

## Perbandingan

### Tomografi

(Radiografi)

dan penghasilan radiografi bersiri berserta dengan parameter dedahan voltan tiub digunakan iaitu 75 kVp, 80 kVp dan 140 kVp bagi prosedur UHCT urografi. Hasil dos sinaran yang diterima oleh phantom adalah 1.40 mSv, 2.10 mSv dan 2.79 mSv bagi 75 kVp, 80 kVp dan 85 kVp. Manakala untuk prosedur UHCT urografi, dos sinaran yang diterima adalah 1.82 mSv dos sinaran direkodkan bagi 100 kVp, 120 kVp dan 140 kVp. Oleh itu, dos sinaran yang digunakan dedahan sebanyak 85 kVp bagi prosedur IVU dan UHCT urografi. Walaupun tidak terdapat perbezaan signifikan, dos sinaran yang diterima adalah lebih rendah daripada prosedur UHCT urografi.

*Keywords:* urografi intravena; helikal tanpa kontras urografi; dos sinaran; kualiti imej

#### ABSTRACT

Intravenous urography (IVU) and unenhanced helical computed tomography (UHCT) urography are the two main procedures used for the radiological investigation for urolithiasis (urinary stone). However, exposure to ionizing radiation is the main concern in these procedures. Therefore, a dose comparison study was conducted between IVU and UHCT urography to determine the optimum exposure parameters in this study. An anthropomorphic whole body phantom was used to compare the radiation dose of UHCT urography and series of imaging for IVU with an administration of contrast medium. The optimum exposure parameters were used for IVU with 75 kVp, 80 kVp and 85 kVp while 100 kVp, 120 kVp and 140 kVp were used for UHCT urography respectively. As a result, the radiation doses for IVU were 1.40 mSv, 2.10 mSv and 2.79 mSv corresponding to 75 kVp, 80 kVp and 85 kVp. On the other hand, the radiation doses for UHCT urography were 1.82 mSv and 1.82 mSv for 100 kVp, 120 kVp and 140 kVp, respectively. However the optimum image was obtained at 85 kVp for IVU and 120 kVp for UHCT urography. In conclusion, the doses obtained from IVU were consistently lower than those from UHCT urography but not significantly different.

*Keywords:* intravenous urography; unenhanced helical computed tomography urography; radiation dose; image quality

#### PENDAHULUAN

Urografi intravena (IVU) merupakan prosedur diagnostik yang masih diguna pakai sehingga kini dalam pengesanan urolitiasis atau kalkuli trek urinari kerana mempunyai keberkesanan diagnostik yang tinggi (Kim & Cho 2003; Chen & Zagoria 1999). Namun begitu, prosedur ini tidak dijadikan prosedur piawai dalam pengimejan trek urinari kerana mempunyai kelemahan dalam beberapa aspek seperti sensitiviti yang rendah dalam pengesanan lesi kecil dan kontraindikasi pesakit kepada media berkontras. Maka, satu prosedur menggunakan imbasan tomografi

berkomputer (CT) yang dinamakan sebagai tomografi berkomputer helikal tanpa kontras (UHCT) urografi telah diperkenalkan bagi mengatasi kelemahan pada prosedur IVU. Prosedur UHCT mampu menunjukkan lesi mikro dengan jelas kerana imej yang dihasilkan adalah dalam bentuk hirisan yang nipis secara berterusan di samping tidak menggunakan media berkontras (Kim & Cho 2003).

Namun begitu, kedua-dua prosedur IVU dan UHCT urografi melibatkan penggunaan sinaran mengion di mana pendedahan terhadap sinaran akan memberi kesan stokastik terhadap organ-organ radiosensitif di dalam kawasan rantau abdomen dan pelvis seperti testis, ovari, ginjal, kelenjar

adrenal dan lain-lain di mana ia boleh memberikan kesan buruk terhadap pembentukan sel dan genetik seperti mutasi sel atau kromosom pada sebarang nilai dos sinaran ambang (Hall 1999). Satu kajian melaporkan bahawa sebanyak 70% dos sinaran yang diterima oleh pesakit sepanjang menjalani pemeriksaan perubatan adalah berpunca daripada pemeriksaan imbasan CT (Linton & Metler 2003). Dalam kajian yang lain, dilaporkan bahawa terdapat hubungan signifikan antara peningkatan organ dos dengan prosedur ulangan imbasan CT (pengulangan imbasan CT sebanyak 2 hingga 3 kali menghasilkan dos sinaran dalam julat antara 30 mSv hingga 90 mSv) sekaligus meningkatkan risiko kanser (Brenner & Elliston 2004; Brenner & Hall 2007).

