Intérêt d'une démarche pédagogique structurée associée à l'utilisation de nouveaux outils de visualisation des signaux auscultatoires dans le cadre de l'apprentissage de la sémiologie auscultatoire : étude prospective auprès de 30 étudiants du deuxième cycle des études médicales

Significance of a structured teaching method and new signal-visualization tools in teaching auscultation: prospective study of 30 graduate students

Emmanuel ANDRÈS^{1,2}, Christian BRANDT³, Mustapha MECILI¹ et Nicolas MEYER⁴

¹ Service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques, Clinique médicale B, Pôle MIRNED, CHRU de Strasbourg, Strasbourg, France

² Laboratoire de recherche en pédagogie des sciences de la santé (LARPESS), Faculté de médecine de Strasbourg, Université de Strasbourg, Strasbourg, France

³ Pôle de cardiologie médico-chirurgicale, CHRU de Strasbourg, Strasbourg, France

⁴ Laboratoire de biostatistique et informatique médicale, Faculté de médecine de Strasbourg, Strasbourg, France

Manuscrit reçu le 3 août 2011 ; commentaires éditoriaux formulés aux auteurs le 11 novembre 2011 et le 12 février 2012 ; accepté pour publication le 18 février 2012

Mots-clés

Auscultation ;
sémiologie ;
pédagogie ;
apprentissage ;
diagnostic ;
stéthoscope

Résumé – Contexte : L'apprentissage de l'auscultation est de nos jours encore empirique, reposant principalement sur le compagnonnage. **But :** Ce travail se propose d'analyser l'apport d'une action pédagogique associée à l'utilisation de nouveaux outils de visualisation des signaux auscultatoires à type de phono- et spectrogramme dans le cadre de l'apprentissage de la sémiologie auscultatoire par les étudiants en médecine. **Matériel et méthode :** Il s'agit d'un travail réalisé auprès de 30 étudiants inscrits en 2^e cycle des études de médecine à qui on a soumis 10 sons pathologiques respiratoires et cardiaques (issus du projet ASAP : Analyse des Sons Auscultatoires et Pathologiques (ANR technologie 2006)), sans et avec l'apport des phono- et spectrogramme. Les étudiants ont été évalués pour les bons diagnostics par questionnaire à J0 (uniquement sur les données acoustiques) et J28 (à l'aide des données acoustiques et visuelles) et les résultats comparés. **Résultats :** À J0, on observe 45 % de bons diagnostics pour la totalité des étudiants, dont 40 % pour les DCEM2, 43 % pour les DCEM3 et 60 % pour les DCEM4. Pour les sons respiratoires et cardiaques, on observe respectivement 51 % et 40 % de diagnostics exacts. À J28, 80 % de bons diagnostics sont rapportés pour la totalité des étudiants ($p < 0,01$ par rapport à J0), avec 70 % de diagnostics exacts pour les sons respiratoires ($p = 0,058$) et 89 %

Keywords

Auscultation;
semiologie;
pedagogy;
diagnosis;
stethoscope

pour les sons cardiaques ($p < 0,009$). **Conclusion :** Cette étude menée auprès d'étudiants du deuxième cycle des études médicales permet d'objectiver un meilleur « rendement » diagnostique avec une démarche pédagogique structurée associée à l'utilisation d'outils de visualisation des signaux auscultatoires.

Abstract – Background: Today learning auscultation is still based on empirical tutoring. **Objective:** The aim of this study is to analyze the contribution of a structured teaching method combined with new phono- and spectrogram signal-visualization tools for medical students. **Methods:** The study included 30 graduate medical students who analyzed 10 respiratory- and cardiac-disease sounds (ASAP (Analyse des Sons Auscultatoires et Pathologiques) data (ANR Technology 2006)), with and without the contribution of phono- and spectrograms. To evaluate the accuracy of student diagnoses, a questionnaire was handed out at D0 (acoustic data) and D28 (acoustic and visual data) after which results were compared. **Results:** At D0, 45% of student diagnoses were accurate, including 40% for the DCEM2 (graduate medical studies), and respectively 43% and 60% for the DCEM3 (graduate medical studies) and DCEM4 (graduate medical studies). With respect to respiratory and cardiac sounds, the diagnostic accuracy was respectively 51% and 40%. At D28, 80% of students reported correct diagnoses ($p < 0.01$ compared to D0), with 70% diagnostic accuracy for respiratory sounds ($p = 0.058$) and 89% for heart sounds ($p < 0.009$). **Conclusion:** The study conducted with graduate medical students objectifies improved diagnosis accuracy using diagnostic tools such as phono- and spectrograms and a structured teaching method.

