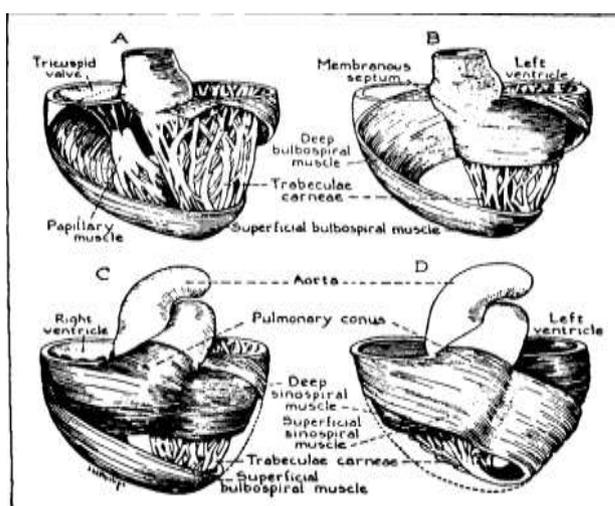
✚ تتوضع الألياف الدائرية و الحلزونية في منطقة مدخل البطين الأيمن بشكل أساسي تحت النخاب بينما تتألف المنطقة تحت الشغاف بشكل أساسي من ألياف طولانية.

✚ يتألف مخرج البطين الأيمن من ألياف طولانية في كل من الطبقة تحت الشغاف و تحت النخاب و التي تتغذى بالألياف الدائرية المارة من الزاوية اليمنى إلى المحور الطويل للمخرج، و التي يمكن تتبعها إلى العرف فوق البطيني و إلى التلم الأمامي مؤدية دورا في ربط البطينين إلى بعضهما البعض.

✚ تكون طبقة الألياف الدائرية أقل تطورا من طبقة الألياف الطولانية، ما يفسر أن وظيفة المضخة للبطين الأيمن تتحدد بشكل أساسي بالتقاصر الطولاني، أكثر من الانزياح المستعرض في الأشخاص الأصحاء [3].

**الشكل 1**

هندسة الألياف البطينية



هذا و تعد حركية جدر البطين الأيمن معقدة ، حيث يتألف انقباض البطين الأيمن من أربعة مكونات أساسية و هي [3]:

1. الانزياح الداخلي للجدار الحر للبطين الأيمن باتجاه الحجاب بين البطينين، و الذي ينتج ما يدعى بتأثير المنفاخ bellows effect.
  2. التناقص على المحور الطويل بشكل أساسي في طور القذف مع نزول حلقة مثلث الشرف باتجاه القمة.
  3. الانقباض الدائري لمنطقة المخرج (bulbular musculature)، و الذي يحافظ على التوتر الشديد فيه خلال الانقباض، ما يفسر الدعم الذي يقدمه هذا القمع تحت الصمامي لوظيفة الصمام الرئوي وحيدة الاتجاه.
  4. انقباض البطين الأيسر و الذي يدعم انقباض البطين الأيمن عبر النقل الميكانيكي من خلال الحاجز بين البطينين المشترك، و عبر الألياف العضلية السطحية ذات المتجه الدائري و المتمادية بين البطينين.
- يتبع هذا الانقباض نموذجا تمعجيا "peristaltic pattern" مع بدء جزء المدخل بالتناقص بحوالي 25-50 ميلي ثانية قبل جزء المخرج [3] و تعد هذه الحديثة حاسمة في المحافظة على الجريان داخل التجويف و في توجيه الدم خارجا إلى الشجرة الشريانية الرئوية.

### تأثير زيادة الحمل الضغطي على البطين الأيمن

في الوقت الذي تختلف فيه سبببات الحمل البعدي المرتفع، فقد يكون تأثيرها على البطين الأيمن متشابهها، و تتلخص هذه التأثيرات بما يلي [3]:

- ✚ عندما يرتفع الحمل البعدي بشكل بطيء، يتكيف البطين الأيمن و يعاوض عبر الضخامة ثم التوسع، كما تغير الألياف المتضخمة اتجاهاتها الحيزية لتعدو دائرية أكثر، و بالتالي تزداد مشاركة التقاصر القطري radial و الدائري circumferential في وظيفة المضخة للبطين الأيمن في مرضى ارتفاع التوتر الرئوي مقارنة بالأسوياء.
- ✚ عندما ينقبض البطين الأيمن تجاه ضغط مرتفع، يحدث التوسع فيه ليتغير شكل الجوف على المقطع العرضي من النمط الهلالي crescentic إلى الدائري circular.

✚ يحدث تقاصر وسط الجدار الحر للبطين الأيمن، في مرضى ارتفاع الضغط الرئوي، في الاتجاه الدائري أكثر منه في الاتجاه الطولاني longitudinal، و هذا يعود غالبا لإعادة الترتيب الحاصلة على الألياف العضلية القلبية في الجدار الحر للبطين الأيمن وفق ما ذكر Pattersen و زملاؤه.

✚ يرتبط الهبوط التدريجي اللاحق في وظيفة البطين الأيمن، بشكل أساسي بنقص الانزياح المستعرض للبطين transversal displacement، و يحدث هذا الأخير بسبب الانزياح التدريجي للحاجز بين البطينين نحو الجانب الأيسر وفق ما ذكر Mauritz و زملاؤه.

✚ لا تتغير عادة المشاركة النسبية للأقسام التشريحية الثلاثة للبطين الأيمن في وظيفة الضخ، و لكن تزول الاختلافات الزمنية و تنقبض الأقسام الثلاثة في نفس الوقت مما يؤدي إلى فقدان الوظيفة التمعجية، و هذا ما يجعل البطين الأيمن ينقبض كجوف وحيد.

### التداخل بين البطينين VENTRICULAR INTERDEPENDENCE

يتوسط التأثير بين البطينين ثلاث آليات:

- ❖ الدوران الرئوي مع التغيرات في الشروط التحميلية على البطين الأيمن.
- ❖ حركية و هندسة الحاجز بين البطينين "عبر الألياف المشتركة على سبيل المثال".

### ❖ التحديد التأموري (pericardial constriction).

يعرف الحجاب بين البطينين في القلوب السوية بأنه يؤدي وظيفته كجزء من البطين الأيسر. أظهر Hoffman و زملاؤه في دراسة أجريت من قبلهم ، أن الانقباض البطيني الأيسر يمنح 24% من عمل ضربته لتوليد عمل الضربة البطينية اليمنى عبر الحجاب بين البطينين، و في ارتفاع التوتر الرئوي ترتفع هذه المساهمة إلى 35%. يغدو البطين الأيمن في ارتفاع التوتر الرئوي يغدو ذا حمل ضغطي مرتفع، لذا تنعكس حركة الحجاب و يؤدي الحجاب وظيفته كجزء من البطين الأيمن لكي يحافظ على حجم الضربة [2].

### تقييم وظيفة البطين الأيمن

لقد بقي التقييم الكمي الدقيق لوظيفة البطين الأيمن تحديا سريريا محيرا. و لقد عزا أغلب الباحثين الصعوبات في إيجاد طريقة مثمرة لتقييم وظيفة البطين الأيمن لهندسته البنيوية المعقدة.