Sehubungan dengan itu, beberapa kajian perbandingan dos sinaran antara prosedur UHCT urografi dan IVU telah dilakukan bagi menilai taburan dos sinaran yang diterima oleh pesakit sepanjang prosedur tersebut (Nawfel et al. 2004; Parsons et al. 2003; Pfister et al. 2003). Kajian mendapati bahawa dos yang diterima oleh fantom seluruh tubuh pada prosedur UHCT urografi bertabur secara seragam dan lebih tinggi sebanyak 2 kali ganda (11.20 mSv) berbanding prosedur IVU (5.55 mSv). (Nawfel et al. 2004; Pfister et al. 2003). Menurut kajian lain, modifikasi pada parameter dedahan CT seperti menggunakan pitch yang tinggi dan voltan tiub yang rendah dapat mengurangkan dos sinaran semasa prosedur UHCT urografi sehingga 2.8 mSv (Rossee et al. 2000; Meagher et al. 2001). Peningkatan pitch dari 1.0 ke 2.0 juga mampu mengurangkan dos sinaran sebanyak 50% (Moller 2000). Manakala prosedur IVU yang melibatkan penghasilan imej radiografi secara bersiri antara 5 hingga 6 dedahan juga dikhuatiri menghasilkan dos sinaran yang tinggi kepada pesakit (Meagher et al. 2001).

Oleh sebab itu, satu kajian eksperimen mengenai perbandingan dos sinaran antara prosedur IVU dan prosedur UHCT urografi dijalankan bagi mengukur jumlah dos sinaran yang diterima oleh pesakit. Selain itu, kajian ini juga bertujuan untuk menentukan parameter dedahan yang optimum bagi kedua-dua prosedur tersebut.

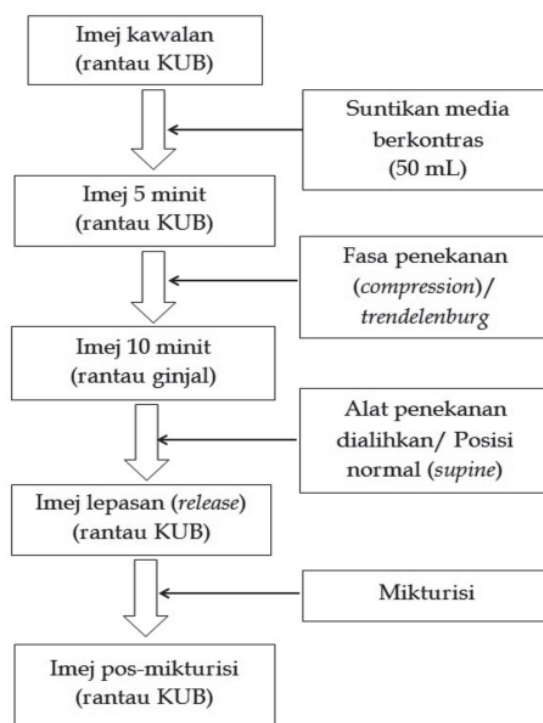
## BAHAN DAN KAEDAH

Kajian yang dijalankan merupakan sebuah kajian prospektif berbentuk eksperimental dos sinaran ke atas fantom seluruh tubuh (Pixy, USA) dengan menggunakan dua modaliti yang berbeza iaitu pengimbas CT (Somatom Sensation 16, Siemens, Jerman) bagi prosedur UHCT urografi dan mesin sinar-x konvensional (ML02F, GE Medical Systems, USA) bagi prosedur IVU. Media berkontras tidak ionik (Iopamiro 300, Bracco, Italy) juga digunakan bagi memberikan kontras imej pada trek urinari dalam prosedur IVU.

### PROSEDUR UROGRAFI INTRAVENA

Kajian dijalankan mengikut protokol sebenar prosedur IVU di mana sebanyak 5 siri dedahan radiografi meliputi

4 radiografi rantau *kidney-ureter-bladder* (KUB) dan satu radiografi rantau ginjal (kidney view). Ringkasan prosedur IVU ditunjukkan dalam carta alir pada Rajah 1.



RAJAH 1. Carta alir prosedur IVU yang melibatkan 5 siri pengimejan bermula dengan penghasilan imej kawalan sehingga penghasilan imej pos-mikturisi

Dalam kajian ini, sebanyak tiga faktor dedahan berlainan voltan tiub digunakan sebagai parameter dedahan iaitu 75 kVp, 80 kVp dan 85 kVp dengan nilai *half-value layer* (HVL) sebanyak 2.5 mm Al. Nilai voltan tiub ditentukan berdasarkan nilai-nilai piawai yang biasa dilakukan untuk pemeriksaan radiografi trek urinari atau rantau abdomen bagi saiz pesakit *sthenic* (normal) (Nawfel 2004; Kim & Cho 2003). Manakala arus tiub yang digunakan dikawal secara automatik mengikut saiz ketebalan objek. Oleh kerana hanya satu fantom yang digunakan bagi setiap parameter dedahan, ketebalan dan ketumpatan tisu digunakan adalah tetap menjadikan arus tiub yang digunakan sepanjang pemeriksaan hampir sama bagi menghasilkan imej dengan kontras dan densiti yang optimum (~32 mAs bagi kesemua faktor dedahan). Setiap siri dedahan diulangi sebanyak tiga kali.

