

これからの超音波検査を牽引する 人材の育成を目指す大学院教育

岡田 一 範^{*1§} 加賀 早 苗^{*1} 政 氏 伸 夫^{*1} 三 神 大 世^{*1}
 中 鉢 雅 大^{*2,3} 村 山 迪 史^{*3} 横 山 しのぶ^{*2,3} 西 野 久 雄^{*2,3}
 西 田 睦^{*2,3} 澁 谷 齊^{*3} 更 科 美 羽^{*4} 辻 永 真 吾^{*4}
 岩 野 弘 幸^{*4} 安 斉 俊 久^{*4}

[要 旨] かつては医師が担ってきた超音波(エコー)検査は、現在、そのほとんどを臨床検査技師を中心とする技師(ソノグラファー)が担うようになってきた。ソノグラファーは、検査装置の管理・調整、検査手技、計測・画像法に習熟することはもちろん、検査対象となる疾患や病態についての十分な知識に基づき、個々例の所見や病態に応じて検査を自ら組み立てる必要がある。このため、超音波検査の検者依存性は、他の検査に比べてたいへん大きい。本学院・研究院の心血管エコー研究室では、超音波検査の実技に精通したうえで、その研究者としても活躍できる指導的な人材の育成を目的とし、北海道大学病院検査・輸血部、超音波センターならびに医学研究院循環病態内科学教室の協力を得つつ、教育・研究活動を行っている。本稿では、その取り組みの一端を紹介する。

[キーワード] 超音波検査、ソノグラファー、大学院教育

I. 背景と目的

臨床検査技師が携わる業務は多岐にわたるが、検体検査に加え、生理機能検査や諸臓器の超音波検査を実施できることは、我が国の臨床検査技師の特徴である¹⁾。平成27年度に行われた日本臨床衛生検査技師会のアンケート調査²⁾によると、それに回答した73,035名の検査技師のうち、生理機能検査に携わっていると回答した割合は44%であり、医療機関で検査業務に従事する技師の約半数が生理機能検査を担当していることがわかる。また、同アンケートによると、臨床検査技

師以外の認定資格については、日本超音波医学会認定超音波検査士の保有率が14%と高い。日本超音波医学会の発表では、超音波検査士の累計取得者数は、平成30年時点で25,244人にのぼっており、超音波検査を担当する技師へのニーズの高さがうかがえる。

生理機能検査の中でも、超音波検査の実施にあたっては、検者は検査装置の管理・調整、検査手技、計測・画像評価法に習熟していることはもちろん、検査対象となる疾患や病態についての十分な知識に基づき、個々の症例の所見や病態に応じて検査を自ら組み立てる必要がある。このため、

^{*1}北海道大学大学院保健科学研究院病態解析学分野 §ichinori@hs.hokudai.ac.jp

^{*2}北海道大学病院検査・輸血部、^{*3}同 超音波センター

^{*4}北海道大学大学院医学研究院循環病態内科学

超音波検査の検者依存性は、他の検査に比べてたいへん大きい。超音波検査は、その臨床応用の初期には、医師によってその多くが実施されていた。しかし、医師の業務が多様化し、超音波検査を自ら行う医師が減少するとともに、関連諸学会の熱心な教育活動や技師自らの努力により、臨床検査技師を中心とする超音波検査に携わる技師(ソノグラファー)が質量ともに充実してきた。その結果、現在では、医師しか行えない体腔内超音波検査や経食道超音波検査を除けば、そのほとんどがソノグラファーによって実施されている。しかしながら、残念なことに、その検者依存性の高さから、ソノグラファーの技量や検査の質にはかなりのばらつきがあるものと懸念される。臨床検査技師の卒前教育で超音波検査の知識と技量を十分に修得することが困難であることが、その重要な原因のひとつであると考えられる。我が国の臨床検査技師の業務範囲はきわめて広範であり、規定のカリキュラムを習得しつつ、超音波検査のような高度の専門教育を十分行うことは、現状の卒前教育の範囲では、困難であろうと考えられる。

