

Unità Hounsfield nella determinazione della composizione chimica dei calcoli urinari

G. MARCHIORO, M. VIDALI¹, G. BELLOMO¹, M. BILLIA MICHELE, G. MASO, F. VARVELLO, M. ZACCHERO, G. CERATTI, A. VOLPE, C. TERRONE

Divisione Universitaria di Urologia,

¹Laboratorio Ricerche Chimico-Cliniche, Azienda Ospedaliero-Universitaria Maggiore della Carità, Novara

Determination of the urinary stone chemical composition using the hounsfield unit

ABSTRACT. OBJECTIVES: To determine the chemical composition of pure and mixed urinary calculi by multislice helical computed tomography (CT) in an in-vitro setting. CT is becoming the preferred radiologic examination in diagnosis and management of calculus disease. The management of calculus disease can be facilitated by ascertaining stone composition. Recent in-vitro studies have suggested that CT can be used to predict the composition of urinary stones on the basis of differences in radiodensity (measured in Hounsfield units, HU) supporting the clinician in selecting the more opportune therapeutic strategy. Aim of our study is to compare the radiodensity and chemical composition of urinary stones with the purpose of identifying the cut-off value of HU with high specificity.

MATERIALS E METHODS: A total of 76 patients with urinary stones, candidate to treatment, were assessed in a multislice helical scanner within an air-filled environment (Ge Healthcare light Speed, 120 KV; 150-250 mA 1.5 pitch thick speed 2.5; interval 2.5) differentiating dimensions and radiodensity. The chemical compositions of urinary stones were assessed on the basis of the differences in densities measured in Hounsfield units. Chemical analysis of stone has been done, using colorimetric kit Ecoline (DiaSys Diagnostic System GmbH, Germany) validated versus IR Spectrometry. HU density values are expressed as median and interquartile range (IQR). Statistic analysis has been done using SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). **RESULTS:** The stones were assigned to seven different groups according to the chemical composition: calcium oxalate in 57%, calcium oxalate and phosphate in 16%, calcium urate-oxalate 12%, uric acid in 5%, struvite and calcium phosphate in 4%, struvite and calcium oxalate in 5%, cystine in 1%. Uric acid stone density (Ur+Ur/Ox-Ca, n=13; HU 487, IQR 352 - 594) was significantly lower than both Ox-Ca pure (n=44; HU 639, IQR 460 - 942) (Bonferroni correction p=0012) and phosphate (Ox / P-Ca+struvite, n=19; HU 801, IQR 502 - 1205) (Bonferroni correction p=0006), while no difference was evident between oxalate and phosphate stones. Areas under ROC curve for uric acid stone identification (toward phosphate and oxalate) or for phosphate stone identification (toward uric acid and oxalate) were respectively 0.73 (95%IC 0.59-0.87) and 0.62 (95%IC 0.46-0.79). Cut-off values of 352 HU (first quartile uric distribution) and 1205 HU (third quartile phosphates distribution) allow to identify a specificity of 91% and 96%, respectively, for uric acid or phosphates stones. **CONCLUSIONS:** Although our data underline an association between radiodensity and chemical composition, confirming literature, the big overlap of distributions of HU values limits clinical application. It is possible to identify specific HU cut-off values for uric acid and phosphates stone, however it is necessary to verify these results in a larger sample. The spiral TC is useful to study the chemical composition of the urinary stone, but a larger sample is necessary to calculate more accurate radiodensity cut-off values. (Urologia 2009; 76: S39-44)

KEY WORDS: Urinary stone, Composition, Hounsfield units, Computed tomography

PAROLE CHIAVE: Composizione, Calcoli urinari, Unità Hounsfield, Tomografia computerizzata

Introduzione

I calcoli urinari sono delle formazioni cristalline dure, anomale, composte principalmente da sali minerali che si possono formare in qualsiasi porzione del tratto urinario (rene, uretere, vescica, uretra) e possono portare a dolore, ostruzione ed infezione.