### PROSEDUR TOMOGRAFI BERKOMPUTER HELIKAL TANPA KONTRAS UROGRAFI

Prosedur UHCT urografi dijalankan dengan menggunakan kolimasi pengesan  $16 \times 1.5$  mm, ketebalan hirisan sebanyak 5.0 mm, medan imbasan berjulat dari 270 mm hingga 330 mm, pergerakan meja pemeriksaan per-putaran gantri sebanyak 10.8 mm; pitch sebanyak 1.0, nilai HVL sebanyak 5.0 mm Al, dengan parameter tiub voltan sedia

ada pada sistem CT (100 kVp, 120 kVp dan 140 kVp) dan arus tiub yang dikawal secara automatik (300-500 mAs). Walaupun arus tiub dikawal secara automatik, nilai arus tiub maksimum yang ditetapkan adalah sebanyak 350 mA bagi ketiga-tiga faktor dedahan di mana nilai efektif *milliampere-second* (mAs) akan ditentukan berdasarkan tempoh masa imbasan dan juga ketebalan objek yang diimbis. Selain itu, nilai pitch yang digunakan adalah dalam julat 1.0 hingga 3.0 dengan ketebalan hirisan sebanyak 5.0 mm (Meagher et al. 2001).

Sebelum imbasan dilakukan, satu imej topografi perlu dihasilkan bertujuan untuk perancangan plana hirisan sebenar bagi imbasan prosedur UHCT urografi. Dua teknik bagi mengurangkan dos sinaran pada pesakit semasa imbasan topografi dilakukan iaitu dengan menggunakan parameter dedahan minimum (80 kVp dan 50 mAs) serta putaran tiub sinar-x sebanyak 180° (Sperry & Knowles 2005).

#### PENGUKURAN DOS SINARAN

Secara umumnya, dos sinaran efektif ditentukan dalam kedua-dua prosedur UHCT urografi dan IVU. Namun begitu, dos sinaran permukaan, *entrance skin dose* (ESD) diukur secara langsung dalam kajian ini dengan menggunakan cip TLD-100. Cip-cip TLD diletakkan di atas permukaan kulit fantom pada kawasan organ radiosensitif semasa dedahan dilakukan bagi menentukan radiasi pada titik tertinggi daripada taburan dos keseluruhan yang merangkumi radiasi dari bim primer dan sekunder. Dalam kajian ini, gonad merupakan organ radiosensitif yang dipilih untuk menentu ukur jumlah dos sinaran yang diterima. Dos sinaran dibaca dan direkod dalam *milligray* (mGy) selepas melalui satu siri pemprosesan bacaan dos yang merangkumi proses sepuh lindap (*annealing*) dan kalibrasi.

Proses sepuh lindap dan bacaan dos sinaran dilakukan menggunakan mesin Harshaw-5500 (Thermo Electron Corp., USA), sementara kalibrasi dilakukan menggunakan mesin sinar-x (HVL= 2.5 mm Al), mesin tomografi berkomputer (HVL= 5.0 mm Al) dan beberapa alatan lain seperti *survey meter* sinaran digital (model 660), kebuk pengionan (model 660-3) dan unit pembaca dos (model 660-1). Kalibrasi TLD dilakukan bagi mendapatkan bentuk graf bagi penukaran dos sinaran daripada unit nanocoulomb

(nC) kepada milligray (mGy) dengan pendedahan sinaran yang dikenal pasti nilainya. TLD hanya diproses selepas 24 jam didedahkan kepada sinaran radiasi. TLD yang digunakan dalam kajian ini berbentuk mikro-segi empat sama dan dibungkus dengan plastik bernombor. Proses penukaran unit daripada mGy kepada mSv adalah berdasarkan rumus;

$$E = D \times Q \times N$$

E = Dos sinaran efektif

D = Dos terserap yang diperolehi dari bacaan TLD

Q = Faktor kualiti sinaran (faktor kualiti bagi sinar-x adalah 1)

N = Faktor pendarab sinaran (faktor pendarab bagi sinar-x adalah 1)

Data jumlah dos sinaran yang diperolehi pada fantom akan dipersembahkan dalam bentuk jadual dan direkod untuk dianalisa secara statistik.

Jumlah cip TLD yang digunakan adalah sebanyak 72 keping cip iaitu sebanyak 36 keping cip bagi prosedur IVU dan 36 keping cip bagi prosedur UHCT urografi. Setiap parameter dedahan bagi prosedur IVU memerlukan sebanyak 3 keping cip TLD yang dilekatkan pada kawasan gonad dan 1 keping cip sebagai kawalan. Setiap parameter dedahan pula akan diulang sebanyak 3 kali dengan menggunakan cip TLD berlainan bagi mendapatkan bacaan purata. Bacaan purata ini akan direkodkan bagi mengurangkan ketakpastian pengukuran. Teknik pengukuran dos sinaran yang sama juga digunakan bagi prosedur UHCT urografi di mana teknik lokalisasi cip TLD adalah pada kawasan gonad.