このような背景を踏まえ、本学院・研究院の心血管エコー研究室では、大学院における教育・研究プログラムと並行して、北海道大学(北大)病院検査・輸血部、超音波センターならびに医学研究院循環病態内科学教室の協力を得ながら、超音波検査の臨床現場での実技・読影指導を実施している。超音波検査の実務に精通し、かつ、その研究者としても活躍できる指導的な人材を育成することが、当研究室の大学院教育の目的である。

II. 対象と研究方法

A. 当研究室の構成と指導体制

当研究室の基本的な構成員は、専任教員2名、大学院生(院生)数名および学部学生(4年次前期のみ)数名である。

本学の院生が所属する大学院保健科学院と教員が所属する大学院保健科学研究所は、平成20年度に発足した。設立時の本研究室の専任教員は教授1名と准教授1名(ともに医師)であったが、平

成24年からは教授1名と助教1名(臨床検査技師)、平成27年からそこに助教1名(臨床検査技師)が加わり、平成30年度から専任教員は准教授1名と助教1名(ともに臨床検査技師)が担当している。学内での講義や演習と研究指導は専任教員が担当するが、病院内での研修では、上記の専任教員に加え、北大病院心エコー検査室での業務を担当するスタッフ(医師・臨床検査技師)も指導にあたる。なお、専任教員は2名とも超音波検査士資格を有し、しばしば病院検査室に出向いて検査の一部を担当しつつ、院生の指導にあっている。

B. 大学院生の北海道大学病院での臨床研修

当研究室に所属する院生は、北大病院の診療補助従事者として登録される。その上で、カリキュラムの許す限り、できるだけ心エコー検査室に張り付き、病院の新人職員同様に実務研修を受ける。以下、主に修士課程の院生に対する指導の内容を例示する。なお、指導を行う教員ないし病院職員を、以下「指導者」と表記する。

1. 研修初期

まず、装置の使い方に慣れるために、健常ボランティア(通常は学生)で検査を練習させる。近くにいる指導者は、求めがあれば、その場で検査法や画像描出法のポイントやコツなどをアドバイスする。4~5例のボランティアの検査を行い、日常検査の手順を一通りこなすことができるようになった段階で、臨床例の検査実習へと移行する。指導者は当日検査が予定されている患者の中から院生の検査に適切と思われる症例をピックアップし、その患者の病名、依頼目的、カルテの記載内容、心電図と胸部X線あるいは血液生化学的検査の結果を確認しつつ、検査時に重点的に評価すべきポイントを指導する。その後、指導者が検査を終了した時点で、研修中の院生に検査を施行させて良いかどうかを患者に尋ね、許可が得られれば、検査後15分程度、院生に検査手技を実施させ、その動画を装置に記録させる。患者の退室後、動画を指導者とともに閲覧し、その問題点や改善法をディスカッションする(図1)。レポート作成はこの時期から院生が担当し、その内容を

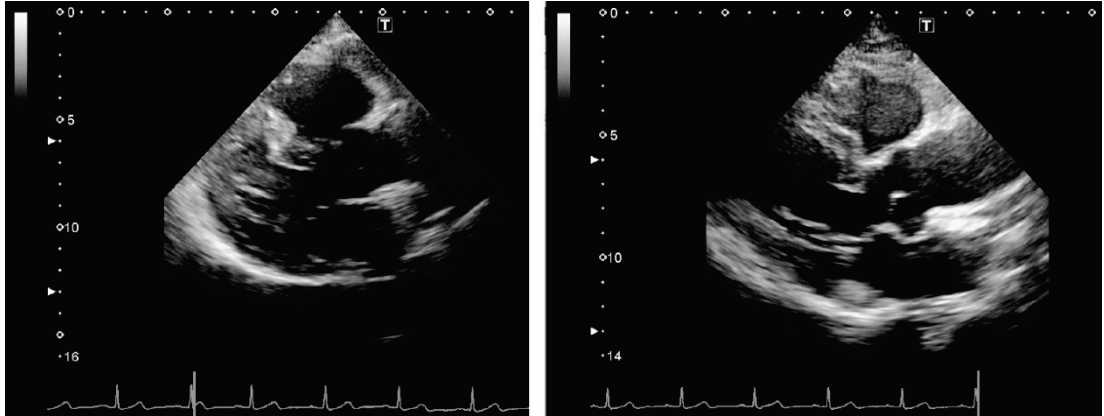


図1 研修初期の大学院生が施行した心エコー画像(左)と指導者のそれ(右)

