

การลดปริมาณรังสีสำหรับเด็กในการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 16-สไลซ์  
ในขณะที่ยังคงคุณภาพของภาพทางรังสี



นายวัลลภ มากมูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฉายาเวชศาสตร์ ภาควิหารังสีวิทยา

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PEDIATRIC RADIATION DOSE OPTIMIZATION IN  
16-MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY (MSCT)  
WHILE MAINTAINING IMAGE QUALITY

Mr. Wallop Makmool

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Medical Imaging  
Department of Radiology  
Faculty of Medicine  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2006  
Copyright of Chulalongkorn University

490473

Thesis Title            PEDIATRIC RADIATION DOSE OPTIMIZATION  
                                  IN 16-MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY  
                                  (MSCT) WHILE MAINTAINING IMAGE QUALITY

By                            Mr. Wallop Makmool


Field of study            Medical Imaging

Thesis Advisor           Associate Professor Anchali Krisanachinda, Ph.D.


Thesis Co-advisor      Assistant Professor Sukalaya Lerdlum, M.D., M.Sc.

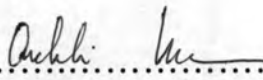
---

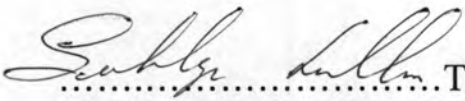
Accepted by the Faculty of Medicine, Chulalongkorn University in  
Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

  
.....Dean of the Faculty of Medicine  
(Professor Pirom Kamol-ratanakul, M.D., M.Sc.)

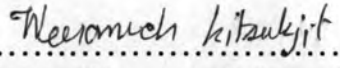
#### THESIS COMMITTEE

  
.....Chairman  
(Jarturon Tantiwatana, M.D.)

  
.....Thesis Advisor  
(Associate Professor Anchali Krisanachinda, Ph.D.)

  
.....Thesis Co-advisor  
(Assistant Professor Sukalaya Lerdlum, M.D., M.Sc.)

  
.....Member  
(Assistant Professor Panruethai Trinavarat, M.D.)

  
.....Member  
(Mrs. Weeranuch Kitsukjit, M.Sc.)

วัลลภ มากมูล : การลดปริมาณรังสีสำหรับเด็กในการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 16-สไลซ์ในขณะที่ยังคงคุณภาพของภาพทางรังสี (PEDIATRIC RADIATION DOSE OPTIMIZATION IN 16-MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY (MSCT) WHILE MAINTAINING IMAGE QUALITY) อ. ที่ปรึกษา: รศ. ดร. อัญชลี กฤษณจินดา, อ. ที่ปรึกษาร่วม: ผศ.พญ. สุกัลยา เลิศล้ำ, 54 หน้า.

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาวิธีการลดปริมาณรังสีสำหรับผู้ป่วยเด็ก จากการตรวจสอบด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด 16 สไลซ์ โดยที่ยังคงคุณภาพของภาพทางรังสี ซึ่งเปรียบเทียบกับน้ำหนักของเด็ก และนำผลการวิจัยไปกำหนดเป็นตารางการตั้งเทคนิคในผู้ป่วยจริง

รูปแบบการวิจัย: เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา

สถานที่ทำการวิจัย: หน่วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ตึกจุฬจักรพงษ์ ชั้นล่าง ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

ตัวอย่างการวิจัย: การวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลจากผู้ป่วยเด็กทั้งผู้ป่วยในและนอก อายุไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 ปี น้ำหนัก ตั้งแต่ 1 ถึง 40 กิโลกรัม