Esistono alcuni fattori che aumentano l'incidenza della calcolosi come l'assunzione di acqua potabile "dura" ossia ad alto contenuto di minerali oppure una storia familiare di calcolosi (fratello o genitore affetto). Secondo l'Istituto Nazionale della Sanità un individuo su 10 sviluppa calcoli al rene durante il corso della propria vita e la calcolosi renale è responsabile di 7-10 ricoveri ospedalieri ogni 1000. La calcolosi renale è più frequente in pazienti di età compresa tra i 30 e i 45 anni, mentre l'incidenza decresce dopo i 50 (1, 2).

La loro origine può essere dovuta a fattori che aumentano la concentrazione di sali nell'urina (es. riduzione del volume dell'urina prodotta o maggiore eliminazione di sostanze), alla stasi urinaria (per il maggior tempo a disposizione per la cristallizzazione dei Sali) e ad altri fattori come la maggiore o minore acidità dell'urina.

I calcoli contenenti sali di calcio sono i più comuni (il 70-80% dei calcoli sono composti di ossalato di calcio Ox-Ca oppure di fosfato di calcio P-Ca); i calcoli di acido urico (Ur) sono circa il 5-10% e sono spesso associati alla gotta. Esistono inoltre calcolosi composte da fosfato di ammonio magnesiaco (o struvite) e calcio-fosfato (10-15%) che possono sorgere in seguito a un alto pH urinario o dopo un'infezione batterica. Una piccola percentuale di calcoli (1% circa) sono composti da Cistina (3, 4). Esistono, infine, basse percentuali di calcolosi causate da altre patologie quali deficit enzimatici come la calcolosi di 2-8 diidrossiadenina (5).

I fattori responsabili della formazione e crescita di un calcolo urinario sembrano essere molteplici. In particolare rivestono un ruolo fondamentale l'eccessiva concentrazione di soluti litogeni nell'urina (sovrasaturazione urinaria) che provoca la formazione di particelle elementari (cristalli) e la carenza di sostanze inibenti la cristallizzazione e l'aggregazione dei cristalli stessi. Altri possibili fattori che concorrono nella formazione dei calcoli sono rappresentati dalla stasi urinaria e dalla presenza di un'infezione urinaria, soprattutto da parte di microrganismi ureasi-produttori (ad esempio *Proteus Mirabilis*), che determinando un aumento del pH urinario che a valori di 8-9 favorisce la formazione di calcoli di struvite.

Il trattamento dipende dalla dimensione, dal tipo di calcolo, dalla composizione, dalla causa predisponente

e dall'eventuale presenza di un'infezione urinaria. Calcoli inferiori ai 4 mm vengono espulsi spontaneamente nel 90% dei casi, calcoli di 5-7 mm nel 50% e quelli più grandi di 7 millimetri, invece, raramente vengono eliminati senza intervento.

La composizione dei calcoli può essere valutata con la determinazione del pH urinario, con l'identificazione di cristalli nel sedimento urinario e con la ricerca di batteri ureasi-produttori.

La TC oggi, grazie ai recenti sviluppi tecnologici degli apparecchi computerizzati si propone come esame di riferimento per la calcolosi delle vie urinarie e nella gestione della colica renale, storicamente proprie dell'urografia endovenosa (6).

Rispetto alle metodiche tradizionali l'uso della TC, ancorché giustificato dal punto di vista clinico, può però comportare un aumento di dose di radiazioni al paziente non trascurabile; di qui l'importanza di procedere all'ottimizzazione della procedura.

Recenti studi hanno suggerito che questa tecnica, che da sola non riesce a distinguere la composizione dei calcoli, possa essere utilizzata a questo scopo, in base alla radiodensità (espressa in unità Hounsfield HU).