#### PENILAIAN KUALITI IMEJ

Penilaian kualiti imej bagi prosedur IVU dan UHCT urografi dilakukan oleh dua orang pakar radiologi yang mempunyai pengalaman lebih dari 10 tahun dalam penilaian imej radiografi. Kedua-dua orang pakar radiologi tersebut tidak dimaklumkan mengenai faktor dedahan dan protokol pengimejan. Setiap set imej dinilai secara subjektif menggunakan skor 4-point. Perincian mengenai skala penilaian kualiti imej ditunjukkan dalam Jadual 1.

JADUAL 1. Perincian skor bagi penilaian kualiti imej

Skor	Tafsiran skala	Perincian
1	Sangat baik	Semua struktur dapat ditunjukkan dengan jelas tanpa kehadiran sebarang artifak. Penilaian terhadap imej dapat dilakukan dengan baik dan berkesan kerana imej terhasil mempunyai nilai diagnostik yang tinggi.
2	Baik	Kehadiran hingar yang mengganggu kejelasan struktur sempadan salur darah berserta kehadiran artifak yang minimum. Imej masih mempunyai nilai diagnostik dan penilaian imej dapat dilakukan dengan baik.
3	Memuaskan	Kekaburan pada struktur sempadan salur darah. Paparan struktur anatomi agak terhad akibat kehadiran hingar yang tinggi. Imej yang mempunyai nilai diagnostik yang terhad dan penilaian imej masih boleh dilakukan.
4	Tidak memuaskan	Sempadan salur darah dan tisu sekeliling tidak jelas kelihatan. Kehadiran hingar yang tinggi mengganggu penglihatan struktur anatomi serta penilaian terhadap imej tidak dapat dilakukan.

## ANALISIS STATISTIK

Data yang diperolehi dianalisa menggunakan perisian SPSS versi 19.0 (SPSS Inc, Chicago, USA). Secara statistiknya, perbezaan yang signifikan ditentukan oleh pekali statistik,  $p$  sekiranya nilai  $p < 0.05$ . Ujian-t dua hujung, korelasi Spearman dan ujian statistik kappa digunakan dalam kajian ini.

## KEPUTUSAN

### PERBANDINGAN DOS SINARAN DALAM PROSEDUR IVU DAN UHCT UROGRAFI

Dalam prosedur IVU, dos sinaran yang diperolehi bagi setiap parameter dedahan adalah berbeza secara signifikan. Dos sinaran efektif yang diperolehi adalah sebanyak  $1.40 \pm 0.01$  mSv,  $2.10 \pm 0.02$  mSv dan  $2.79 \pm 0.03$  mSv bagi dedahan 75 kVp, 80 kVp dan 85 kVp. Perincian dos untuk siri radiografi bagi prosedur IVU ditunjukkan dalam Jadual 2. Kajian ini juga menunjukkan bahawa terdapat hubungan korelasi linear yang signifikan antara dos sinaran dengan parameter dedahan (kVp) yang digunakan dalam prosedur IVU (Rajah 2a).

Prosedur UHCT urografi juga menunjukkan bahawa dos sinaran radiasi berbeza secara signifikan bagi setiap parameter dedahan yang digunakan di mana jumlah dos sinaran efektif yang diperolehi adalah sebanyak  $0.76 \pm 0.06$  mSv,  $1.32 \pm 0.04$  mSv dan  $1.82 \pm 0.08$  mSv bagi dedahan 100 kVp, 120 kVp dan 140 kVp dengan pitch sebanyak 1.0. Kajian ini juga menunjukkan bahawa terdapat hubungan korelasi linear yang signifikan antara dos sinaran dengan parameter dedahan (kVp) yang digunakan dalam prosedur UHCT urografi (Rajah 2b).

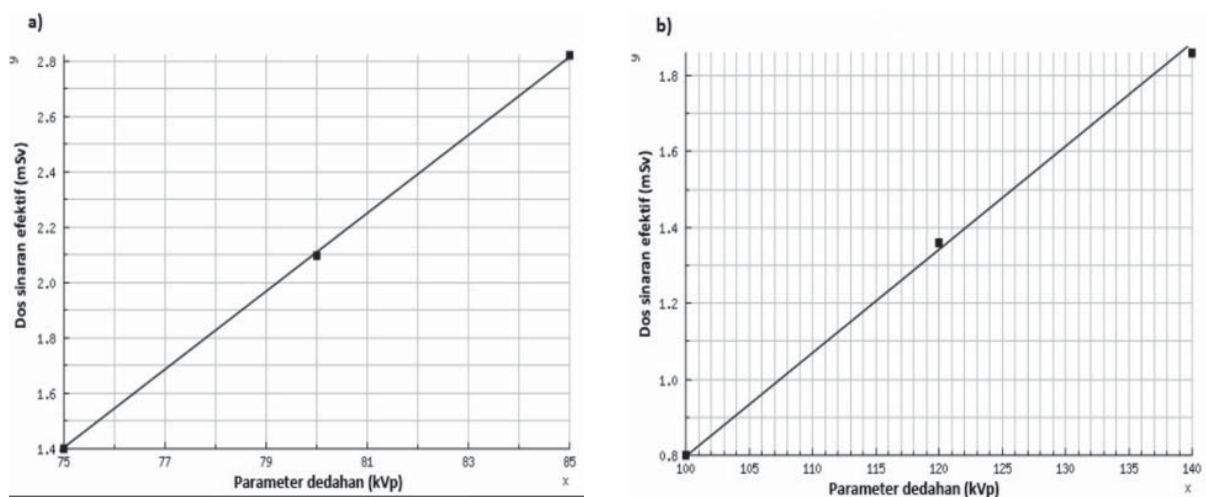
JADUAL 2. Perincian dos efektif (ED) bagi setiap imej dedahan dalam prosedur IVU

