

Mätning av urinvägskonkrement – SURF:s rekommendationer



Målsättning

Att etablera ett standardiserat sätt att mäta storlek och täthet av urinvägskonkrement inför val av behandling i klinisk vardag och för forskningsändamål.

DT urinvägsöversikt

Bör rutinemässigt utföras vid 120 kV då täthetsmätningar för ställningstagande till ESWL¹ och för att analysera konkrementets kemiska uppbyggnad har etablerats vid denna rörladdning. ”Auto-kV” bör således undvikas. Exempel på täthetsvariationer av olika stentyper vid 120 och 80 kV finns angivna i Tabell 1 [1]. Snitt bör rekonstrueras enligt följande:

- Axiala, coronala och sagittala snitt: 3/1,5 mm (tjocklek/intervall).
- Spara samtliga rekonstruktioner *och tunna axiala snitt* (≤ 1 mm) i PACS.

Lägesbeskrivning

Konkrementets läge bör definieras enligt följande:

- Calyxgrupper; övre, mellersta och nedre.
- Njurbäcken och pelvoureterövergången (*eng. pelvoureteric junction, PUJ*).
- Uretär; ovan SI-leden (U1), i nivå med SI-leden (U2), nedan SI-leden (U3) och ostienära (U4).

Viktigt att ange avvikande anatomi som kan ha betydelse för behandling.

Storlek

Storleken kan principiellt mätas med mjukdelsfönster, skelettfönster eller med ett så kallat halvvärdesfönster (stenfönster) på bilder med kraftig förstoring.

- *Halvvärdesfönster*; fönsterbredden sätts till noll eller så nära noll som möjligt och fönsternivån halvvägs mellan konkrementets och omgivningens täthet, som kan antas

¹Extracorporeal shock wave lithotripsy (extrakorporal stötvågsbehandling)

vara 0 HU. Mäter stenen 1000 HU sätts fönsternivån till 500 (Figur 1 och 2). Ur teoretisk synvinkel är detta det mest korrekta sättet att mäta storlek.

- *Mjukdelsfönster*; t.ex. 40-50/350-400 HU (fönsternivå/-bredd); jämfört med halvvärdesfönster innebär detta att konkrementets storlek kommer att överskattas med c:a 1 mm oavsett storlek pga. ”blooming”-artefakter.
- *Skelettfönster*; t.ex. 300-400/1000-2000 HU (fönsternivå/-bredd); jämfört med halvvärdesfönster innebär detta att konkrementets storlek kommer att underskattas med någon mm.

Sannolikheten för spontan avgång av uretärkonkrement har i en svensk studie av Jendeberg et al. [2] korrelerats till stenens bredd och längd mätt i mjukdels- respektive skelettfönster men inte i halvvärdesfönster.

Volymberäkning liksom beräkning av täthet av stenar kan i vissa situationer vara indicerat för att bedöma sannolikheten av en lyckad ESWL. Beräkning av volymen av en sten kan ske med formeln för en ellipsoid: $\frac{4}{3} \times \pi \times r^1 \times r^2 \times r^3 = 0,52 \times d^1 \times d^2 \times d^3$, där r = radie och d = diameter.

REKOMMENDATIONER STORLEKSMÄTNING

- Storleksmätning bör ske på 3 mm:s snitt och största måttet anges efter granskning i de tre standardplanen: axiellt, coronalt och sagittalt.
- Mätningen bör ske med mjukdelsfönster (fönsternivå/-bredd 40-50/350-400 HU) så att sannolikheten för spontan avgång av uretärkonkrement kan bedömas enligt Jendeberg i Tabell 2A och B eller Figur 3A och B.
- För calyxkonkrement <1 cm räcker det att ange antal konkrement i njuren och mäta största stenens största diameter.
- Inför ESWL av calyx- eller njurbäckenkonkrement ≥ 1 cm bör den största stenens volym beräknas baserat på den största diametern och två vinkelräta mot denna.

Täthet

Mätning inför ställningstagande till ESWL

Sannolikheten för en lyckad ESWL har i flera studier korrelerats till stenens medeltäthet men också till stenens storlek, läge och avståndet till hudytan.

- Vid en medeltäthet ≥ 1000 HU minskar sannolikheten för framgångsrik behandling [3-6].
- Prediktionsmodeller där man även tar hänsyn till stenens storlek, läge, avståndet till hudytan och förekomst av stent för att bedöma sannolikheten för lyckad [5] eller misslyckad ESWL [7] finns tillgängliga i excelarket ”Sannolikhet lyckad ESWL”.