عرف التصوير بالرنين المغناطيسي كوسيلة ذهبية مصادق عليها على نحو واسع كما عرف بإعطائه تقديرا دقيقا لحجم البطين الأيمن و جزئه المقذوف [3]. مع ذلك، فهو وسيلة مكلفة، متوفرة بشكل محدود، و غير مناسبة في مرضى قصور القلب، الشائع مشاهدتهم في الممارسة اليومية، خاصة مع وجود أجهزة مزروعة. بالإضافة إلى ذلك، يجد أغلب مرضى قصور القلب و احتباس السوائل صعوبة في الاستلقاء بشكل ثابت و لوقت طويل نسبيا في أنبوب مغلق. مع ذلك، يبقى الرنين المغناطيسي ذا قيمة عالية خاصة في التشوهات القلبية الخلقية المعقدة. يتطلب استخدام تصوير الأوعية بالنوكليدات المشعة حقن عوامل نشطة إشعاعيا و ذات انحلال حيزي ضعيف. العيب في هذه التقنية هو التوهين الخادع (attenuation artifacts)، و كذلك صعوبة التمييز بين البطين الأيمن و الأذينة اليمنى [3]. من ناحية أخرى، فإن التصوير الظليل للأوعية هو تقنية غازية و يتطلب حقن المواد الظليلة في مرضى لديهم عدم استقرار هيموديناميكي كامن. لقد أصبح بالإمكان تقييم كل من الحجم و الجزء المقذوف للبطين الأيمن مع قدوم التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (SPECT)، الذي يستخدم قوائم (tracers) في مجرى الدم. لقد استخدمت قياسات الإيكو القلبي للحجم و تقييمات الوظيفة للبطين الأيسر بشكل واسع في الممارسة السريرية و أصبحت تعرف بأهميتها التشخيصية كما الإنذارية في مرضى الآفات القلبية. و مع ذلك، فقد بقي تقييم البطين الأيمن باستخدام الإيكو القلبي تحديا بسبب التشريح المعقد و الترايق الكثيف الذي يجعل قياس حجوم البطين الأيمن عملية صعبة.

### مشعر الأداء القلبي (Myocardial Performance Index (Tei index):

تتألف الدورة القلبية من تتابع دوري للقذف الانقباضي، زمن الاسترخاء متساوي الحجم، الامتلاء الانبساطي، زمن الانقباض متساوي الحجم و الانقباض التالي. يتواسط هذه المتتالية سلسلة من الخطوات عالية الطاقة و التي تشمل إعادة تدوير شوارد الكالسيوم داخل الخلية مع البروتينات التقلصية، و يعكس زمن عناصر الدورة القلبية صحة الخلايا العضلية و حالتها التقلصية و استجابتها المتأظمة للشروط التحميلية [5].

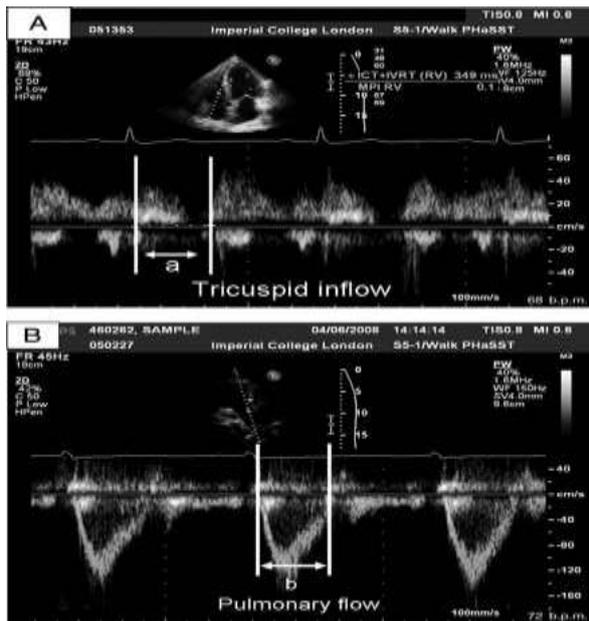
طرح Weissler و زملاؤه عام 1960 قبل توفر الإيكو القلبي، تعبيراً غير باضع للكفاءة العضلية القلبية باستعمال رسم النبض السباتي و تخطيط القلب الكهربائي و الفونوكارديوغرام، و من هذه الأدوات تم حساب الزمن من ابتداء التفعيل الكهربائي اللازم لتجنيد العناصر المتقلصة و بدء قذف الدم، و دعي هذا بزمن قبل القذف pre-ejection period (PEP)، كما حسبوا الزمن الذي يستغرقه البطين الأيسر في قذف الدم و دعوه زمن قذف البطين الأيسر LV ejection time، ثم جمعت هذه الأزمان ( و التي تدعى بالفترات الزمنية الانقباضية) في نسبة هي ال PEP/LVET [6]. قارنت دراسات المؤلفين هذه النسبة بالأنجيوجرافي و وسائل غازية أخرى تعبر عن وظيفة القلب و

وجدوا أن هذا المشعر يزداد كلما ساءت الوظيفة الانقباضية، و بعبارة أخرى كلما زادت إصابة العضلة القلبية أكثر، كلما أخذت وقتاً أطول لتجنيد الطاقة المناسبة لبدء عملية القذف، و في حالة البدء بها فإن زمن القذف يكون قصيراً. لقد خف حماس الباحثين لاحقاً للفترة الزمنية للانقباض عندما وجدوا أنها تتوقف على الحمل و متغيراته، كما بطلت هذه الطريقة عندما زود الإيكو بقياس مباشر لوظيفة البطين الأيسر الانقباضية و للنسبة PEP/LVET باستخدام الجريان عبر الصمام الأبهرى و تخطيط القلب الكهربائي. مع ذلك، فقد قام Mancini و زملاؤه بمحاولة لتبسيط التقنية السابقة، حيث ضمنوا زمن الانبساط متساوي الحجم IVRT و زمن الانقباض متساوي الحجم IVCT في طرحهم لما سمي بالمشعر متساوي الحجم isovolumic index  $[(IVRT+IVCT) / LVET]$  [5]، و لكن ما أضعف هذه التقنية هو الاختلافات بسبب التأخير الميكانيكي الكهربائي. ثم تم لاحقاً قياس الفترات الزمنية القلبية فيما بعد عن طريق الدوبلر التقليدي، مما أدى إلى استبعاد عنصر التأخير الميكانيكي الكهربائي.

طرح Tei و زملاؤه تعديلاً على المسافة الزمنية الانقباضية، دعي بـ مشعر الأداء القلبي أو مشعر تاي و يحسب من الصيغة  $MPI = [(IVRT+IVCT) / LVET]$ ، و الذي يأخذ بعين الاعتبار الفترات الزمنية حيث نشوء الطاقة و إنجاز العمل و حدوث الاسترخاء. و منذ وصف هذا المشعر ظهرت الكثير من الدراسات بينت قابليته للتنبؤ بالنتائج عبر طيف واسع من الأمراض القلبية. و طبق المؤلفون في قلة من هذه الدراسات، هذا المشعر على البطين الأيمن و آخرون قاموا باشتقاقه من الدوبلر النسيجي في أي من البطينين [5].

