

## บทปริทัศน์

## การวิเคราะห์นิ่ว

ซัชเวทย์ หลิวโรจน์ทรัพย์

## บทคัดย่อ

โรคนิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะเกิดการเป็นซ้ำได้บ่อยประมาณร้อยละ ๕๐ ภายใน ๕ ปี เนื่องจากมีหลายปัจจัยเสี่ยงเป็นสาเหตุในการก่อนิ่ว การวินิจฉัยที่แม่นยำโดยการตรวจวิเคราะห์นิ่ว (stone analysis) เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบและชนิดของนิ่วสามารถป้องกันการเกิดนิ่วซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์นิ่วมีหลายวิธีที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน ได้แก่ chemical analysis, thermogravimetry, optic polarizing microscopy, scanning electron microscopy, infrared spectroscopy และ X-ray diffraction ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันแต่วิธีได้รับความนิยมมากที่สุดเนื่องจากมีความแม่นยำ สามารถวิเคราะห์นิ่วได้เกือบทุกชนิด ขั้นตอนการตรวจไม่ยุ่งยากและราคาไม่สูงมากคือ infrared spectroscopy โดยเฉพาะชนิด Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) นอกจากนี้ยังมีการตรวจทางรังสีวินิจฉัยด้วยเครื่องตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด ๒ แหล่งกำเนิด (Dual-energy computed tomography) ซึ่งสามารถระบุแยกชนิดของนิ่วได้ตั้งแต่ก่อนการทำหัตถการนับเป็นวิวัฒนาการในการช่วยวินิจฉัยโรคนิ่วเพื่อช่วยกำหนดแนวทางการป้องกันรักษาอย่างเหมาะสมแก่ผู้ป่วย

**คำสำคัญ:** นิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะ, การตรวจวิเคราะห์นิ่ว, เครื่องตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด ๒ แหล่งกำเนิด

วันที่รับบทความ: ๘ มีนาคม ๒๕๖๑

วันที่อนุญาตให้ตีพิมพ์: ๒๒ พฤษภาคม ๒๕๖๑

## บทนำ

ในปัจจุบันพบว่าอุบัติการณ์ของการเกิดนิ่วพบมากขึ้นทั่วโลก มีการศึกษาพบว่าในช่วงชีวิตหนึ่งของประชากรทั่วโลกมีโอกาสเกิดเป็นนิ่วในไตได้ถึงร้อยละ ๒๐ ส่วนหนึ่งเป็นเพราะผู้ป่วยที่เกิดเป็นนิ่วซ้ำ (recurrent stones) ซึ่งอัตราการเกิดนิ่วซ้ำสามารถสูงได้ถึงร้อยละ ๕๐ ภายใน ๕ ปี หากไม่มีวิธีการดูแลรักษาที่เหมาะสม<sup>๑</sup> ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดเป็นนิ่วซ้ำมีมากมาย เช่น มีประวัติครอบครัวเป็นนิ่ว ป่วยเป็นโรคที่สัมพันธ์ต่อการเกิดนิ่วใช้ยาบางชนิด และมีความผิดปกติทางกายวิภาคในระบบทางเดินปัสสาวะ (ตารางที่ ๑) นอกจากนั้นพบว่าผู้ป่วยที่มีนิ่วเหล่านี้จะมีความเสี่ยงสูงในการเกิดเป็นนิ่วซ้ำได้แก่ infection stones

(magnesium ammonium phosphate), uric acid stones, urate-containing stones, brushite (calcium hydrogen phosphate) และนิ่วที่เกี่ยวข้องกับภาวะผิดปกติทางพันธุกรรม (cystine stones, xanthine stones)<sup>๒</sup> ส่วนชนิดของนิ่วที่พบที่มีความเสี่ยงในการเกิดเป็นซ้ำบ่อยที่สุดคือ calcium oxalate stones จากข้อมูลที่กำลังมาข้างหน้าหากสามารถวิเคราะห์นิ่ว (stone analysis) และตรวจทางเมตาบอลิซึม (metabolic evaluation) ให้แก่ผู้ป่วยได้จะทำให้ทราบถึงชนิดของนิ่วและสามารถเลือกวิธีการรักษาตลอดจนถึงการป้องกันการเกิดเป็นนิ่วซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ<sup>๓</sup>