Identifiering av urinsyrastenar

Identifiering av urinsyrastenar kan ske med singelenergi-DT baserat på medeltäthet, maximaltäthet eller homogenitet.

- *Medeltäthet* < 570 HU har ett positivt prediktivt värde $> 90\%$ för urinsyrastenar [8, 9],
 - struvit- och cystinstenar kan ha samma låga täthet; struvitsten (=infektionssten) bör misstänkas vid avgjutningskonkrement (korallkonkrement),
 - både struvit- och cystinstenar ökar i täthet vid lägre rörspänning medan urinsyrastenar inte påverkas (Tabell 1).
- *Maximal täthet* < 750 HU av en sten med ≥ 5 mm diameter har ett positivt prediktivt värde på 100% (95% KI 94%-100%) för urinsyrasten baserat på post hoc data från referens [10].
- *Homogeniteten* i stenstrukturen kan också användas för att diagnostisera urinsyrastenar [10], som är mer homogena än calciumoxalat- och infektionsstenar (struvit)
 - homogeniteten avspeglas i mätvärdets standarddeviation (SD) vid täthetsmätning inom en ROI och om SD var < 140 HU erhöles ett positivt prediktivt värde $> 95\%$ för urinsyrasten i en studie [8].
- *Dubbelenergi-/spektraldatortomografi* kan vid behov ersätta eller komplettera en enkelenergiundersökning [11].

Undvikande av partiell volymseffekt

Vid mätning av stenens täthet är det av största vikt att undvika partiell volymseffekt, dvs. en felkälla som beror på att mjukvävnader runt själva stenen ingår i snittet vilket kommer att leda till falskt låga värden.

Exempel 1: Vid mätning av medeltäthet på axiala snitt finns risk att vävnader kranieellt eller kaudalt om stenen inkluderas i snittet om man inte försäkras sig om att

snittjockleken anpassas till stenens kraniokaudala tjocklek. Stenen bör synas på minst tre konsekutiva snitt utan överlappning (kant i kant) för att vara säker på att ingen partiell volymseffekt föreligger i åtminstone ett snitt centralt genom stenen.

Exempel 2: Om man t.ex. för fri hand ritar in en area för att mäta stenens medeltäthet och använder mjukdelsfönster ter sig stenen större än vad den i själva verket är pga. av ”blooming”-artefakt varför partiell volymseffekt riskeras om gränserna läggs för nära stenens kanter (Figur 4).

Exempel 3: Vid mätning av maximal täthet kommer täthetsvärdet i princip att sjunka med ökande snittjocklek då fler områden med lägre täthet än det maximala kommer att inkluderas i mätningen (Figur 4).

Exempel 4: Om stenen förlöper snett genom ett axiellt snitt finns risk för partiell volymseffekt om mätning sker med metod som täcker stenens största möjliga yta (frihandsritning eller ellips) men kan minimeras med cirkulär ROI (Figur 5) vilket också är det enklaste och snabbaste sättet att mäta (Figur 4E).

REKOMMENDATIONER TÄTHETSMÄTNING

- 120 kV vid singelenergi-DT
- Medelvärde för tätheten bör anges i utlåtandet för stenar som pga. av sin storlek och lokalisation kan antas bli föremål för ESWL
- Vid nydiagnostiserad stensjukdom bör täthetsmätning utföras för att identifiera urinsyrastenar (medeltäthet <570 HU eller maximaltäthet <750 HU för stenar ≥ 5 mm) eller vid recidiverande stensjukdom [6]:
 - recidiv trots farmakologisk terapi
 - tidigt recidiv efter komplett interventionell stenrensning
 - sent recidiv efter en lång stenfri period då stenkompositionen kan ha ändrats
- Mätning av stenars täthet bör av praktiska skäl utföras på axiella snitt med tillgång till både tunna (≤ 1 mm) och tjockare snitt (≤ 3 mm) och för undvikande av partiell volymseffekt bör
 - snittjockleken anpassas till stenens kraniokaudala tjocklek
 - *medeltäthet* bör mätas på snitt som omfattar stenens största yta med cirkulär ”region of interest” (ROI) som inte täcker mer än 2/3 av stenens korta diameter

och med tunna snitt om stenen förlöper snett genom snittet

- *maximalt täthetsvärde*² bör mätas på tunna snitt (≤ 1 mm) med cirkulär ROI som når utanför stenens cirkumferens och på flera nivåer (snitt).

Avstånd hud-sten

Baseras på lokala riktlinjer beroende av ESWL-utrustning, kroppsläge och stenlokalisering.