من ناحية أخرى ظهرت اعتبارات جديدة أخرى فيما يتعلق بالحساسية الكامنة لل MPI تجاه الشروط التحميلية. و بالرغم من وجود العديد من الدراسات التي تناولت ال MPI، فإننا نستطيع أن نجد دراسة واحدة فقط استقصت بشكل دقيق عن علاقة ال MPI بالشروط التحميلية [4]. اقترحت تلك الدراسة أن ال MPI معتمد بشدة على الشروط التحميلية و لا يعكس على نحو موثوق القلوصية.

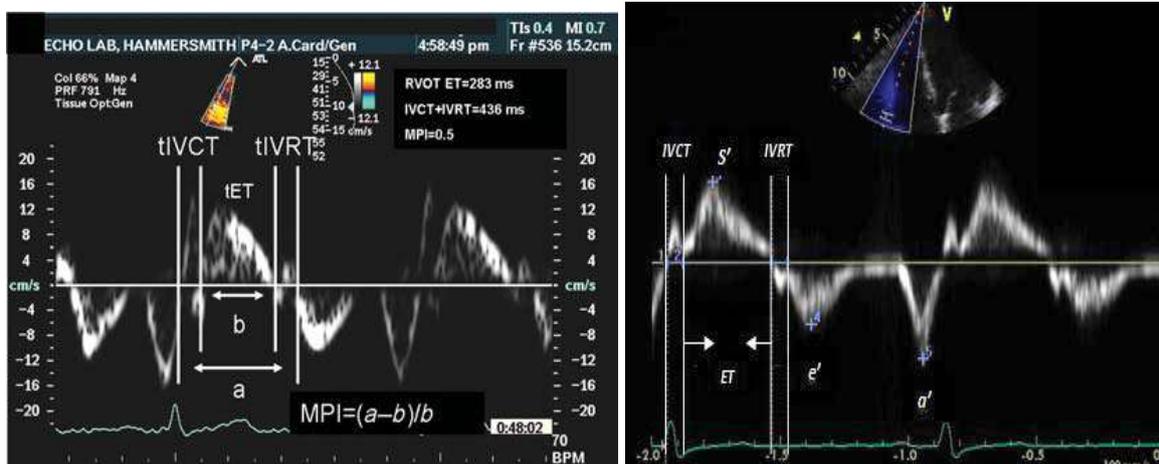
لقد اقترح استخدام مشعر الأداء القلبي في البطين الأيمن لتقييم الوظيفة الإجمالية الانبساطية و الانقباضية، لما وجد من تحديات لتقييم هذا البطين بشكله و هندسته المعقدة و مكونات انقباضه المتعددة. يتطلب حساب ال MPI بالطريقة التقليدية حساب سرعات الجريان عبر الصمام مثلث الشرف و مخرج البطين الأيمن خلال دورات قلبية منفصلة (الشكل 2). إن الدوبلر النسيجي الذي يقيس حركة (سرعة) النسيج العضلي القلبي، ربما يمتلك أفضلية على دوبلر الجريان الدموي، كونه يعكس الحالة الوظيفية للعضلة القلبية مباشرة و أقل عرضة للتشويش الأساسي background noise، و يزود كذلك بمعلومات عن الفواصل الزمنية الانقباضية و الانبساطية في الدورة القلبية نفسها [8] (الشكل 3). يستبعد مشعر الأداء القلبي بالدوبلر النسيجي tMPI مشكلة الاختلافات المرتبطة بتغير سرعة القلب، و التي تكون ملازمة لطريقة الدوبلر النبضي، كون جريان مدخل البطين الأيمن و مخرجه لا يسجلان في وقت واحد بالدوبلر النبضي التقليدي [8].



الشكل 2

المخطط الأول يظهر مكونات الامتلاء A و E و قياسات كل من الـ ET، IVRT، FT، المخطط الثاني يظهر الفواصل الزمنية بالدوبلر النبضي لجريان مثلث الشرف (مدخل البطين الأيمن) و (A) و للجريان عبر مخرج البطين الأيمن (B). الزمن b يمثل زمن القذف و الزمن a يمثل الزمن من انغلاق الصمام مثلث الشرف و حتى انفتاحه.  $MPI = (a-b)/b$

European Journal of Echocardiography (2010) 11, 719–724  
doi:10.1093/ejehocard/jeq051



الشكل 3

يظهر الشكل الأول التصوير بالدوبلر النسيجي النبضي قياسات كل من  $s'$ ،  $e'$ ،  $a'$ ، IVCT، IVRT، و الـ ET يظهر الشكل الثاني الفواصل الزمنية المقاسة بالدوبلر النسيجي النبضي المجرى على الحلقة الوحشية لمثلث الشرف. حيث أن الـ tIVCT تمثل زمن الانقباض متساوي الحجم النسيجي، الـ tET زمن القذف النسيجي، الـ tIVRT زمن الاسترخاء المتساوي الحجم النسيجي، و الـ MPI مشعر الأداء القلبي.

European Journal of Echocardiography (2010) 11, 719–724  
doi:10.1093/ejehocard/jeq051

## طرائق البحث و موادہ:

شملت الدراسة 111 شخصا من الرجال و النساء (44 إمراة، 67 رجل)، من مراجعي العيادة القلبية في مستشفى تشرين الجامعي خلال العام 2016، منهم 47 شاهدا سليما و 64 مريضا. تم أخذ قصة سريرية و فحص سريري لكل شخص بالدراسة مع إجراء تخطيط قلب كهربائي قياسي ذي الإثني عشر اتجاه، تضمنت مجموعة المرضى الذين لديهم ارتفاع مزمن في الضغط الانقباضي للشريان الرئوي  $SPAP \geq 36$  mmhg و المقيمون بإيكو القلب، و تضمنت مجموعة الشاهد المؤلفة من 47 شخصا من الأصحاء ممن لديهم ال  $SPAP < 36$ .