Introduction

L'apprentissage de la sémiologie auscultatoire cardio-respiratoire est un apprentissage qui est reconnu difficile, reposant *in fine* avant tout sur l'expérience acquise lors de la pratique du geste auscultatoire essentiellement par compagnonnage. Alors que l'auscultation conventionnelle (acoustique) est subjective et difficilement partageable, la caractérisation des sons ou bruits à travers des systèmes d'enregistrement, d'analyse et de représentation des signaux auscultatoires tend à apporter une meilleure sensibilité et spécificité aux résultats de cette auscultation^[1,2]. En effet, face à la variabilité, l'hétérogénéité et la complexité des sons, la majorité des praticiens ne sont armés que de leur perception auditive et de leur mémoire des sons pathologiques, critères nécessairement subjectifs. Leurs diagnostics sont de ce fait uniquement basés sur l'expérience accumulée et relèvent d'avantage de l'intuition que d'une classification rigoureuse et systématique. La mise à disposition de nouvelles représentations ou visualisation de ces sons, sous forme de phono- et spectrogramme, associée à une définition plus rigoureuse de ces sons, ouvre donc des perspectives intéressantes dans le

cadre de l'aide au diagnostic, mais également de l'enseignement et de la pédagogie^[1,3].

À travers un travail prospectif, nous avons voulu analyser l'apport de ces nouveaux outils de visualisation des signaux auscultatoires, couplé à une action pédagogique structurée, dans le cadre de l'apprentissage de la sémiologie auscultatoire. L'objectif principal de ce travail est d'étudier l'apport de ces nouvelles représentations du signal auscultatoire au diagnostic sémiologique auprès de professionnels de santé en formation.

Matériel et méthodes

Contexte et objectifs

Depuis René Laennec, l'acte auscultatoire et l'auscultation en elle-même ont peu évolué. Toutefois, ces dernières décennies ont été marquées par le perfectionnement des outils d'écoute, à savoir le stéthoscope, avec notamment la mise à disposition des cliniciens de divers stéthoscopes électroniques permettant un meilleur confort d'écoute. Depuis

quelques années, on assiste également à des innovations dans le mode d'exploitation des signaux auscultatoires. Une perception visuelle de ces sons ou bruits, via diverses représentations temps – fréquences, a ainsi été développée par les sciences et technologies de l'information et de la communication, permettant d'envisager une amélioration du diagnostic issu de l'auscultation^[4]. Cette perception visuelle apporte aux médecins une nouvelle source d'information, qu'il est possible de recouper avec l'information auditive.

Outils utilisés : phonogrammes et spectrogramme

Certains stéthoscopes actuels sont déjà accompagnés de logiciels offrant au médecin une représentation sous forme d'images (« vision des sons »), perception qui constitue en quelque sorte un second canal d'observation permettant au praticien de resserrer ses conclusions voire d'être plus pertinent dans son diagnostic^[5]. La mise à disposition de ces outils laisse également entrevoir des perspectives intéressantes dans le cadre de l'enseignement. En effet, ces outils permettent d'envisager la description et la mise à disposition des médecins d'une « nouvelle » sémiologie auscultatoire, s'appuyant sur la caractérisation « physique » du signal et des sons et sur des données visuelles sous forme de phonogrammes et spectrogrammes.

Les phonopneumo- et phonocardiogrammes proposent ainsi une représentation simultanée dans le temps des phases de la respiration ou du cycle cardiaque et du signal auscultatoire^[6]. Le spectrogramme propose une représentation où le temps figure en abscisse, la fréquence en ordonnée, l'intensité du signal étant représentée par une palette de couleurs pour le signal respiratoire et cardiaque. Les images de la figure 1 et de la figure 2 permettent d'illustrer ces différentes représentations.

Plan de l'étude

Il s'agit d'un travail monocentrique prospectif incluant des externes en médecine, tous volontaires pour participer à cette étude.

Fig. 1. Représentation d'un cycle respiratoire chez un sujet ayant une broncho-pneumopathie chronique obstructive avec des phases d'inspiration, d'expiration et de repos (indiquées en vert) sous forme d'un phonopneumogramme (2a) et d'un spectrogramme (2b). Présence de nombreux gros crépitations, surtout visible sur le spectrogramme (2b) (indiqués par les flèches blanches) (figure issue du projet de recherche ASAP [équipes du Professeur E. Andrès pour le CHRU de Strasbourg et de R. Gass pour Alcatel-Lucent], convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).

Avant l'intervention pédagogique (J0), les étudiants étaient soumis à une interrogation de 40 min pendant laquelle ils devaient identifier 10 sons ou bruits cardiaques ou respiratoires caractéristiques.

