



# Le contrôle qualité des biométries fœtales

## Introduction

Le domaine de la santé connaît depuis quelques années des mutations profondes, la préoccupation constante de délivrer des soins de qualité tout en maîtrisant l'évolution des dépenses. Ces objectifs passent par la promotion et la généralisation d'une Démarche Qualité s'inscrivant dans une politique de santé publique, qui seule peut structurer la nécessaire rationalisation des soins. Il s'agit de la mise en œuvre concrète sur le terrain de la méthode plan-do-study-act (PDSA) [1] (Grade A). Plus de quatre millions d'actes d'échographie prénatale sont réalisés chaque année en France, pour un effectif de 820 000 naissances, soit 4,98 échographies par naissance par plus de 4000 échographistes [2] (NP 3).

Dans cet ensemble, la plus grande part de l'activité est constitué d'actes de dépistage. Ces actes sont considérés comme le socle essentiel du diagnostic prénatal. Intervenant en première ligne, le plus souvent sans élément clinique ou anamnestique éclairant, ils constituent la porte d'entrée incontournable vers une prise en charge adaptée. Il s'agit d'identifier les fœtus à risque au sein d'une population globalement bien portante. Dans une optique évidente de Santé publique, on comprend bien la nécessité que ces actes soient effectués selon des critères de qualité minimum, afin d'éviter des inquiétudes, des frais et des examens complémentaires excessifs sur des fœtus bien portants, sans omettre de dépister ceux qui les nécessitent. Du fait du grand nombre d'acteurs intervenant dans la surveillance prénatale, une normalisation des modalités d'examen, des références utilisées et de présentation des résultats semble également nécessaire afin que chaque résultat puisse être interprété partout de la même façon. Enfin pour les échographistes eux-mêmes qui pratiquent chacun un très grand nombre d'actes, des moyens permettant d'évaluer leur pratique quotidienne semblent nécessaires. Un tel niveau de soins requiert la mise en place de systèmes de contrôle de qualité adéquats, reproductibles, facilement généralisables et

automatisables permettant d'assurer aux soignants comme aux soignés une garantie de la qualité des actes effectués. (Grade A)

L'échographie obstétricale de dépistage repose en grande partie sur la prise de mesures biométriques. Les biométries sont effectuées sur des coupes échographiques maintenant standardisées dont le respect des critères va influencer la qualité de la mesure elle-même. Ces repères anatomiques simples sont par ailleurs la base de l'étude morphologique fœtale détaillée. Contrairement à la mesure de la clarté nucale, les conséquences d'un nombre incontrôlé de fœtus étiquetés comme ayant des biométries anormales ou inhabituelles sont difficiles à évaluer en raison du délai souvent important entre la prise de mesure, l'observation objective à la naissance et l'absence de recueil systématique des données. Une distribution inhabituelle des mesures, qu'elle soit simplement décalée ou franchement anormale, mènera à un dépistage inadapté, peu efficace, cumulant faux négatifs et faux positifs avec pour conséquence des procédures et inquiétudes inutiles. Il est souhaitable que, comme cela est fait pour la clarté nucale, la distribution des mesures biométriques au deuxième et troisième trimestre, puisse être contrôlée [3]. Une évaluation incorrecte des mesures, qu'elle soit liée à l'utilisation de courbes de références inappropriées ou à une pratique médiocre, pouvant mener à une mauvaise prise en charge périnatale. Le contrôle de l'adéquation entre la distribution des mesures biométriques effectuées et la référence utilisée devrait constituer l'étape préliminaire à tout contrôle de qualité. Les outils informatiques nécessaires existent et il convient de faciliter leur diffusion auprès des professionnels qui doivent être encouragés à les utiliser.