## الإيكو القلبي:

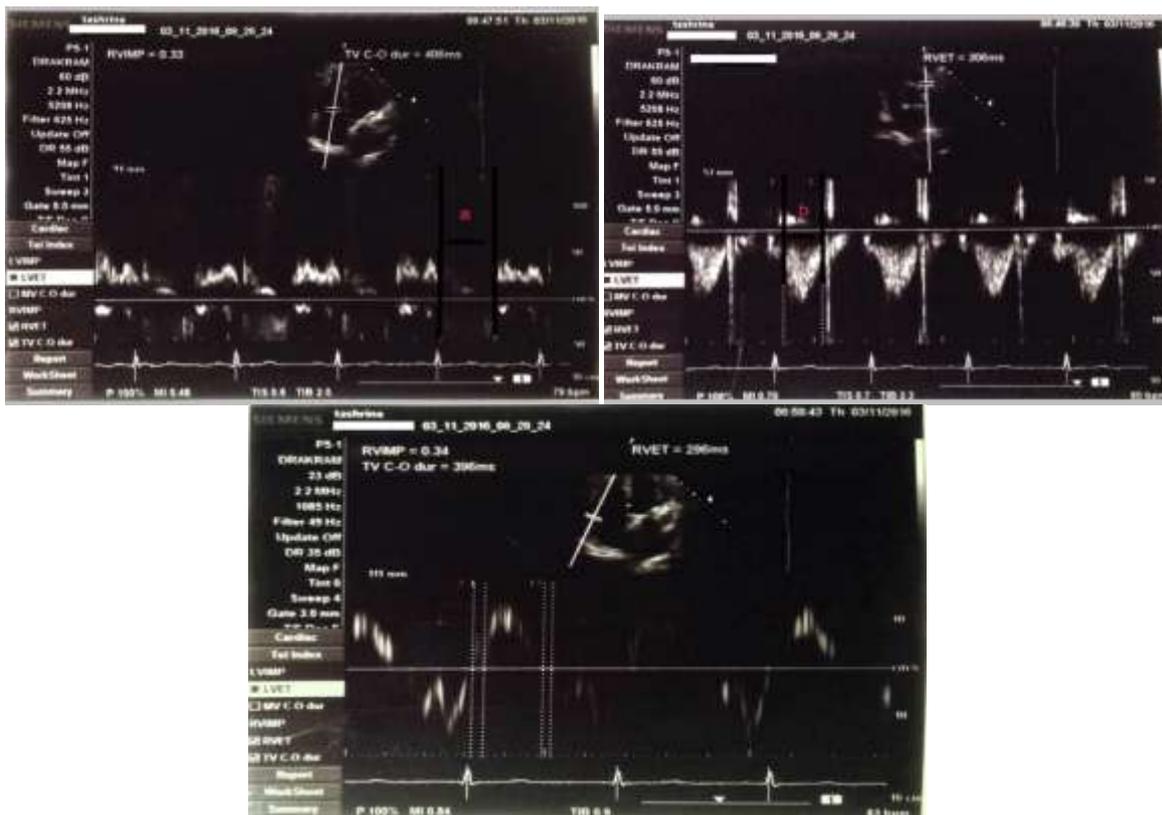
تم فحص المشاركين في الدراسة بإيكو القلب من نوع (Siemens X 300 PE, transducer P5-1 (1.4-5 MHz) و المجهز بتقنية الدوبلر النسيجي مع تسجيل تخطيط قلب كهربائي متزامن، و المريض بوضعية اضطجاع جانبي أيسر. تم إجراء تقييم كفي للبطين الأيمن ( التقييم البصري لقصور البطين الأيمن تبعا للتريق trabeculation، التوسع، الضخامة و القلوصية)، و كذلك الانزياح الانقباضي لمستوى حلقة مثلث الشرف TAPSE، و السرعة الانقباضية الذروية للبطين الأيمن (S-wave)، و استخدم مشعر الأداء القلبي لتقدير وظيفة البطين الأيمن.

## الدوبلر التقليدي:

لقياس مشعر الأداء القلبي بالدوبلر النبضي التقليدي، تم وضع الراموز sample بين ذرى وريقات الصمام مثلث الشرف في المنظر القمي رباعي الأجواف، و قياس المسافة "a" من انغلاق الصمام و حتى انفتاحه الشكل 4. و تم دراسة الجريان عبر مخرج البطين الايمن مباشرة تحت الصمام الرئوي في المنظر القصير و قياس المسافة "b" من انفتاح الصمام و حتى انغلاقه. تم ضبط سرعة مسح sweep-speed رسم الدوبلر على ال 100 مم/ثا، كما لم نجري تصحيحا للزاوية خلال الدراسة. و تم الحصول على مجموع زمني الاسترخاء و الانقباض متساوي الحجم من طرح المسافة b من المسافة a. لذلك حسب مشعر الأداء القلبي حسب الصيغة التالية  $(a-b)/b$ . تم أخذ متوسط القيم لثلاث ضربات قلبية متلاحقة على الأقل، لأخذ بالحسبان التغير في عدد ضربات القلب الشكل 4.

## التصوير بالدوبلر النسيجي:

تم أخذ بيانات الدوبلر النسيجي النبضي من وضع الراموز على الجزء الوحشي لحلقة مثلث الشرف على المنظر القمي رباعي الأجواف، بعد الطلب إلى المريض بوقف التنفس في نهاية الزفير. تم قياس زمن الانقباض متساوي الحجم (tIVCT) من نهاية الموجة A' و حتى بداية الموجة الانقباضية S، و زمن الاسترخاء متساوي الحجم (tIVRT) من نهاية الموجة S و حتى بداية الموجة E' الشكل 4. و قد تم حساب ال tMPI بمجموع ال tIVCT و ال tIVRT و تقسيمهم إلى ال tET حسب الصيغة  $(tIVCT+tIVRT)/(tET)$ .



الشكل 4 مشعر تاي المجرى بالدوبلر التقليدي و بالدوبلر النسيجي

استبعد من الدراسة كل ما قد يؤثر و بشكل خاطئ على أزمان الدورة القلبية (عدا موضوع الدراسة) أو الحسابات

المأخوذة:

- البيانات غير الكاملة بإيكو القلب.
- النظم غير الجيبي.
- وجود سلك ناظم خطأ أو نازع رجفان في البطين الأيمن.
- قصور الصمام مثلث الشرف الشديد.
- حصار الغصن الأيسر أو الأيمن التام، لتجنب التغير في أزمان الدورة القلبية بسبب أسوء النقل.
- $LV E/E' \geq 13$
- مرضى فرط الحمل الحجمي (ASD، مرضى القصور الكلوي النهائي).
- مرضى تضيق مخرج البطين الأيمن.
- مرضى اعتلال التأمور العاصر و اعتلال القلب الحاصر.
- مرضى فقر الدم المتوسط و الشديد.

### التحليل الإحصائي

تم استخدام الاختبارات الإحصائية التالية:

- "ت" t test لمقارنة متوسطين حسابيين.

- اختبار كاي مربع Chi-square test لمقارنة النسب المئوية للمتغيرات الفئوية بين مجموعة المرضى ومجموعة الشواهد.
- استخدم معامل الارتباط الخطي ل بيرسون Pearson's Correlation (r) لدراسة العلاقة بين المتغيرات الكمية.
- استخدام مخططات بلاند وألتمان Bland and Altman لدراسة مدى التوافق بين الأسلوبين المدروسين. الفروق عند عتبة الدلالة p value أقل أو تساوي 0.05 اعتبرت هامة إحصائيا.
- تم التحليل الإحصائي بمساعدة البرنامج الإحصائي Stata (version 6.0) وبإشراف اختصاصي مستقل بتحليل البيانات.