Cinq jours plus tard (J5), avait lieu une première intervention pédagogique : les étudiants participaient

Fig. 2. Représentation de l'enregistrement d'une auscultation cardiaque chez un individu présentant un rétrécissement aortique avec un souffle systolique éjectionnel (indiqué par une flèche blanche) sous forme d'un phonocardiogramme (4a) et d'un spectrogramme (4b) (figure issue du projet de recherche ASAP [équipes du Professeur E. Andrès et du Docteur C. Brandt pour le CHRU de Strasbourg et de R. Gass pour Alcatel-Lucent], convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).

durant une heure et demie à une séance de « travaux dirigés » en petit groupe de 1h30 sur la sémiologie cardiaque, planifiée selon un modèle « transmissif » de l'enseignement fondé sur l'exposé des connaissances et du savoir-faire des investigateurs. Le support du cours était un diaporama d'une trentaine de diapositives construit à partir du polycopié national de cardiologie édité par le Collège national de cardiologie et maladies vasculaires, ressource didactique de référence des étudiants en médecine français pour l'apprentissage de la sémiologie cardiaque^[7]. Cette séance était en plus l'occasion d'une discussion interactive et d'échanges nourris entre les investigateurs et les étudiants autour des documents présentés. Cette séance s'appuyait sur des données de physiologie cardiaque avant d'aborder la physiopathologie et la sémiologie normale et pathologique. Dans tous les cas, l'animateur (toujours le même, ayant le rang de Professeur des Universités – Praticien Hospitalier) de la séance insistait sur la compréhension des données

plus que sur la mémorisation. Sept jours plus tard (J7), les sujets avaient un deuxième cours de 1h30 sur la sémiologie respiratoire, selon les mêmes modalités, le document de référence étant cette fois les documents que nous avons rédigés sur cette thématique lors du projet « Analyse des Sons Auscultatoires et Pathologiques – ASAP »^[8]. À nouveau, les documents étaient discutés puis remis aux participants à l'issue de cette séance, le tout s'intégrant dans une démarche pédagogique que nous avons qualifié de « structurée » (partant du normal vers le pathologique, de la physiologie vers la physiopathologie et la sémiologie normale et pathologique).

Quatre semaines plus tard (J28), les étudiants étaient soumis à une interrogation écrite de 1h30 pendant laquelle ils devaient identifier 10 sons ou bruits cardiaques et/ou respiratoires caractéristiques. Dans un premier temps, ils n'avaient pas de support visuel, les données étant identiques à celles de l'auscultation acoustique. Dans un second temps, ils étaient soumis

aux mêmes sons et questions mais ils avaient, en plus du son, un support visuel (selon une séquence aléatoire), sous forme de phonogramme et spectrogramme, pour se prononcer et établir un diagnostic. Il est à noter que, pour chaque son ou bruit, l'étudiant devait cocher le bon diagnostic parmi cinq propositions. Enfin, notons que ces examens n'étaient pas sanctionnants et n'avaient aucun impact sur la validation du stage hospitalier.

Données relevées et analyse statistique

Tous les questionnaires ont été relevés (une fois totalement complétés par les étudiants). Chacun d'entre eux incluait, en plus des réponses relatives aux diagnostics des sons entendus – « bon » ou « mauvais », avec ou sans le support visuel –, les caractéristiques démographiques des sujets (âge, sexe), de même que leur année d'étude en sachant qu'ils étaient obligatoirement en deuxième cycle des études médicales (DCEM).

Une analyse statistique a par la suite été menée à partir des diagnostics. Les résultats sont exprimés en valeur absolue et pourcentage. Les comparaisons entre groupes ont été réalisées par les tests du Chi2 et de Student et surtout par le test Q de Cochran qui permet de comparer deux échantillons appariés dont les valeurs sont binaires.

Matériel employé

Les sons ou bruits respiratoires et cardiaques utilisés dans ce travail proviennent de la base de sons issus des projets ASAP (convention ANR n° 2006 TLOG 21 04)^[9] et : « Perspectives et apports du développement d'un stéthoscope communiquant à l'ère de la télémédecine – PRI – » (convention PRI – HUS N° 4179)^[10]. L'objectif commun de ces projets était de faire entrer l'auscultation pulmonaire et cardiaque dans l'ère de la médecine factuelle (*evidence-based medicine*), en s'appuyant sur l'identification des sons à l'aide d'une qualification physique et d'une documentation clinique robuste, permettant d'avoir une certitude diagnostique pour les sons enregistrés dans la base de sons.

Dans le cadre de ce travail nous avons utilisé 10 sons, cinq respiratoires et cinq cardiaques concernant : une auscultation pulmonaire normale, des sous crépitants dans le cadre d'une bronchite chronique, des crépitants (fins) dans le cadre d'une pneumopathie interstitielle, des sibilants dans le cadre d'une crise d'asthme, un stridor dans le cadre d'un cancer du poumon, une auscultation cardiaque normale, un rétrécissement aortique serré, une insuffisance aortique minime, un rétrécissement mitral, une auscultation cardiaque lors d'une arythmie complète par fibrillation auriculaire (ACFA). La figure 3 montre l'insuffisance aortique mal ou non entendue au stéthoscope acoustique, y compris par certains cliniciens des plus aguerris, mais visualisée à l'aide de notre prototype de stéthoscope « intelligent ».