L'unità di misura della densità elettronica è l'UH (unità di Hounsfield - HU), la cui scala comprende 2001 diverse tonalità di grigio, dal nero al bianco. La densità dell'aria assume un valore di -1000 UH, l'acqua vale 0 HU e l'osso compatto vale +1000 (7-9). Scopo del lavoro è confrontare la radiodensità e la composizione chimica dei calcoli al fine di individuare cut-off di HU dotati di alta specificità.

Materiali e Metodi

Settantasette pazienti con calcolosi reno-ureterale, candidati a litotrixxia percutanea o ureterosopia operativa, sono stati studiati preoperatoriamente con TC addominale senza mdc (Ge Healthcare light Speed, 120 KV; 150-250 mA 1,5 pitch thick speed 2,5; interval 2,5), valutando dimensioni e radio densità dei calcoli in UH, misurata al diametro massimo del calcolo.

I calcoli sono stati asportati con varie metodiche (pinze, cestelli, espulsione spontanea) e quindi sono stati sottoposti ad analisi chimica.

L'analisi chimica dei calcoli è stata effettuata mediante kit colorimetrico Ecoline (DiaSys Diagnostic System GmbH, Germany) validato contro spettrometria IR. I valori di densità HU sono espressi come mediana e range interquartile (IQR). L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Risultati

I risultati dello studio sono stati ottenuti da una collaborazione tra urologia e il laboratorio analisi dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria "Maggiore della Carità" e raccolti in un data base dedicato.

La sede e le dimensioni dei calcoli trattati ed esaminati sono elencati nella Tabella I.

L'83% delle procedure si è rivelata risolutiva come unico trattamento e nei rimanenti casi è stato necessario un secondo intervento per la calcolosi residua. (Tab. II).

Il tipo di trattamento prevalentemente utilizzato presso il nostro centro è stata l'Ureteroscopia con contestuale litotrixxia laser e nel 10 % dei casi la procedura è stata eseguita in regime di urgenza. Il successo al primo trattamento con assenza di calcolosi residua, è stato ottenuto nel 90% dei casi per i pazienti sottoposti a tale procedura.

In nessun caso si è ricorso a un intervento a cielo aperto. Le procedure più invasive (PCNL, ECIRS e Litotomia laparoscopica) sono sempre state risolutive in

TABELLA I - CARATTERISTICHE DELLA POPOLAZIONE

Sede anatomica del calcolo	N. 76
Renale	35 (46 %)
Uretere sottogiuntale	9 (11.8 %)
Uretere lombare	10 (13.2 %)
Uretere pelvico	22 (29 %)
Diametro mediano e IQR dei calcoli (mm)*	
Tot. calcoli (N. 76)	6.5 (4.0-10.0)
Renale (N. 35)	9.0 (4.0-13.0)
Uretere sottogiuntale (N. 9)	7.0 (5.0-10.0)
Uretere lombare (N. 10)	7.0 (5.5-8.0)
Uretere pelvico (N. 22)	4.5 (3.0-8.2)

*Mediana e IQR (25°percentile-75°percentile) totale e divisi per sede

TABELLA II - TIPOLOGIA ED OUTCOME DEL TRATTAMENTO

Tipo di trattamento	N. 76
Espulsione spontanea	9 (11.8%)
Terapia espulsiva	8 (13.1%)
ESWL	8 (13.1%)
URS rigida / flessibile	41 (53.9%)
PCNL	3 (3.9%)
ECIRS	6 (6.8%)
Pielolitotomia laparoscopica	1 (1.3%)

un unico trattamento.

L'analisi chimica ha evidenziato la seguente distribuzione: ossalato di calcio (Ox-Ca) in 44 (57%), ossalato e fosfato di calcio (Ox/P-Ca) in 12 (16%), acido urico (Ur) in 4 (5%), Ur/Ox-Ca in 9 (12%), struvite e P-Ca in 3 (4%), struvite e Ox-Ca in 4 (5%) e cistina in 1 (1%) (Fig. 1).

