

DÉVELOPPEMENT D'UN SIMULATEUR D'AUSCULTATION CARDIAQUE CANINE POUR LE PLATEAU D'ENSEIGNEMENT PAR SIMULATION VETSKILL DE VETAGRO SUP – LYON, FRANCE

DEVELOPMENT OF A CANINE CARDIAC AUSCULTATION SIMULATOR FOR THE VETSKILL SIMULATION TRAINING CENTER AT VETAGRO SUP – LYON, FRANCE

Elise POSTIC¹ , Jean-Luc CADORÉ² 

Manuscrit initial reçu le 28 avril 2023, manuscrit révisé reçu le 5 avril 2025 et accepté le 15 avril 2025, révision éditoriale le 15 avril 2025

RÉSUMÉ

L'auscultation cardiaque est une compétence difficile à acquérir, qui nécessite des connaissances théoriques solides et une pratique répétée. La maîtrise de la technique auscultatoire et de son instrument, le stéthoscope, permet de capter les sons cardiaques. Cet article décrit l'élaboration d'un support pédagogique pour l'apprentissage de l'auscultation cardiaque chez le chien à destination de la salle de simulation *VetSkill* du campus vétérinaire de VetAgro Sup – Lyon (Marcy-l'Étoile, France). L'atelier comporte un mannequin canin qui simule de manière réaliste des affections cardiaques grâce à quatre haut parleurs intégrés dans son thorax. Une interface graphique permet un pilotage à distance et propose une « bibliothèque » de sons cardiaques normaux et anormaux, des exercices et des évaluations, afin d'accompagner les étudiants dans leur parcours de formation. Cet atelier apparaît comme un outil pertinent pour l'enseignement de l'auscultation cardiaque, et peut servir d'étape intermédiaire entre l'enseignement théorique et son application en clinique chez des animaux vivants.

Mots-clés : chien, mannequin, auscultation cardiaque, formation par simulation, outil de formation, enseignement

ABSTRACT

Cardiac auscultation is a difficult skill to acquire, requiring solid theoretical knowledge and repeated practice. Mastery of the auscultatory technique and its instrument, the stethoscope, enables heart sounds to be perceived. This article describes the development of a teaching resource for learning cardiac auscultation in dogs, to be used in the VetSkill simulation room on the veterinary campus of VetAgro Sup - Lyon (Marcy-l'Étoile, France). The facility features a canine mannequin that realistically simulates cardiac conditions thanks to four loudspeakers integrated into its thorax. A graphic interface enables remote control, and provides a library of normal and abnormal heart sounds, exercises and assessments, to support students in their training. This facility appears to be a relevant tool for teaching cardiac auscultation, and can serve as an intermediary stage between theoretical teaching and clinical practice on live animals.

Keywords: dog, mannequin, cardiac auscultation, simulation training, training tool, teaching

1- Assistante hospitalière en médecine interne à l'École nationale vétérinaire de Toulouse (EnVT) ; 23, chemin des Capelles, 31000 Toulouse, France.
Courriel : elisepostic@hotmail.com

2- Professeur à VetAgro Sup – Campus vétérinaire de Lyon, Service de Médecine interne, 1 avenue Bourgelat, 69280 Marcy-l'Étoile, France.
Courriel : jean-luc.cadore@vetagro-sup.fr



INTRODUCTION

L'auscultation cardiaque est une étape clé de l'examen clinique pour l'évaluation du système cardio-vasculaire, au même titre que la palpation du choc précordial ou du pouls fémoral. L'auscultation peut être réalisée par tout vétérinaire détenant un stéthoscope ; l'examen est rapide et non invasif, il permet de suspecter une affection cardiaque et d'évaluer sa gravité, et il constitue une aide à la décision pour la poursuite ou non vers des examens complémentaires plus approfondis ou plus invasifs (Perlini *et al.* 2014; McKinney *et al.* 2013). Il s'agit donc d'une compétence essentielle à acquérir pour un jeune vétérinaire en formation, qui fait partie des prérequis pour l'obtention du Diplôme d'Études fondamentales vétérinaires (*Référentiel d'activité professionnelle et de compétences à l'issue des études vétérinaires 2017*).