Les prototypes de stéthoscope utilisés pour la collecte des sons sont issus des travaux menés dans le cadre du projet ASAP, cité plus haut, et de travaux propres à la Société INFRAL (<http://infral.fr/>). Il s'agit de stéthoscope communiquant par *bluetooth* avec des PC, PDA, smartphone, etc. et « intelligent ». Il convient d'insister ici sur le fait que ces prototypes ne filtrent pas les sons à la source et se caractérisent par une large bande passante allant de 20 Hz jusqu'à plus de 4000 Hz (différences majeures par rapport aux stéthoscopes du marché). Les logiciels de visualisation des signaux sont directement issus du projet ASAP. Le matériel électronique incluait d'autre part un PC Toshiba Satellite, ainsi qu'un vidéo projecteur SONY et des enceintes Hercules.

Résultats

Caractéristiques des sujets inclus

Trente étudiants en stage hospitalier dans les services de médecine de la Clinique médicale B et/ou du Nouvel hôpital civil (NHC) du Centre hospitalier régional et universitaire de Strasbourg, ont été inclus dans ce travail entre juin 2006 et décembre 2010. Dix autres étudiants n'ont pas souhaité participer. Un étudiant n'a pas participé au protocole jusqu'à son terme et a été exclu de ce travail et de l'analyse. Parmi les

Fig. 3. Insuffisance aortique (indiquée par les flèches blanches) non entendue au stéthoscope acoustique mais visualisée à l'aide de notre prototype de stéthoscope intelligent et confirmée par échocardiographie (figure issue du projet de recherche ASAP [équipe du Professeur E. Andrès et du Docteur C. Brandt pour le CHRU de Strasbourg], convention ANR n° 2006 TLOG 21 04).

étudiants inclus, il y avait 20 femmes. L'âge médian de ces étudiants était de 22,87 ans (extrêmes de 21 à 25). On dénombrait parmi les étudiants inclus, respectivement : 10 étudiants en deuxième année du deuxième cycle des études médicales (DCEM2)

– 33 % –, 14 étudiants en troisième année du deuxième cycle des études médicales (DCEM3) – 47 % – et six étudiants en quatrième et dernière année du deuxième cycle des études médicales (DCEM4) – 20 %.

Tableau I. Pourcentages (%) de « bons » diagnostics avant toute procédure pédagogique et sans outil de visualisation des signaux auscultatoires (J0).

	Totalité des étudiants (n = 30)	2 ^e année de DCEM (n = 10)	3 ^e année de DCEM (n = 14)	4 ^e année de DCEM (n = 6)
% de « bons » diagnostics pour la totalité des sons (n = 10)	45 % (136)	40 % (40)	43 % (60)	60 % (36)
% de « bons » diagnostics pour les sons ou bruits respiratoires (n = 5):	51 % (76)	42 % (21)	50 % (35)	67 % (20)
auscultation pulmonaire normale	60 % (18)	60 % (6)	57 % (8)	67 % (4)
sous crépitants (bronchite chronique)	50 % (15)	40 % (4)	50 % (7)	67 % (4)
crépitants (pneumopathie interstitielle)	40 % (12)	30 % (3)	43 % (6)	50 % (3)
sibilants (crise d'asthme)	57 % (17)	40 % (4)	57 % (8)	83 % (5)
stridor (cancer du poumon)	47 % (14)	40 % (4)	43 % (6)	67 % (4)
% de « bons » diagnostics pour les sons ou bruits cardiaques (n = 5) :	40 % (60)	38 % (19)	36 % (25)	53 % (16)
auscultation cardiaque normale	60 % (18)	60 % (6)	57 % (8)	67 % (4)
souffle de rétrécissement aortique serré	43 % (13)	40 % (4)	36 % (5)	67 % (4)
souffle d'insuffisance aortique minime	23 % (7)	20 % (2)	20 % (3)	33 % (2)
souffle de rétrécissement mitral	30 % (9)	30 % (3)	21 % (4)	33 % (2)
auscultation cardiaque lors d'une ACFA	43 % (13)	40 % (4)	36 % (5)	67 % (4)

DCEM : Deuxième Cycle des Études Médicales.