### نتائج الدراسة:

#### ➤ توزيع عينة الدراسة من حيث العمر و الجنس بين المجموعتين (صفات العينة):

شملت عينة الدراسة 111 مريضا و شاهدا، و بلغ عدد المرضى 64 مريضا منهم 20 مريض (31.25%) من الفئة العمرية الأولى و 32 مريض (50%) من الفئة العمرية الثانية و 12 مريض (18.75%) من الفئة العمرية الثالثة. بلغ عدد حالات الشاهد 47 حالة منهم 25 (53.19%) في الفئة العمرية الأولى و 20 شاهدا (42.55%) في الفئة العمرية الثانية و شاهدين اثنين فقط (4.26%) في الفئة العمرية الثالثة. مما سبق نلاحظ أن نسبة المرضى المسنين (ثمانين فما فوق) هي 18.75% في مجموعة المرضى مقارنة ب 4.26% في مجموعة الشاهد، و كان هذا الفرق هاما من الناحية الإحصائية (p value=0.018). كما لاحظنا أن أعمار المشاركين في مجموعة المرضى أعلى قليلا من أعمارهم في مجموعة الشواهد.

بلغ عدد الإناث في مجموعة المرضى 28 (43.75%) و عدد الذكور 36 (56.25%)، أما عدد الإناث في مجموعة الشاهد فكان 16 (34.04%) و عدد الذكور 31 (65.96%)، أي لم يختلف توزيع الجنس من الناحية الإحصائية بين المجموعتين.

الجدول رقم 1: مقارنة توزيع العمر والجنس بين المجموعتين						
	Controls		Cas			
P value	%	n	%	n		
0.018	53.19	25	31.25	20	40 – 59	Age
	42.55	20	50	32	60 – 79	
	4.26	2	18.75	12	80 –	
0.302	34.04	16	43.75	28	Female	Sex
	65.96	31	56.25	36	Male	

#### ➤ توزيع مختلف المشعرات القلبية بين المجموعتين

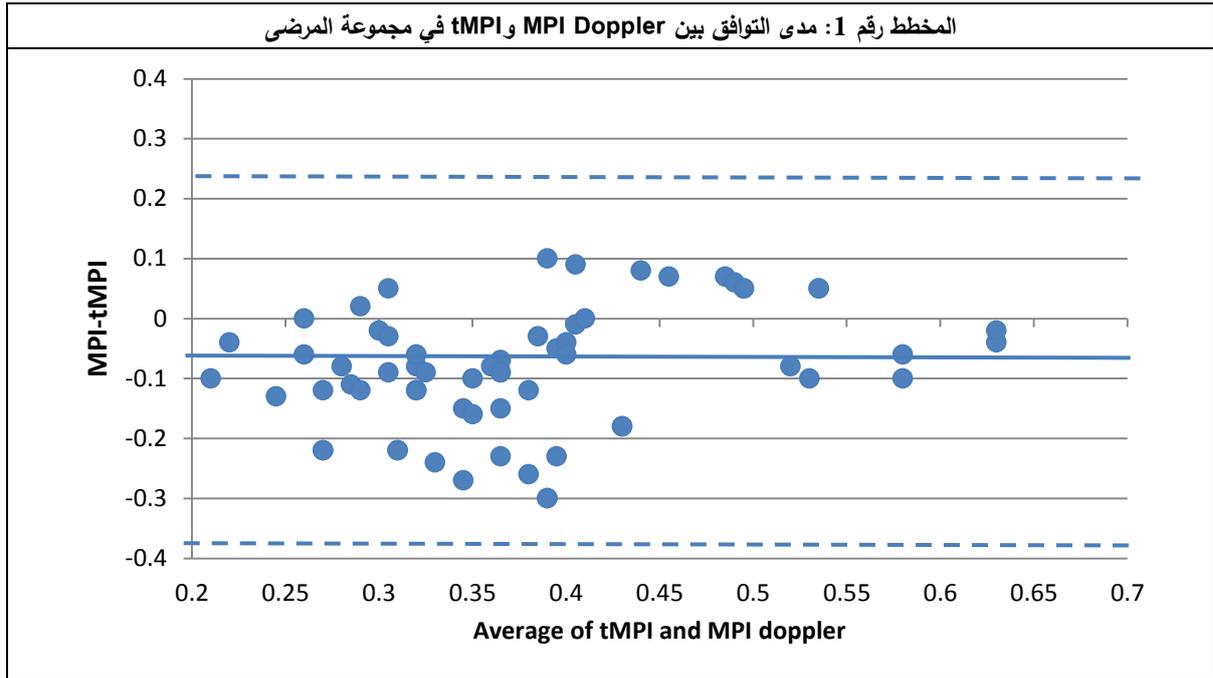
من الجدول رقم 2 نلاحظ أن متوسط كل من TRV (m/s) و RVSP (mmHg) و MPI Doppler و tMPI و IVRT في مجموعة المرضى (2.87، 42.94، 0.34، 0.42، 54.24 على الترتيب) كان أعلى من

متوسط القيم السابقة لدى مجموعة الشاهد (2.13، 27.93، 0.30، 0.37، 50.49 على الترتيب)، و كان هذا الفرق دالا من الناحية الإحصائية. في حين لم نلاحظ اختلاف في متوسط كل من **TAPSE (mm)** و **Sm (cm/s)** بين مجموعة المرضى (25.14، 15.39 على الترتيب) و مجموعة الشاهد (25.53، 16.32 على الترتيب). أما معدل ضربات القلب فكان أعلى عند الشواهد منه عند المرضى.

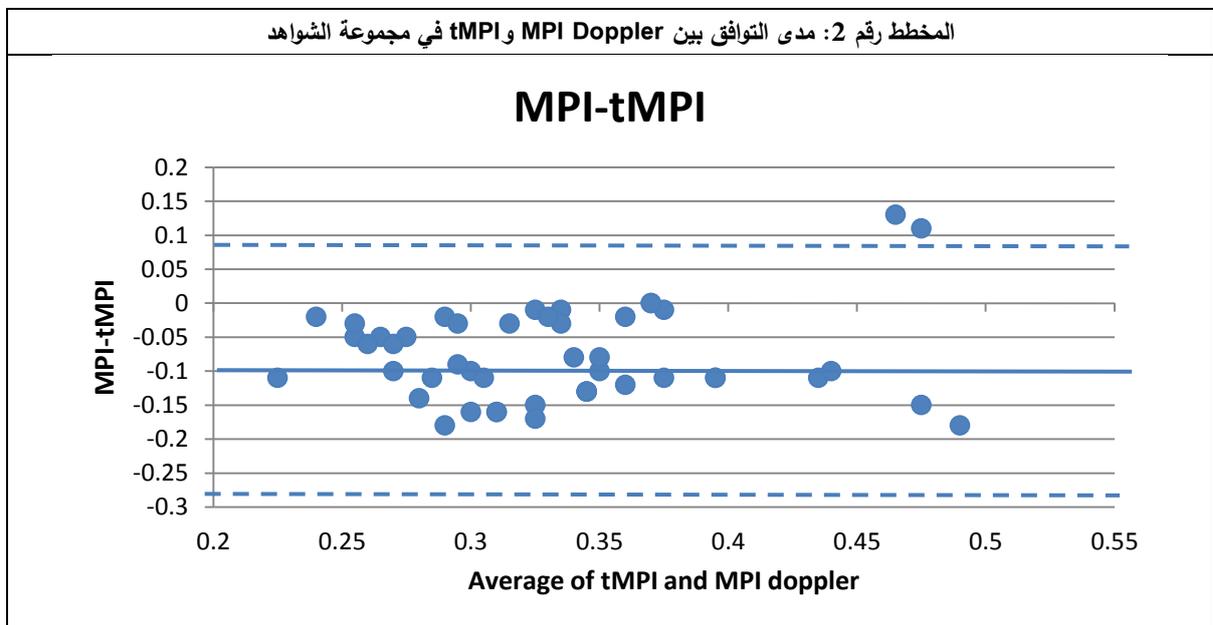
الجدول رقم 2: مقارنة توزيع مختلف المشعرات القلبية بين المجموعتين							
P value	SD	Controls			Cas		
		mean	n	SD	mean	n	
0.0002	12.15	57.04	47	12.41	66.16	64	<b>Age (years)</b>
0.0323	10.37	78.47	47	9.41	74.38	64	<b>Heart rate</b>
<0.0001	0.21	2.13	47	0.27	2.87	64	<b>TRV (m/s)</b>
<0.0001	3.53	27.93	47	6.68	42.94	64	<b>RVSP (mmHg)</b>
0.0453	0.08	0.30	47	0.12	0.34	64	<b>MPI Doppler</b>
0.0042	0.07	0.37	47	0.09	0.42	64	<b>tMPI</b>
0.1011	3.22	16.32	47	2.68	15.39	64	<b>Sm (cm/s)</b>
0.0461	7.79	50.49	47	10.89	54.25	64	<b>IVRT</b>
0.5852	3.69	25.53	47	3.75	25.14	64	<b>TAPSE (mm)</b>