I calcoli contenenti acido urico (Ur+Ur/Ox-Ca, n=13; HU 487, IQR 352-594) presentavano valori di densità significativamente minori sia rispetto a calcoli di Ox-Ca puri (n=44; HU 639, IQR 460-942) (corretto per Bonferroni p =0.012) che a quelli contenenti fosfato (Ox/P-Ca+struvite, n=19; HU 801, IQR 502-1205) (corretto per Bonferroni p =0.006), mentre nessuna differenza significativa era evidente tra i calcoli di ossalato e quelli contenenti fosfato (Fig. 2).

Le aree sotto le curve ROC relative all'identificazione di calcoli di acido urico (verso fosfato e ossalato) o di calcoli contenenti fosfato (verso acido urico e ossalato) erano rispettivamente di 0,73 (95% IC 0.59-0.87) e 0,62 (95%IC 0.46-0.79).

Valori di cut-off pari a 352 HU (primo quartile distribuzione urati) e 1205 HU (terzo quartile distribuzione fosfati) permettono di identificare calcoli contenenti acido urico oppure fosfati con una specificità rispettivamente del 91% e del 96%.

Discussione

La TC senza mezzo di contrasto è considerata oggi di prima scelta nella valutazione della colica renale per la sua sicurezza e accuratezza (10) e permette di conoscere la sede, la grandezza e la composizione dei calcoli.

Scopo del nostro lavoro è stato quello di analizzare l'HU dei calcoli urinari per trovare la loro composizione in vivo.

Il primo ad utilizzare la TC per lo studio della composizione dei calcoli è stato Federle che studiò 9 pazienti con calcolosi urinaria e ne determinò la presumibile composizione valutando l'HU (acido urico: da 346 a 400 HU, cistina di 586 HU e ossalato di calcio di 510 HU) (11).

Hillman e collaboratori dimostrarono che grazie alla TC è possibile differenziare 3 tipi di calcoli renali: acido urico, ossalato di calcio e struvite (12).

Mostafavi dimostrò, in uno studio su 102 calcoli, che la Dual-energy poteva essere utile nel differenziare calcoli di simile densità (13).

Saw et al conclusero infine che si può ottenere una accuratezza predittiva superiore della composizione dei calcoli utilizzando collimatori di piccolo calibro (14).

Inoltre nei lavori di Mostafavi e di Mitcheson sono

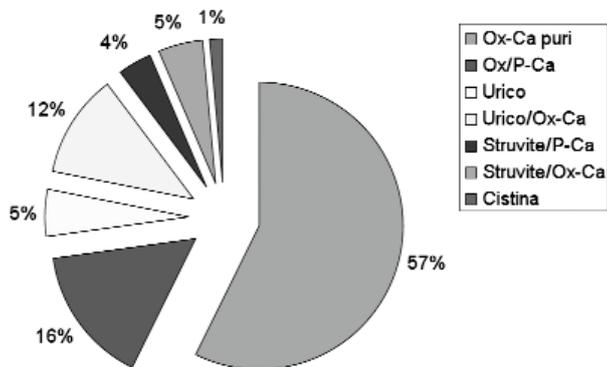


Fig. 1 - Distribuzione dei calcoli all'analisi chimico-fisica.