## ตารางที่ ๑ แสดงปัจจัยเสี่ยงในการเกิดนิ่ว<sup>๔</sup>

| ปัจจัยเสี่ยงในการเกิดนิ่ว                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ปัจจัยทั่วไป</b><br>นิ่วในเด็กหรือวัยรุ่น<br>มีประวัติเป็นโรคนิ่วในครอบครัว<br>นิ่ว brushite (calcium hydrogen phosphate; $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )<br>นิ่ว uric acid และ Urate-containing stones<br>นิ่วที่เกิดจากการติดเชื้อ (infection stones)<br>ผู้ป่วยที่มีไตข้างเดียว (solitary kidney; ผู้ป่วยกลุ่มนี้ไม่ได้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดนิ่วโดยตรงแต่เป็นกลุ่มที่ต้องเฝ้าระวังการเกิดนิ่วซ้ำ)<br><b>โรคที่สัมพันธ์กับการเกิดนิ่ว</b><br>Hyperparathyroidism<br>Nephrocalcinosis<br>Gastrointestinal disease (เช่น jeuno-ileal bypass, intestinal resection, Crohn's disease, malabsorptive conditions, enteric hyperoxaluria after urinary diversion) และ Bariatric surgery Sarcoidosis<br><b>นิ่วที่พบร่วมกับความผิดปกติทางพันธุกรรม</b><br>Cystinuria (type A, B, AB)<br>Primary hyperoxaluria (PH)<br>Renal tubular acidosis (RTA) type 1<br>2, 8-Dihydroxyadenine<br>Xanthinuria<br>Cystic fibrosis<br>Lesch-Nyhan syndrome<br><b>นิ่วที่มีสาเหตุจากยา</b><br><b>นิ่วที่พบร่วมกับความผิดปกติทางกายวิภาคในระบบทางเดินปัสสาวะ</b><br>Medullary sponge kidney (tubular ectasia)<br>Ureteropelvic junction obstruction<br>Calyceal diverticulum, calyceal cyst<br>Ureteral stricture<br>Vesico-uretero-renal reflux<br>Horseshoe kidney<br>Ureterocele |

มีการกำหนดแนวทางการรักษาโรคนิ่วในระดับนานาชาติทั้งในยุโรป (EAU guideline) และสหรัฐอเมริกา (AUA guideline) สนับสนุนให้การตรวจวิเคราะห์นิ่วอยู่ในขั้นตอนของการวินิจฉัยในกรณีที่สามารถทำได้อย่างน้อยหนึ่งครั้ง เพื่อระบุแยกผู้ป่วยว่ามีความเสี่ยงสูงหรือต่ำในการเกิดนิ่ว<sup>๒,๔</sup> ซึ่งในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น chemical analysis, infrared spectroscopy, thermogravimetry, polarization microscopy, X-ray diffraction และ scanning electron microscopy เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีวิธีการใช้เทคโนโลยีทางด้านรังสีวินิจฉัยมาช่วยวิเคราะห์แยกองค์ประกอบของนิ่วได้โดยใช้ Dual-energy computed tomography ทำให้สามารถระบุชนิดของนิ่วได้ก่อนที่จะเลือกวิธีการรักษาที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วย เช่นผู้ป่วยที่เป็น calcium oxalate monohydrate, brushite หรือ cystine stones อาจเลือกวิธีการผ่าตัดแทนการสลายนิ่ว (ESWL) เพราะโอกาสที่นิ่วจะยังไม่แตกและไม่ประสบความสำเร็จในการรักษาสูง<sup>๕,๖</sup>

### วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์นิ่ว

#### ๑. เพื่อช่วยระบุปัจจัยเสี่ยงของการเกิดนิ่ว

การวิเคราะห์นิ่วจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการบ่งชี้องค์ประกอบของนิ่ว นอกเหนือไปจากการตรวจปัสสาวะ ๒๔ ชั่วโมง หรือการเจาะเลือดตรวจทางเมตาบอลิซึมเพื่อนำไปสู่การระบุสาเหตุของการเกิดนิ่วในผู้ป่วยและช่วยกำหนดวิธีป้องกัน