2021-04-22

Svensk Uroradiologisk Förenings arbetsgrupp för urologisk radiologi

Pär Dahlman	Uppsala	par.dahlman@radiol.uu.se
Kjell Geterud	Göteborg	kjell.geterud@vgregion.se
Susanna Holst	Malmö	susanna.holst@skane.se
Johan Jendeberg	Örebro	johan.jendeberg@regionorebrolan.se
Hans Lindgren	Umeå	2hanslindgren@gmail.com
Mikael Hellström	Göteborg	mikael.hellstrom@xray.gu.se
Henrik Leonhardt	Göteborg	henrik.leonhardt@vgregion.se
Louiza Loizou	Stockholm	louiza.loizou@sll.se
Anders Magnusson	Uppsala	anders.magnusson@radiol.uu.se
Ulf Nyman	Lund	ulf.nyman@bredband.net
Rodica Tila	Linköping	rodica.tila@regionostergotland.se

²"Histogramanalys" i Sectra PACS, "Histogramanalys"/"Värdeprofil" i Agfa PACS, "ROI-verktyg" i Carestream

Tabell 1. Medeltäthet (95% konfidensintervall, HU) av olika stentyper vid 120 och 80 kV [1].

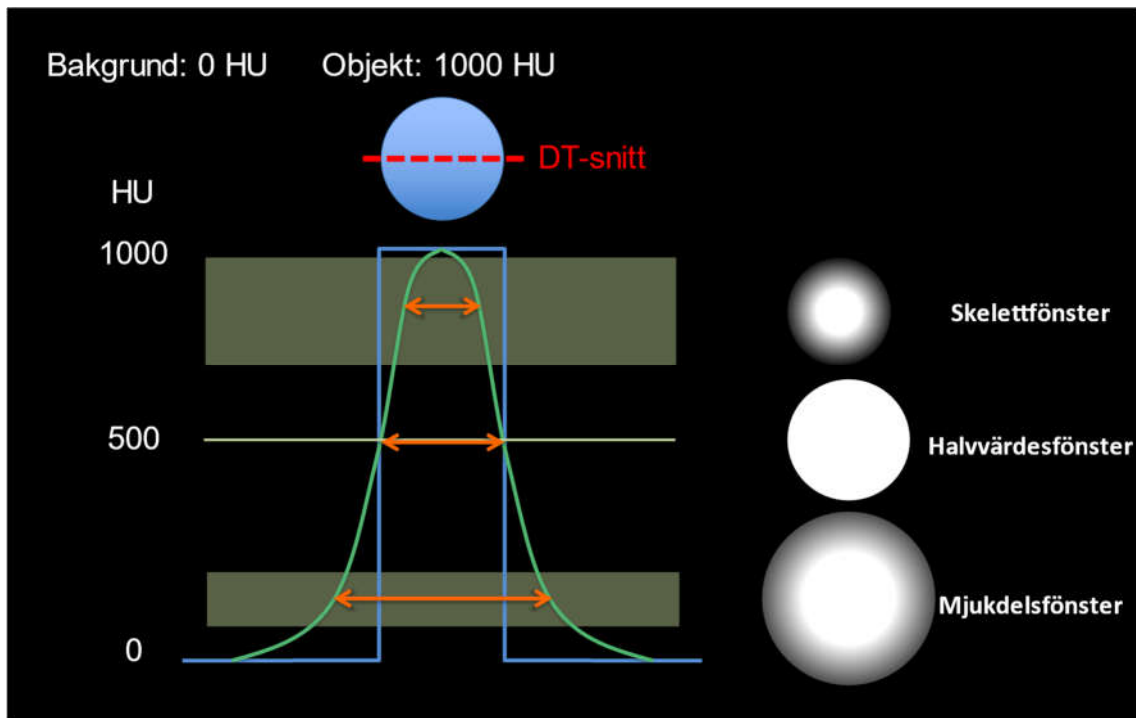
Stentyp	Täthet 120 kV	Täthet 80 kV
Calciumfosfat (brushit)	1216 (1066-1366)	1631 (1451-1810)
Calciumoxalatdihydrat (weddelit)	1017 (816-1218)	1341 (1235-1547)
Calciumoxalatmonohydrat (whewellit)	797 (703-891)	1307 (1190-1424)
Cystin	625 (602-648)	731 (689-773)
Magnesiumammoniumfosfat (struvit)	461 (344-578)	732 (578-865)
Urinsyra	437 (392-482)	417 (350-484)

Tabell 2A. Övre uretärstenar (ovan SI-leden). Spontan passage av uretärstenar inom 20 veckor relativt största diameter mätt i tre plan (axial, coronal, sagittal) i mjukdelsfönster.