同一患者の胸骨左縁長軸像(本来は動画)である。指導者は大学院生に対し、それぞれが記録した画像を比較して提示しながら、探触子を当てる位置についてのアドバイスや画像の調整などを行う。この症例では、画像の中央がやや暗く描出されており、探触子が肋骨に当たっていると考えられるため、肋骨を避けるように探触子の位置をずらすべきこと、デプスの調整が不十分なことなどを指摘した。

指導者がチェックし、計測値やレポートの表現に疑義があれば、逐一記録画像を確認する。その結果を受けて計測値や所見欄を訂正し、レポートを完成させる。当初は1例の検査開始からレポートの完成までに2~3時間を要する。

2. 研修中期

様々な条件の患者である程度安定した描出が可能となれば、指導者の検査施行前に院生に検査を行わせる。検査時間は、15分程度からはじめ、技量の向上に応じて徐々に増やしていくが、指導者は、別室のモニターで検査の進行状況を把握しつつ、適切なタイミングで交代を告げる。指導者は、残りの検査を引継ぐとともに、不十分と思われる動画像を改めて取得し、検査を完結させる。

3. 研修後期

院生が、比較的ありふれた症例なら、評価に耐える画像を取得でき、各心腔サイズの計測や機能計測を適切に行い、ほぼ独力でレポートも作成できるようになったと判断された時期から、徐々に弁膜症や心筋症等の評価すべき事項の多い患者の検査にも挑戦させる(図2)。研修の後期になっても、指導者は一貫して検査後にレポート記載内容を綿密にチェックし、必要に応じて修正や指導を与える。

4. カンファレンスへの参加

北大病院心エコー室では、循環器内科の医師と検査・輸血部/超音波センターの技師および保健科学研究所/保健科学院の教員や院生らが参加し、症例ごとの読影カンファレンスが開催されている。過去には毎日行われていたが、現在では水曜日と木曜日の8時から30分ほど、および金曜日の16時から2時間ほど行われている。院生はこれに参加することはもちろん、検査後の指導者とのやり取りでもなお解釈に困るような所見について、自らの検査症例の動画像を提示し、その所見についてのディスカッションに供する。

5. 心エコー以外の超音波検査研修

北大病院では、心臓の超音波検査は循環器内科心エコー室が、その他の超音波検査は超音波センターが担当している。院生の希望があれば、心臓以外の超音波検査の研修を超音波センターで受けることができる。上記の心臓の場合と同様に、規定の新人教育カリキュラムに沿って教育・研修が行われる。