Bahagian imej dedahan	Faktor dedahan (mSv)		
	75 kVp	80 kVp	85 kVp
Imej kawalan	$0.31 \pm 0.00$	$0.53 \pm 0.00$	$0.66 \pm 0.00$
Imej 5 minit	$0.30 \pm 0.00$	$0.48 \pm 0.00$	$0.63 \pm 0.00$
Imej 10 minit	$0.01 \pm 0.00$	$0.01 \pm 0.00$	$0.02 \pm 0.00$
Imej lepasan	$0.36 \pm 0.00$	$0.51 \pm 0.01$	$0.67 \pm 0.01$
Imej pos-mikturisi	$0.39 \pm 0.00$	$0.57 \pm 0.01$	$0.82 \pm 0.01$
Dos kawalan	$0.04 \pm 0.00$	$0.11 \pm 0.00$	$0.09 \pm 0.00$
Dos kumulatif prosedur	$1.40 \pm 0.01$	$2.10 \pm 0.02$	$2.79 \pm 0.03$

Namun begitu, walaupun nilai dos sinaran efektif pada prosedur IVU lebih tinggi berbanding dos sinaran efektif terhasil daripada prosedur UHCT urografi, perbezaan bacaan dos tersebut adalah tidak signifikan ( $p = 0.126$ ).

### PENILAIAN KUALITI IMEJ BAGI PROSEDUR IVU DAN UHCT UROGRAFI

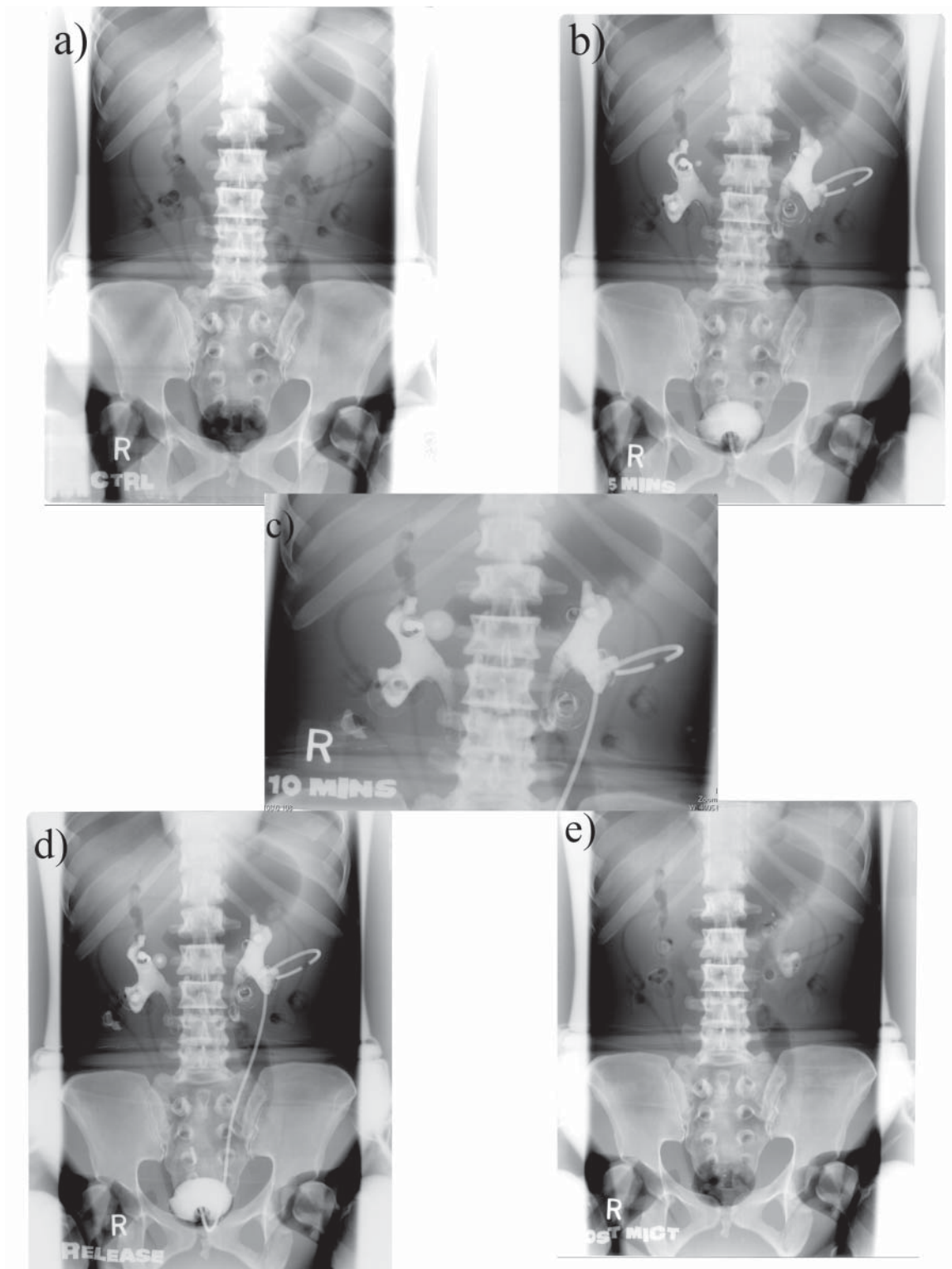
Penilaian imej secara subjektif telah dilakukan oleh dua orang pakar radiologi mendapati bahawa imej optimum yang terhasil bagi prosedur IVU adalah menggunakan faktor dedahan sebanyak 85 kVp (Rajah 3a-e). Persetujuan ini telah dicapai oleh kedua-dua penilai dengan skor kappa yang sangat baik iaitu sebanyak 0.68. Manakala dedahan optimum bagi prosedur UHCT urografi adalah sebanyak 120 kVp (Rajah 4) dan telah dipersetujui oleh kedua-dua penilai dengan skor kappa yang sangat baik pada 0.74.