### ➤ مدى التوافق بين MPI Doppler و tMPI عند مجموعة المرضى

**المخطط رقم 1** لبلاند و ألتمان لدراسة التوافق بين ال MPI Doppler و tMPI عند مجموعة المرضى، و قد عرضت الفروق بين الطريقتين بالنسبة إلى متوسط القياسات لكليهما و يمثل الخط متوسط الفرق. و يدرس **الجدول رقم 3** إحصائيات الفرق، حيث بلغ متوسط الفرق -0.07 و تراوح الفرق المطلق بين -0.38 و 0.24 و نلاحظ أن التوافق هنا جيد جدا على اعتبار أن جميع القيم تقع ضمن مجال الثقة 95%. **المخطط رقم 2** مخطط لبلاند و ألتمان لدراسة مدى التوافق بين ال tMPI و ال MPI Doppler عند الشواهد، و بدراسة إحصائيات الفرق من الجدول رقم 3، بلغ متوسط الفرق -0.10 و تراوح الفرق المطلق بين -0.28 و 0.08، و نلاحظ أن التوافق هنا جيد جدا على اعتبار أن جميع القيم ضمن مجال الثقة 95%.



الحد الأعلى	الحد الأدنى	الانحراف المعياري	المتوسط	
0.24	-0.38	0.16	-0.07	مجموعة المرضى
0.08	-0.28	0.09	-0.10	مجموعة الشواهد



### ➤ ارتباط كل من المشعريين المدروسين بالمشعرات الأخرى عند مرضى ارتفاع التوتر الرئوي

يظهر الجدول رقم 4 بشكل عام وجود علاقات طردية ضعيفة بين MPI Doppler وكل من RVSP

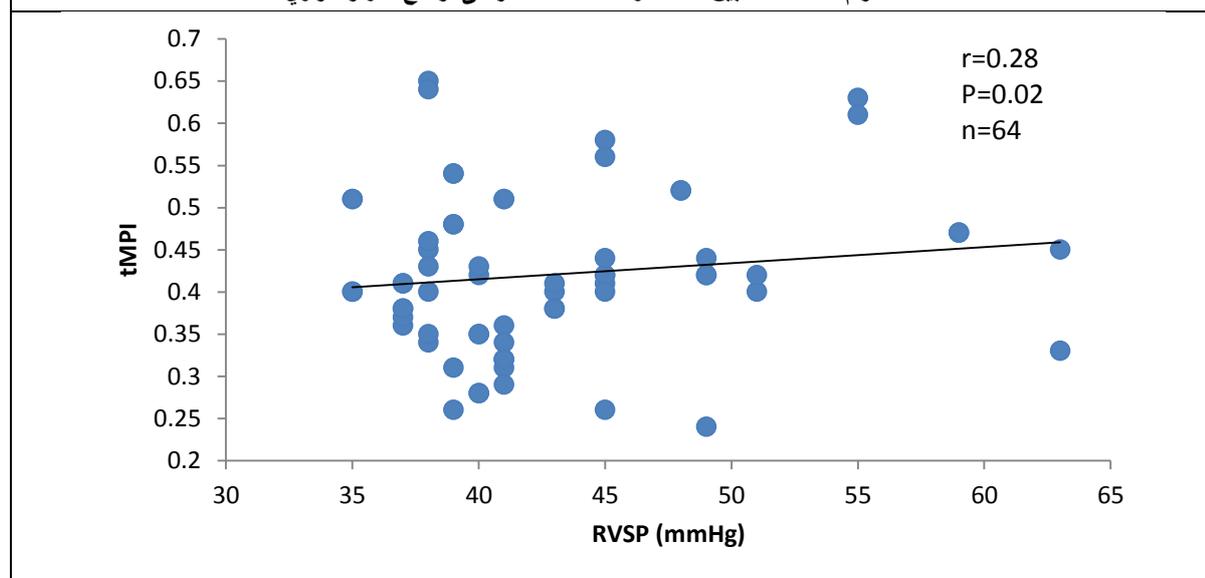
(mmHg) و (p=0.05، r=0.18) و TRV (m/s) و (p=0.05، r=0.18) و علاقة عكسية ضعيفة مع TAPSE (mm) (p=0.03، r=-0.21).

كما لاحظنا ومن نفس الجدول وجود علاقات طردية أقوى نسبياً بين tMPI وكل من RVSP (mmHg)

(p=0.02، r=0.28) و TRV (m/s) (p=0.02، r=0.29)، المخطط رقم 3.

الجدول رقم 4: ارتباط كل من المشعريين المدروسين بالمشعرات الأخرى عند مرضى ارتفاع التوتر الرئوي.		
tMPI	MPI Doppler	
$r=0.28$	$r=0.18$	RVSP (mmHg)
$P=0.02$	$P=0.05$	
$r=0.29$	$r=0.18$	TRV (m/s)
$P=0.02$	$P=0.05$	
$r=0.18$	$r=0.16$	Sm (cm/s)
$P=0.16$	$P=0.1$	
$r=0.12$	$r=-0.21$	TAPSE (mm)
$P=0.36$	$P=0.03$	

المخطط رقم 3: العلاقة بين tMPI و RVSP عند مرضى ارتفاع التوتر الرئوي



## المناقشة:

يتلخص تأثير فرط الحمل البعدي، في سياق ارتفاع الضغط الرئوي، على المكونات التشريحية الثلاثة للبطين الأيمن بأربعة تأثيرات مختلفة و تتضمن: سعة الحركة، و السرعات، و معدل السترين العضلي القلبي، و الفواصل الزمنية للدورة القلبية و علاقاتها المتبادلة [9].