## Matériel et méthodes

Les bases Medline, Embase et la Cochrane Library ont été interrogées, sur les 15 dernières années, sans restriction de langue, en utilisant une combinaison des termes Control quality, Fetal biometry, Ultrasonography, Prenatal, Curve or Chart. Certaines références, non sélectionnées par cette stratégie, mais associées à ces publications ou suggérées par des membres du groupe de travail ont été, par ailleurs, ajoutées. Les articles pertinents ont été utilisés pour établir ce texte de recommandations après discussion entre experts du groupe de travail.

## Contrôle qualité des biométries fœtales

La démonstration de l'efficacité de la mesure de la clarté nucale pour le dépistage des fœtus porteurs d'une trisomie 21 [10] (NP 2) a, sans doute, représenté une des avancées majeures de l'histoire du diagnostic prénatal. En effet, il devenait possible, par une mesure simple, de repérer les situations les plus à risque justifiant un prélèvement invasif, et par un

tel système de diagnostiquer la majorité des trisomies 21 à naître. Le contrôle de qualité a gagné ses lettres de noblesse au premier trimestre de la grossesse. Toutefois, une grande variation dans l'efficacité du dépistage a été observée entre les centres et/ou les professionnels de santé, démontrant que les conditions dans lesquelles la mesure est réalisée doivent être clairement définies et rigoureusement appliquées, en particulier en définissant une fenêtre d'âge gestationnel optimal et des procédures de contrôle de qualité afin de garantir l'efficacité globale du dépistage. Cette nécessité de contrôle de qualité a été clairement formulée dès 1997 par le Collège des obstétriciens anglais (Royal College of Obstetricians and Gynaecologists) [11] (Grade A).

Les avancées dans les méthodes de contrôle de qualité ont largement bénéficié des travaux effectués sur la mesure de la nuque fœtale [10-16] (NP 2) qui ont servi de modèle exemplaire.

## 1- Analyse qualitative des images de la longueur crânio-caudale (LCC) du 1er trimestre de la grossesse (fig. 1)

La datation de la grossesse repose sur la mesure crânio-caudale du fœtus au 1er trimestre. Le Collège Français d'Échographie Fœtale a publié un référentiel pour analyser les clichés échographiques de la clarté nucale mais aussi de la longueur crânio-caudale [22] (NP 3). Concernant le cliché de la crânio-caudale, 3 items sont retenus :

le plan sagittal,

la position des calipers

la position de la tête fœtale avec une corrélation inter-observateur satisfaisante (<https://www.cfef.org/evaluation/ISMCFEFCNRS.pdf>).

Wanyonyi SZ et al [24] (NP 3) présente une grille de lecture de l'image échographique de la longueur crânio-caudale sur 6 critères (sagittal, position neutre de la tête fœtale, horizontalité du fœtus, position des calipers, visualisation du pôle caudal et du pôle crânial et agrandissement de l'image) et démontre la meilleure reproductibilité d'un contrôle objectif.

La qualité de réalisation des mesures de LCC influe également et de manière aussi conséquente sur la DDG calculée que le choix de la courbe. Dhombres et al [23] (NP2) ont souligné l'impact de 2 critères de mesure: l'importance du zoom appliqué et la position de flexion/déflexion du fœtus. En cas de déflexion fœtale, la différence de datation varie jusqu'à +2,8 jours. Lorsque le fœtus est en hyper extension, la moyenne des LCC est majorée de 5,7 mm et minorée de 4,7 mm en hyper flexion par rapport à une position neutre.