เครื่องมือและวิธีการศึกษา: ผู้ป่วยเด็ก 2 กลุ่มๆละ 31 คน กลุ่มแรกถูกส่งมาตรวจสมองด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 16 สไลซ์ ซึ่งปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจะบันทึกจากจอคอมพิวเตอร์ คุณภาพของภาพรวมทั้งการบันทึกน้ำหนัก ส่วนสูง ค่าเควีพี ค่ากระแสหลอด-วินาที จากนั้นทำการทดลองในหุ่นจำลองที่มีขนาดและคุณสมบัติเหมือนกับศีรษะของเด็ก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดศีรษะกับการตั้งเทคนิค , ปริมาณรังสี และคุณภาพในรูปแบบของสัญญาณแปรปรวนของภาพ เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลองในหุ่นจำลองไปกำหนดเป็นตารางการตั้งเทคนิคในผู้ป่วยจริง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณรังสีแต่คุณภาพของภาพยังเป็นที่ยอมรับ โดยการลดค่ากระแสหลอด-วินาที 20 % จากกลุ่มแรกในแต่ละช่วงน้ำหนัก ดำเนินการเก็บข้อมูลทำนองเดียวกับกลุ่มแรกและให้รังสีแพทย์ให้คะแนนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มแรก รังสีแพทย์ 2 คนที่มีประสบการณ์ใกล้เคียงกันจะพิจารณาให้คะแนน โดยคะแนน = ไม่เป็นที่ยอมรับ, 2 = คุณภาพต่ำ, 3 = ยอมรับได้, 4 = ดี, 5 = ดีเยี่ยม

ผลการวิจัย: ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กได้รับจากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด 16 สไลซ์ โดยการลดกระแสหลอด-วินาทีตามแผนการวิจัยลง 20% โดยปริมาณรังสีเฉลี่ยที่ผู้ป่วยเด็กได้รับก่อนการวิจัย อยู่ที่ 22.4-28.2 มิลลิเกรย์ ส่วนหลังจากการวิจัยปริมาณรังสีเฉลี่ยอยู่ที่ 10.4-23.2 มิลลิเกรย์ โดยคุณภาพของภาพจากผู้ป่วยทั้ง 2 กลุ่มเป็นที่ยอมรับและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยยะสำคัญ

สรุป: งานวิจัยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยเด็กจะได้รับจากการตรวจสอบด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ 16 สไลซ์ขึ้นกับการตั้งค่าเทคนิคที่เหมาะสมโดยภาพที่ได้ยังมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการแปลผลและผู้ป่วยเด็กได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด

ภาควิชา.....รังสีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....ฉายาเวชศาสตร์.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2549.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## 4874785030: MAJOR MEDICAL IMAGING

KEYWORDS: PEDIATRIC RADIATION DOSE / MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY / IMAGE QUALITY

WALLOP MAKMOOL: PEDIATRIC RADIATION DOSE OPTIMIZATION IN 16-MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY (MSCT) WHILE MAINTAINING IMAGE QUALITY. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. ANCHALI KRISANACHINDA, CO-ADVISOR: ASST.PROF. SUKALAYA LERDLUM, 54 pp.

**Objectives:** To determine the methods to reduce the pediatric radiation dose while maintaining image quality based on patient weight and to create new pediatric brain protocol to implement to clinical study.

**Design:** Descriptive cross-sectional.

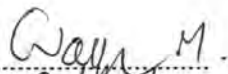


**Place:** Department of Radiology, King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society.

**Samples:** 62 children, age  $\leq 12$  years, bodyweight from 1 to 40 kilogram of 4 groups of cranial computed tomography.

**Material and Method:** First group of 31 pediatric patients requested for brain CT examination with 16 MSCT were studied. Patient dose is based on CT dose index ( $CTDI_{vol}$ ), and the dose length product (DLP). Standard deviation (SD) of CT number measured on images, was used to determine the image quality in the terms of image noise. Image noise was measured for head scan with protocol reducing tube current-time appropriate for patient size. Phantom studies were performed using cylindrical water phantom diameters of 9.15, 11.15, 13.15 and 15.8 cm respectively. The tube-current-time reduction of 10, 20, 30 and 40 percent were applied to get 20 percent dose reduction and optimal image quality. The second group of 31 pediatric patients were scanned using reduced mAs technique of special protocol. Two senior pediatric radiologists were assigned to grade the image quality into 5 categories; 1: non-acceptable, 2: poor, 3: acceptable, 4: good, and 5: excellent.

**Results:** The radiation dose in pediatric brain MSCT reduced up to 20% compared to the routine study (manufacturer default technique). Using an adequate MSCT technique in children by adjusting the CT scanning parameters enables a significant reduction of radiation exposure in comparison to standard MSCT protocols for children. The result in this study, before study, the average values of  $CTDI_{vol}$  were 22.4-28.2 mGy and after study, they were 10.4-23.2 mGy with the acceptable image quality.

