

Otrzymano: 12.06.2019
Zaakceptowano: 19.08.2019
Opublikowano: 30.09.2019

Zastosowanie stabilizatora sondy w celu zmniejszenia przeciążenia układu mięśniowo-szkieletowego u operatorów USG podczas rutynowej diagnostyki echokardiograficznej

The use of a probe stabilizer to reduce musculoskeletal overload of ultrasound operators in routine diagnostic echocardiographic imaging

Sjoerd Bouwmeester¹, Marloes de Kleijn², Jan van Wijngaarden³, Patrick Houthuizen¹

¹ Department of Cardiology, Catharina Hospital, Eindhoven, Holandia

² Department of Cardiology, Nij Smellinghe Hospital, Drachten, Holandia

³ Department of Cardiology, Deventer Hospital, Deventer, Holandia

Adres do korespondencji: Sjoerd Bouwmeester, Catharina Ziekenhuis Eindhoven, Michelangelolaan 2, 5623 EJ Eindhoven, The Netherlands; tel.: 0031402399111, e-mail: sjoerd.bouwmeester@catharinaziekenhuis.nl

DOI: 10.15557/JoU.2019.0029

Słowa kluczowe

echokardiografia,
ból mięśniowo-
-szkieletowy,
innowacje
technologiczne

Keywords

echocardiography,
musculoskeletal pain,
technological
innovations

Abstract

Introduction: Echocardiography is essential in the evaluation of patients with cardiovascular disease. Repetitive movements, however, expose ultrasound operators to a high risk of musculoskeletal strain injuries. **Aim:** We investigated to what extent a probe stabilizer could reduce repetitive movements. **Materials and methods:** The study population consisted of 31 male patients referred for routine transthoracic echocardiography. A good apical acoustic window was prerequisite for inclusion. Standard apical views and measurements were first recorded without using the probe stabilizer. Afterwards, the same apical views and measurements were acquired with utilization of the probe stabilizer. During the entire procedure, shoulder abduction and muscle activity of right forearm flexor and extensor muscles were recorded. To this purpose, an EMG-sensor was attached to the right lower arm and a gyroscope to the right shoulder blade. **Results:** Extreme right arm abduction ($>30^\circ$) occurred in 58% of the time with use of the stabilizer and in 98% of the time without ($p < 0.01$). Activity of right forearm extensor muscles was 42% with and 60% without stabilizer ($p = 0.04$). For the flexor muscles these percentages were 47% and 87%, respectively ($p < 0.01$). Use of the stabilizer did not affect the time needed for image acquisition (308s versus 309s, respectively, $p = 0.46$). **Conclusions:** This study demonstrated that the use of a stabilizer during acquisition of apical views in routine transthoracic echocardiography reduces the total time of shoulder abduction and the use of the right forearm muscles, while acquisition time was not affected.

Wstęp

Z uwagi na łatwość obsługi, niski koszt oraz bezpieczeństwo echokardiografia stanowi podstawę diagnostyki obrazowej u pacjentów z chorobami serca. Wadą tej metody jest przeciążenie układu mięśniowo-szkieletowego u operatora, przyczyniające się do zwiększenia częstości występowania urazów związanych z pracą nawet do 90%⁽¹⁾. Urazy te mogą wywierać negatywny wpływ na zdolność do wykonywania niezbędnych czynności zawodowych, co z kolei może pogorszyć jakość opieki nad pacjentem oraz wydajność zakładu ultrasonografii⁽²⁾. Nadmierne obciążenie, powtarzalność ruchów oraz czas trwania napięcia to główne przyczyny urazów związanych z pracą^(3,4). W przypadku techników echokardiograficznych urazy dotyczą głównie nadgarstka i barku^(5,6). Najczęściej przyjmowana statyczna pozycja podczas pracy obejmuje długotrwałe zgięcie w nadgarstku i odwiedzenie barku. Kąt odwiedzenia powyżej 30° wiąże się z narażeniem barku na większe ryzyko urazu⁽⁷⁾. Modyfikacja technik badania i ergonomicznie zaprojektowane stanowisko pracy operatora mogą przyczynić się do znacznej redukcji aktywności mięśni. Celem niniejszego badania było określenie stopnia, w jakim użycie stabilizatora sondy może zredukować odwiedzenie barku oraz aktywność mięśni przedramienia.