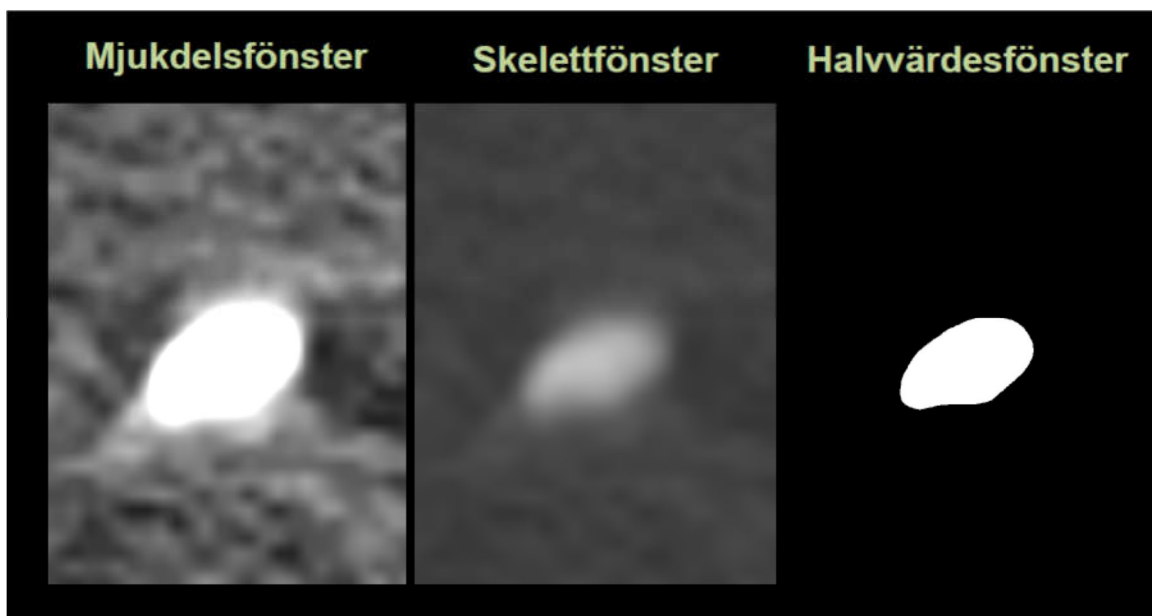
Stendiameter (mm)	Antal	Spontan passage	Andel avgångna	95% KI
2	0	0		
3	6	6	100%	54-100%
4	21	21	100%	84-100%
5	24	20	83%	63-95%
6	20	11	55%	32-77%
7	21	8	38%	18-62%
8	10	0	0%	0-31%
9	8	2	25%	3-65%
10	14	0	0%	2-42%

Tabell 2B. Nedre uretärstenar (i nivå med och nedom SI-leden). Spontan passage av uretärstenar inom 20 veckor relativt största diameter mätt i tre plan (axial, coronal, sagittal) i mjukdelsfönster.