Un contrôle qualité des mesures de LCC a été organisé avant l'élaboration de la courbe internationale de LCC INTERGROWTH 21-st. Le procédé de réalisation de ces mesures a été identique pour les 8 pays et les 39 échographistes [25]. La méthodologie a été élaborée avec la collaboration de la société française d'amélioration des pratiques

échographiques SFAPE [24] et a nécessité les étapes suivantes: un guide pratique avec iconographie et poster illustrant la méthode de mesure ont été distribués ; pour s'assurer de la bonne compréhension de la méthodologie, un examen écrit avec scénarios de datation et mises en situation ainsi qu'un recueil de LCC a été demandé à chaque opérateur. Chaque logbook a été validé en aveugle par des experts indépendants. L'engagement de chaque praticien à suivre ces recommandations a été recueilli. Enfin les critères d'inclusion stricts portant notamment sur la précision de la DDG et la même formule de régression de LCC ont été imposés à tous les centres. Cette équation de LCC est actuellement la seule à avoir imposé des critères de qualité pour son élaboration. Sa validité externe n'a pas encore été évaluée. Les auteurs abordent le potentiel biais de réalisation de LCC par des opérateurs multiples à la différence des autres courbes de LCC anciennes dont celles de Robinson [30]. Cependant ils sous entendent que l'élaboration de courbes à partir de mesures réalisées sur de petites cohortes, issues d'un même bassin de population et sans contrôle qualité des mesures est plus susceptible d'impacter la validité externe [25].

Nous avons souhaité simplifier et homogénéiser ce contrôle qualité des images de la LCC en ne tenant compte que de 3 critères : le plan sagittal strict, la position des calipers et la position de la tête fœtale (Fig 1).

## 2- Analyse qualitative des images de BIP/PC, PA et Fémur du 2ème et 3ème trimestre de la grossesse (fig. 2-3-4)

Dans le cadre d'un programme d'évaluation des pratiques professionnelles, il est possible de proposer aux échographistes une analyse de la qualité de leurs mesures de BIP/PC, PA et Fémur selon les critères définis par le Collège Français d'Échographie Fœtale, qui sont en conformité avec les recommandations d'INTERGROWTH 21-st. [19] (NP 2). Ainsi le CFEF propose aux échographistes d'envoyer sur un site dédié <https://www.epp-echofoetale.fr>, 15 clichés pris au hasard (5 de BIP/PC, 5 de PA et 5 de Fémur) pour une analyse par un expert selon les critères définis (fig. 2, 3 et 4). L'échographiste reçoit en retour un rapport d'évaluation lui indiquant les clichés insuffisants.

Cavallaro [5] (NP 2) en 2018 a bien décrit les procédures de contrôle qualité utilisées dans le projet Intergrowth 21-st. Cette démarche a été réalisé sur 20313 examens échographiques pour 4321 fœtus, toutes les 5 +/- 1 semaines entre 14 et 41 semaines d'aménorrhée dans 8 pays. A chaque examen, 3 variables étaient mesurées (PC, PA et Fémur) 3 fois de suite. Le contrôle qualité qualitatif (score des images) reposait sur l'analyse de 6 points pour le PC (symétrie, thalami visible, cavum visible, cervelet non visible, agrandissement et ellipse extérieure), le PA (symétrie, estomac visible, sinus porte visible, reins non visibles, agrandissement et ellipse extérieure) et de 4 points pour le Fémur (extrémités visibles, angle d'insonation < 45°, agrandissement et calipers en place). Toutes

les images ont été autoévalués par l'opérateur et un échantillon choisi au hasard a été évalué par un expert. Les comparaisons auto/hétéro cotateur ont été réalisées en séparant les images à faible score (1 à 3 pour PC et PA, 1 à 2 pour le fémur) des images à score élevé (4 à 6 pour PC et PA, 3 à 4 pour le fémur).

Yaqub M. et al [26] (NP 2) en proposant un audit clinique à grande échelle, associé à la mise en œuvre de modifications ciblées et au retour d'informations aux professionnels de santé, ont amélioré la qualité des examens, à la fois en termes d'exhaustivité et de qualité d'image. Cependant, les auteurs précisent que bien que l'amélioration de la qualité soit possible, un tel audit manuel complet dans un environnement clinique est un processus très exigeant en main-d'œuvre et constitue un obstacle majeur à la mise en œuvre dans les pratiques courantes. Des travaux en cours sur l'analyse d'images automatisée et des recherches plus poussées sur la reconnaissance automatique des images ouvrent la voie à des processus d'audit plus rapides.