**Conclusion:** Dose reduction in pediatric brain CT is possible on our system without a deterioration of diagnostic image quality. This reduced dose technique is especially useful in follow-up case and in those conditions in which CT is used as an ancillary tool. The relationship between AP diameter representing body weight and the appropriate mAs value was determined through a phantom study. For pediatric brain CT, the appropriate mAs values can be objectively determined by a simple measure of AP diameter (skull basal ganglia) in axial plane.

Department	Radiology	Student's signature	
Field of study	Medical Imaging	Advisor's signature	
Academic year	2006	Co-advisor's signature	



## ACKNOWLEDGEMENTS

The success of this thesis depends on the contributions of many people. In particular, I would like to greatly thank to my advisor, Associate Professor Anchali Krisanachinda, Ph.D., my co-advisor, Asst. Prof. Sukalaya Lerdlum, M.D., M.Sc., and Asst.Prof.Panruethai Trinavarat M.D. for their guidance, encouragement, hospitality and assessment of the image quality of the sample during the whole study. Special thanks to Mrs. Weeranuch Kitsukjit for her suggestions on biostatistics.

I would like to thank to Ms. Petcharleeya Suwanpradit and Mr. Sornjarod Oonsiri for providing instrument and guidance to experiment in this research. They are cheerful and kind support.

I would like to thank the radiological technologists and nurses in the Computed Tomography Unit, Department of Radiology of King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society for their help in my research.

I am thankful for all teachers, lecturers and staff in the Master of Science Program in Medical Imaging, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University for their unlimited teaching of knowledge in Medical Imaging.

I would like to deeply thank Associate Professor Somjai Wangsuphachart, Head of Department of Radiology for her advice and comments in the research and particular thank to King Chulalongkorn Memorial Hospital, Thai Red Cross Society and Faculty of Medicine, Chulalongkorn University for granting me the scholarship to study in this Medical Imaging Program at Department of Radiology.

Finally I am grateful to my family for their financial support, valuable encouragement, entirely care and understanding the entire course of study.

## CONTENTS

	Page
ABSTRACT (THAI).....	iv
ABSTRACT (ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	x
LIST OF ABBREVIATIONS.....	xii
CHAPTER 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Background and rationale.....	1
1.2 Hypothesis.....	1
1.3 Objective.....	1
1.4 Definitions.....	2
CHAPTER 2 REVIEW OF RELATED LITERATURES.....	3
2.1 Theory.....	3
2.2 Related literatures.....	13
CHAPTER 3 RESEARCH METHODOLOGY.....	16
3.1 Research design.....	16
3.2 Research question.....	18
3.3 The sample .....	18
3.3.1 Target population.....	18
3.3.2 Sample population.....	18
3.3.3 Eligible criteria.....	18
3.3.3.1 Inclusion criteria.....	18
3.3.3.2 Exclusion criteria.....	18
3.3.4 Sample size estimation.....	18

3.4 Materials.....	19
3.5 Methods.....	22
3.6 Statistics and data analysis.....	22
3.7 Ethical consideration .....	22
3.8 Limitation.....	23
3.9 Expected benefits .....	23
CHAPTER 4 RESULT.....	24
4.1 Patient data and scanning parameter.....	24
4.2 The water phantom study.....	25
4.3 16–Multislice computed tomography calibration.....	33
4.4 Correlation between patient body weight and mAs.....	33
4.5 The results of patient dose and image quality.....	36
4.6 Agreement Test.....	38
CHAPTER 5 DISCUSSION AND CONCLUSION.....	40
5.1 Discussion.....	40
5.2 Conclusion.....	41
5.3 Recommendation.....	41
REFERENCES.....	42
APPENDICES.....	44
Appendix A Case record form.....	45
Appendix B Report of CT system performance.....	47
Appendix C Scoring criteria.....	48
Appendix D Patient information sheet and consent form.....	59
VITAE.....	54