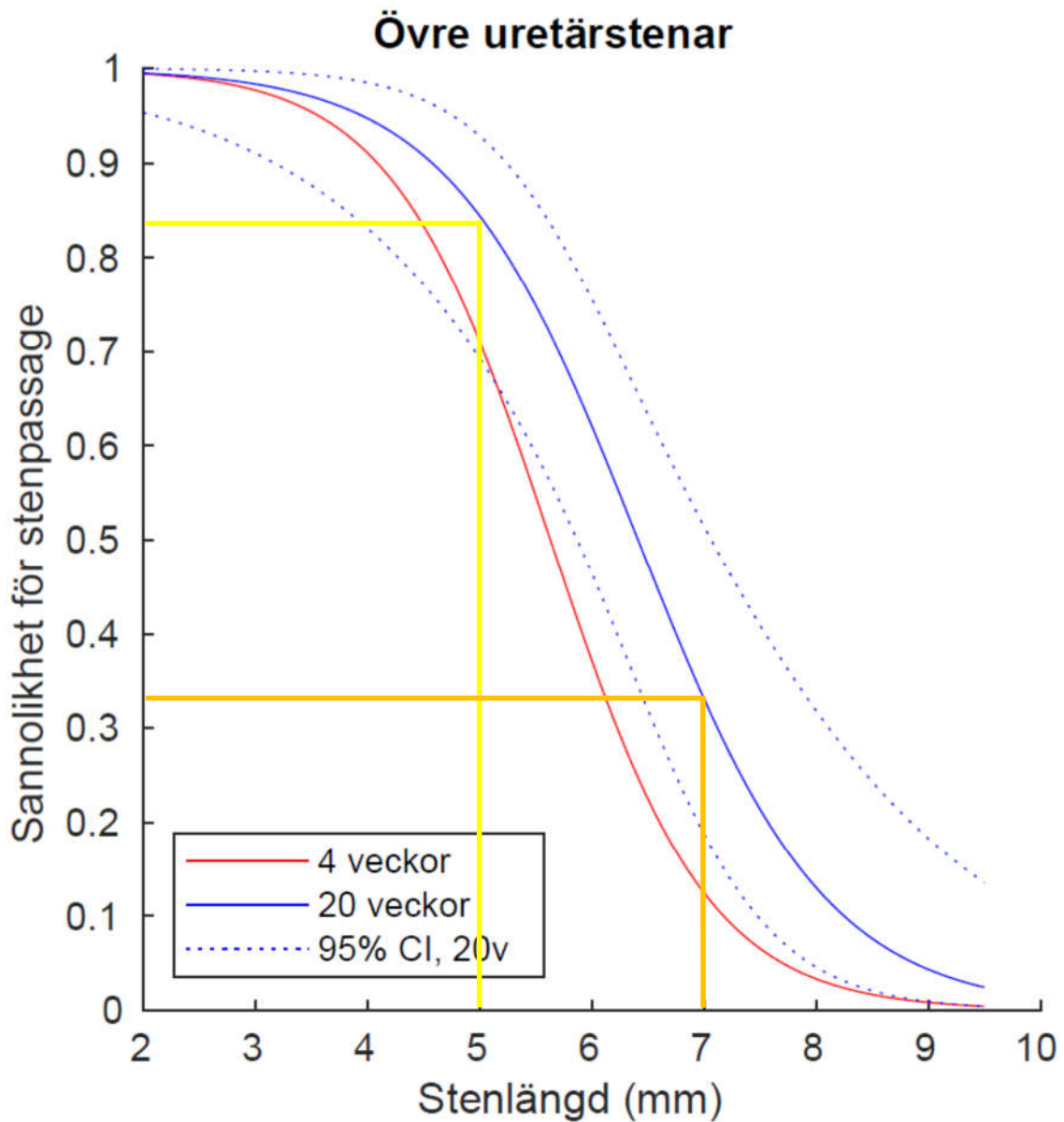
Stenstorlek (mmm)	Antal	Spontan passage	Andel avgångna	95% KI
2	21	21	100%	84-100%
3	70	68	97%	90-100%
4	64	63	98%	92-100%
5	47	41	87%	74-95%
6	33	32	97%	84-100%
7	16	12	75%	48-93%
8	6	3	50%	12-88%
9	6	2	33%	4-78%
10	5	2	40%	5-85%