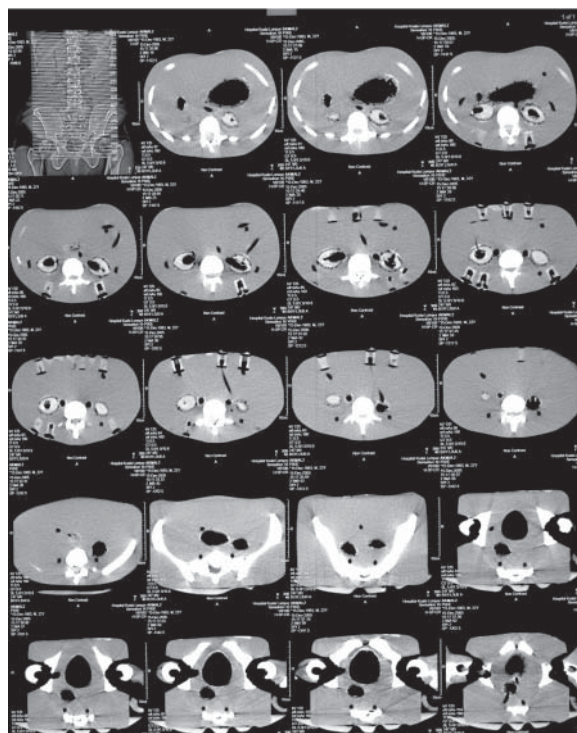
RAJAH 2. Graf korelasi antara parameter dedahan (kVp) dan dos sinaran efektif (mSv). (a) Terdapat hubungan linear yang kuat ( $r^2 = 0.97$ ) antara dos sinaran dan parameter dedahan bagi prosedur IVU seperti yang ditunjukkan dalam taburan dos pada graf.

(b) Graf yang mewakili prosedur UHCT urografi juga menunjukkan terdapat kekuatan hubungan yang positif ( $r^2 = 0.94$ ) dari hasil korelasi antara dos sinaran dan parameter dedahan





RAJAH 3. Imej bersiri bagi prosedur IVU merangkumi (a) imej kawalan, (b) imej 5 minit selepas pemberian media berkontras, (c) imej 10 minit selepas melalui posisi trendelenburg, (d) imej lepasan (release) yang bertujuan bagi meningkatkan aliran kontras pada distal ureter. (e) Imej pos-mikturisi dihasilkan setelah media berkontras dibersihkan dari trek urinari fantom



RAJAH 4. Imej hirisan lintang (axial) pada kaviti abdomen dan pelvis bagi prosedur UHCT urografi

#### PERBINCANGAN

Kajian ini mengilhamkan dua hasil penting yang boleh dijadikan panduan dan rujukan untuk aplikasi klinikal. Pertama, terdapat perbezaan signifikan dalam jumlah dos sinaran yang akan diterima pesakit sekiranya faktor dedahan diubah (kVp) sama ada bagi prosedur IVU ataupun UHCT urografi. Konsep ini penting untuk dipertimbangkan terutama dalam menentukan faktor dedahan pada pesakit pediatrik. Kedua, faktor dedahan yang dipilih jelas menunjukkan kesan secara langsung terhadap pembentukan imej di mana semakin tinggi voltan tiub yang dipilih, semakin tinggi penembusan sinaran terhadap objek sekaligus mengurangkan sinaran terserak yang memberikan hingar dan keterukan kualiti sesuatu imej.