Résultats avant toute intervention pédagogique et à l'aide de l'auscultation acoustique

Le tableau I rapporte les résultats obtenus à J0 par les étudiants, avant toute intervention pédagogique et avec les éléments de l'auscultation acoustique (uniquement du son, pas de support visuel), pour le diagnostic des sons ou bruits auscultatoires suivant le type de sons respiratoires ou cardiaques et l'année d'étude. L'analyse de ce tableau fait apparaître 45 % de bons diagnostics pour la totalité des étudiants, avec des chiffres de 40 % pour les étudiants en DCEM2, 43 % pour les étudiants en DCEM3 et 60 % pour les étudiants en DCEM4. Pour les sons respiratoires et cardiaques, on observe respectivement 51 % et 40 % de diagnostics exacts, avec la même tendance à l'amélioration des chiffres avec l'avancée des étudiants dans le cursus universitaire.

Résultats après l'intervention pédagogique et apport des nouveaux outils de visualisation du signal au diagnostic

Le tableau II donne les résultats obtenus à J28 par les étudiants, après les deux séances de travaux dirigés de J5 et J7 (« action pédagogique ») et avec les nouveaux outils de visualisation du signal, pour le diagnostic des sons auscultatoires suivant le type de sons respiratoires ou cardiaques et l'année d'étude. L'analyse de ce tableau fait apparaître 64 % et 80 % de bons diagnostics pour la totalité des étudiants, respectivement sans et avec les outils de visualisation des signaux auscultatoires. Pour les sons respiratoires, on observe respectivement 61 % et 70 % de diagnostics exacts, sans et avec les outils de visualisation et pour les bruits cardiaques, 66 % et 89 %. Ici également, on observe aussi une tendance à l'amélioration des résultats avec

Tableau II. Pourcentage de « bons » diagnostics après la procédure pédagogique, sans et avec les outils de visualisation des signaux auscultatoires (J28).

	Totalité des étudiants (n = 30)		2 ^e année de DCEM (n = 10)		3 ^e année de DCEM (n = 14)		4 ^e année de DCEM (n = 6)	
	Sans les outils de visualisation	Avec les outils de visualisation	Sans les outils de visualisation	Avec les outils de visualisation	Sans les outils de visualisation	Avec les outils de visualisation	Sans les outils de visualisation	Avec les outils de visualisation
% de « bons » diagnostics pour la totalité des sons (n = 10)	64 % (191)	80 % (239)	55 % (55)	84 % (84)	53 % (74)	76 % (107)	68 % (41)	87 % (52)
% de « bons » diagnostics pour les sons ou bruits respiratoires (n = 5):	61 % (92)	70 % (105)	64 % (32)	80 % (40)	54 % (38)	61 % (43)	73 % (22)	73 % (22)
- auscultation pulmonaire normale	57 % (17)	63 % (19)	60 % (6)	70 % (7)	50 % (7)	64 % (9)	67 % (4)	50 % (3)
- sous crépitants (bronchite chronique)	57 % (17)	60 % (18)	60 % (6)	70 % (7)	50 % (7)	50 % (7)	67 % (4)	67 % (4)
- crépitants (pneumopathie interstitielle)	53 % (16)	70 % (21)	50 % (5)	90 % (9)	50 % (7)	57 % (8)	67 % (4)	67 % (4)
- sibilants (crise d'asthme)	70 % (21)	83 % (25)	80 % (8)	100 % (10)	57 % (8)	64 % (9)	83 % (5)	100 % (6)
- stridor (cancer du poumon)	70 % (21)	73 % (22)	70 % (7)	70 % (7)	64 % (9)	71 % (10)	83 % (5)	83 % (5)
% de « bons » diagnostics pour les sons ou bruits cardiaques (n = 5) :	66 % (99)	89 % (134)	46 % (23)	88 % (44)	51 % (36)	91 % (64)	63 % (19)	87 % (30)
- auscultation cardiaque normale	73 % (22)	93 % (28)	70 % (7)	90 % (9)	79 % (11)	93 % (13)	67 % (4)	100 % (6)
- souffle de rétrécissement aortique serré	60 % (18)	100 % (30)	50 % (5)	100 % (10)	57 % (8)	100 % (14)	83 % (5)	100 % (6)
- souffle d'insuffisance aortique minime	30 % (30)	70 % (21)	20 % (2)	70 % (7)	29 % (4)	79 % (11)	50 % (3)	50 % (3)
- souffle de rétrécissement mitral	40 % (12)	87 % (26)	40 % (4)	90 % (9)	36 % (5)	86 % (12)	50 % (3)	83 % (5)
- auscultation cardiaque lors d'une ACFA	57 % (17)	97 % (29)	50 % (5)	90 % (9)	57 % (8)	100 % (14)	67 % (4)	100 % (6)

DCEM : Deuxième Cycle des Études Médicales. ACFA : arythmie complète par fibrillation auriculaire.

l'avancée des étudiants dans le cursus universitaire avec DCEM2, 56 % et 76 % pour les étudiants en DCEM3 et 68 % et 87 % pour les étudiants en DCEM4.