Pourtant, plusieurs études alertent sur le déclin des compétences d'auscultation cardiaque en médecine humaine et vétérinaire (Barrett *et al.* 2006; Germanakis *et al.* 2013; Vukanovic Criley & Warde 2006). Un sondage réalisé en janvier 2021 auprès de 214 étudiants vétérinaires de VetAgro Sup – Lyon s'est intéressé à leur ressenti sur leur formation en auscultation cardiaque : 78 % déclarent ne pas maîtriser cette compétence et 79 % déplorent en particulier un manque de formation pratique (Postic 2022). L'enseignement traditionnel de l'auscultation cardiaque souffre de plusieurs limites : manque d'exposition à des cas pathologiques, manque de temps, désagrément pour les patients qui subissent des examens cliniques répétés et nombre croissant d'étudiants vétérinaires.

De nouveaux outils pédagogiques se développent en médecine humaine et vétérinaire et la simulation semble être une des solutions pour répondre aux enjeux de l'enseignement de l'auscultation cardiaque (Issenberg *et al.* 2005; Martinsen & Jukes 2005). En médecine humaine, la simulation est utilisée de manière habituelle dans l'enseignement médical et paramédical. Cependant, la cardiologie reste une discipline peu représentée dans les activités de simulation en France. En effet, selon une enquête menée par la Haute Autorité de Santé (HAS), elle ne compte que pour 0,6 % des activités de simulation, loin derrière les soins intensifs présents dans 13,1 % de ces activités (Granry & Moll 2012).

L'unique simulateur d'auscultation commercialisé pour la formation vétérinaire est le *Goldie K9 Breath/Heart Sound Simulator*. Grâce à ses cinq haut parleurs internes, les étudiants peuvent ausculter des sons pulmonaires ou des sons cardiaques, le tout piloté à distance par un ordinateur. Ce modèle haute-fidélité offre un répertoire de sons correspondant à 10 affections cardiaques, non modulables. L'inconvénient principal de ce simulateur est son coût très élevé et la banque de sons cardiaques non modifiable.

L'objectif était donc de réaliser un simulateur d'auscultation cardiaque moins coûteux, aisément reproductible et évolutif, destiné à l'enseignement de l'auscultation cardiaque aux étudiants vétérinaires de VetAgro Sup – Lyon. Nous avons choisi de concevoir un mannequin haute-fidélité piloté à distance par une interface graphique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'élaboration du simulateur cardiaque a été réalisée en deux étapes. D'une part, la conception d'un mannequin reproduisant fidèlement l'aspect d'un chien et comportant les éléments utiles à l'auscultation cardiaque. D'autre part, la création d'une interface pédagogique pour permettre un apprentissage pas-à-pas avec des exercices, des commentaires et des évaluations.

Conception du mannequin d'auscultation

L'enveloppe externe du mannequin inclut une structure en forme de chien, un thorax et une paroi thoracique. L'objectif est d'offrir des repères anatomiques visuels et palpatoires utiles à l'auscultation cardiaque, à savoir les reliefs osseux de la cage thoracique et les articulations des membres thoraciques (pointe de l'épaule et du coude).

Le choix du modèle s'est porté sur un chien de gabarit moyen pour offrir une surface d'auscultation assez grande. Une cage thoracique est obtenue par impression 3D à partir d'un scanner de chien pour imiter de manière réaliste les reliefs osseux d'un véritable thorax de chien. Enfin, des couches en silicone sont appliquées pour recouvrir le thorax et imiter la texture et l'aspect de la paroi thoracique (Figure 1).



Figure 1. Étapes de fabrication des muscles de la paroi costale (images Elise Postic)

Afin de reproduire le plus fidèlement possible les sons d'un cœur qui bat dans une cage thoracique, nous décidons d'inclure autant de sources sonores qu'il y a d'aires d'auscultation cardiaque, soit quatre haut-parleurs miniaturisés pour l'aire basale gauche, l'aire apicale gauche, l'aire tricuspide et l'entrée de la poitrine (Figure 2).

Nous concevons ensuite un circuit électrique permettant de transmettre simultanément quatre enregistrements sonores distincts via les quatre haut-parleurs, ceci afin de reproduire la variation des bruits cardiaques selon la zone d'auscultation. Puis, les haut-parleurs sont fixés au sein du thorax et une isolation phonique est ajoutée (Figure 2).

