

Effets biologiques et innocuité de l'échographie obstétricale

La présente directive clinique a été rédigée et examinée par le comité sur l'imagerie diagnostique, et approuvée par le comité exécutif et le Conseil de la Société des obstétriciens et gynécologues du Canada.

AUTEURS PRINCIPAUX

Stephen Bly, PhD, Santé Canada, Bureau de la radioprotection, Ottawa (Ont.)

Michiel C. Van den Hof, MD, FRCSC, Halifax (N.-É.)

COMITÉ SUR L'IMAGERIE DIAGNOSTIQUE

Barbara Lewthwaite, MN, Winnipeg (Man.)

Robert Gagnon, MD, FRCSC, London (Ont.)

Lucie Morin, MD, FRCSC, Montréal (Québec)

Shia Salem, MD, FRCP, Association canadienne des radiologistes, Toronto ON

Résumé

Objectif : Analyser les effets biologiques et l'innocuité de l'échographie obstétricale.

Issue : Décrire les circonstances dans le cadre desquelles la sûreté peut devenir une source de préoccupation en matière d'échographie obstétricale.

Preuves : Des recherches ont été menées dans Medline; de plus, une analyse d'un document publié par Santé Canada sur ce sujet et des bibliographies issues des articles identifiés a été menée.

Valeurs : Analyse menée par les auteurs principaux et le comité sur l'imagerie diagnostique de la SOGC. La qualité des résultats a été évaluée en fonction des critères décrits dans le rapport du Groupe d'étude canadien sur l'examen médical périodique.

Avantages, désavantages et coûts : L'échographie obstétricale ne devrait être utilisée que pour des raisons médicales; de plus, l'exposition devrait être maintenue au niveau le plus bas que l'on peut raisonnablement atteindre (*as low as reasonably achievable* = ALARA) en raison du potentiel d'échauffement des tissus. Des degrés d'énergie supérieurs représentent une préoccupation particulière en ce qui concerne le Doppler pulsé, le Doppler couleur, l'échographie effectuée au cours du premier trimestre par

un trajet transvésical long (> 5 cm), les examens effectués au cours du deuxième ou du troisième trimestre lorsque des os se trouvent dans la zone focale, ainsi que lorsque l'on examine des tissus ne présentant qu'une irrigation sanguine minimale (tissus embryonnaires) ou des patientes fébriles. Les opérateurs peuvent minimiser les risques en limitant le temps d'immobilisation, en limitant l'exposition des structures critiques et en respectant les renseignements sur l'exposition qui sont générés par le matériel.

Recommandations

1. L'échographie obstétricale ne devrait être utilisée que lorsque les avantages médicaux potentiels l'emportent sur les risques théoriques ou potentiels. (II-2A)
2. L'échographie obstétricale ne devrait pas être utilisée à des fins non médicales ou commerciales (telles que la détermination du sexe, ainsi que la photographie et l'enregistrement vidéo non médicaux). (III-B)
3. L'exposition aux ultrasons doit être maintenue au niveau le plus bas que l'on peut raisonnablement atteindre (ALARA) en raison du potentiel d'échauffement des tissus lorsque l'indice thermique dépasse 1. L'exposition peut être réduite en limitant les émissions et/ou la durée pendant laquelle le faisceau est dirigé vers un endroit particulier (temps d'immobilisation). (II-1A)
4. Tous les appareils d'échographie diagnostique devraient respecter les normes en matière d'affichage des émissions (MI et TI). (III-B)
5. Lorsque l'on procède à l'échographie obstétricale à des fins de recherche ou de formation, les personnes exposées devraient être avisées du fait que le TI ou le MI dépasse la valeur 1, le cas échéant, et de la façon dont cette exposition se compare à celle que l'on constate dans le cadre de la pratique diagnostique normale. (III-B)
6. Le Doppler et le Doppler couleur ne devraient pas être utilisés aux fins de l'imagerie du fœtus pendant le premier trimestre. (III-B)

J Obstet Gynaecol Can, vol. 27, n° 6, 2005, p. 576-580

CONTEXTE

Bien qu'aucun effet biologique indésirable avéré n'ait été associé à l'échographie obstétricale diagnostique, il ne faut pas perdre de vue la possibilité d'un risque n'ayant pas encore été identifié. Les recherches épidémiologiques sur l'innocuité de l'échographie sont limitées. Il est difficile de mener des études randomisées prospectives, et ce, en rai-