Metoda

Uczestnicy badania

W badaniu wzięły udział dwa zakłady ultrasonografii: Szpitala Catharina (Eindhoven, Holandia) oraz Szpitala Deventer (Deventer, Holandia). Badana populacja składała się z 31 mężczyzn skierowanych na rutynowe przekłatkowe badanie echokardiograficzne. Warunkiem włączenia do badania było uzyskanie dobrego okna akustycznego w projekcji koniuszkowej, z wyraźną granicą wsierdza.

Echokardiografia przekłatkowa

W szpitalu Catharina do badania stosowano ultrasonograf Philips EPIQ 7 wyposażony w głowicę X5-1. Badanie prowadzono z użyciem funkcji iRotate, która umożliwiła elektroniczną rotację w celu uzyskania standardowych projekcji koniuszkowych 4-, 2- i 3-jamowych. W szpitalu w Deventer stosowano ultrasonograf GE Vivid E9 wyposażony w głowicę M5S. Rejestrowano standardowe obrazy w projekcji koniuszkowej, stosując ręczne obracanie głowicy. Pacjenci poddawani badaniu echokardiograficznemu ułożeni byli w pozycji na lewym boku, natomiast operator USG znajdował się z prawej strony pacjenta. W pierwszej kolejności rejestrowano standardowe obrazy i pomiary w projekcji koniuszkowej bez stosowania stabilizatora głowicy. Następnie te same obrazy i pomiary rejestrowano z użyciem stabilizatora. Operatora poinformowano, aby podczas akwizycji obrazu umieścić obie dłonie na aparacie, chyba że konieczna była zmiana pozycji głowicy. W obu przypadkach dokonywano rejestracji stopnia odwiedzenia

barku, jak również aktywności mięśni: zginacza i prostownika prawego przedramienia. Odnotowano również czas potrzebny do zamocowania stabilizatora oraz rejestracji obrazów i pomiarów w projekcji koniuszkowej.

Stabilizator głowicy

Zastosowanie stabilizatora głowicy (ProbeFix®, Usono, Eindhoven, Holandia) umożliwia stabilne przytwierdzenie głowicy do ciała pacjenta (Ryc. 1). Stabilizator składa się z kilku elementów, natomiast głowicę przytwierdza się do silikonowego pierścienia umieszczonego w stabilizatorze. Przed ustawieniem głowicy w najbardziej optymalnym oknie akustycznym zostaje ona luźno połączona ze stabilizatorem, bez przytwierdzania urządzenia do ciała pacjenta. Po uzyskaniu pożądanego okna akustycznego stabilizator przytwierdza się do ciała pacjenta za pomocą dwóch pasów. Kąt ustawienia głowicy można zmieniać w dowolnym kierunku, umożliwiając jej obracanie w standardowych projekcjach koniuszkowych.

Elektromiografia – czujnik i żyroskop

Podczas akwizycji obrazów technik miał na sobie niewielkie urządzenie zawierające czujnik elektromiograficzny (EMG) i żyroskop (ErgoNode®, Usono, Eindhoven, Holandia). Czujniki EMG umieszczano na wewnętrznej i zewnętrznej stronie przedramienia. W celu oceny aktywności prostownika i zginacza przedramienia prawego podczas wykonywania badania USG, wskazującej na obciążenie stawu nadgarstkowego, zastosowano elektromiografię (EMG) powierzchniową. W badaniu nie oceniano całkowitej aktywności mięśni, a jedynie usiłowanie określić aktywność mięśni w czasie. Żyroskop stosowano w celu rejestracji czasu trwania maksymalnego odwiedzenia barku, które określono jako kąt zgięcia powyżej 30°.

Ankieta

Po zakończeniu badania echokardiograficznego technika i pacjenta poproszono o wypełnienie ankiety dotyczącej stosowania stabilizatora. Technik oceniał jakość obrazów



Ryc. 1. Mocowanie stabilizatora sondy

uzyskanych z zastosowaniem stabilizatora sondy na podstawie 5-stopniowej skali (1 – bardzo zła, 5 – bardzo dobra). Poziom dyskomfortu odczuwanego przez pacjenta z przytwierdzonym stabilizatorem również oceniano według 5-stopniowej skali (1 – bardzo niewygodnie, 5 – bardzo wygodnie).