6. 博士課程の大学院生

本学院修士課程から進学した博士課程の学生に対しては、病院の若手技師と同様の立場で検査を担当しつつ、自験例の蓄積とより高度の知識習得

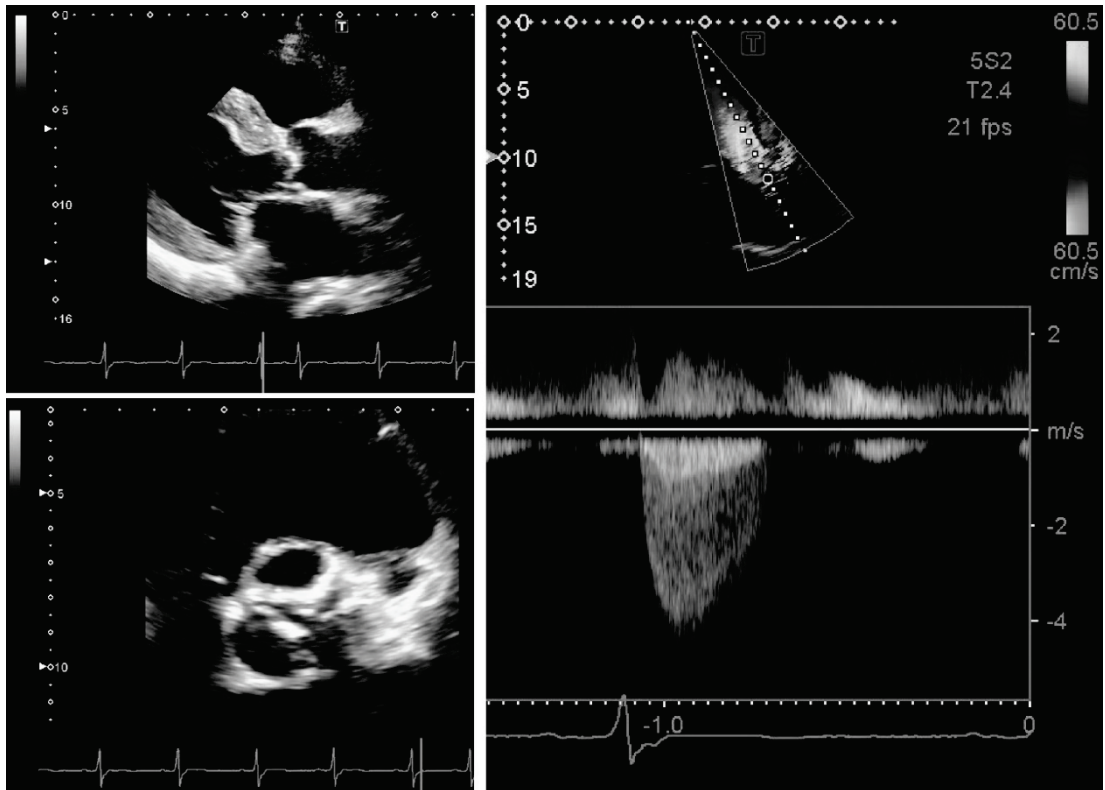


図2 研修後期の大学院生が施行した心エコー画像

図1と同じ大学院生が研修後期に検査した大動脈弁狭窄症患者(AS)の心エコー画像である。左上の胸骨左縁長軸像(拡張末期)では大動脈弁の硬化と左室肥大の存在を、左下の大動脈弁の短軸像(収縮中期)の拡大像では、本例が動脈硬化性のASであり、かつ、3尖ともに硬化と開放制限の程度が強いことを、右のカラー Doppler 像ガイド下の連続波 Doppler 波形では超音波ビームと血流方向のなす角度をできるだけ小さくするとともに、左室流出路と大動脈弁口の時間速度積分値の比が小さいことを画像から判読できるよう、検者がそれぞれ意識して記録を行っていることがわかる。いずれの画像も、十分きれいに記録することができている。

を進め、在学中に超音波検査士資格取得をめざす。また、修士課程や学部の学生への指導にも積極的に取り組んでもらう。

C. 大学院生の研究と修了要件

本学保健科学院の規定では、修士学生は30単位以上、博士後期学生は12単位以上を修得したうえで、修士論文または博士論文を作成し、修了に相応しいと認められることが求められる。上記のように、当研究室の院生は、北大病院での研修と日々の研究活動を並行して行うことになる。修士入学時点では、自分で自身の研究のためのデータを取得することは困難であるため、心エコー室

で得られた検査の動画像を後方視的に解析することにより解明できそうな問題を研究テーマとすることがほとんどである。ただし、修士修了時には、研究テーマの解析対象となるデータを取得するだけの力量を身につけることを基本的な目標としている。博士課程の修了には、博士論文の提出前に、英文原著論文の掲載決定が必要条件となる。

III. 結 果

これまでの9年間に、16名の修士修了者と4名の博士修了者(うち2名は社会人)を輩出した。修士修了者中、15名は本学医学部保健学科から

の内部進学であり、1名は外部教育機関からの進学であった。

修士課程の期間に学生が北大病院で行った検査施行件数の推移を図3に示す。検査件数には個人差が大きく、半年に250例ほどに及ぶ学生もいた反面、平均すると半年に20例程度に留まった。心臓以外の超音波検査の研修を行った学生は4名であった。なお、このほかに、修士課程2年次以降にパートタイムジョブとして外部医療機関で超音波検査を行った学生が4名いた。