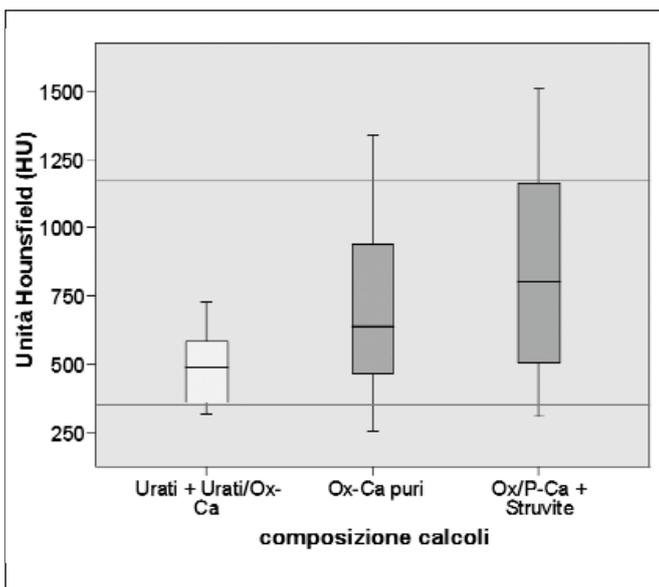


Fig. 2 - Valori di HU suddivisi in base alla composizione chimica dei calcoli (calcoli contenenti urati vs calcoli puri di ossalato vs calcoli contenenti fosfati). Ogni boxplot comprende valori tra il 25° e il 75° percentile, mentre la linea orizzontale rappresenta la mediana. In rosso sono indicate le linee corrispondenti al primo quartile della distribuzione urati (HU pari a 352) e al terzo quartile della distribuzione dei fosfati (HU pari a 1205).

state utilizzate energie diverse per analizzare la composizione dei calcoli (Mostafavi utilizzò 80 e 120 kV mentre Mitcheson 77 e 125 kV).

I due ricercatori dimostrarono che per calcoli semplici (struvite, ossalato di calcio e cistina) era sufficiente una singola scansione con un'energia, mentre la scansione a duplice energia permetteva di diversificare anche calcoli molto simili, inoltre conclusero che la me-

todica non era utilizzabile per calcoli inferiori a 5 mm (13, 15).

Questa osservazione è stata anche dimostrata recentemente nei lavori di Flohr e Matlaga, che nel suo studio dimostrano la possibilità di distinguere con TC "dual energy" anche la calcolosi di ossalato di calcio da quella di fosfato di calcio (16, 17).

Nel nostro lavoro abbiamo utilizzato immagini TC a strati di 1 mm per minimizzare gli effetti dovuti alla dimensione del calcolo con un'energia di 120 kV, tutti i tipi di calcoli renali, in grado di diversificare tutte le formazioni litiasiche.

Le composizioni chimiche dei calcoli misti sono state stabilite misurando densità diverse in regioni diverse sullo stesso calcolo, anche se all'interno dello stesso calcolo sono risultate simili a quelle dei calcoli puri. Le densità misurate in zone diverse del calcolo, almeno per quelli misti, hanno dimostrato densità maggiore per quelli di struvite, acido urico, fosfato di calcio e ossalato di calcio.

L'analisi chimica ha evidenziato differenze statisticamente significative per i calcoli contenenti acido urico che presentavano valori di densità significativamente minori sia rispetto a calcoli di Ox-Ca puri che a quelli contenenti fosfato, mentre nessuna differenza significativa era evidente tra i calcoli di ossalato e quelli contenenti fosfato. È stato possibile inoltre determinare valori di cut-off per calcoli contenenti acido urico oppure fosfati con una specificità rispettivamente del 91% e del 96%.

Come nello studio di Deveci inoltre, abbiamo incontrato alcune difficoltà nel differenziare il fosfato di calcio da calcoli di monidrato di ossalato di calcio in alcuni calcoli misti ma non abbiamo utilizzato la duplice-energia come Mostafavi per dirimere il dubbio (7, 13).

Anche se l'utilizzo della doppia energia potrebbe offrire un vantaggio nel dirimere la composizione dei calcoli dubbi, i pazienti dovrebbero essere sottoposti a TC due volte, aumentando la dose di radiazione assorbita e quindi non lo riteniamo possibile in clinica.

Da una revisione della letteratura esistente, abbiamo anche cercato di chiarire quali sono i possibili fattori che potrebbero avere un ruolo nel confondere lo studio TC dei calcoli: la diversa impostazione dello studio, "in vivo" oppure "in vitro"; la sovrapposizione dei valori di HU per alcuni tipi di calcoli: in particolar modo nei casi di ossalato di calcio e fosfato di calcio o in presenza di calcoli misti; l'utilizzo di diverse energie o diverse apparecchiature TC (18).