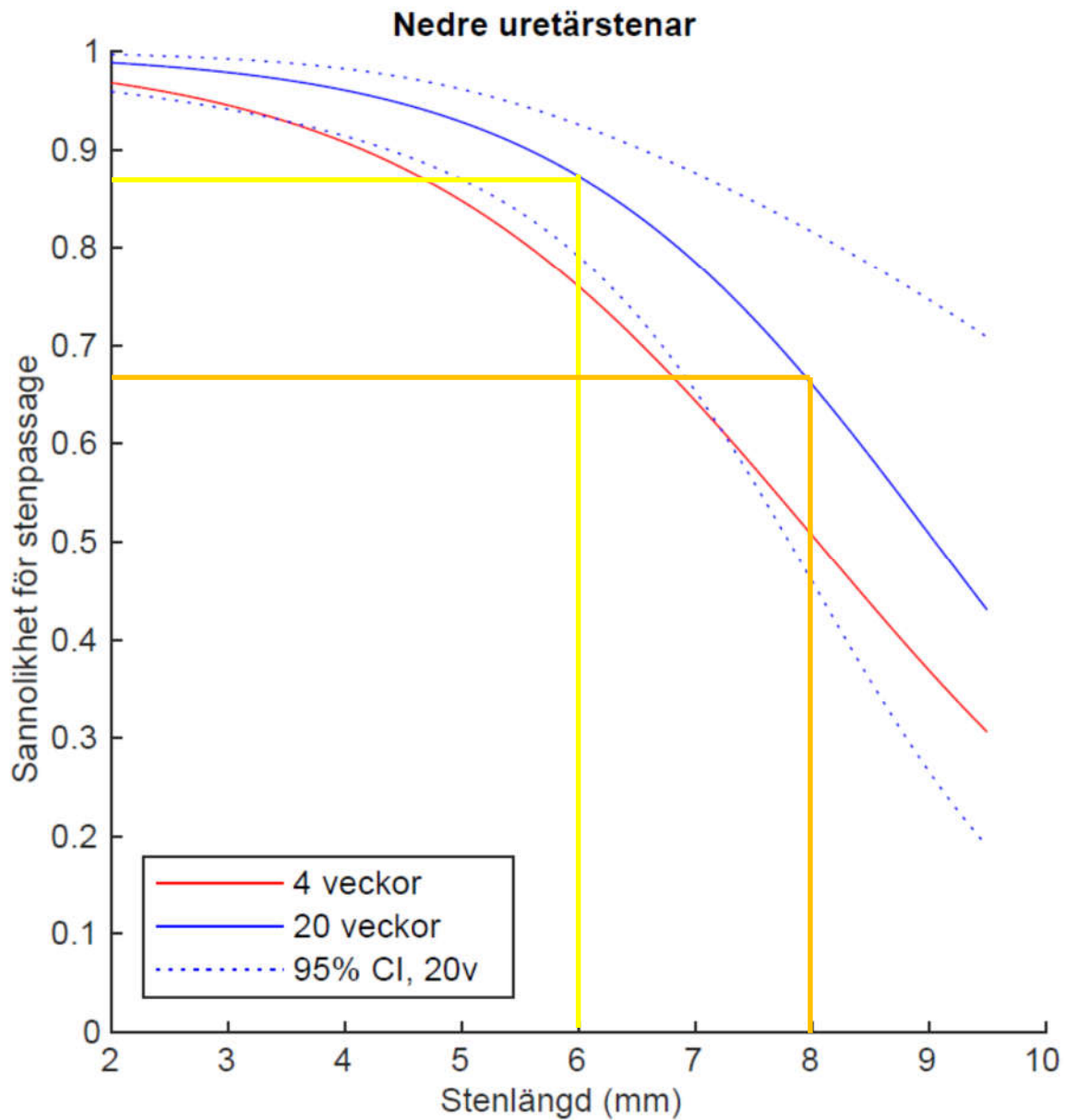
Figur 1. Schematisk illustration av storleksvariation av ett objekt (blå cirkel) pga. "blooming"-artefakter vid datortomografi med olika fönsterbredder (gröna fält/linje) och -nivåer. Övre och nedre vit cirkel: objektet avbildat med skelettfönster respektive mjukdelsfönster. Mellersta vit cirkel: objektets beräknade täthetsprofil (grön kurva) sammanfaller med den sanna täthetsprofilen (blå kurva) och därmed korrekt storlek när fönsterbredden = 0 (grön linje) och fönsternivån ställs halvvägs mellan objektets (1000 HU) och bakgrundens täthet (= 0 HU), dvs. 500 HU.
 Bilden tillhandahållen av Anders Magnusson.