修士課程を修了した16名の進路は、9名が病院就職、5名が企業就職、2名が博士後期課程進学であった。病院就職の9名(平均検査件数128例)と、博士課程進学の2名(651件と205件)の検査件数は、企業就職の5名(平均26件)よりも明らかに多かった。病院就職の学生はほとんどが生理機能検査部門に配属され、多くが超音波検査に従事している。なお、修士課程修了者16名のうち、これまでに少なくとも10名が超音波検査士の資格を取得した。

本学院修士課程から進学した博士課程の学生2名はいずれも北大病院勤務の若手技師と同様の立場で検査を担当し、在学中に超音波検査士資格を取得した。残る2名の博士課程修了者は、入学前

に検査士資格を取得していた社会人であり、それぞれの職場で超音波検査に従事しつつ、そのデータに基づき研究を行った。

これまでの修士論文および博士論文の表題を表1に示す。全員が規定の期間内に修了した。このうち、修士課程の研究成果を英文論文でできたのは5編^{3)~7)}で、そのうち修士学生自らが筆頭著者として発表した論文は4編であった。博士課程修了生では、在学中に1編以上の英文原著論文が学術雑誌に採用されることが事実上の修了要件となるが、全員がこれを満足した^{4)8)~12)}。

IV. 考 察

本学大学院保健科学院で行われている大学院教育の一端を紹介した。北大病院心エコー室には、医学研究院循環病態内科学分野の心エコーグループの医師と、検査・輸血部および超音波センターに所属する臨床検査技師に加え、我々保健科学研究院および保健科学院の教員と院生が日々出入りし、3者が臨床・教育・研究それぞれの活動を協同して行う環境が整っている。これには、循環器内科心エコーグループと当研究室の両者の立ち上げを行われた三神大世名誉教授に負うところが大きい。さらに、北大病院と当研究院は、超音波検査士の上位資格である日本心エコー学会認定専門技師と日本超音波医学会認定超音波指導検査士の両者を擁する本邦でも有数の施設の1つであり、院生が超音波検査を学ぶために十分な環境は整っていると考えられる。

このような恵まれた環境下ではあるものの、1年前期の検査実施人数は少なかった。これは、講義がこの時期に集中することに加え、研修段階の初期には時間をかけてじっくりと解説する指導法の影響と考えられた。1年後期以降の施行件数は増加したが、個人差が大きかった。これには、修士論文のためのデータ解析の進み具合や研修へのモチベーションが個々で異なったことによると考えられた。また、企業就職者の検査件数が少なかったことには、就職活動による時間的制約の影響も考えられた。