È interessante notare infine come il riscontro di sovrapposizione molto frequentemente, analogamente a quasi tutti gli studi pubblicati, dimostra come sia ancora molto controverso l'utilizzo clinico dell'HU e spiega perché il suo utilizzo con sia ancora molto diffuso.

Conclusioni

Sebbene i dati evidenzino un'associazione tra radiodensità e composizione chimica, l'ampia sovrapposizione delle distribuzioni dei valori di HU ne limita notevolmente l'applicazione clinica. Tuttavia, è possibile individuare cut-off specifici utili nell'individuazione di calcoli di acido urico e fosfati.

L'utilizzo di HU nella pratica clinica può sicuramente essere uno strumento utile all'urologo nella gestione della calcolosi.

La TC spirale è utile nello studio della composizione chimica dei calcoli urinari, tuttavia una casistica più numerosa è necessaria al fine di calcolare cut-off più accurati di radiodensità HU.

Riassunto

Introduzione. La TC nello studio della calcolosi urinaria ha un importante ruolo nella determinazione di sede e dimensioni dei calcoli. Recenti studi hanno suggerito che questa tecnica possa essere utilizzata per predirne la composizione chimica, in base alla radiodensità (espressa in unità Hounsfield, HU), supportando il clinico nella scelta nella strategia terapeutica più opportuna. Scopo del lavoro è confrontare la radiodensità e la composizione chimica dei calcoli al fine di individuare cut-off di HU dotati di alta specificità.

Materiali e Metodi. 76 pazienti con calcolosi renoureterale, candidati a litotrissia percutanea o ad ureteroscopia operativa, sono stati sottoposti a TC senza mdc preoperatoria (Ge Healthcare light Speed, 120 KV; 150-250 mA 1,5 pitch thick speed 2,5; interval 2,5) con la quale sono stati valutati dimensione e radiodensità dei calcoli. L'analisi chimica dei calcoli estratti è stata effettuata mediante kit colorimetrico Ecoline (DiaSys Diagnostic System GmbH, Germany) validato contro spettrometria IR. L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). I valori di densità HU sono espressi come mediana e range interquartile (IQR).

Risultati. L'analisi chimica ha evidenziato la seguente distribuzione: ossalato di calcio (Ox-Ca) in 44 (57%), ossalato e fosfato di calcio (Ox/P-Ca) in 12 (16%), acido urico (Ur) in 4 (5%), Ur/Ox-Ca in 9 (12%), struvite e P-Ca in 3 (4%), struvite e Ox-Ca in 4 (5%) e cistina in 1 (1%).

I calcoli contenenti acido urico (Ur+Ur/Ox-Ca, n=13; HU 487, IQR 352-594) presentavano valori di densità significativamente minori sia rispetto a calcoli di Ox-Ca puri (n=44; HU 639, IQR 460-942) (corretto per Bonferroni p=0,012) che a quelli contenenti fosfato (Ox/P-Ca+struvite, n=19; HU 801, IQR 502-1205) (corretto per Bonferroni p=0,006), mentre nessuna differenza significativa era evidente tra i calcoli di ossalato e quelli contenenti fosfato. Le aree sotto le curve ROC relative all'identificazione di calcoli di acido urico (verso fosfato e ossalato) o di calcoli contenenti fosfato (verso acido urico e ossalato) erano rispettivamente di 0,73 (95%IC 0.59-0.87) e 0,62 (95%IC 0.46-0.79). Valori di cut-off pari a 352 HU (primo quartile distribuzione urati) e 1205 HU (terzo quartile distribuzione fosfati) permettono di identificare calcoli contenenti acido urico oppure fosfati con una specificità rispettivamente del 91% e del 96%.