Jaudi S. et al [25] (NP 2) ont montré dans une étude randomisée que l'amélioration de la qualité des images échographiques des biométries fœtales était équivalente entre le groupe évalué par un expert et le groupe évalué par l'opérateur ayant fourni les images. Ils concluent que les programmes de formation en ligne basée sur l'auto-évaluation des images est aussi efficace que la vérification et le retour d'un expert.

Les critères d'évaluation sont :

Pour l'image du PC :

- La visualisation des thalamis
- La symétrie du plan de coupe
- La non-visualisation du cervelet
- La visualisation du cavum du septum lucidum
- Un agrandissement afin que le PC occupe plus des 2/3 de la hauteur du cône de l'image échographique
- La position de l'ellipse à l'extérieur des tables osseuses.

Pour l'image du PA :

- Le caractère circulaire du PA
- La visualisation du sinus porte et d'une courte portion de la veine ombilicale
- La visibilité de l'estomac
- La non-visualisation des reins
- Un agrandissement afin que le PA occupe plus des 2/3 de la hauteur du cône de l'image échographique
- La position de l'ellipse à l'extérieur des tables osseuses.

Pour l'image du Fémur

- Le caractère horizontal de la diaphyse fémorale
- Le fémur le plus proche de la sonde échographique

- La visualisation de toute la longueur fémorale
- L'absence de cône d'ombre
- Un agrandissement afin que le fémur occupe plus des 2/3 de la hauteur du cône de l'image échographique

### 3- Analyse quantitative des mesures de biométries fœtales : distribution du Z-score (fig. 5)

En matière de biométries fœtales, nous pouvons utiliser différents « langages » pour exprimer les résultats.

- Le multiple de la médiane (MoM) exprime la valeur en multiple de la médiane. Il donne une idée par rapport à la valeur attendue mais pas par rapport à la dispersion de la population.
- Le percentile est le plus utilisé. Il permet de savoir quel pourcentage de la population a une valeur inférieure à celle mesurée. L'utilisation des percentiles ne permet pas une grande précision et est difficile aux extrêmes (ex : inférieur au 3ème percentile).
- Le Z-score exprime l'écart par rapport à la valeur moyenne, en déviation standard. Il est recommandé par l'OMS. Il est calculable par les courbes fournissant les formules de la moyenne et de la déviation standard. Il est utilisable au quotidien, revient à parler en déviation standard (être à -2DS équivaut à un Z-score de -2) et permet de calculer les percentiles avec précision. Le Z-score est obtenu par l'équation suivante :  $\text{Mesure observée} - \text{Moyenne pour l'âge gestationnel} / \text{la déviation standard pour l'âge gestationnel}$ . Le Z-score est essentiel pour construire des programmes d'évaluation.

Dans le projet Intergrowth 21-st, Cavallaro et al. [5] (NP 2) a décrit les procédures de contrôle qualité quantitatif qui reposaient sur la variabilité intra observateur des 3 mesures réalisées systématiquement à l'aide des tracés de Bland-Altman [20] (Grade A) et sur la variabilité inter observateur en positionnant les calipers par un expert sur un échantillon aléatoire de 10% des images. De plus le contrôle qualité reposait sur la distribution des mesures en étudiant des écarts-types de chaque mesure de chaque opérateur. Le contrôle qualité qualitatif a montré de très bonne corrélation entre l'auto et l'hétéro évaluation avec des valeurs de kappa ajusté à 0,99 {IC 95% : 0,98-0,99} pour le PC, 0,98 {IC 95% : 0,97-0,99} pour le PA et 0,96 {IC 95% : 0,95-0,98} pour le fémur. De plus, ce contrôle a permis d'identifier 6 échographistes qui après une formation complémentaire ont amélioré leur pratique. Concernant le contrôle qualité quantitatif la variabilité intra observateur étaient

de +/-3%, +/- 6% et +/- 6% et la variabilité inter observateur étaient de +/-4%, +/- 6% et +/- 6% respectivement pour le PC, le PA et le fémur. La distribution des écarts-type a permis d'identifier une trop grande variabilité pour 3 des 31 échographistes. En conclusion les auteurs insistent sur l'intérêt de réaliser ces contrôles qualité dans l'établissement de courbes de biométrie.