Le tableau III rapporte les données des comparaisons entre les résultats obtenus par les étudiants à J0, puis après les deux séances de travaux dirigés supports de l'action pédagogique, à J28, avec les outils de visualisation des signaux auscultatoires de type phono- et spectrogramme. Comme le montre ce tableau, les comparaisons sont statistiquement significatives

pour la totalité des sons et pour les sons cardiaques ($p < 0,01$ et $p < 0,009$) et à la limite de la significativité pour les sons pulmonaires ($p = 0,058$).

Pour ce qui concerne les différents bruits pulmonaires, le test Q de Cochran retrouve une différence significative entre les résultats à J0 et J28 sans et avec les outils de visualisation du signal auscultatoire pour les sibilants, les crépitants et le stridor (respectivement, $p = 0,001$, $p < 0,0001$ et $p = 0,006$) (par souci de concision et de clarté, le détail des résultats de cette analyse n'est pas présenté ici). Une différence

Tableau III. Comparaison des pourcentages (%) de « bons » diagnostics avant toute procédure pédagogique et sans outil de visualisation des signaux auscultatoires (J0) et après cette procédure, en présence des outils de visualisation de type phono- et spectrogramme (J28).

	J0	J28 Sans les outils de visualisation	J28 Avec les outils de visualisation	Comparaison des résultats entre J0 et J28 avec les outils
% de « bons » diagnostics pour la totalité des sons	45 % (136)	64 % (191)	80 % (239)	$p < 0,01$
% de « bons » diagnostics pour les sons ou bruits respiratoires	51 % (76)	61 % (92)	70 % (105)	$p = 0,058$
% de « bons » diagnostics pour les sons ou bruits cardiaques	40 % (60)	66 % (99)	89 % (134)	$p < 0,009$

significative est mise en évidence par ce test Q pour la totalité des bruits cardiaques entre J0, J28 sans et avec les outils de visualisation (avec des valeurs de p comprises entre 0,013 et 0,00001).

Discussion

Cette étude menée auprès d'étudiants du deuxième cycle des études médicales a permis d'objectiver un meilleur « rendement diagnostique » suite à la mise en œuvre d'une action pédagogique (transmission des connaissances et du savoir-faire) associée à l'utilisation d'outils de visualisation des signaux auscultatoires de type phono- et spectrogramme. En effet, comme l'illustre le tableau III, la comparaison des « bons » diagnostics montre une différence significative entre les résultats du départ et ceux obtenus après les deux séances pédagogiques sur la sémiologie et avec l'utilisation des outils de visualisation. Dans ce cadre, le taux de diagnostics corrects a atteint les 80 %, avec 70 % pour les sons respiratoires et 89 % pour les sons cardiaques. Les travaux de l'équipe de Vukanovic^[11] et de Sestini et al.^[3] vont dans le même sens en montrant qu'une association entre le signal acoustique et l'image est utile pour l'apprentissage et la compréhension des sons cardiaques et respiratoires par les étudiants en médecine.

Dans la présente étude, l'amélioration du diagnostic des étudiants est d'autant plus vraie qu'elle concerne la partie cardiologique (tableau III). Ce fait

n'est pas retrouvé pour les sons pulmonaires, l'effectif de notre étude n'étant peut-être pas suffisant. Les données concernant les bruits cardiaques sont bien documentées. Les étudiants ont ainsi pu bénéficier d'un enseignement, notamment de physiopathologie et de sémiologie qui les intègre et qui leur permet d'emblée d'associer dans leur analyse les données issues de leur audition et de leur sens visuel. Sur le plan respiratoire, il convient d'insister ici sur le fait que seuls quelques sons sont de nos jours bien identifiés et qualifiés sur le plan physique, parmi lesquels les sibilants et crépitants^[12,13]. L'apport des outils de visualisation du signal est de ce fait relativement pauvre sur le plan respiratoire puisque l'enseignement intègre relativement peu de données robustes et concerne peu de bruits respiratoires. Remarquons néanmoins que l'étude de Sestini et al. citée plus haut, il est vrai sur un beaucoup plus grand nombre d'étudiants, montre qu'une association entre le signal acoustique et l'image est utile pour l'apprentissage et la compréhension des sons respiratoires par les étudiants en médecine^[3].