Analiza statystyczna

Zmienne ciągle przedstawiono jako średnie z odchyleniami standardowymi. Czas trwania maksymalnego odwiedzenia barku i aktywności mięśni przedstawiono w postaci wartości procentowej całkowitego czasu skanowania. Do porównania różnic między badaniem z użyciem stabilizatora i bez jego użycia w odniesieniu do maksymalnego odwiedzenia barku, aktywności mięśni i całkowitego czasu badania zastosowano (nieparametryczny) test Wilcozona dla par obserwacji. Za istotną statystycznie przyjęto wartość $p < 0,05$. Analizę statystyczną przeprowadzono z zastosowaniem oprogramowania SPSS 19.0.

Wyniki

W badaniu wzięło udział sześciu techników echokardiograficznych. Ich doświadczenie wynosiło od 4 do 33 lat. Badana populacja składała się z 31 mężczyzn (średnia BMI $25,4 \pm 3,1$ kg/m²). Średni czas potrzebny do przytwierdzenia głowicy do klatki piersiowej z przytwierdzonym stabilizatorem wynosił $2,7 \pm 1,3$ min. Stosowanie stabilizatora nie miało wpływu na czas akwizycji obrazu ($5,1$ vs $5,2$ min, $p = 0,46$). Średnia ocena jakości obrazu zarejestrowanego z użyciem stabilizatora wyniosła $3,8 \pm 1$. Średni wynik w skali oceny odczuć pacjenta wynosił $4,1 \pm 1$. Udział procentowy czasu trwania maksymalnego odwiedzenia barku prawego ($>30^\circ$) wynosił 58% w przypadku stosowania stabilizatora i 98% podczas standardowego badania ($p < 0,01$). Aktywność prostownika prawego przedramienia określono na poziomie 42% podczas stosowania stabilizatora i 60% bez jego stosowania ($p = 0,04$). W przypadku mięśni zginaczy wartości procentowe wynosiły odpowiednio 47% i 87% ($p < 0,01$) (Tab. 1, Ryc. 2).

Tab. 1. Wartości procentowe dla odwiedzenia barku i aktywności mięśni przedramienia podczas badania USG z zastosowaniem i bez zastosowania stabilizatora sondy