L'étude de Wright [27] (NP 2) en 2019 avait pour objectifs d'obtenir des modèles d'erreur de mesure pour les 3 biométries fœtales (PC, PA et Fémur) et d'évaluer l'impact de l'erreur de ces mesures sur l'estimation du poids fœtal et leurs conséquences sur la prédiction des PAG et des macrosomes. Sur un effectif de 4.321 fœtus, les auteurs ont pu montrer que le dépistage des PAG passait de 78% pour un taux de faux positifs de 5% à 97% pour un taux de faux positifs à 6% en réduisant de moitié l'écart dans la distribution des erreurs.

Pour chaque opérateur, la distribution des Z-scores devrait être analysée de manière à s'assurer que les distributions demeurent dans des limites acceptables fixées préalablement. Cette procédure n'évite pas d'avoir des valeurs individuelles éloignées de la normale, comme cela peut arriver parfois. Il s'agit simplement de vérifier qu'il n'y a pas de déviation ou de biais systématique dans les mesures qui nécessiteraient d'être corrigées et ainsi de s'assurer que les performances du dépistage se fondant sur les biométries sont conservées. Si un opérateur mesure correctement les biométries fœtales en utilisant une référence adaptée, la distribution des Z-scores devrait être une loi normale centrée. Avec ce moyen, il est donc possible d'évaluer la qualité des mesures faites au deuxième ou au troisième trimestre. Une distribution décalée et/ou trop étroite aboutira irrémédiablement à une diminution de l'efficacité du dépistage fondée sur les biométries puisque les mesures sont toujours comparées à une référence. L'évaluation portera principalement sur la moyenne, la déviation standard mais aussi sur les extrêmes de distribution (par exemple les valeurs au 5e et 95e percentile ou du -1,65 et +1,65 du Z-score) devraient aussi être analysées. [3, 17-19] (NP 2)

La procédure pour faire ce contrôle qualité est relativement simple :

- Vous devez récupérer vos données dans un tableau Excel, soit à partir de votre propre base de données fournie par votre éditeur de compte rendu échographique, soit en enregistrant quotidiennement dans un tableur vos données. Ce fichier peut contenir plusieurs colonnes, MAIS il doit obligatoirement présenter une colonne pour la date de fécondation (jj/mm/aa), une colonne pour la date de l'examen (jj/mm/aa), une colonne pour le BIP, une colonne pour le PC, une colonne pour le PA et une colonne pour les valeurs du Fémur.

- Une fois votre fichier enregistré au format CSV (Windows), vous avez la possibilité de connaître votre médiane et de visualiser vos graphiques de distribution de vos mesures biométriques.

L'avantage de l'analyse quantitative est d'être relativement simple et potentiellement automatisable. Une évaluation en routine des distributions des mesures biométriques serait une bonne méthode pour apprécier la qualité des pratiques dans un centre et identifier les éventuelles dérives de certains opérateurs. (Grade B)