Mots clés : Safety, bioeffects, ultrasound, obstetric, fetal, thermal index

Les directives cliniques font état des percées récentes et des progrès cliniques et scientifiques à la date de publication de celles-ci et peuvent faire l'objet de modifications. Il ne faut pas interpréter l'information qui y figure comme l'imposition d'un mode de traitement exclusif à suivre. Un établissement hospitalier est libre de dicter des modifications à apporter à ces opinions. En l'occurrence, il faut qu'il y ait documentation à l'appui de cet établissement. Aucune partie de ce document ne peut être reproduite sans une permission écrite de la SOGC.

Tableau 1 Critères d'évaluation des résultats et classification des recommandations

Niveaux des résultats*	Catégories de recommandations†
I: Résultats obtenus dans le cadre d'au moins un essai comparatif convenablement randomisé.	A. On dispose de données suffisantes pour appuyer la recommandation selon laquelle il faudrait s'intéresser expressément à cette affection dans le cadre d'un examen médical périodique.
II-1: Résultats obtenus dans le cadre d'essais comparatifs non randomisés bien conçus.	B. On dispose de données acceptables pour appuyer la recommandation selon laquelle il faudrait s'intéresser expressément à cette affection dans le cadre d'un examen médical périodique.
II-2: Résultats obtenus dans le cadre d'études de cohortes (prospectives ou rétrospectives) ou d'études analytiques cas-témoins bien conçues, réalisées de préférence dans plus d'un centre ou par plus d'un groupe de recherche.	C. On dispose de données insuffisantes pour appuyer l'inclusion ou l'exclusion de cette affection dans le cadre d'un examen médical périodique, mais les recommandations peuvent reposer sur d'autres fondements.
II-3: Résultats découlant de comparaisons entre différents moments ou différents lieux, ou selon qu'on a ou non recours à une intervention. Des résultats de première importance obtenus dans le cadre d'études non comparatives (par exemple, les résultats du traitement à la pénicilline, dans les années 1940) pourraient en outre figurer dans cette catégorie.	D. On dispose de données acceptables pour appuyer la recommandation de ne pas s'intéresser à cette affection dans le cadre d'un examen médical périodique.
III: Opinions exprimées par des sommités dans le domaine, fondées sur l'expérience clinique, études descriptives ou rapports de comités d'experts.	E. On dispose de données suffisantes pour appuyer la recommandation de ne pas s'intéresser à cette affection dans le cadre d'un examen médical périodique.

*La qualité des résultats signalés dans les présentes directives cliniques a été établie conformément aux critères d'évaluation des résultats présentés dans le Rapport du groupe de travail canadien sur l'examen médical périodique²².

†Les recommandations que comprennent les présentes directives cliniques ont été classées conformément à la méthode de classification décrite dans le Rapport du groupe de travail canadien sur l'examen médical périodique²².

son de la grande prévalence de l'exécution systématique d'une échographie; même lorsque l'échographie ne doit, en vertu du protocole d'étude, être effectuée que selon des indications cliniques particulières, la plupart des fœtus des groupes témoins y auront tout de même été exposés¹. Parmi les effets indésirables néonataux / pédiatriques qui ont déjà fait l'objet d'études, on trouve les tumeurs malignes de l'enfance, la dyslexie, le retard de langage et l'insuffisance de poids à la naissance. Aucune association n'a été constatée en ce qui concerne les tumeurs malignes de l'enfance. De plus, les analyses documentaires et les études subséquentes^{2,3} ont indiqué des défauts de conception et des résultats contradictoires pour ce qui est des rapports sur les autres critères d'évaluation. Toutefois, une association entre la non-dextralité et l'exposition prénatale aux ultrasons a été signalée par deux études randomisées⁴; plus récemment, une telle association (concernant, cette fois, la senestralité) a été constatée dans le cadre d'une étude de cohorte⁵. Cette association statistique n'a été constatée que chez les hommes, n'a pas été liée à un déficit neurologique et nécessite une exploration approfondie.