Dans notre travail, la tendance à l'amélioration des diagnostics concerne toutes les années d'étude du deuxième cycle, soit des étudiants débutants (deuxième et troisième années) et des plus confirmés (quatrième et dernière année). Elle est visible dès la première évaluation, avec respectivement 40, 43 et 60 % de « bons » diagnostics (tableau I) et se confirme lors de la seconde évaluation, avec respectivement 84, 76 et 87 % de « bons » diagnostics avec

l'action pédagogique et les outils de visualisation des signaux auscultatoires (tableau II). Ce fait est à souligner car, comme l'ont démontré récemment plusieurs auteurs, les compétences diagnostiques ne s'améliorent plus après le troisième cycle des études médicales (qui correspond en France à la période de l'internat). Il semblerait même qu'elles déclinent après quelques années, ce qui aurait d'importantes implications sur la prise de décision médicale, la sécurité du patient, le contrôle de coûts et l'éducation médicale continue^[11].

À ce niveau, il nous semble important de souligner que les résultats discutés ci dessus reposent à la fois sur l'intervention pédagogique, en petit groupe et selon la méthodologie détaillée dans la partie « matériel et méthode », et sur l'utilisation d'un dispositif de représentation physique des sons. De ce fait, ils sont potentiellement attribuables à deux variables indépendantes. Ceci a deux conséquences importantes : on ne sait s'il faut attribuer les effets observés à l'une ou à l'autre de ces variables indépendantes car le protocole d'étude mis en œuvre ne permet pas cette distinction ; les apprentissages induits (en termes d'habilités sémiologiques) changent probablement de nature puisqu'il ne s'agit plus de reconnaître des sons acoustiques mais surtout leur transposition visuelle. Ce dernier point est éventuellement parfaitement légitime, si l'on considère que l'auscultation « à l'ancienne » est devenue aujourd'hui obsolète.

Le tableau III permet néanmoins d'approcher la part respective de ces deux variables. Les « bons résultats » sont en effet de 64 % à J28 avec l'action pédagogique seule contre 80 % à J28 avec cette dernière couplée à l'utilisation des outils de visualisation. Ainsi, il semble que les deux paramètres concourent à l'amélioration des résultats. Sur un plan conceptuel, il est de toute façon impossible de concevoir l'utilisation optimale des phono- et spectrogrammes sans une action pédagogique associée, au minimum explicative, puisque la sémiologie dérivée et/ou associée à ces supports n'est pas enseignée actuellement à la faculté. En effet, la sémiologie dispensée de nos jours repose encore sur celle de nos illustres anciens (Osler, Herbenden, Bichat, Babinski, ...)

Avant de conclure, remarquons que notre travail présente quelques faiblesses, notamment l'effectif

relativement réduit d'étudiants, qui a peut être altéré la significativité de quelques comparaisons, et la période relativement courte de l'étude (évaluation à J28), qui ne permet pas d'avoir une idée au long cours de l'impact de l'action pédagogique et des outils de visualisation des signaux auscultatoires sur le diagnostic des étudiants et futurs praticiens.

Il convient également de noter que seul les sons cardiaques et respiratoires les plus typiques ont été testés, de surcroît dans des conditions idéales (pas de bruits parasites, étudiants concentrés et motivés sur leur tâche et non distraits). L'apport des outils en condition réelle d'exercice reste donc à notre sens à valider^[14]. De plus, l'utilisation de cas issus d'un enregistrement d'une arythmie complète par fibrillation auriculaire (ACFA) – le caractère irrégulier devant ici avant tout orienter les étudiants – mais surtout d'une insuffisance aortique minime (comme montré sur la figure 3) peut être discutée, d'autant que cette dernière n'était pas perçue à l'auscultation acoustique par la majorité des praticiens, y compris les plus aguerris en dehors de certains cardiologues. Cela explique probablement pour une grande part les très faibles résultats obtenus pour cet item « insuffisance aortique ».

Enfin, remarquons un biais potentiel de répétition lié au schéma expérimental adopté dans ce travail, avec notamment l'utilisation des mêmes questions, néanmoins soumise à la sagacité des étudiants selon un ordre aléatoire, aboutissant potentiellement à un effet d'entraînement et de reconnaissance améliorant les résultats des épreuves de façon progressive. D'autre part, l'inclusion dans ce travail se faisant sur la base du volontariat, il est possible que les résultats observés ne concernent que les étudiants les plus motivés et que la généralisation de nos résultats nécessite d'autres travaux, s'appuyant notamment sur un effectif plus conséquent.

Conclusions

Face à la variabilité, à l'hétérogénéité et à la complexité des sons, la majorité des étudiants et futurs praticiens ne sont armés que de leur perception

auditive et de leur mémoire de sons pathologiques, critères nécessairement subjectifs. Leurs diagnostics sont uniquement basés sur l'expérience accumulée et relève davantage de l'intuition que d'une classification rigoureuse et systématique. La mise à disposition de nouvelles représentations des sons couplée à une action pédagogique structurée ouvre donc des perspectives intéressantes dans le cadre de l'enseignement mais également de l'aide au diagnostic. En leur offrant une perception visuelle de ces mêmes sons via diverses représentations temps-fréquences, les sciences et technologie de l'information et de la communication apportent aux médecins une nouvelle source d'information qu'il est possible de recouper avec l'information auditive.