当研究室では、これまでのところ、大学院入学

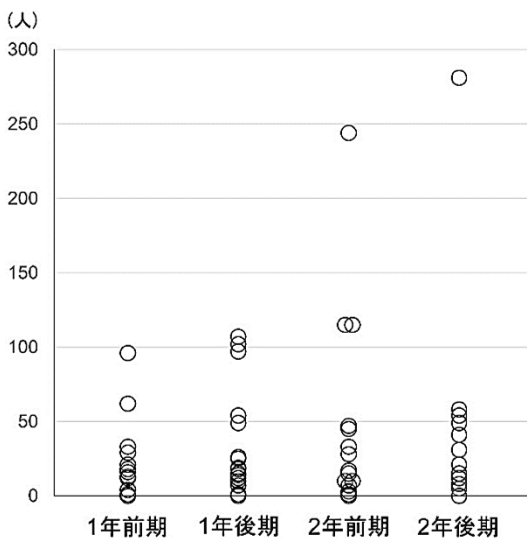


図3 大学院生(修士課程)の検査件数の推移

表1 これまでの修士論文と博士論文

修士課程	
1期生	二次元スペクトルトラッキング法による総頸動脈の局所壁伸展性評価の試み
1期生	健常人における左室拡張機能障害の機序：二次元スペクトルトラッキング法による心筋弛緩速度とその同期性の分析に基づく検討 ³⁾
2期生	左室収縮障害患者における左室後壁の内方への屈曲・突出現象の頻度、機序および臨床的意義についての検討
2期生	組織ドブラ法による拡張早期僧帽弁輪運動速度と左室心筋弛緩との関係：二次元スペクトルトラッキング解析に基づく検討 ⁴⁾
3期生	収縮性心膜炎の心エコー診断における肺動脈弁逆流速度波形分析の意義 ⁵⁾
4期生	肺高血圧症の診断における連続波ドブラ法による肺動脈弁逆流の流速計測の意義
5期生	連続波ドブラ法による肺動脈弁逆流流速波形にみられる心房収縮期窪みとその近傍の波形変化
5期生	大動脈弁狭窄症患者の心不全発生機序における左室肥大と左室拡張障害の意義
6期生	心エコー法による肝硬変患者の心形態・機能異常の検討
6期生	機能的三尖弁逆流の成因と機序の分析
7期生	腎障害の合併が大動脈弁狭窄症患者の左室の形態と機能に及ぼす影響
7期生	高度三尖弁逆流が連続波ドブラ法による収縮期右室-右房圧較差計測に及ぼす影響とその対策 ⁶⁾
8期生	肺動脈弁逆流速度を用いた肺動脈拡張期圧と肺動脈楔入圧の非侵襲的推定法の研究 ⁷⁾
8期生	心エコー法による肺高血圧症の診断と病型分類の研究
8期生	心不全患者における低心拍出量と静脈圧上昇の肝・腎障害との関係
9期生	肺動脈弁逆流速度計測に基づく肺血管抵抗の非侵襲的推定：肺高血圧症の多様な病態に対応しうる方法論の検討
博士課程	
1期生	大動脈弁狭窄症の心エコー法による重症度評価とその病態との関係 ⁸⁾
1期生	頸動脈エコー法による危険なプラーク病変の診断 ⁹⁾¹⁰⁾
2期生	スペクトルトラッキング心エコー法を用いた心筋機能分析に基づく左室拡張機能の研究 ⁴⁾¹¹⁾
5期生	超音波パルスドブラ法を用いた腎循環動態の分析 ¹²⁾

文献番号は、それぞれの学位論文に関連する内容で公表された英文論文を表す

者全員が、所定のカリキュラムと学位論文の執筆を期間内に全うして修了した。当研究室の性質上、志望が超音波検査に特化した学生だけが入学してきたことが、その理由と考えられる。企業就職者も、ほとんどが超音波検査機器メーカーに入社しており、在学中の研究と臨床研修の経験を企業内でも大いに生かせると考えられる。それにも関わらず、就職組に検査件数が伸び悩む院生が多くみられた理由は定かではないが、臨床研修への前向きな姿勢を維持することが必ずしも容易ではなかった可能性が考えられる。院生の臨床研修に、追加の研修費用などは発生しないが、報酬が支払われることもない。学費を賄うためのアルバイトの掛け持ちや企業への就職活動に忙しい学生にとっては、研修を負担に感じる面もあったかもし

れない。ただし、そのような院生も、カンファレンス等には継続的に参加し、知識の習得はよくできていたように思われる。このように、モチベーションや個人的状況の異なる院生に対して、どのように対応すべきかについては、今後も試行錯誤を続けていく必要があると考えられた。

米国心エコー図学会は、心エコーを専門とするソノグラファーの教育には、最低でも6か月の臨床研修が必要であるとの見解を示している¹²⁾。我が国の臨床検査技師養成校のカリキュラムは非常にタイトであり、かつ免許を持たない学生たちがこの水準を満たすことは不可能である。しかし、当研究室のように、大学院教育の一環として超音波検査の臨床研修を担うことができれば、この水準を満足することは比較的容易である。当研究室

のシステムは、これまで一般病院における徒弟制度的な非正規システムに頼ってきた我が国の超音波検査研修に、新たな方向性を提案するものではないかと我々は考えている。

臨床検査技師は、検査データを正確に提供し、またそれらを読み取る力を有するという点で、数ある医療職種の中でも、臨床研究を担う人材として高い資質を持っていると考えられる。我々の研究室では、臨床検査の中でも、とくに検者依存性が大きい心臓超音波検査について、その適切な実施と正確なデータの提供、それをういた臨床研究の企画や実施、およびこれらの教育をも担うことのできる人材の育成を目指している。最近では、研究業績も増加傾向にある。今後も、この分野で優れた人材を輩出すべく、より良い教育・研究手法を編み出すべく努力を重ねていきたいと考えている。