L'échographie obstétricale s'est méritée une certaine réputation en matière d'innocuité; cependant, la possibilité qu'elle engendre des effets subtils tels que la senestralité ou la non-dextralité ne peut être exclue. Qui plus est, la

question des effets biologiques s'avère particulièrement importante puisque l'imagerie est utilisée de plus en plus souvent au cours d'une période gestationnelle précoce (pendant laquelle la vulnérabilité du fœtus est accrue) et puisque les émissions acoustiques du matériel utilisé à des fins obstétricales semblent être à la hausse⁶. Voilà pourquoi l'on ne devrait avoir recours à l'échographie obstétricale que pour des raisons médicales. L'exposition est limitée par l'utilisation du réglage le plus faible (en matière d'émissions) permettant le maintien de la qualité de l'image, ainsi que par la minimisation du temps d'exposition^{7,8}. Des systèmes expérimentaux laissent entendre que les effets biologiques des ultrasons peuvent être attribuables à des mécanismes tant thermiques que mécaniques^{3,9}.

Les niveaux de résultats et les catégories de recommandations ont été adaptés de ceux du rapport du Groupe de travail canadien sur l'examen de santé périodique (Tableau 1)²².

EFFETS THERMIQUES

Le principal potentiel d'effets biologiques indésirables associé à l'échographie obstétricale semble mettre en jeu l'échauffement des tissus par absorption de l'énergie du faisceau ultrasonore (effet thermique)⁹. De nombreuses publications se sont penchées sur les séquelles indésirables de l'échauffement ultrasonore constatées dans le cadre

d'études chez les animaux. Les études embryonnaires et fœtales menées chez les animaux indiquent ce qui suit¹⁰ : (1) Lorsque l'échauffement ultrasonore *in situ* produit une élévation de température < 1,5 °C au-dessus des niveaux physiologiques normaux, il semble n'y avoir aucune séquelle nocive; (2) en présence d'élévations de température accrues, la probabilité de constater des effets nocifs connaît une hausse proportionnelle à celles de la durée de l'exposition et du degré d'élévation de la température *in situ* des tissus embryonnaires ou fœtaux; et (3) il existe une relation inverse entre l'élévation de température et le temps d'exposition requis pour engendrer un risque potentiel attribuable à des facteurs thermiques (Tableau 2).

INDICE THERMIQUE

L'indice thermique (TI) est une estimation de l'élévation maximale de température qui pourrait survenir dans un tissu chauffé par des ultrasons au cours d'un examen échographique⁸. Cet indice peut être utilisé conjointement avec le Tableau 2 et les déclarations sommaires 2 à 10 (ci-dessous) pour évaluer le risque thermique potentiel pour le fœtus. Ce TI est un paramètre sans dimension qui est calculé à partir de modèles d'échauffement des tissus standard issus de situations cliniques et de propriétés directement mesurables du champ ultrasonore déterminées dans l'eau dans des conditions standard. L'indice thermique est adapté à la situation au moyen de la modification des réglages contrôlés par l'utilisateur et est calculé de façon à être directement proportionnel au potentiel d'échauffement. Cela est important puisqu'il est impossible de suivre l'évolution de l'élévation réelle de la température au cours des examens cliniques. Depuis 1993, les appareils d'échographie sont dotés d'un dispositif d'affichage des émissions en ce qui concerne les risques thermiques et mécaniques, lequel devrait être visible lorsque l'un ou l'autre des indices est supérieur à un.

L'utilisateur peut choisir parmi trois catégories de TI : tissus mous (TIS), osseux (TIB) et crânien (TIC)¹¹.

L'indice TIS est applicable à la plupart des examens obstétricaux, dans le cadre desquels le trajet du faisceau ultrasonore traverse essentiellement des tissus mous homogènes ou des fluides. L'indice TIB est applicable à certains examens menés au cours du deuxième et du troisième trimestre, dans le cadre desquels les os fœtaux se trouvent dans la zone focale. L'indice TIC, utilisé pour les examens dans le cadre desquels l'os se trouve extrêmement près de la surface du transducteur, n'est habituellement pas applicable à l'échographie obstétricale. Diverses études soutiennent l'utilisation de ces trois types d'indices thermiques¹²⁻¹⁶. Dans le cas des moniteurs électroniques de la fréquence cardiaque fœtale, l'effet thermique maximal est

Tableau 2 Durée d'exposition requise pour créer un danger thermique potentiel lorsque la température embryonnaire / fœtale dépasse 37 °C

Degrés au-dessus de la normale (37 °C)	Durée d'exposition (en minutes)
2	60
3	15
4	4
5	1
6	0,25

Ces valeurs⁸ représentent un compromis entre les conclusions du *National Council on Radiation Protection*³ et celles de la *World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology*¹⁰.

assez faible pour ne pas nécessiter l'application d'une norme en matière d'affichage des émissions; de plus, l'échauffement ne constitue pas dans ce cas une préoccupation, et ce, même en présence d'une exposition prolongée¹⁷.