Dalam kajian ini, didapati bahawa dos sinaran efektif yang diperolehi semasa prosedur UHCT adalah jauh lebih rendah (0.76-1.82 mSv) berbanding prosedur IVU (1.40-2.79 mSv) di mana ia bertentangan dengan kajian-kajian lalu (UHCT = 11.20 mSv; IVU = 5.55 mSv)(Nawfel et al. 2004; Pfister et al. 2003). Ini adalah disebabkan beberapa faktor seperti pengenalan perisian dos rendah pada sistem tomografi berkomputer (Silverman et al. 2009) dan pengubahsuaian teknik topografi semasa prosedur UHCT (Sperry & Knowles 2005).

Andaian bahawa penggunaan kolimasi bim kecil semasa penghasilan imej rantau ginjal semasa prosedur IVU dipercayai dapat mengurangkan dos sinaran pada pesakit adalah meleset sama sekali. Ini kerana kolimasi yang kecil pada rantau ginjal hanya dilakukan sekali sahaja

daripada keseluruhan siri pengimejan IVU. Ini sekaligus menjadi faktor alasan mengapa dos efektif semasa prosedur IVU lebih tinggi berbanding dos sinaran setara dalam prosedur UHCT urografi (Yakoumakis et al. 2001). Kajian lain juga menyokong bahawa dos sinaran yang diukur di luar kolimasi bim adalah sangat rendah secara signifikan sekaligus menjadikan penggunaan kolimasi bim adalah faktor utama dalam kaedah perlindungan sinaran terutama semasa pemeriksaan radiografi pediatrik (Armpilia et al. 2002).

Selain itu, teknologi termaju dalam pembangunan unit CT juga membantu memberikan dos sinaran yang rendah kepada pesakit dengan beberapa teknik tertentu seperti pengubahsuaian bim semasa penghasilan imej topografi. Teknik pengubahsuaian dalam menghasilkan imej topografi menjadi faktor utama pengurangan dos sinaran radiasi dalam prosedur imbasan tomografi berkomputer urografi. Dalam kajian ini, modifikasi yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan tiub sinar-x pada posisi 180° menjadikannya pada kedudukan posterior pesakit. Ini dapat mengurangkan sinaran radiasi pada pesakit di mana sinaran terhasil akan menghentam meja pemeriksaan CT terdahulu sebelum menembusi badan pesakit. Fenomena ini akan menyebabkan tenaga sinar-x yang rendah akan diserap oleh meja pemeriksaan dan secara tidak langsung, ia akan mengurangkan dos radiasi pada kawasan gonad, tiroid, payudara dan kawasan berdekatan tanpa menjejaskan kualiti imej (Sperry & Knowles 2005).

Penggunaan perisian pengurangan dos sinaran atau *combined applications to reduce exposure (CARE)* pada

kawalan mAs automatik menjadikan mesin tomografi berkomputer hirisan berganda 16 hirisan berupaya menghasilkan dos sinaran yang jauh lebih rendah berbanding mesin CT biasa yang tidak mempunyai perisian tersebut. Ini sekaligus dapat memberikan andaian terhadap pengurangan dos sinaran dalam kajian ini (Silverman et al. 2009).

Perbezaan penggunaan voltan tiub dalam penghasilan imej IVU mahupun UHCT urografi telah menunjukkan bahawa terdapat satu pilihan utama imej terbaik bagi setiap prosedur. Pemilihan imej ini ditentukan daripada sokongan faktor densiti yang memuaskan, hingar latar belakang dan penghasilan kontras imej yang sangat bagus (Pallwein-Prettner et al. 2011). Namun begitu, tiada skala tetap klasifikasi bagi penilaian imej yang dilakukan secara subjektif kerana ia bergantung sepenuhnya kepada mata pemerhati semata-mata.

Namun begitu, terdapat beberapa masalah yang timbul sepanjang kajian dijalankan. Pertama, penggunaan parameter dedahan yang sedikit. Penggunaan parameter yang sedikit sekaligus menjejaskan kenormalan taburan data. Namun begitu, selepas melakukan proses saringan terhadap pemilihan faktor dedahan berdasarkan imej radiografi dan sumber rujukan lain, imej yang terhasil daripada faktor dedahan yang tidak bersesuaian (underexposed & overexposed) telah disingkirkan meninggalkan hanya 3 faktor dedahan yang bersesuaian dengan ketebalan fantom antropomorfik. Kedua, penilaian kualiti imej yang terhasil dari prosedur IVU tidak begitu memuaskan akibat penggunaan fantom yang tidak mempunyai struktur anatomi yang lengkap sekaligus menimbulkan kesukaran dalam penilaian imej oleh pakar radiologi. Penilaian kualiti imej terjejas akibat ketiadaan beberapa organ badan yang penting dalam trek urinari untuk dinilai seperti tisu parenkima ginjal, 1/3 ureter tengah dan 1/3 ureter inferior.