Cependant il faut souligner l'importance du biais de valeur attendue dans les mesures biométriques standard ce qui entraîne une erreur et une mauvaise interprétation des mesures et de leur contrôle. Drukker et al [31] ont évalué l'incidence du biais de valeur attendue lors des échographies de dépistage de la croissance fœtale et étudié son impact sur les mesures biométriques standard. Ils ont analysé 272 échographies de croissance du troisième trimestre, effectués par 16 opérateurs, au cours desquels 1409 mesures (354 PC, 703 PA et 352 Fémur ; y compris des mesures répétées) ont été obtenues. Un biais de valeur attendu s'est produit dans 91,4 % des mesures du plan biométrique standard enregistrées (85,0 % pour HC, 92,9 % pour AC et 94,9 % pour FL). Les opérateurs étaient plus susceptibles d'ajuster les mesures à la valeur attendue qu'à l'écart de celle-ci (47,7 % contre 19,7 % des mesures ;  $P < 0,001$ ). En moyenne, les mesures ont été corrigées de  $2,3 \pm 5,6$ ,  $2,4 \pm 10,4$  et  $3,2 \pm 10,4$  jours de gestation vers l'âge gestationnel prévu pour les mesures de PC, PA et Fémur respectivement. De plus, ils ont noté une réduction statistiquement significative de la variance de mesure une fois que l'opérateur a été biaisé ( $P = 0,026$ ). En comparant le poids fœtal estimé le plus bas et le plus élevé possible (en utilisant les plus petites et les plus grandes mesures biaisées de HC, AC et FL), ils ont noté que la discordance, en pourcentage, était de  $10,1 \% \pm 6,5 \%$ , et que dans 17 % (IC à 95 %, 12 à 21 %) des scintigraphies De même, dans 13 % (IC à 95 %, 9 à 16 %) des scintigraphies, le fœtus pourrait être considéré comme un âge de grande pour gestation ou un âge gestationnel approprié s'il utilisait les mesures les plus importantes ou les plus petites possibles, respectivement.

Les options potentielles les plus simples pour limiter ce biais seraient de ne pas afficher visuellement les estimations de l'âge gestationnel moyen, de supprimer les valeurs numériques affichées lorsque les calipers sont placés ou ajustés ou de n'afficher les mesures réelles uniquement lorsque l'échographiste a indiqué que l'examen est terminé. En raison de ce biais, ce contrôle qualité prendra toute son importance en utilisant le contrôle du référentiel affiché.



## Conclusion

La démarche qualité dans le cadre d'une amélioration de l'adéquation des clichés et des mesures de biométrie fœtale et de leur évaluation interne et externe s'avère incontournable tant pour l'élaboration des courbes de référence que pour permettre aux échographistes de fournir des informations fiables propres à assurer la meilleure prise en charge clinique des fœtus présentant des altérations de leur croissance. (Grade A)

La multiplicité des intervenants impose l'homogénéité des référentiels, des techniques de mesure et des modalités de présentation des résultats. La cohérence des soins et l'analyse des politiques de prise en charge sont à ce prix. (Grade B)

Les actions de formation, les programmes d'évaluation, la mise en place d'outils modernes d'aide à la bonne réalisation des actes d'échographie justifie le choix de référentiels parfaitement documentés dans toutes leurs composantes. (Grade B)

## Bibliographie

1- Taylor MJ, McNicholas C, Nicolay C, Darzi A, Bell D, Reed JE. Systematic review of the application of the plan-do-study-act method to improve quality in healthcare. *BMJ Qual Saf*. 2014 Apr;23(4):290-8.

2- Rapport de la Conférence Nationale d'Echographie Obstétricale et Foetale (CNEOF) Juillet 2016 : <http://www.cfef.org/archives/bricabrac/cneof/rapportcneof2016.pdf>

3- Dudley NJ, Chapman E. The importance of quality management in fetal measurement. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2002;19(2):190-6.[7] Anderson N, Boswell O, Duff G. Prenatal sonography for the detection

4- Ioannou C, Talbot K, Ohuma E, Sarris I, Villar J, Conde-Agudelo A, Papageorghiou AT. [Systematic review of methodology used in ultrasound studies aimed at creating charts of fetal size](#). *BJOG*. 2012 Nov;119(12):1425-39.