## LIST OF TABLES

<b>Table</b>	<b>Page</b>
4.1 Patient characteristics and scanning parameters of 31 pediatric CT head( Pre-protocol) .....	24
4.2 The effect of increasing kVp and mAs on CTDI <sub>vol</sub> and noise using 9.15 cm diameter head phantom.....	25
4.3 The effect of increasing kVp and mAs on CTDI <sub>vol</sub> and noise using 11.15 cm diameter head phantom.....	27
4.4 The effect of increasing kVp and mAs on CTDI <sub>vol</sub> and noise using 13.15 cm diameter head phantom.....	28
4.5 The effect of increasing kVp and mAs on CTDI <sub>vol</sub> and noise using 15.8 cm diameter head phantom.....	30
4.6 The effect of mAs reduction of 10, 20, 30, and 40 % from routine protocol for CTDI <sub>vol</sub> , DLP and noise.....	32
4.7 New exposure Table.....	33
4.8 The result on the application of new exposure table according to reduce mAs in comparison to the result from routine protocol.....	34
4.9 Scoring criteria.....	36
4.10 Grading of image quality by 2 radiologists according to table 4.9 for 2 groups of 62 patients.....	37
4.11 Result of grading of image quality according to table 4.10 for 2 group of 62 patient.....	37
4.12 The Kappa – test value (K) and the strength of agreement .....	38
4.13 Cross tabulation of image quality for pediatric brain CT control group.....	38
4.14 Agreement of Radiologist No 1 and 2 for brain MSCT image quality of control group.....	39
4.15 Cross tabulation of image quality for pediatric brain CT study group.....	39
4.16 Agreement of Radiologist No 1 and 2 for brain MSCT image quality of study group.....	39

## LIST OF FIGURES

Figure	Page
2.1 Basic system component of third generation CT system.....	6
2.2 Measurement principle of third generation CT system.....	7
3.1 Siemens Sensation 16 CT scanner.....	19
3.2 PMMA phantom 16 cm and 20 cm diameter water phantom.....	20
3.3 Electrometer type SOLIDOSE 400.....	20
3.4 10 cm length of the pencil-type ionization chamber.....	21
4.1(a) The relationship between $CTDI_{vol}$ and mAs on different kVp for 9.15 cm diameter phantom.....	26
4.1(b) The relationship between noise and mAs on different kVp for 9.15 cm diameter phantom.....	26
4.2(a) The relationship between $CTDI_{vol}$ and mAs on different kVp for 11.15 cm diameter phantom.....	27
4.2(b) The relationship between noise and mAs on different kVp for 11.15 cm diameter phantom .....	28
4.3(a) The relationship between $CTDI_{vol}$ and mAs on different kVp for 13.15 cm diameter phantom.....	29
4.3(b) The relationship between noise and mAs on different kVp for 13.15 cm diameter phantom.....	29
4.4(a) The relationship between $CTDI_{vol}$ and mAs on different kVp for 15.8 cm diameter phantom.....	30
4.4(b) The relationship between noise and mAs on different kVp for 15.8 cm diameter phantom.....	31
4.5 The relationship between noise and phantom diameter.....	32
4.6 Patient weight and mAs.....	33
4.7 Correlation between mAs and body weight for routine and after application of exposure table.....	34

4.8	Correlation between $CTDI_{vol}$ and body weight for routine and after application of exposure table.....	35
4.9	Correlation between DLP and body weight for routine and after application of exposure table.....	35
4.10	Correlation between noise and body weight for routine and after application of exposure table.....	36

## LIST OF ABBREVIATIONS

Abbreviation	Terms
AAPM	American Association of Physicists in Medicine
A/D	Analog to digital
AP	Antero-posterior
CTA	Computed Tomography Angiography
CT	Computed Tomography
MSCT	Multislice Computed Tomography
CTDI	Computed Tomography Dose Index
CNR	Contrast-to-noise ratio
cm	Centimeter
cm <sup>2</sup>	Square centimeter
cm <sup>3</sup>	Cubic centimeter
DLP	Dose length product
Kg	Kilogram
HN	Hospital number
EC	European commission
HU	Hounsfield unit
KV	Kilovoltage
MB	Megabytes
MPR	Multiplanar reformation
MIP	Maximum Intensity Projection

<b>Abbreviation</b>	<b>Terms</b>
m <sup>2</sup>	Square meter
mg	Milligram
mAs	Milliamperere second
mGy	Milli-Gray
mGy.cm	Milli-Gray . centimeter
mm	Millimeter
PMMA	Polymethylmethacrylate
QC	Quality control
R <sup>2</sup>	R-squared value
ROI	Region of interest
SD	Standard deviation
s	Second
VRT	Volume Rendering Technique