V. 結 語

病院の検査部門や臨床教室との緊密な連携により、超音波検査に関する一定水準の技量とともにその研究者としての素養を持った人材の育成が可能であると考えられる。さらに大学院生の研修と研究へのモチベーションを高めるべく、指導法を試行錯誤している。

文 献

- 1) 坂本秀生. 海外における臨床検査技師の資格制度. *モダンメディア* 2012; 58(12): 359-64.
- 2) 日本臨床衛生検査技師会. 平成 27 年アンケート調査(ホームページ公開 : http://www.jamt.or.jp/data/asset/docs/h27_statistics_report.pdf). 閲覧日: 平成 31 年 3 月 11 日
- 3) Nakabachi M, Mikami T, Okada K, Onozuka H, Kaga S, Inoue M, et al. Overweight causes left ventricular diastolic asynchrony and diastolic dysfunction: a study based on speckle tracking echocardiography in healthy subjects. *J Echocardiogr* 2012; 10: 83-9.
- 4) Okada K, Mikami T, Kaga S, Onozuka H, Inoue M, Yokoyama S, et al. Early diastolic mitral annular velocity at the interventricular septal annulus correctly reflects left ventricular longitudinal myocardial relaxation. *Eur J Echocardiogr* 2011; 12: 917-23.
- 5) Kaga S, Mikami T, Takamatsu Y, Abe A, Okada K, Nakabachi M, et al. Quantitative and pattern analyses of continuous-wave Doppler-derived pulmonary regurgitant flow velocity for the diagnosis of constrictive pericarditis. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27(11): 1223-9.
- 6) Hioka T, Kaga S, Mikami T, Okada K, Murayama M, Masauzi N, et al. Overestimation by echocardiography of the peak systolic pressure gradient between the right ventricle and right atrium due to tricuspid regurgitation and the usefulness of the early diastolic transpulmonary valve pressure gradient for estimating pulmonary artery pressure. *Heart Vessels* 2017; 32(7): 833-42.
- 7) Murayama M, Mikami T, Kaga S, Okada K, Hioka T, Masauzi N, et al. Usefulness of the continuous-wave Doppler-derived pulmonary arterial-right ventricular pressure gradient just before atrial contraction for the estimation of pulmonary arterial diastolic and wedge pressures. *Ultrasound Med Biol* 2017; 43(5): 958-66.
- 8) Abe A, Mikami T, Kaga S, Tsuji K, Okada K, Yokoyama S, et al. Coexisting cardiac diseases and pressure recovery phenomenon contribute to discrepancy between echocardiographic severity of aortic stenosis and left ventricular hypertrophy. *J Echocardiogr* 2013; 11(2): 41-9.
- 9) Muraki M, Mikami T, Yoshimoto T, Fujimoto S, Tokuda K, Kaneko S, et al. New criteria for the sonographic diagnosis of a plaque ulcer in the extracranial carotid artery. *Am J Roentgenol* 2012; 198: 1161-6.
- 10) Muraki M, Mikami T, Yoshimoto T, Fujimoto S, Kitaguchi M, Kaga S, et al. Sonographic detection of abnormal plaque motions of the carotid artery: its usefulness in diagnosing high-risk lesions ranging from plaque rupture to ulcer formation. *Ultrasound Med Biol* 2016; 42(2): 358-64.
- 11) Okada K, Mikami T, Kaga S, Nakabachi M, Abe A, Yokoyama S, et al. Decreased aorto-septal angle may contribute to left ventricular diastolic dysfunction in healthy subjects. *J Clin Ultrasound* 2014; 42(6): 341-7.
- 12) Kudo Y, Mikami T, Nishida M, Okada K, Kaga S, Masauzi N, et al. Altered oscillation of Doppler-derived renal and renal interlobar venous flow velocities in

- hypertensive and diabetic patients. *J Med Ultrason* 2017; 44 (4): 305-14.
- 13) Ehler D, Carney DK, Dempsey AL, Rigling R, Kraft C, Witt SA, et al. Guidelines for cardiac sonographer education: recommendations of the American Society of Echocardiography Sonographer Training and Education Committee. *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14: 77-84.