يتألف البطين الأيمن من طبقتين من الألياف سطحية و عميقة، و تتوضع الألياف السطحية بشكل أقرب إلى الدائري circumferentially في اتجاه يوازي التلم بين البطينين AV groove، و تمتد طبقة الألياف العميقة (تحت الشغافية) بشكل طولاني من القاعدة إلى القمة [2].

تسمح الألياف تحت النخابية للبطين الأيمن بالحركة في اتجاه دائري و هذا ما يحدث بشكل أساسي خلال طور الانقباض متساوي الحجم، و يحدث التناقص الطولاني للبطين الأيمن بشكل أساسي خلال طور القذف و يتم التحكم به عبر الألياف الطولانية تحت الشغافية. تغير الألياف العضلية المتضخمة في حالات الحمل الضغطي المرتفع على البطين الأيمن اتجاهاتها الفراغية لتغدو أكثر دائرية، و بالتالي نجد في حالات ارتفاع الضغط الرئوي ازديادا في مشاركة التناقص القطري و الدائري في وظيفة الضخ البطينية على حساب تراجع الوظيفة الطولانية، الأمر الذي ينعكس نقصا في زمن القذف البطيني أي زيادة بمشعر تاي (tei index) [3].

و كذلك تغيب المتواليات الزمنية لتقلص البطين الأيمن، و تنقبض أقسام البطين الأيمن الثلاثة معا ما يؤدي إلى تعارض انقباض الألياف الدائرية، كما يجب على البطين مضطرب الوظيفة أن يولد ضغطا أعلى قبل بدء عملية القذف، و أكثر من ذلك يبدأ زمن الانقباض متساوي الحجم IVCT بشكل أبكر، ما يؤدي إلى تقاطع أبكر لمنحنيات ضغوط الأذينة اليمنى و البطين الأيمن، و كل ذلك يؤدي بالنتيجة إلى إطالة الزمن السابق و بالتالي زيادة قيمة مشعر تاي Tei index [3].

يحدث التغير الباكر في شكل البطين الأيمن بعد انفتاح الصمام مثلث الشرف، بوجود ممال ضغط منخفض في الحالة الطبيعية بين الأذينة اليمنى و البطين الأيمن، و يعتمد ذلك على ما يسمى الارتداد المرن elastic recoil الذي يعكس مرونة جدر البطين الأيمن. و تتأثر هذه الحدئية، في حالات ارتفاع الضغط الرئوي، ما يؤثر سلبا على الانبساط الباكر و يؤدي بالتالي لزيادة فترة الانبساط متساوي الحجم IVRT و بالتالي يزيد قيمة مشعر تاي Tei index [3]. إن محصلة التراجع في زمن القذف البطيني و تطاول زمني الانقباض و الانبساط متساوي الحجم، و المشاهدة في حالات فرط الحمل الضغطي، تؤدي إلى تطاول قيمة مشعر تاي Tei index.

عندما قمنا بدراسة المشعرات القلبية المعنية في بحثنا بين مجموعة المرضى و مجموعة الشاهد وجدنا أن قيم متوسطات كل من TRV و RVSP و MPI Doppler و tMPI و IVRT كانت أعلى في مجموعة المرضى من مجموعة الشاهد و كان ذلك هاما من الناحية الإحصائية، أي أننا نجد في مرضى ارتفاع الضغط الانقباضي الرئوي (القيم المرتفعة لل RVSP)، قيما مرتفعة لكل من ال tei pulse Doppler و tei tissue Doppler و IVRT نسبة للشواهد (قيم ال RVSP غير المرتفعة). و من ناحية أخرى كانت قيم كل من Sm و TAPSE أقل بشكل طفيف في مجموعة المرضى من مجموعة الشاهد و لكن بدون وجود أهمية إحصائية لهذه العلاقة. حيث قد تتأثر المشاركة المنخفضة لل TAPSE في وظيفة الضخ البطينية في مرضى ارتفاع الضغط الرئوي على دقة هذا المشعر في تقدير الوظيفة الانقباضية البطينية في دراستنا [3]، كما قد تتأثر قيم ال Sm بسبب عدم توازي حزمة الأشعة مع محور حركة الجدار، مما يعطي قيما خاطئة للسرعات الانقباضية العظمى للعضلة القلبية، كوننا لم نقوم بإجراء تصحيح

للزاوية خلال إجراء التصوير النسيجي أو الدوبلر التقليدي [8]. كذلك يطرح عدم تجانس الإصابة البطينية [3] في إمراضيات الحمل الضغطي، القيمة الفعلية لدراستنا السرعات القاعدية للبطين الأيمن و تعميمها على الوظيفة الإجمالية، في الوقت الذي تكون فيه الأجزاء القاعدية الأكثر عرضة للتوسع التالي لعجز الاستجابة التلاؤمية الضخامية في المحافظة على النتائج المناسب.

و قد يحد عدم ترافق ارتفاع مشعر تاي و زمن الانبساط متساوي الحجم مع ارتفاع هام في كل من ال TAPSE و Sm من عزل الآلية المحددة لارتفاع مشعر تاي (أي بسبب سوء الوظيفة البطينية أو بسبب ارتفاع الحمل البعدي أو للسببين معا).

لقد كان إضافة زمن الانبساط متساوي الحجم إلى مشعر الفترات الزمنية الانقباضية الذي أقره ويسلر و زملاؤه من الأهمية بمكان، حيث قد يتشارك سوء الوظيفة الانقباضية للبطين الأيمن المشاهد في حالات فرط الحمل الضغطي، و بشكل مماثل للبطين الأيسر، بدرجة من سوء الوظيفة الانبساطية و بالتالي فإن مشعر تاي يقدم التقييم الأفضل للوظيفة البطينية كونه لا يستثني العنصر الانبساطي منها [10].

وجدنا في دراستنا توافقاً جيداً بين كل من ال Tei Doppler و ال tTei عند مجموعة المرضى و لاحظنا نفس الدرجة من التوافق عند مجموعة الشاهد، و وجدنا كذلك لدى مجموعة المرضى علاقة طردية هامة إحصائياً و لكن ضعيفة بين ال Tei Doppler و كل من RVSP و TRV و أخرى عكسية ضعيفة مع ال TAPSE، كما وجدنا علاقات طردية أقوى نسبياً بين ال tTei و كل من ال RVSP و TRV. أي أن تقدير مشعر تاي بالدوبلر النسيجي قد يكون أفضل من الدوبلر التقليدي، كونه يزودنا بقيم السرعات الانقباضية كالموجة S و المسافات الزمنية للدورة القلبية و ربما يكون أكثر دقة لأن الحسابات تؤخذ من الدورة القلبية نفسها.

كما يعد الدوبلر النسيجي ذي معالجة زمنية أفضل، و يتطلب رؤية واضحة للمنطقة موضع الاهتمام فقط من العضلة القلبية، و هي في دراستنا حلقة الصمام مثلث الشرف. و على الرغم من ذلك فقد تعاني المسافات الزمنية المقاسة بالدوبلر النسيجي من بعض المعوقات، كشذوذات النقل داخل البطين، و عسر التزامن، و كذلك اختلاف أزمان الانقباض و الانبساط بين الأجزاء التشريحية لعضلة البطين الأيمن.