EFFETS MÉCANIQUES

Les effets mécaniques sont attribuables à la force de rayonnement, à l'effet de canalisation et à la cavitation³. On a constaté des effets mécaniques à des niveaux d'exposition diagnostique dans des tissus constituant des cavités stables contenant un gaz (poumons, intestins) ou à la suite de l'utilisation d'agents de contraste gazeux³. L'indice mécanique est une estimation du risque d'hémorragie des capillaires pulmonaires prenant en considération les conditions de fonctionnement¹¹. À moins que l'on ait estimé que les avantages attendus d'une exposition accrue l'emportent sur les risques prévisibles, la valeur de l'indice devrait être maintenue en deçà de 1 pendant l'examen de tissus présentant des risques⁹. Il est peu probable que des effets mécaniques surviennent dans le cadre de l'échographie obstétricale, et ce, en raison de l'absence de cavités contenant un gaz et de la non-utilisation d'agents de contraste; ainsi, dans ce contexte, l'indice mécanique perd de son importance. Cependant, des effets mécaniques attribuables à la pression de rayonnement ont été démontrés dans le cadre d'études préliminaires portant sur l'utilisation d'un Doppler obstétrical sur des modèles physiques¹⁸ et le fœtus¹⁹. Puisque cet outil d'imagerie génère des intensités et des indices thermiques plus élevés que l'imagerie en mode B présentant des indices mécaniques semblables, les effets biologiques potentiels pourraient être tant mécaniques que thermiques¹⁷. Puisque l'on considère que le cerveau fœtal précoce présente une sensibilité accrue, l'utilisation du Doppler devrait être évitée aux premiers stades de la grossesse.

CONCLUSION

Depuis l'entrée en vigueur des normes en matière d'affichage des émissions, une certaine inquiétude plane quant à la conception d'un nombre grandissant d'appareils générant des intensités qui approchent maintenant les limites de l'innocuité²⁰. Bien que les indices thermiques puissent parfois dépasser 1 dans le cas des appareils d'échographie standard 2-D utilisant le mode B en temps réel, les intensités accrues constituent une préoccupation particulière en ce qui concerne le Doppler pulsé, le Doppler couleur et l'échographie effectuée au cours du premier trimestre par un trajet transvésical long (> 5 cm)^{6,9,20,21}. Des préoccupations ont également été exprimées quant à l'examen de tissus ne présentant qu'une irrigation sanguine minimale (tissus embryonnaires) ou de patientes fébriles. De même, il est possible que les sondes transvaginales appliquent de la chaleur directe supplémentaire aux tissus adjacents¹¹. Dans de telles circonstances, les opérateurs doivent particulièrement s'assurer de limiter le temps d'immobilisation, de limiter l'exposition des structures critiques et de respecter rigoureusement les renseignements sur l'exposition qui sont générés par le matériel.

Le risque théorique de voir apparaître un effet biologique indésirable, même dans le cas d'une échographie obstétricale standard 2-D, en rend l'utilisation à des fins non médicales ou commerciales (telles que la détermination du sexe, ainsi que la photographie et l'enregistrement vidéo non médicaux) difficile à justifier. Lorsque l'on procède à l'échographie obstétricale à des fins de recherche ou de formation, les personnes exposées devraient être avisées du fait que le TI ou le MI dépasse la valeur 1, le cas échéant, et de la façon dont cette exposition se compare à celle que l'on constate dans le cadre de la pratique diagnostique normale⁸.

Déclarations sommaires

1. Les effets mécaniques des ultrasons sont moindres en l'absence de cavités contenant un gaz, comme dans le cas de l'échographie obstétricale (contrôlés au moyen de l'indice mécanique [MI]).
2. Les effets thermiques constituent une préoccupation particulière en matière d'échographie obstétricale effectuée au cours du premier trimestre à l'aide d'un Doppler ou d'un Doppler couleur (contrôlés au moyen de l'indice thermique [TI]).
3. En raison des différences entre les tissus, trois indices thermiques distincts ont été établis (tissus mous ou TIS; osseux ou TIB; et crânien ou TIC). Le TIS et le TIB peuvent s'avérer pertinents en matière d'échographie obstétricale; de plus, l'indice approprié devrait être utilisé pour effectuer le suivi de la situation. Le TIB devrait être utilisé lorsque des os se trouvent dans la zone focale.