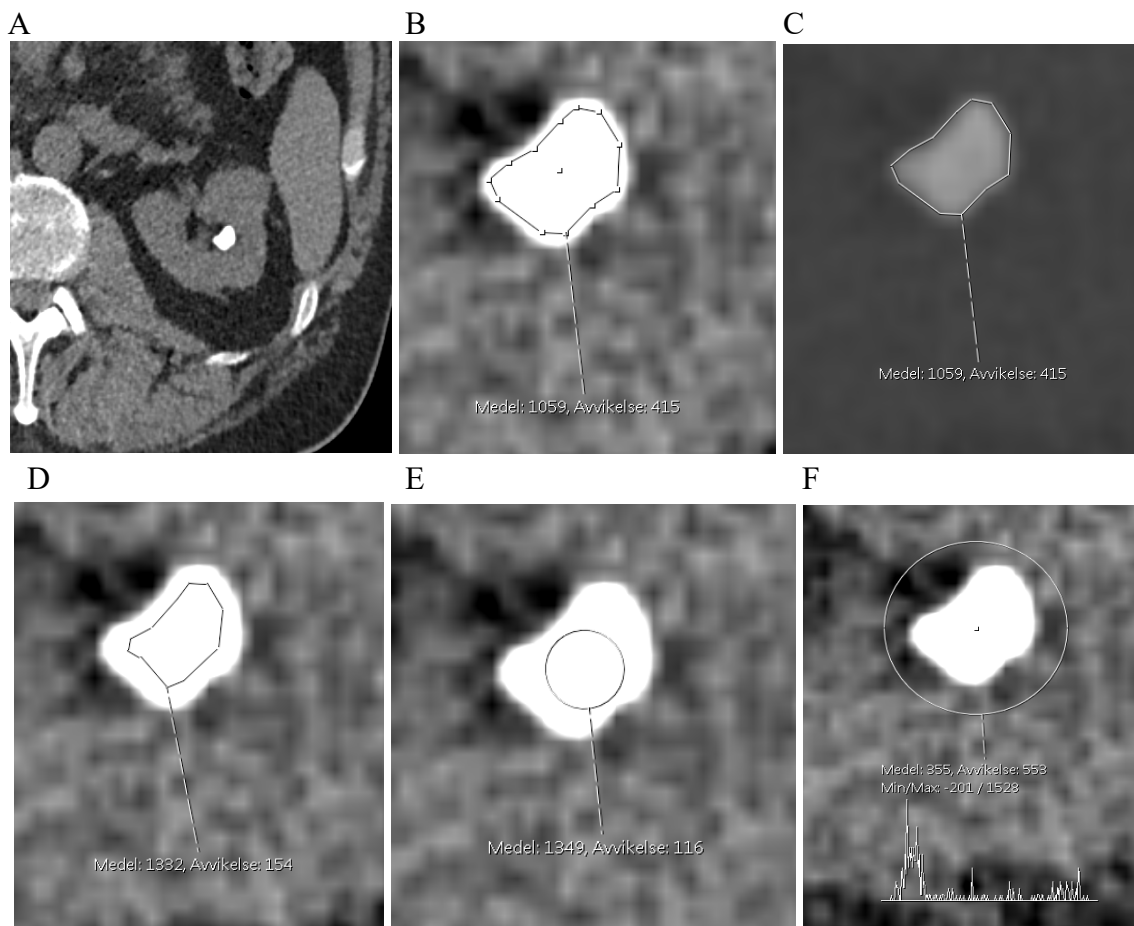
Figur 2. Stenstorlek vid olika fönstersättningar, fönsternivå/-bredd för mjukdelsfönster 50/400 HU, skelettfönster 500/2000 HU och halvvärdesfönster 500/0 HU.
 Bilden tillhandahållen av Anders Magnusson.



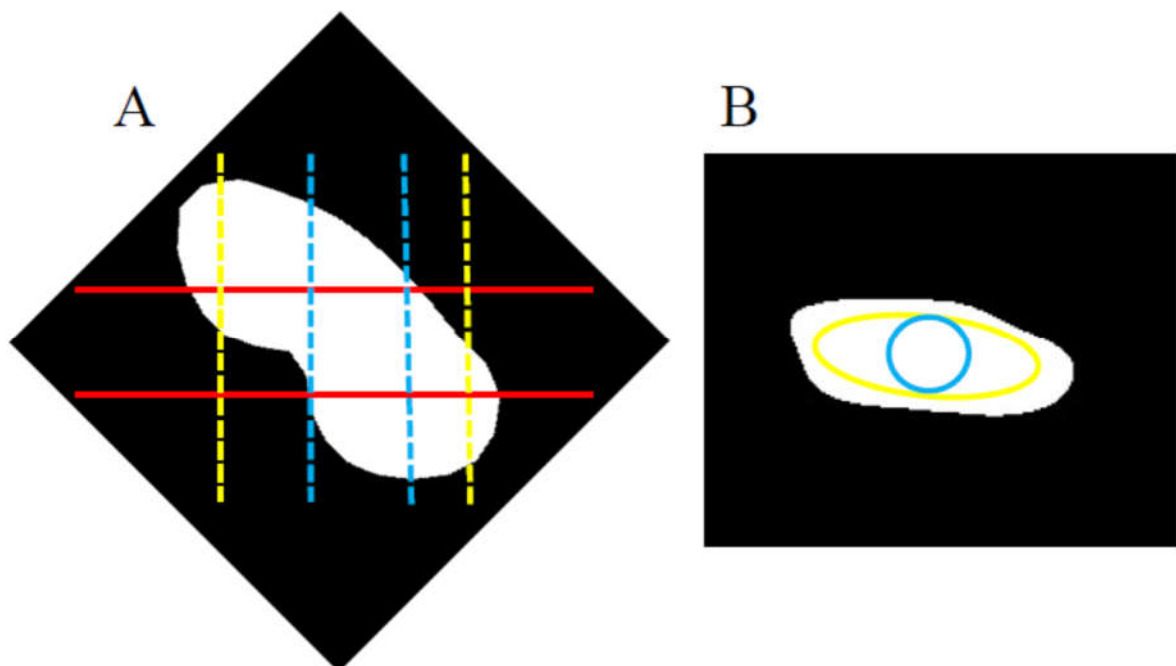
Figur 3A. Sannolikhet för spontan passage inom 4 och 20 veckor av övre uretärstenar (kranialt om SI-leden) som en funktion av stenens största diameter mätt i tre plan (axialt, coronalt, sagittalt) med mjukdelsfönster. (CI=konfidensintervall).