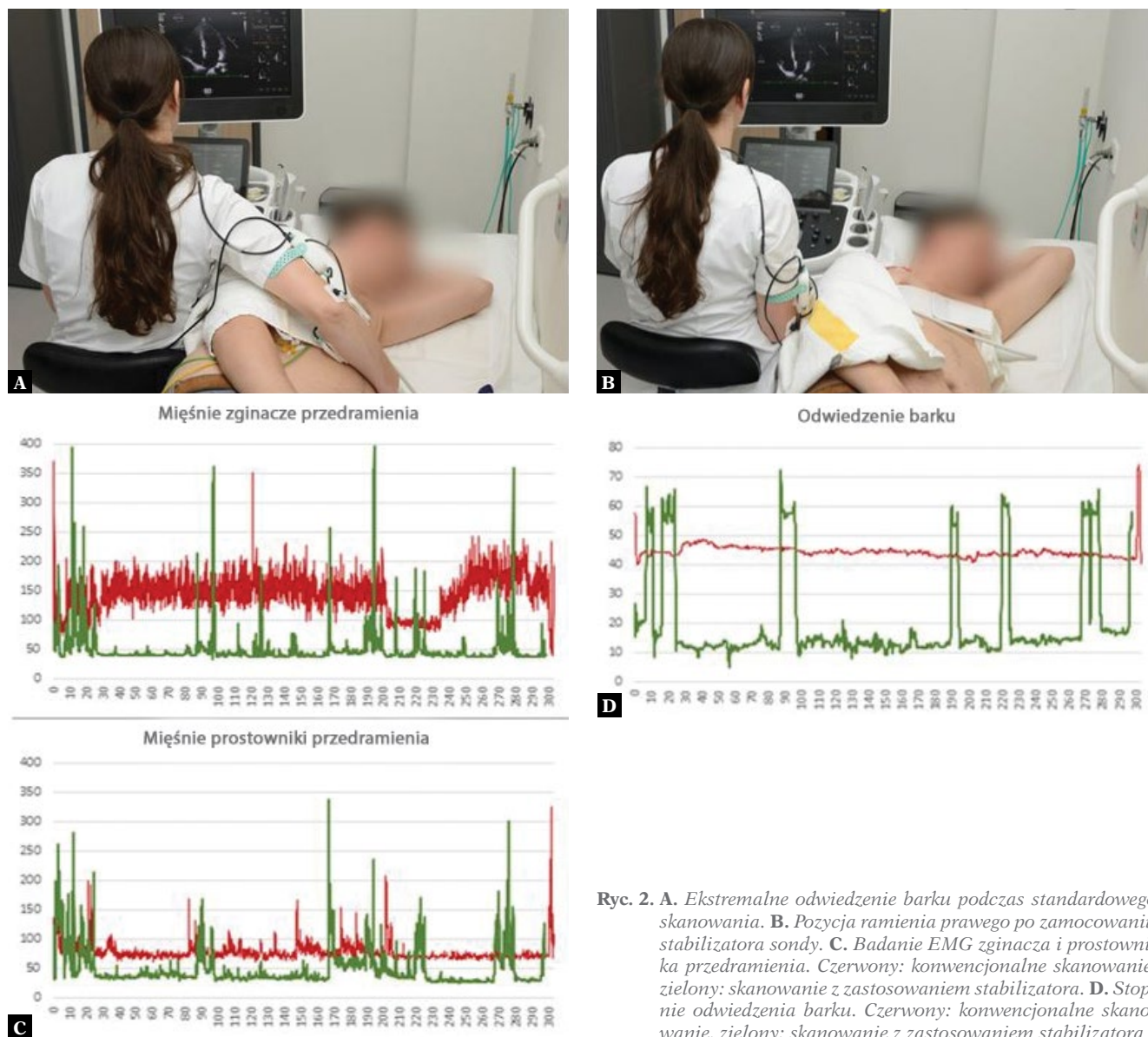
	Ze stabilizatorem <i>n</i> = 31	Bez stabilizatora <i>n</i> = 31	Wartość <i>p</i>
Ekstremalne odwiedzenie barku w czasie (%)	58	98	<0,01
Aktywność prostownika przedramienia w czasie (%)	42	60	0,04
Aktywność zginacza przedramienia w czasie (%)	47	87	<0,01
Czas potrzebny do przytwierdzenia stabilizatora (minuty)	$2,7 \pm 1,3$	–	
Czas akwizycji obrazów (minuty)	5,2	5,1	0,46

Omówienie

Niniejsze badanie wykazało, że zastosowanie stabilizatora sondy jest praktyczną i łatwą metodą zmniejszenia przeciążenia układu mięśniowo-szkieletowego u techników echokardiograficznych. Uzyskano zmniejszenie zarówno maksymalnego odwiedzenia barku, jak i aktywności zginacza przedramienia o około 40%.

W zakładach ultrasonografii odnotowuje się coraz większą częstotliwość zwoleń chorobowych z powodu urazów związanych z pracą^(8,9). Prawdopodobnie są one wywołane mechanicznym uciskiem ścięgna mięśnia nadgrzebieniowego, z towarzyszącym ograniczeniem dopływu krwi do mięśni podczas uniesienia ramienia⁽¹⁰⁾. Obecnie obserwuje się zwiększone dążenie zakładów do minimalizowania ryzyka wystąpienia urazów związanych z pracą w obrębie układu mięśniowo-szkieletowego. Częstość ich występowania można zmniejszyć poprzez ergonomiczną optymalizację środowiska pracy (np. sprzętu USG, stolików i krzeseł do badania). Istnieje również możliwość dostosowania harmonogramów pracy tak, aby zoptymalizować czas regeneracji mięśni. Ponadto istotne jest uświadomienie operatorów o pozycjach zwiększających ryzyko urazów, takich jak nadmierne odwiedzenie barku i nadmierne sięganie^(11–13). Zazwyczaj pozycje te wynikają z braku optymalizacji pozycji operatora względem ułożenia ciała pacjenta i ustawienia aparatu USG. Na stopień nadmiernego sięgania i odwiedzenia barku wpływa również budowa ciała pacjenta. Do zminimalizowania częstości przyjmowania pozycji wysokiego ryzyka może przyczynić się zastosowanie urządzeń wspomagających. W niniejszym badaniu oceniano zalety stosowania stabilizatora sondy w celu zapewnienia bezobsługowego przepływu pracy w trakcie przezklatkowego badania echokardiograficznego; stabilizator potencjalnie ogranicza ilość urazów związanych z pracą poprzez zmniejszenie nadmiernego obciążenia, liczby powtarzanych ruchów oraz całkowitego czasu trwania obciążenia podczas akwizycji obrazów.