4. Les effets thermiques de l'exposition à des ultrasons peuvent être accrues en ce qui concerne les examens de tissus ne présentant qu'une irrigation sanguine minimale ou de patientes fébriles.

5. L'échographie diagnostique qui génère une élévation de température *in situ* maximale de 1,5 °C au-dessus des niveaux physiologiques normaux peut être considérée comme ne produisant pas de dommages thermiques. Cela se traduit habituellement par un TI inférieur à 1,5.

6. Il existe une relation inverse entre l'élévation de température *in situ* des tissus embryonnaires ou fœtaux et le temps d'exposition requis pour engendrer un risque potentiel attribuable à des facteurs thermiques.

7. La prolongation de l'élévation de température entraîne une hausse du risque d'effets indésirables lorsque l'élévation de température absolue est supérieure à 1,5 °C. Cela se traduit habituellement par un TI supérieur à 1,5.

8. Dans le cas d'une échographie transabdominale effectuée au cours du premier trimestre par un trajet transvésical > 5 cm, certains résultats indiquent que l'élévation de température maximale peut s'avérer de deux à trois fois supérieure à celle qui est affichée par le TIS (le maximum étant habituellement de 2 °C). Dans de telles circonstances, il est particulièrement important de ne pas prolonger le temps d'immobilisation.

9. Dans le cas de l'échographie transvaginale, il est possible que la sonde applique directement de la chaleur supplémentaire aux tissus adjacents.

10. Le monitoring de la fréquence cardiaque fœtale fait appel à des intensités si faibles qu'il n'entraîne aucune préoccupation d'ordre thermique, et ce, même lorsqu'il est effectué pendant des périodes prolongées.

11. Les appareils d'échographie devraient afficher un MI ou un TI, lorsque l'un ou l'autre de ces indices est supérieur à 1.

Recommandations

1. L'échographie obstétricale ne devrait être utilisée que lorsque les avantages médicaux potentiels l'emportent sur les risques théoriques ou potentiels. (II-2A)
2. L'échographie obstétricale ne devrait pas être utilisée à des fins non médicales ou commerciales (telles que la détermination du sexe, ainsi que la photographie et l'enregistrement vidéo non médicaux). (III-B)
3. L'exposition aux ultrasons doit être maintenue au niveau le plus bas que l'on peut raisonnablement atteindre (ALARA) en raison du potentiel d'échauffement des tissus lorsque l'indice thermique dépasse 1. L'exposition peut être réduite en limitant les émissions et/ou la durée pendant laquelle le faisceau est dirigé vers un endroit particulier (temps d'immobilisation). (II-1A)

4. Tous les appareils d'échographie diagnostique devraient respecter les normes en matière d'affichage des émissions (MI et TI). (III-B)

5. Lorsque l'on procède à l'échographie obstétricale à des fins de recherche ou de formation, les personnes exposées devraient être avisées du fait que le TI ou le MI dépasse la valeur 1, le cas échéant, et de la façon dont cette exposition se compare à celle que l'on constate dans le cadre de la pratique diagnostique normale. (III-B)

6. Le Doppler et le Doppler couleur ne devraient pas être utilisés aux fins de l'imagerie du fœtus pendant le premier trimestre. (III-B)