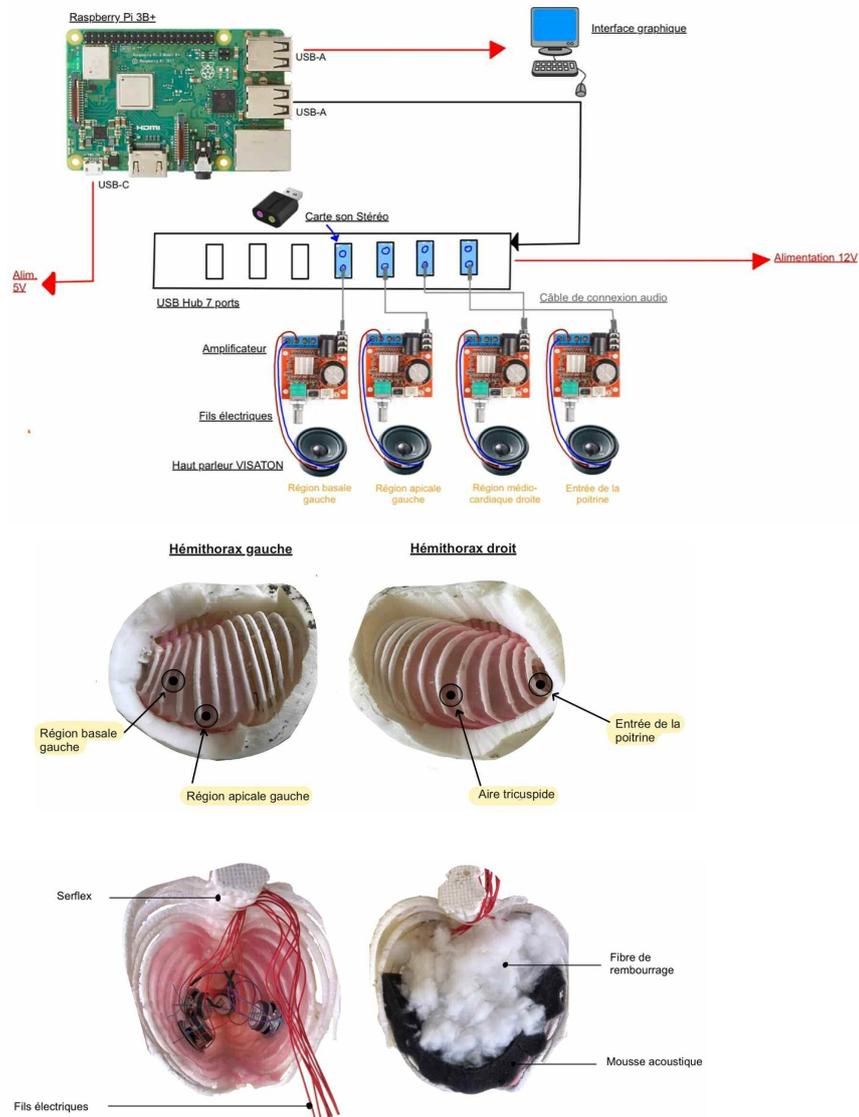


Figure 2. Schéma simplifié du circuit électrique du mannequin d'auscultation et intégration des haut-parleurs dans le thorax (images Elise Postic)

Développement du logiciel pédagogique

Le logiciel pédagogique est l'interface utilisateur du mannequin. Il permet de piloter le mannequin à distance et de choisir parmi une large banque de sons cardiaques ceux que l'on souhaite ausculter.

Afin de constituer la banque de sons cardiaques, des enregistrements sont réalisés avec un stéthoscope électronique eKuore Pro®, au centre hospitalier universitaire vétérinaire (CHUV) de VetAgro Sup – Lyon, entre le 28 octobre 2020 et le 15 avril 2022. Les sites d'auscultation correspondent à l'emplacement des haut-parleurs dans le mannequin canin, à savoir les régions basale et apicale gauches, l'aire tricuspide et l'entrée de la poitrine (Figure 2).

Le logiciel pédagogique est ensuite développé en collaboration avec des étudiants de l'École normale supérieure de Lyon, dans le cadre d'un projet du Collège des hautes études Lyon Sciences (CHELS). Le programme informatique est codé en Python, sur un Raspberry Pi 3 modèle B+. Ce nano-ordinateur est choisi car il est de très petite taille, comparable à celle d'une carte de crédit, et peu onéreux.