W publikacjach opisywane są również inne metody zmniejszania obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego. Przede wszystkim można w tym celu stosować leworęczne badanie z lewej strony ciała pacjenta⁽¹⁴⁾. Jednak wdrożenie techniki leworęcznego skanowania wymaga dłuższego czasu i większego wysiłku w związku z koniecznością przebycia ponownego szkolenia, zwłaszcza w przypadku starszych operatorów z dużym doświadczeniem w skanowaniu praworęcznym. Ponadto opracowano urządzenie wspomagające pracę ramienia znane jako *articulating support arm system*⁽¹⁵⁾. Ma ono postać połączonego ruchomo wysięgnika, którego rolą jest zapewnienie podparcia dla ramienia operatora podczas przykładania głowicy do klatki piersiowej pacjenta. Niemniej jednak system ten jest przeznaczony dla operatorów posługujących się lewą ręką. Autorzy odnotowali znaczną redukcję aktywności mięśni i odwiedzenia barku. Zaletą stabilizatora sondy stosowanego w niniejszym badaniu jest to, że po ustawieniu głowicy akwizycja obrazów i pomiarów może zachodzić w sposób bezobsługowy. Ponadto urządzenie okazało się użyteczne podczas



Ryc. 2. A. Ekstremalne odwiedzenie barku podczas standardowego skanowania. B. Pozycja ramienia prawego po zamocowaniu stabilizatora sondy. C. Badanie EMG zginacza i prostownika przedramienia. Czerwony: konwencjonalne skanowanie, zielony: skanowanie z zastosowaniem stabilizatora. D. Stopnie odwiedzenia barku. Czerwony: konwencjonalne skanowanie, zielony: skanowanie z zastosowaniem stabilizatora

elektrokardiografii wysiłkowej z użyciem ergometru rowerowego w pozycji leżącej i pionowej⁽¹⁶⁾.

Niniejsze badanie prowadzono w dwóch różnych szpitalach w Holandii. W jednej z placówek (CH) stosowano metodę iRotate w połączeniu ze stabilizatorem sondy, z automatycznym obracaniem w celu uzyskania różnych okien akustycznych w projekcji koniuszkowej, podczas gdy w drugim szpitalu (DH) głowica była obracana ręcznie. Autorzy odnotowali większą korzyść w odniesieniu do obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego podczas stosowania stabilizatora w połączeniu z metodą iRotate (u 18 pacjentów). W przypadku zastosowania tej techniki w połączeniu ze stabilizatorem ekstremalne odwiedzenie barku występowało jedynie przez 36% czasu. Przy obracaniu ręcznym ekstremalne odwiedzenie występowało przez 81% czasu ($p < 0,01$). Wartości procentowe aktywności zginacza przedramienia wynosiły odpowiednio 32% i 64% ($p < 0,01$).

Ograniczenia badania

Niniejsze badanie ma pewne ograniczenia. Po pierwsze, było to badanie pilotażowe z krótkim okresem obserwacji, co nie pozwoliło na odnotowanie liczby faktycznych urazów związanych z pracą. Po drugie, zebrane dane dotyczyły jedynie ruchów w obrębie barku i nadgarstka, gdyż właśnie te części ciała są najbardziej podatne na urazy^(5,6). W przyszłych badaniach należy uwzględnić również wpływ na szyję, plecy i ręce, ponieważ są to często zgłaszane miejsca odczuwania bólu i dyskomfortu^(3,17). Ponadto w badaniu brali udział jedynie mężczyźni i stosowano w nim dobre okno akustyczne w projekcji koniuszkowej. Zatem pozostaje niejasne, czy stabilizator sondy znajduje zastosowanie u kobiet oraz u pacjentów z otyłością. Niemniej jednak, zdaniem autorów, użycie stabilizatora pozwoli ograniczyć urazy związane z pracą przy założeniu, że urządzenie można zastosować u co najmniej 30% pacjentów zakładu echokardiografii.