RÉFÉRENCES

1. Neilson JP. « Ultrasound for fetal assessment in early pregnancy (Cochrane Review) », dans : *The Cochrane Library*, numéro 2, 2002, Oxford : Update Software.
2. Salveson KA, Eik-Nes SH. « Is ultrasound unsound? A review of epidemiological studies of human exposure to ultrasound », *Ultrasound Obstet Gynecol*, vol. 6, n° 4, 1995, p. 293-8.
3. *National Council on Radiation Protection and Measurements Exposure Criteria for Medical Diagnostic Ultrasound: II Criteria Based on All Known Mechanisms*, [rapport NCRP n° 140], 2002.
4. Salveson K and Eik-Nes 1999. « Ultrasound during pregnancy and subsequent childhood non-right handedness - a meta-analysis », *Ultrasound Obstet Gynecol*, vol. 13, n° 4, 1999, p. 241-6.
5. Kieler H, Cnattingius S, Haglund B, Palmgren J, Axelsson O. « Sinistrality - a side effect of prenatal sonography: a comparative study of young men », *Epidemiology*, vol. 12, 2001, p. 618-23.
6. Whittingham TA. « The acoustic output of diagnostic machines », dans : ter Haar GR, Duck FA, éditeurs. *Safe use of ultrasound in medical diagnosis* [chapitre 3], London : British Institute of Radiology, 2000, p. 16-31.
7. American Institute of Ultrasound in Medicine (AIUM). *Medical Ultrasound Safety*, Rockville (MD) : AIUM Publications, 1994.
8. *Principes d'utilisation des ultrasons à des fins diagnostiques*, Santé Canada, 2001, n° de cat. 46-2/01-255E/F. Disponible au : www.hc-sc.gc.ca.
9. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). *Exposure criteria for medical diagnostic ultrasound: I. Criteria based on thermal mechanisms*, Bethesda (MD) : NCRP, 1992.
10. World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology (WFUMB). « Symposium on Safety of Ultrasound in Medicine. Conclusions and recommendations on thermal and non-thermal mechanisms for biological effects of ultrasound », Barnett SB (éd.), *Ultrasound Med Biol*, vol. 24, suppl. 1, 1998.
11. American Institute of Ultrasound in Medicine/National Electrical Manufacturers Association (AIUM/NEMA). *Standards for real-time display of thermal and mechanical acoustic output indices on diagnostic ultrasound equipment. Rev 1*, Laurel (MD) : AIUM Publications, 1998.
12. Duggan PM, Liggins GC, Barnett SB. « Ultrasonic heating of the brain of the fetal sheep in utero », *Ultrasound Med and Biol*, vol. 21, 1995, p. 553-60.
13. Ramnarine KV, Nassiri DK, Pearce JM, Joseph AEA, Patel RH, Varma TR. « Estimation of in-situ ultrasound exposure during obstetric examinations », *Ultrasound Med Biol*, vol. 19, 1993, p. 319-29.
14. Siddiqi TA, O'Brien WD, Meyer RA, Sullivan JM, Miodovnik M. « In-situ human obstetrical ultrasound dosimetry: estimates of derating factors for each of three different tissue models », *Ultrasound Med & Biol*, vol. 21, 1995, p. 379-91.
15. Bosward KL, Barentt SB, Wood AKW, Edwards MJ, Kossoff G. « Heating of guinea-pig fetal brain during exposure to pulsed ultrasound », *Ultrasound Med Biol*, vol. 19, 1993, p. 415-24.
16. Horder MM, Barnett SB, Gilbert JV, Edwards MJ, Wood AKW. « In vivo heating of the guinea-pig fetal brain by pulsed ultrasound and estimates of thermal index », *Ultrasound in Med & Biol*, vol. 24, 1998, p. 1467-74.
17. US Food and Drug Administration (FDA). *Information for manufacturers seeking marketing clearance of diagnostic ultrasound systems and transducers*, Rockville (MD) : FDA, 1997.
18. Bronshtein M, Zimmer EZ. « In vitro demonstration of the radiation pressure effect caused by obstetric Doppler », *Ultrasound Obstet Gynecol*, vol. 14, n° 4, 1999, p. 290-1.
19. Fatemi M, Ogburn PL, Greenleaf JF. « Fetal stimulation by pulsed diagnostic ultrasound », *J Ultrasound Med*, vol. 20, n° 8, 2001, p. 883-9.
20. Henderson J, Willson K, Jago JR, Whittingham T. « A survey of the acoustic outputs of diagnostic ultrasound equipment in current clinical use », *Ultrasound Med Biol*, vol. 21, 1995, p. 699-705.
21. Whittingham TA. « Estimated fetal cerebral ultrasound exposures from clinical examinations », *Ultrasound Med Biol*, vol. 27, 2001, p. 877-82.
22. Woolf SH, Battista RN, Angerson GM, Logan AG, Eel W. *Groupe d'étude canadien sur l'examen médical périodique*, Ottawa (Ont.), Groupe Communication Canada Inc., 1994, p. xxxvii.