RÉSULTATS

En avril 2022, le simulateur d'auscultation cardiaque est finalisé et installé dans la salle de simulation VetSkill de VetAgro Sup – Lyon (Figure 3).



Figure 3. Rendu final de l'atelier de simulation d'auscultation cardiaque canin (photo Elise Postic)

L'atelier comporte un mannequin canin de taille réelle, qui simule de manière réaliste des affections cardiaques grâce à quatre haut parleurs intégrés dans son thorax. Les membres antérieurs sont mobiles grâce à un système « boucle-bouton », afin de pouvoir ausculter sous les membres. La « peau » de la paroi thoracique peut également être retirée grâce à un système de velcro pour visualiser l'anatomie interne du thorax, notamment les muscles cutanés du tronc et les reliefs osseux de la cage thoracique (Figure 4).

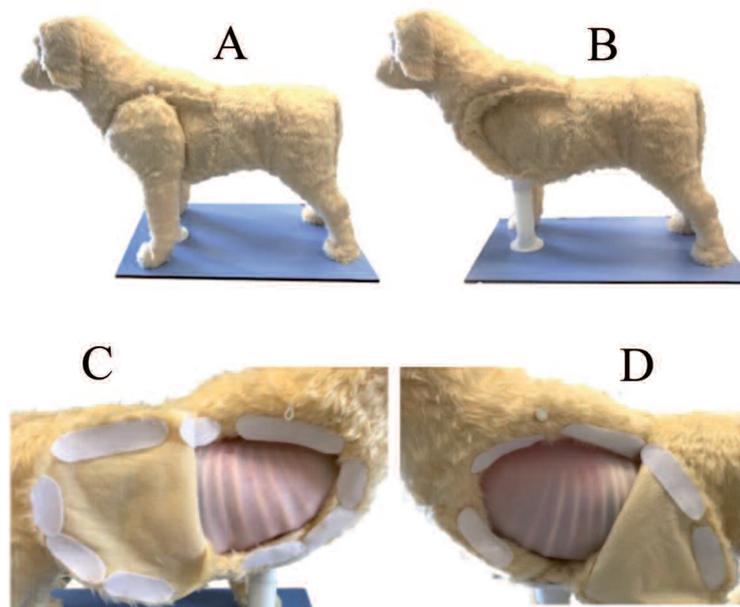


Figure 4. Mannequin canin complet (A), membre antérieure gauche démonté (B), peau de la paroi thoracique soulevée sur l'hémithorax droit (C) ou gauche (D) (images Elise Postic)

Le logiciel pédagogique permet de guider l'étudiant dans son apprentissage de l'auscultation cardiaque. En effet, celui-ci est organisé en trois rubriques :

- une rubrique « par catégories de bruits cardiaques », dans laquelle l'utilisateur choisit de façon autonome les bruits cardiaques qu'il souhaite ausculter, par exemple l'auscultation d'une « sténose pulmonaire » (Figure 5) ;
- une rubrique « par difficultés d'écoute », dans laquelle l'utilisateur a le choix entre des auscultations cardiaques de niveau facile, moyen ou difficile ;
- une rubrique « auto-évaluation », dans laquelle l'étudiant doit ausculter le mannequin sur les différentes aires d'auscultation et répondre à une ou plusieurs questions relatives à cet acte.