Figur 3B. Sannolikhet för spontan passage inom 4 och 20 veckor av nedre uretärstenar (i höjd med eller nedom SI-leden) som en funktion av stenens största diameter mätt i tre plan (axial, coronal, sagittal) med mjukdelsfönster. (CI=konfidensintervall).



Figur 4. Täthetsmätning av konkrementet i (A). Medeltäthet med anpassad area, 1059 HU, med mjukdelsfönster (B) och skelettfönster (C). Medeltäthet med mindre anpassad area än i (B) och (C), 1332 HU, med mjukdelsfönster (D). Medeltäthet med cirkulär ”region of interest”, 1349 HU, (E). Maximal täthet, 1528 HU, mätt med ”Histogramanalys” i Sectra PACS (Linköping, Sverige) på ett 1-mm snitt (F).



Figur 5. Täthetsmätning av sten avbildad i coronalt snitt (A) och som förlöper snett genom ett axiellt snitt (röda linjer) avbildat i (B). Gul oval ”region of interest” för täthetsmätning

på axiellt snitt (B) kommer att resultera i partiell volymseffekt (gula streckade linjer i A).
Mätning enligt blå cirkel (B) kommer att undvika detta (blå streckade linjer i A).

Referenser

1. Grosjean R, Sauer B, Guerra RM, Daudon M, Blum A, Felblinger J, Hubert J. Characterization of human renal stones with MDCT: advantage of dual energy and limitations due to respiratory motion. *AJR Am J Roentgenol* 2008;190:720-728.
2. Jendeberg J, Geijer H, Alshamari M, Cierzniak B, Lidén M. Size matters: The width and location of a ureteral stone accurately predict the chance of spontaneous passage. *Eur Radiol* 2017;27:4775-4785.
3. Ouzaid I, Al-qahtani S, Dominique S, Hupertan V, Fernandez P, Hermieu JF, Delmas V, Ravery V. A 970 Hounsfield units (HU) threshold of kidney stone density on non-contrast computed tomography (NCCT) improves patients' selection for extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL): evidence from a prospective study. *BJU international* 2012;110:E438-442.
4. El-Nahas AR, El-Assmy AM, Mansour O, Sheir KZ. A prospective multivariate analysis of factors predicting stone disintegration by extracorporeal shock wave lithotripsy: the value of high-resolution noncontrast computed tomography. *European urology* 2007;51:1688-1693; discussion 1693-1684.
5. Hirsch B, Abt D, Güsewell S, Langenauer J, Betschart P, Pratsinis M, Vetterlein MW, Schmid HP, Wildermuth S, Zumstein V. Outcome groups and a practical tool to predict success of shock wave lithotripsy in daily clinical routine. *World journal of urology* 2021;39:943-951.
6. Türk C, Neisius A, Petrik A, Seitz C, Skolarikos A, Somani B, Thomas K, Gambaro G, Davis NF, Donaldson JF, Lombardo R, Tzelvels L. The European Association of Urology (EAU) Guidelines on Urolithiasis. 2021. <https://uroweb.org/guideline/urolithiasis/#1>.
7. Sugino Y, Kato T, Furuya S, Sasaki T, Arima K, Sugimura Y. The usefulness of the maximum Hounsfield units (HU) in predicting the shockwave lithotripsy outcome for ureteral stones and the proposal of novel indicators using the maximum HU. *Urolithiasis* 2020;48:85-91.
8. Lee JS, Cho KS, Lee SH, Yoon YE, Kang DH, Jeong WS, Jung HD, Kwon JK, Lee JY. Stone heterogeneity index on single-energy noncontrast computed tomography can be a positive predictor of urinary stone composition. *PLoS One* 2018;13:e0193945.
9. Spettel S, Shah P, Sekhar K, Herr A, White MD. Using Hounsfield unit measurement and urine parameters to predict uric acid stones. *Urology* 2013;82:22-26.
10. Jendeberg J, Thunberg P, Popiolek M, Lidén M. Single-energy CT predicts uric acid stones with accuracy comparable to dual-energy CT—prospective validation of a quantitative method. *Eur Radiol* 2021 Feb 26. Online ahead of print.
11. McGrath TA, Frank RA, Schieda N, Blew B, Salameh JP, Bossuyt PMM, McInnes MDF. Diagnostic accuracy of dual-energy computed tomography (DECT) to differentiate uric acid from non-uric acid calculi: systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2020;30:2791-2801.