Kesimpulannya, dengan teknologi termaju yang diadaptasi pada sistem tomografi berkomputer (Silverman et al. 2009; Sperry & Knowles 2005), UHCT urografi berjaya menghasilkan dos sinaran jauh lebih rendah berbanding prosedur IVU walaupun tidak terdapat perbezaan yang signifikan secara statistik. Selain itu, daripada penilaian imej dalam kajian ini jelas menunjukkan bahawa prosedur IVU dengan faktor dedahan sebanyak 85 kVp dan prosedur UHCT urografi dengan faktor dedahan sebanyak 120 kVp menjadi pilihan utama dalam penerimaan imej secara diagnostik.

#### RUJUKAN

- Armpilia, C.I., Fife, A.J. & Croasdale, P.L. 2002. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. *British Journal of Radiology* 75: 590-595.
- Brenner, D.J. & Elliston, C.D. 2004. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology* 232(3): 735-738.
- Brenner, D.J. & F Hall, E.J. 2007. Computed tomography: an increasing source of radiation exposure. *New England Journal of Medicine* 357(22): 2277-2284.
- Hall, E.J. 1999. *Radiobiology for the Radiologist*. Ed ke-5. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Kim, J.K. & Cho, K.S. 2003. CT urography and virtual endoscopy: promising imaging modalities for urinary tract evaluation. *British Journal of Radiology* 76: 199-209.
- Linton, O.W. & Mettler, F.A. 2003. National conference on dose reduction in CT, with an emphasis on pediatric patients. *American Journal of Roentgenology* 181(2): 321-329.
- Meagher, T., Sukumar V.P., Collingwood, J., Crawley, T., Schofield, D., Henson, J., Lakin, K. & Connolly, J.G. 2001. Low dose computed tomography in suspected acute renal colic. *Clinical Radiology Journal* 56(11): 873-876.
- Moller, T.B. 2000. *Normal Findings in Radiology*. Ed. Ke-2. Italy: CIC Edizioni Internazionali.
- Nawfel, R.D., Judy, P.F., Schleipman, A.R., & Silverman, S.G., 2004. Patient Radiation Dose at CT Urography and Conventional Urography. *Radiology* 232: 126-132.
- Pallwein-Prettner, L., Flory, D., Rotter, C.R., Pogner, K., Syre, G., Fellner, C., Frauscher, F., Aigner, F., Krause, F.S. & Fellner, F. 2011. Assessment and characterization of common renal masses with CT and MRI. *Insights Imaging* 2: 543-556.
- Parsons, J.K., Lancini, V., Shetye, K., Regan, F., Potter, S.R. & Jarret, T.W. 2003. Urinary stone size: Comparison of abdominal plain radiography and non-contrast CT measurement. *Journal of EndoUrology* 17: 725-728.
- Pfister, S.A., Deckart, A., Laschke, S., Dellas, S., Otto, U., Buitrago, C., Roth, J., Wiesner, W. & Gasser, T.C. 2003. Unenhanced helical computed tomography vs intravenous urography in patients with acute flank pain: accuracy and economic impact in a randomized prospective trial. *European Radiology* 13(11): 2513-2510.
- Rossee, C.J., Zagoria, R., Dixon, R. 2000. Is there a learning curve in diagnostic urolithiasis with noncontrast helical computed tomography?. *Canada Associates Radiology Journal* 51: 177-181.
- Silverman, S.G., Levendecker, J.R. & Amis, E.S. 2009. What is the current role of CT urography and MR urography in the evaluation of the urinary tract? *Radiology* 250: 309-323.
- Sperry, K.J. & Knowles, P. 2005. Changes in technique can reduce radiation dose in CT examination. *American Journal of Roentgenology* 185: 509-515.
- Yakoumakis, E., Tsalafoutas, I.A., Nikolaou, D., Nazos, I., Koulentianos, E. & Proukakis, C.H. 2001. Differences in effective dose estimation from dose-area product and entrance surface dose measurements in intravenous urography. *British Journal of Radiology* 74: 727-734.

Akmal Sabarudin  
Kanaga Kumari Chelliah  
Program Pengimejan Diagnostik & Radioterapi  
Pusat Pengajian Sains Diagnostik & Kesihatan Gunaan  
Fakulti Sains Kesihatan  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
50300 Kuala Lumpur, MALAYSIA

Hamzaini Abdul Hamid  
Jabatan Radiologi  
Pusat Perubatan Universiti Kebangsaan Malaysia  
Jalan Yaacob Latif, Bandar Tun Razak  
56000 Kuala Lumpur, MALAYSIA

Correspondence author: Akmal Sabarudin  
Email address: [akmal.sabarudin@kkl.ukm.my](mailto:akmal.sabarudin@kkl.ukm.my)  
Tel: +6032687 8071; Fax: +6032687 8108

Received: May 2013  
Accepted for publication: December 2013