### الخلاصة:

يعتبر مشعر تاي طريقة سهلة و سريعة و متوفرة و ذات نتائج موثوقة في تقييم كل من الوظيفة الانقباضية و الانبساطية للبطين الأيمن و هو أسهل تطبيقاً من الطرق التقليدية المعقدة، كما يضطرب هذا المشعر باكراً بوجود سوء وظيفة بطينية يمينى في مرضى ارتفاع الضغط الرئوي لذا فهو يميز الحالات التي تميل إلى تطویر قصور القلب الأيمن الصريح. و يعتبر حساب هذا المشعر بالطريقة النسيجية أسهل و أكثر دقة، كونه يجرى في نفس الدورة القلبية، و يتغلب كذلك على الصعوبات التشريحية.

### محددات الدراسة:

1. كانت عينة الدراسة صغيرة من حيث عدد المرضى ما أثر على الأهمية الإحصائية للنتائج، و كان هنالك زيادة في عدد المسنين (أكثر من ثمانين سنة) نسبة لباقي المجموعات العمرية.
2. لم نجر خلال أخذ القياسات في دراستنا (السرعات و الفواصل الزمنية) تصحيحاً للزاوية، و لكن من غير المعتاد أن يؤثر ذلك على المسافات الزمنية المستخدمة في حساب مشعر تاي بقدر ما يؤثر على السرعات، و كذلك اعتمدنا في دراستنا على السرعات القاعدية، و التي قد تضطرب بشكل غير متجانس مع باقي أجزاء البطين،

كتعبير عن الوظيفة الإجمالية، و هنا نؤكد على أهمية توفر التصوير بالتتابع النقطي و الذي يعد تقنية مستقلة عن زاوية حزمة الألياف فوق الصوتية و تعطينا دراسة أشمل للبطين الأيمن.

3. قمنا بحساب الضغط الرئوي الانقباضي من الدوبلر المستمر ما قد يعطي قيمة أعلى لهذا الضغط، و هنا قد تكون قسرة القلب الأيمن أكثر دقة في إجراء هذه القياسات.

### التوصيات:

- ✚ يفضل الاعتماد على استخدام مشعر تاي عند مقارنة مرضى ارتفاع الضغط الرئوي، باعتباره طريقة سهلة و سريعة و متوفرة سواء لمرضى لعناية المشددة أو مرضى العيادات الخارجية، و حيث أنه يكشف الاضطرابات الوظيفية الباكرا للبطين الأيمن و التي هي محصلة لعدة عوامل تعبر عنها مكونات هذا المشعر.
- ✚ يجب الانتباه لدى المرضى الأكبر سنا (أكثر من 60 سنة) إلى وجود قيم أعلى لمشعر تاي بأي من الطريقتين و بالتالي تؤخذ الدلالة السريرية من الفروق النسبية أكثر من الفروق المطلقة في قيم المشعر.
- ✚ يفضل استخدام المقارنة النسيجية في تقدير مشعر تاي كونها أسهل و تتجنب الأخطاء حيث تؤخذ فيها القياسات في الدورة القلبية نفسها، و مع ذلك نوصي باستخدام المقاربتين معا بالتوازي مع الحالة السريرية للمريض.
- ✚ يفضل أن يذكر التقرير الصدوي الطريقة التي تم تقدير المشعر بها ليم استخدام ذات الطريقة مستقبلا في دراسة المريض، في سياق المتابعة مثلا، لتجنب الأخطاء الناجمة عن مقارنة قيم المشعر لطريقتين مختلفتين.
- ✚ يفضل و عند تقييم البطين الأيمن في مرضى ارتفاع الضغط الرئوي أن تتم مشاركة مشعر تاي مع المشعرات الأخرى عندما تتعارض السريريات مع الموجودات الصدوية.

### المراجع

1. Vera H. Rigolin, MD, Paul A. Robiolio, MD, John S. Wilson, MD, J. Kevin Harrison, MD, and Thomas M. Bashore, MD. The Forgotten Chamber: The Importance of the Right Ventricle. Catheterization and Cardiovascular Diagnosis 35:18-28 (1995).
2. François Haddad, MD; Sharon A. Hunt, MD; David N. Rosenthal, MD; Daniel J. Murphy, MD. Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I Anatomy, Physiology, Aging, and Functional Assessment of the Right Ventricle. Circulation. 2008;117:1436-1448.
3. Diletta Peluso , Francesco Tona, Denisa Muraru, Gabriella Romeo, Umberto Cucchini, Martina Perazzolo Marra, Sabino Iliceto and Luigi Paolo Badano. Right Ventricular Geometry and Function in Pulmonary Hypertension: Non-Invasive Evaluation. Diseases 2014, 2, 274-295.
4. Michael M.H. Cheung, Jeffrey F. Smallhorn, Andrew N. Redington Michael Vogel. The effects of changes in loading conditions and modulation of inotropic state on the myocardial performance index: comparison with conductance catheter measurements. European Heart Journal (2004) 25, 2238–2242.
5. Nelson B. Schiller, MD, FACC, Damon M. Kwan, MD. The Tei Index as an Expression of Right Ventricular Impairment and Recovery. JACC: CARDIOVASCULAR IMAGING, VOL. 2, NO. 2, 2009.

6. RICHARD P. LEWIS, M.D., STANLEY E. RITTGERS, M.S., WILBUR F. FORESTER, M.S., P.E., AND HARIStIOs BOUDOULAS, M.D. A Critical Review of the Systolic Time Intervals. CIRCULATION, VOL 56, No 2, AUGUST 1977.

7. G. B. JOHN MANCINI, MD, FRCP(C), DENNIS COSTELLO, MD, VALMIK BHARGAVA, PhD, WILBUR LEW, MD, MARTIN LeWINTER, MD, and JOEL S. KARLINER, MD. The Isovolumic Index : A New Noninvasive Approach to the Assessment of Left Ventricular Function in Man. December 1982 The American Journal of CARDIOLOGY Volume 50.

8. Ine's Zimbarra Cabrita , Cristina Ruisanchez , David Dawson, Julia Grapsa, Bernard North, Luke S. Howard, Fausto J. Pinto, Petros Nihoyannopoulos, and J. Simon R. Gibbs. Right ventricular function in patients with pulmonary hypertension; the value of myocardial performance index measured by tissue Doppler imaging. European Journal of Echocardiography (2010) 11, 719–724.

9. Alexis Harrison, Nathan Hatton, John J. Ryan. The right ventricle under pressure: evaluating the adaptive and maladaptive changes in the right ventricle in pulmonary arterial hypertension using echocardiography. Pulm Circ 2015;5(1):29-47.

10. Ine's Zimbarra Cabrita, Cristina Rui'sanchez, Julia Grapsa, David Dawson, Bernard North, Fausto J. Pinto, J. Simon R. Gibbs, and Petros Nihoyannopoulos. Validation of the isovolumetric relaxation time for the estimation of pulmonary systolic arterial blood pressure in chronic pulmonary hypertension. European Heart Journal - Cardiovascular Imaging Advance Access published May 15, 2012.