

論 文 内 容 要 旨

Radiation dose reduction at MDCT with iterative reconstruction for the prenatal diagnosis of skeletal dysplasia: Preliminary study using normal fetal specimens.

(骨系統疾患の出生前診断を目的とする MDCT の逐次近似画像再構成法を用いた被曝低減：正常胎児標本を使用した予備的研究)

American Journal of Roentgenology, in press

主指導教員：栗井 和夫教授
(応用生命科学部門 放射線診断学)

副指導教員：小林 正夫教授
(統合健康科学部門 小児科学)

副指導教員：田代 聡教授
(原爆放射線医科学研究所 細胞修復制御)

谷 千尋

(医歯薬学総合研究科 展開医科学専攻)

論文要旨

Ultrasonography (US)で骨系統疾患が疑われた場合、出生前診断として Computed tomography (CT)により精査を行うことが一般的になりつつある。これは、CTの方がUSよりも骨の描出に優れているため、正確な出生前診断が出来るからである。しかしながら、胎児の放射線感受性は高く、CTによるX線被曝で将来発癌する可能性が否定できないため、検査は診断能が維持可能な最低限のX線量で行う必要がある。

近年、CTにおける被曝低減法として、逐次近似画像再構成法 (iterative reconstruction: 以下 IR) が注目されている。低線量でCTを撮像すると画像ノイズが増加し診断能が低下するが、IRを使用することにより低線量においても画像ノイズを抑制でき診断に十分な画質を保つことが可能である。しかしながら、胎児の骨を評価するためのCT(以下、胎児CT)において、IRによりどの程度まで被曝低減が可能かを検討した報告は現在までない。そこで、我々は、正常な胎児標本を用いて、現状の標準的な胎児CTの撮影プロトコールからどの程度まで被曝を低減しても胎児骨の評価が可能かを検討した。

胎児CTは妊娠30週前後で施行されることが多いため、当学倫理委員会の許可を得て、解剖学・発生学生物学研究室に保存されている24～36週の正常な胎児標本15体を使用した(週齢中央値:32週)。まず標本を30および35cm径の円筒状容器に入れ、動かないように容器と標本の間にタオルを挿入して固定した後に、5%ホルマリン溶液で容器を満たし、CT撮影を行った。容器の径は、30週の妊婦の臍部レベルの腹囲が約90cmであることに基づき30および35cmとした。また、事前に5%ホルマリン溶液のCT値が羊水のCT値とほぼ同程度であることを確認した。

CT装置は、64列CT(GE Healthcare社製 Light Speed 64 VCT)を使用した。現在の広島大学病院における胎児CT撮影条件は、管電圧100kVp、最大管電流600mA、noise index 13であるため、管電圧は100kVpに固定し、管電流は600mAを基準として段階的に600・300・150・100・50mAと下げて胎児標本の撮影を行った。管電流300mA以下では、IRのひとつである Adaptive statistical iterative reconstruction (ASiR)の強度を0、30、60、90%と変化させて使用した。なお、ASiRの強度は強いほど、画像ノイズの低減効果は高くなるが、構造物の輪郭のボケを生じる傾向がある。

15体中5体の胎児標本で、ガラス線量計を体表4カ所に装着し、各管電流における胎児皮膚線量を測定し、4カ所の平均値を胎児被曝線量とした。5体の標本から計測した胎児被曝線量の中央値を各電流における胎児被曝線量とし、基準とした管電流600mAでの線量を100%として各管電流における胎児被曝線量の相対値を算出した。

各撮影条件において、胎児骨格全体の volume rendering (VR)像と maximum intensity projection (MIP)像を作成し、2人の放射線診断専門医の合議で視覚的に画質評価を行った。第12肋骨・腓骨・中手骨・中足骨・大腿骨骨幹端の5箇所を描出の程度を点数化し、その総合点を算出した。点数化は以下の通りとした。3点:骨辺縁が明瞭、2点:骨は描出されているが辺縁が不明瞭、1点:骨の描出なし。総合点は最高で15点、最低で5点。管

電流 600mA の画像を基準として、Steel の多重比較検定を実施した。

30cm 容器での胎児被曝線量は、管電流 600mA で 10.15mGy であり、これを 100%とした相対値は、300mA-51%、150mA-25%、100mA-17%、50mA-9%であった。35cm 容器での胎児被曝線量は、管電流 600mA で 10.01mGy であり、これを 100%とした相対値は、300mA-47%、150mA-24%、100mA-17%、50mA-8%であった。画質評価は、ASiR を使用しない場合、いずれの容器でも管電流 600mA での画像と比較して、300mA、150mA での画像は統計学的に有意に画質が低下することはなかったが(いずれの容器でも 300mA:p=1.00, 150mA:p=0.08)、100mA、50mA では画質が有意に低下した(いずれの容器でも 100mA, 50mA:p<0.01)。ASiR を使用した場合、いずれの容器でも管電流 600mA での画像と比較して、300mA、150mA、100mA(ASiR 90%)での画像は有意差がなかったが、100mA (ASiR 30%, 60%)、50mA での画像では画質が有意に低下した(30cm 径 ASiR 30%, 60%, 90% 300mA:p=1.00, 1.00, 1.00, 150mA:p=0.08, 0.16, 0.77, 100mA:p<0.01, p=0.04, 0.08, 50mA:p<0.01, <0.01, <0.01)(35cm 径 ASiR 30%, 60%, 90% 300mA:p=1.00, 1.00, 1.00, 150mA:p=0.08, 0.16, 0.49, 100mA:p<0.01, <0.01, p=0.08, 50mA:p<0.01, <0.01, <0.01)。

IR を使用しない場合は X 線量を 75~76%、IR を使用した場合は 83%低減しても胎児骨の評価が可能であった。IR を使用した場合の、胎児被曝線量は 1.67-1.76mGy であった。この値は過去の胎児 CT の報告例よりも低く、発癌のリスクがわずかに上昇するとされる 10mGy の 17%に過ぎない線量であった。これは妊婦の単純 X 線写真における推定胎児被曝線量とほぼ同様の値である(腹部撮影で 1.4mGy、骨盤撮影で 1.1mGy、腰椎撮影で 1.7 mGy)。現在まで、胎児 CT において胎児骨を評価するための最低線量は確立されていない。このため、線量を低減しすぎて胎児の骨が評価できなくなるのではないかという懸念から、いずれの施設でも過線量気味で CT が撮影されることが多かった。我々の研究から、従来の標準撮影法の 1/5 以下の線量でも胎児骨が十分評価できることが明らかとなったが、この結果は胎児 CT における被曝低減に寄与するものと思われる。