Wniosek

W badaniu wykazano, że zastosowanie stabilizatora sondy przez techników echokardiograficznych podczas rutynowego przekłatkowego badania echokardiograficznego zmniejsza całkowity czas odwiedzenia barku oraz aktywność mięśni prawego przedramienia. Zatem stabilizator sondy stanowi obiecujące narzędzie pozwalające na ograniczenie urazów związanych z pracą wśród operatorów USG.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść niniejszej publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.

Piśmiennictwo

1. Evans K, Roll S, Baker J: Work-related musculoskeletal disorders (WRMSD) among registered diagnostic medical sonographers and vascular technologists: a representative sample. *J Diagn Med Sonogr* 2009; 25: 287–299.
2. Escorpizo R: Understanding work productivity and its application to work-related musculoskeletal disorders. *Int J Ind Ergon* 2008; 38: 291–297.
3. Necas M: Musculoskeletal symptomatology and repetitive strain injuries in diagnostic medical sonographers. *J Diagn Med Sonogr* 2006; 12: 266–273.
4. Punnett L, Wegman DH: Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol* 2004; 14: 13–23.
5. Pike I, Russo A, Berkowitz J, Baker JP, Lessoway VA: The prevalence of musculoskeletal disorders among diagnostic medical sonographers. *J Diagn Med Sonogr* 1997; 13: 219–227.
6. Evans K, Roll SC, Hutmire C, Baker JP: Factors that contribute to wrist-hand-finger discomfort in diagnostic medical sonographers and vascular technologists. *J Diagn Med Sonogr* 2010; 26: 121–129.
7. Punnett L, Fine LJ, Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB: Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work. *Scand J Work Environ Health* 2000; 26: 283–291.
8. Friesen MN, Friesen R, Quanbury A, Arpin S: Musculoskeletal injuries among ultrasound sonographers in rural Manitoba: a study of workplace ergonomics. *AAOHN J* 2006; 54: 32–37.
9. Muir M, Hrynkow P, Chase R, Boyce D, McLean D: The nature, cause, and extent of occupational musculoskeletal injuries among sonographers: recommendations for treatment and prevention. *J Diagn Med Son* 2004; 20: 317–325.
10. Garg A, Hegmann K, Kapellusch J: Short-cycle overhead work and shoulder girdle muscle fatigue. *Int J Ind Ergon* 2006; 36: 581–597.
11. Kroemer K, Grandjean E: *Fitting the Task to the Human*. Taylor & Francis, London 1997.
12. Village J, Trask C: Ergonomic analysis of postural and muscular loads to diagnostic sonographers. *Int J Ind Ergon* 2007; 37: 781–789.
13. Jakes C: Sonographers and occupational overuse syndrome: cause, effect, and solutions. *J Diagn Med Sonogr* 2001; 17: 312–320.
14. Coffin CT: Work-related musculoskeletal disorders in sonographers: a review of causes and types of injury and best practices for reducing injury risk. *Rep Med Im* 2014; 7: 15–26.
15. Sommerich CM, Jing L, Nagavarupu S, Palmer D, Ngo S, Zaid R *et al.*: A pilot study of an articulating support arm system for reducing sustained posture and muscular effort while performing echocardiograms. *Proceed Human Factors Ergonom Soc Ann Meet* 2016; 60: 1492–1494.
16. Salden OAE, van Everdingen WM, Spee R, Doevendans PA, Cramer MJ: How I do it: Feasibility of a new ultrasound probe fixator to facilitate high quality stress echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound* 2018; 16: 6.
17. Burnett DR, Campbell-Kyureghyan NH: Quantification of scan-specific ergonomic risk-factors in medical sonography. *Int J Ind Ergon* 2010; 40: 306–314.