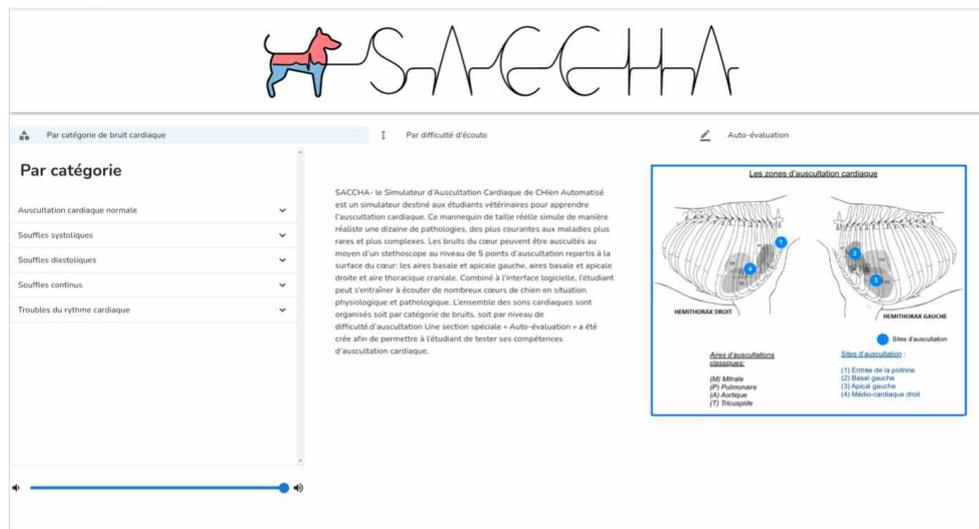


Figure 5. Capture d'écran du logiciel dans l'onglet « par catégories de bruits cardiaques ». SACCHA signifie « Simulateur d'auscultation cardiaque de chien automatisé ». (image Elise Postic)

DISCUSSION

Le simulateur d'auscultation cardiaque offre un cadre rassurant et contrôlé, dans lequel l'étudiant peut poser des questions, commettre des erreurs sans craindre qu'il en résulte un risque pour le patient, et discuter de celles-ci avec ses pairs et ses enseignants. Il offre également la possibilité de répéter les exercices autant de fois qu'on le souhaite, et donne accès à une large variété de situations cliniques qui ne sont pas toujours rencontrées en pratique au cours de la formation des étudiants.

Néanmoins, la fidélité du mannequin est imparfaite. Certaines imperfections sont liées à des difficultés de réalisation, comme l'absence de pouls fémoral et de choc précordial. Le nombre de sites d'auscultation sur le mannequin est également limité par la taille des haut-parleurs, la surface de l'hémithorax gauche étant insuffisante pour placer trois haut-parleurs côte à côte tout en respectant la projection acoustique des valves cardiaques (pulmonaire, aortique et mitrale). Ainsi, le choix a été fait de retirer un haut parleur et d'avoir deux régions d'auscultation à gauche au lieu de trois : les régions basale et apicale. Une solution aurait été de sélectionner des haut-parleurs de plus petite taille à performance acoustique égale, mais cela aurait considérablement augmenté le coût de fabrication du mannequin.

Les quatre haut-parleurs diffusent simultanément quatre enregistrements sonores de bruits cardiaques correspondant à des aires qualifiées de « lésionnelles », telles qu'un souffle cardiaque, et à des aires « non lésionnelles » ; ces enregistrements proviennent d'un même animal afin d'être le plus proche possible des conditions cliniques réelles. Initialement, le choix a été fait de diminuer l'intensité sonore des bruits surajoutés, en particulier des bruits respiratoires couvrant parfois partiellement les bruits cardiaques, afin de faciliter l'apprentissage de l'auscultation cardiaque. Afin d'augmenter la fidélité du mannequin, une évolution intéressante serait d'ajouter des haut parleurs pouvant diffuser en parallèle des enregistrements de bruits pulmonaires. Se poserait alors la question de l'arythmie cardiaque respiratoire, phénomène physiologique qu'il faudrait essayer de reproduire.

Par ailleurs, la banque de sons cardiaques disponibles gagnerait à être enrichie par de nouveaux enregistrements. À ce jour, elle compte seulement 11 auscultations cardiaques, dont cinq pathologiques. Néanmoins, il est possible d'ajouter de nouveaux sons cardiaques grâce à une procédure maîtrisée par le personnel encadrant la salle de simulation VetSkill. En effet, un stéthoscope électronique est disponible et peut être emprunté par les étudiants et le personnel de VetAgro Sup souhaitant collecter de nouveaux sons cardiaques et les ajouter à la banque de données. Ce dernier point implique une participation active des étudiants et des enseignants pour assurer la pérennité et le développement de l'atelier dans les années à venir.