Discussione e Conclusioni. Sebbene i dati evidenzino un'associazione tra radiodensità e composizione chimica, confermando i dati della letteratura, l'ampia sovrapposizione delle distribuzioni dei valori di HU ne limita notevolmente l'applicazione clinica. È possibile individuare cut-off specifici utili nell'individuazione di calcoli di acido urico e fosfati. La TC spirale è utile nello studio della composizione chimica dei calcoli urinari, tuttavia una casistica più numerosa è necessaria al fine di calcolare cut-off più accurati di radiodensità HU.

Indirizzo degli Autori:

Giansilvio Marchioro, M.D.

Università del Piemonte Orientale

Clinica Urologica, Az Osp Maggiore della Carità-Novara

C.so Mazzini, 18

28100 Novara

giansilvio.marchioro@gmail.com

Bibliografia

1. Registri nazionali dell'Istituto Superiore di Sanità <http://www.iss.it>.
2. Otnes B. Crystalline composition of urinary stones in recurrent stone formers: quantitative observations on the crystalline composition of urinary stones. *Scand. J. Urol. Nephrol* 1983, 17: 179.
3. Coe FL, Evan A, Wocester E. Kidney stone disease. *J Clin In-*

vest 2005; 115: 2598-608.

4. Asplin JR, Coe FL, Favus MJ, Nephrolothiasis in: *Harrison's Principles of Internal Medicine - 14th Edition* - ed McGraw-Hill Publ, New York 1998, pp 1569-74.
5. Barratt TM, Simmonds HA, Cameron JS, Potter CF, Rose GF, Arkell DG and Williams I. Complete deficiency of adenite phosphoribosyltransferase A third case presenting as renal stones in a young child *Archives of Disease in Childhood*, 1979, 54, 25-31.

6. Alessi V, Avenia S, Bianco BP, Cassano T, Pappalardo MP, Rossello M. La TC spirale senza mdc in alternative alle altre metodiche nell'urolitiasi. *Radiol Med* 2001; 101: 466-76.
7. Deveci S, Coşkun M, Tekin MI, Peşkiricioglu L, Tarhan NC, Ozkardeş H. Spiral computed tomography: role in determination of chemical compositions of pure and mixed urinary stones--an in vitro study. *Urology*. 2004; 64: 237-40.
8. Mitcheson HD, Zamenhof RG, Bankoff MS, Prien EI. Determination of chemical composition of urinary calculi by computerized tomography. *Jour Urol* 1983; 130: 814-9
9. Motley G, Dalrymple N, Keesling C, Fischer J, Harmon W. Hounsfield unit density in the determination of urinary stone composition *Urology*. 2001; 58: 170-3.
10. Dalrymple NC, Verga M, Anderson KR. The value of unenhanced helical computerized tomography in the management of acute flank pain. *J Urol* 1998; 159: 735-40.
11. Federle MP, McAninch JW, Kaiser JA, Goodman PC, Roberts J and Mall JC. Computed tomography of urinary calculi. *AJR* 1981, 136: 255.
12. Hillman, B. J., Drach, G. W., Tracey, P. and Gaines, J. A.; Computed tomographic analysis of renal calculi. *AJR* 1984, 142: 549.
13. Mostafavi MR, Ernst RD, and Saltzman B. Accurate determination of chemical composition of urinary calculi by spiral computerized tomography. *J Urol* 1998; 159: 673-5.
14. Saw KC, McAlteer JA, Monga AG. Helical CT of urinary calculi: effect of stone composition, stone size, and scan collimation. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 175: 329-32.
15. Mitcheson HD, Zamenhof RG, Bankoff MS. Determination of the chemical composition of urinary calculi by computerized tomography. *J Urol* 1983; 130: 814-9.
16. Matlaga BR, Kawamoto S, Fishman E. Dual source computer tomography: a novel technique to determine stone composition. *Urology*. 2008; 72: 1164-8.
17. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol*. 2006; 16: 256-68.
18. Nakada SY, Hoff DG, Attai S et al. Determination of stone composition by non-contrast spiral computed tomography in the clinical setting. *Urology* 2000; 55: 816-9.