5- Sarris I, Ioannou C, Dighe M, Mitidieri A, Oberto M, Qingqing W, Shah J, Sohoni S, Al Zidjali W, Hoch L, Altman DG, Papageorghiou AT; International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century. Standardization of fetal ultrasound biometry

measurements: improving the quality and consistency of measurements. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2011 Dec;38(6):681-7.

6- Cavallaro A, Ash ST, Napolitano R, Wanyonyi S, Ohuma EO, Molloholli M, Sande J, Sarris I, Ioannou C, Norris T, Donadono V, Carvalho M, Purwar M, Barros FC, Jaffer YA, Bertino E, Pang R, Gravett MG, Salomon LJ, Noble JA, Altman DG, Papageorgiou AT. [Quality control of ultrasound for fetal biometry: results from the INTERGROWTH-21<sup>st</sup> Project](#). *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2018 Sep;52(3):332-339

7- Kiserud T, Piaggio G, Carroli G, Widmer M, Carvalho J, Neerup Jensen L, Giordano D, Cecatti JG, Abdel Aleem H, Talegawkar SA, Benachi A, Diemert A, Tshetu Kitoto A, Thinkhamrop J, Lumbiganon P, Tabor A, Kriplani A, Gonzalez Perez R, Hecher K, Hanson MA, Gülmezoglu AM, Platt LD. [The World Health Organization Fetal Growth Charts: A Multinational Longitudinal Study of Ultrasound Biometric Measurements and Estimated Fetal Weight](#). *PLoS Med.* 2017 Jan 24;14(1):e1002220.

8- Salomon LJ, Duyme M, Crequat J, Brodaty G, Talmant C, Fries N, Althuser M. [French fetal biometry: reference equations and comparison with other charts](#). *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2006 Aug;28(2):193-8.

9- Massoud M, Duyme M, Fontanges M; French College of Fetal Sonography (CFEF), Combourieu D. [Chart for estimation of fetal weight 2014 by the French College of Fetal Sonography (CFEF)]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*. 2016 Jan;45(1):80-5.

10- Ego A, Prunet C, Lebreton E, Blondel B, Kaminski M, Goffinet F, Zeitlin J. [Customized and non-customized French intrauterine growth curves. I - Methodology]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*. 2016 Feb;45(2):155-64.

11- Snijders RJ, Noble P, Sebire N, Souka A, Nicolaides KH. UK multicentre project on assessment of risk of trisomy 21 by maternal age and fetal nuchal-translucency thickness at 10–14 weeks of gestation. Fetal Medicine Foundation First Trimester Screening Group. *Lancet* 1998;352 (9125):343-6.

12- RCOG. In: Grudzinkas JG, editor. Recommendations arising from the 32nd Study Group: screening for Down syndrome in the first trimester., in *Screening for Down Syndrome in the First Trimester.*, W.R. London: RCOG Press; 1997. p. 353–6.