Enfin, l'efficacité de ce modèle pour l'apprentissage de l'auscultation cardiaque reste à démontrer. Des cliniciens expérimentés ont pu tester le simulateur d'auscultation cardiaque et ont confirmé la fidélité du mannequin. Pour valider l'utilité et l'efficacité du simulateur, il conviendrait par exemple de réaliser une étude prospective auprès des étudiants de VetAgro Sup. L'étude pourrait être menée auprès d'une promotion d'étudiants vétérinaires, dont une partie recevrait la formation traditionnelle, avec travaux pratiques d'auscultation cardiaque, alors que l'autre s'entraînerait avec l'atelier de simulation cardiaque avant de suivre les travaux pratiques. À l'issue des travaux pratiques, une évaluation aurait lieu pour comparer le niveau des compétences en auscultation cardiaque atteint par chacun des groupes.



CONCLUSION

Il s'agit du premier simulateur d'auscultation cardiaque canine haute-fidélité de conception artisanale en médecine vétérinaire. Malgré les limites discutées plus haut, il apparaît comme un outil pertinent pour l'enseignement de l'auscultation cardiaque, pouvant servir d'étape intermédiaire entre l'enseignement théorique et son application en clinique à VetAgro Sup. La suite de ce travail consistera à évaluer de façon scientifique l'efficacité pédagogique du modèle et à confirmer son intérêt dans la formation des futurs vétérinaires. Enfin, les perspectives d'évolution sont nombreuses et, si son succès se confirme, il pourra faire l'objet d'adaptations pour l'apprentissage de l'auscultation pulmonaire, ou servir de modèle pour l'élaboration de simulateurs d'auscultation cardiaque chez d'autres espèces.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé en collaboration avec quatre étudiants de l'École normale supérieure de Lyon : Simon Dupouy, Guilhem Niot, Théo Regny et Alexandre Variengien. Nous remercions également le Collège des hautes études Lyon Sciences (CHELS) pour son accompagnement et son soutien financier au cours de ce projet.

RÉFÉRENCES

- Annexe de l'arrêté ministériel du 20 avril 2007 relatif aux études vétérinaires. Référentiel d'activité professionnelle et de compétences à l'issue des études vétérinaires. Décembre 2017, 67 p.
- Barrett MJ, Kuzma MA, Seto TC, Richards P, Mason D, Barrett DM, Gracely EJ. The power of repetition in mastering cardiac auscultation. *Am J Med.* 2006; 119: 73–75. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2004.12.036>
- Germanakis I, Petridou ETH, Varlamis G, Matsoukis IL, Papadopoulou-Legbelou K, Kalmanti M. Skills of primary health-care physicians in paediatric cardiac auscultation. *Acta Paediatr.* 2013; 102: e 74–8. <https://doi.org/10.1111/apa.12062>
- Granry J.-C & Moll M.-C. État de l'art (national et international) en matière de pratiques de simulation dans le domaine de la santé. Rapport de mission à la Haute Autorité de Santé. 2012; 110 p. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-01/simulation_en_sante_-_rapport.pdf
- Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Gordon DL, Scalese R J. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach.* 2005; 27(1): 10–28. <https://doi.org/10.1080/01421590500046924>
- Martinsen S & Jukes N. Towards a humane veterinary education. *J Vet Med Educ.* 2005; 32(4): 454–60. <https://doi.org/10.3138/jvme.32.4.454>
- McKinney J, Cook DA, Wood D, Hatala R. Simulation-based training for cardiac auscultation skills: systematic review and meta-analysis. *J Gen Intern Med.* 2013; 28(2): 283–91. <https://doi.org/10.1007/s11606-012-2198-y>
- Perlini S, Salinaro F, Santalucia P, Musca F. Simulation-guided cardiac auscultation improves medical students' clinical skills: the Pavia pilot experience. *Intern Emerg Med.* 2014; 9: 165–72. <https://doi.org/10.1007/s11739-012-0811-z>
- Postic E. Création d'un atelier de simulation pour l'apprentissage de l'auscultation cardiaque chez le chien. 188 p. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon: Université Claude Bernard, 2022; n°06. HAL Id: dumas-03783814
- Vukanovic-Criley J M, Criley S, Warde CM, Boker JR, Guevara-Matheus L, Hallowell Churchill W *et al.* Competency in cardiac examination skills in medical students, trainees, physicians, and faculty-A multicenter study. *Arch Intern Med.* 2006; 166(6): 610–6. <https://doi.org/10.1001/archinte.166.6.610>