Ainsi, alors que l'auscultation conventionnelle est subjective et difficilement partageable, la représentation des signaux auscultatoires s'appuyant sur la caractérisation des sons à travers des systèmes d'enregistrement et d'analyse, devrait apporter une meilleure sensibilité et spécificité aux résultats de l'auscultation.

Contributions

Emmanuel Andrès et Christian Brandt ont élaboré le protocole et la structuration de l'étude, la rédaction des supports pédagogiques, l'acquisition, la révision et le choix des sons et ils ont mis en œuvre l'étude. Emmanuel Andrès a effectué l'analyse statistique et rédigé le manuscrit. Christian Brandt a contribué à la version finale du manuscrit en effectuant une lecture critique et en formulant des commentaires et des suggestions d'amélioration.

Conflit d'intérêt

Emmanuel Andrès et Christian Brandt ont initié, conduit ou participé à de nombreux projets institutionnels dans le cadre de l'auscultation : STEAU, ASAP, PRI, MARS 500, E-PERION pour ne citer que

les principaux. Ils collaborent à ce jour avec la Société INFRAL à la mise au point d'un stéthoscope communicant et intelligent.

Références

1. Reichert S, Gass R, Andrès E. Analyse des sons auscultatoires pulmonaires. *ITBM-RBM* 2007;28:169-80.
2. Kompis M, Pasterkamp H, Wodicka GR. Acoustic imaging of the human chest. *Chest* 2001;120:1309-21.
3. Sestini P, Renzoni E, Rossi M, Beltrami V, Vagliasindi M. Multimedia presentation of lung sounds as learning aid for medical students. *Eur Respir J* 1995;8:783-8.
4. Andrès E, Brandt C, Gass R. De l'intérêt de caractériser les sons de l'auscultation pulmonaire à la création d'une école de l'auscultation. *Presse Med* 2008;37:925-7.
5. Myint WW, Dillard B. An electronic stethoscope with diagnosis capability. *Proceedings of the 33rd IEEE South-eastern Symposium on System Theory*; 2001:133-37.
6. Reichert S, Gass R, Brandt C, Andrès E. L'auscultation pulmonaire à l'ère de la médecine factuelle. *Rev Mal Respir* 2008;25:674-82.
7. Collège National de Cardiologie et de Maladies Vasculaires. Référentiel national de sémiologie cardiaque, 2009 [On-Line]. Disponible sur : <http://www.sfc cardio.fr/enseignement/cardiologues-en-formation/documents-de-travail/afc-afsa-polycopie-de-semiologie-cardiologique-2eme-cycle/>.
8. Andrès E, Brandt C, Gass R, Reichert S. Nouveaux développements dans le domaine de l'auscultation. *Rev Pneumol Clin* 2010;66:209-13.
9. Andrès E, Reichert S, Gass R, Brandt C. A French national research project to the creation of an auscultation's school: the ASAP project. *Eur J Intern Med* 2009;20:323-7.
10. Brandt C. Perspectives et apport du développement d'un stéthoscope communicant à l'ère de la télé-médecine, 2010 [On-line]. Disponible sur : <http://hux54:4080/declic/pages/drci/index.html>.
11. Vukanovic-Criley JM, Hovanesyan A, Ross Criley S, Ryan TJ, Plotnick G, Mankowitz K et al. Confidential Testing of Cardiac Examination Competency in

Cardiology and Noncardiology Faculty and Trainees: A Multicenter Study. Clin Cardiol 2010;33:738-45.

12. Sovijarvi AR, Malmberg LP, Charbonneau G, Vanderschoot J. Characteristics of breath sounds and adventitious respiratory sounds. Eur Respir Rev 2000;10:591-6.
13. Sovijarvi. A, Dalmaso, F. Vanderschoot J et al. Definition of terms for applications of respiratory sounds. Eur Respir Rev 2000;77:597-610.
14. Hung K., Luk BL, Choy WH, Tsa BI, Tso SK. Multi-function stethoscope for telemedicine. Medical Devices and Biosensors. 2nd IEEE/EMBS International Summer School on, 2004, pp. 87-89.

Correspondance et *offprints* : Emmanuel Andrès, Service de médecine interne, diabète et maladies métaboliques, Clinique médicale B, Hôpital civil, Hôpitaux universitaires de Strasbourg, CHRU de Strasbourg, 1 porte de l'Hôpital, 67091 Strasbourg Cedex, France. Mailto : emmanuel.andres@chru-strasbourg.fr