- 13- Wojdemann KR, Christiansen M, Sundberg K, Larsen SO, Shalmi A, Tabor A. Quality assessment in prospective nuchal translucency screening for Down syndrome. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001;18(6):641–4.
- 14- Herman A, Maymon R, Dreazen E, Caspi E, Bukovsky I, Weinraub Z. Nuchal translucency audit: a novel image-scoring method. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1998;12(6):398–403.
- 15- Herman A, Maymon R, Dreazen E, Zohav E, Segal O, Segal S, et al. Utilization of the nuchal translucency image-scoring method during training of new examiners. *Fetal Diagn Ther* 1999;14(4):234–9.
- 16- [Fries N](#), [Althuser M](#), [Fontanges M](#), [Talmant C](#), [Jouk PS](#), [Tindel M](#), [Duyme M](#). Quality control of an image-scoring method for nuchal translucency ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol*. 2007 Mar;196(3):272.e1-5.
- 17- N. Fries, F. Muller, V. Houfflin-Debarge, L.J. Salomon, P. Coquel, M. Dommergues [Does underestimating nuchal translucency measurement impact sensitivity of Down's syndrome screening?](#) *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* First Published: September 2015 à compléter
- 18- Salomon LJ, Bernard JP, Duyme M, Doris B, Mas N, Ville Y. [Feasibility and reproducibility of an image-scoring method for quality control of fetal biometry in the second trimester](#). *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2006 Jan;27(1):34-40.
- 19- Sarris I, Ioannou C, Ohuma EO, Altman DG, Hoch L, Cosgrove C, Fathima S, Salomon LJ, Papageorgiou AT; International Fetal and Newborn Growth Consortium for the 21st Century. [Standardisation and quality control of ultrasound measurements taken in the INTERGROWTH-21st Project](#). *BJOG*. 2013 Sep;120 Suppl 2:33-7,
- 20- Salomon LJ, Bernard JP, Ville Y. [Analysis of Z-score distribution for the quality control of fetal ultrasound measurements at 20-24 weeks](#). *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2005 Dec;26(7):750-4.
- 21- Bland JM, Altman DG. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2003 Jul;22(1):85-93. Review.
- 22- Buck Louis GM, Grewal J, Albert PS, Sciscione A, Wing DA, Grobman WA, Newman RB, Wapner R, D'Alton ME, Skupski D, Nageotte MP, Ranzini AC, Owen J, Chien EK, Craigo S,

Hediger ML, Kim S, Zhang C, Grantz KL. Racial/ethnic standards for fetal growth: the NICHD Fetal Growth Studies. *Am J Obstet Gynecol*. 2015 Oct;213(4):449.e1-449.e41

23- Fries N, Althuser M, Fontanges M, Talmant C, Jouk PS, Tindel M, Duyme M. Quality control of an image-scoring method for nuchal translucency ultrasonography. *Am J Obstet Gynecol*. 2007 Mar;196(3):272.e1-5.

24- Dhombres F, Roux N, Friszer S, Bessis R, Khoshnood B, Jouannic JM. Relation between the quality of the ultrasound image acquisition and the precision of the measurement of the crown-rump length in the late first trimester: what are the consequences? *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2016 Dec;207:37-44. doi: 10.1016/j.ejogrb.2016.10.019. Epub 2016 Oct 27.

25- Wanyonyi SZ, Napolitano R, Ohuma EO, Salomon LJ, Papageorghiou AT. Image-scoring system for crown-rump length measurement. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2014 Dec;44(6):649-54. doi: 10.1002/uog.13376.

26- Suha Jaudi, Louise Chevalier, Nicolas Fries, Alain Daher, Sophie Tezenas du Montcel, Marc Dommergues Online Self-Evaluation of Fetal Ultrasound Images for Medical Continuing Education: A Randomised Controlled Trial *Education Journal* 2019;8(5): 226-231 Published Online: Sep. 5, 2019 DOI: 10.11648/j.edu.20190805.17

27- Yaqub M, Kelly B, Stobart H, Napolitano R, Noble JA, Papageorghiou AT. Quality-improvement program for ultrasound-based fetal anatomy screening using large-scale clinical audit. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2019 Aug;54(2):239-245. doi: 10.1002/uog.20144.

28- Wright D, Wright A, Smith, Nicolaides KH. Impact of biometric measurement error on identification of small- and large-for-gestational-age fetuses. Wright D, Wright A, Smith, Nicolaides KH. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019. PMID 31682299 PMCID: PMC7027772 DOI: 10.1002/uog.21909

30- Robinson HP, Fleming JE. A critical evaluation of sonar « crown-rump length » measurements. *Br J Obstet Gynaecol*. sept 1975;82(9):702-10.

31- Drukker L, Droste R, Chatelain P, Noble JA, Papageorghiou AT. Expected-value bias in routine third-trimester growth scans. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020 Mar;55(3):375-382. doi: 10.1002/uog.21929. PMID: 31763735