การเกิดเป็นนิ่วซ้ำ เช่นนิ่ว cystine ซึ่งสามารถให้ยาในกลุ่ม cystine-binding thiol drug (tiopronin: alpha-mercapto-propionylglycine) ช่วยรักษาได้<sup>๕</sup> หรือนิ่ว calcium oxalate และ calcium phosphate ซึ่งพบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะผิดปกติของระดับแคลเซียมในร่างกายจาก hyperthyroidism, hypercalciuria หรือโรค renal tubular acidosis ทำให้สามารถรักษาต้นเหตุของการเกิดนิ่วได้อย่างถูกต้อง

#### ๒. เพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงชนิดของนิ่วในผู้ป่วย

ในผู้ป่วยบางรายอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดองค์ประกอบของนิ่วได้หลังจากผ่านการรักษามาแล้ว เช่น ผู้ป่วยที่มีนิ่ว uric acid หรือ cystine stone หากได้รับการเปลี่ยนสภาพความเป็นกรดจนกลายเป็นต่างมากจนเกินไปจะนำไปสู่การเกิดเป็นนิ่วในกลุ่ม calcium phosphate ขึ้นมาแทน หากไม่ได้รับการตรวจวิเคราะห์นิ่วซ้ำอาจทำให้การรักษาไม่ประสบผลสำเร็จ

#### ๓. เพื่อป้องกันแนวโน้มของการเกิดโรคนิ่วในอนาคต

ในปัจจุบันพบว่าอุบัติการณ์ของนิ่วที่มีสาเหตุจากการตกตะกอนของยามีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการพัฒนาเทคโนโลยีของการวิเคราะห์นิ่ว โดยเฉพาะเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ซึ่งมีความสามารถในการตรวจแยกแยะนิ่วกลุ่มนี้ได้แม่นยำขึ้น แตกต่างจากการตรวจด้วยวิธีดั้งเดิมโดยใช้สารเคมีวิเคราะห์ การที่แพทย์ทราบถึงชนิดของนิ่วว่าเกิดจากการใช้ยาตัวไหน ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงและเลือกใช้ยาตัวอื่นที่เหมาะสมแทน ตัวอย่างของยาที่เกิดเป็นนิ่วได้ดังแสดงในตารางที่ ๒<sup>๗</sup>

ตารางที่ ๒ แสดงตัวอย่างยาที่ตกตะกอนเป็นนิ่ว (drugs characterized in the FTIR reference library)<sup>๑</sup>

| ตัวอย่างยาที่ตกตะกอนเป็นนิ่ว (drugs characterized in the FTIR reference library) |                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ยาต้านไวรัส HIV                                                                  | ยากันชัก                                |
| Abacavir                                                                         | Felbamate                               |
| Abacavir/lamivudine                                                              | Gabapentin                              |
| Abacavir/lamivudine/ZDV                                                          | Topiramate                              |
| Atazanavir                                                                       | Zonisamide                              |
| Darunavir                                                                        | ยาลดความดันโลหิต                        |
| Efavirenz                                                                        | Amlodipine                              |
| Efavirenz/emtricitabine/tenofovir                                                | Clonidine                               |
| Efavirenz/emtricitabine/tenofovir                                                | Hydrochlorothiazide                     |
| Emtricitabine                                                                    | Lisinopril                              |
| Emtricitabine/tenofovir                                                          | Triamterene                             |
| Etravirine                                                                       | ยาจำหน่ายหน้าเคาน์เตอร์                 |
| Fosamprenavir CA                                                                 | Acetaminophen/caffeine/aspirin          |
| Lopinavir-ritonavir                                                              | Acetaminophen/codeine                   |
| Lamivudine                                                                       | Guaiacol glyceryl ether (guaiacol)      |
| Nelfinavir                                                                       | Guaiacol methyl carbamate (guaifenasin) |
| Raltegravir                                                                      | ยาอื่นๆ                                 |
| Ritonavir                                                                        | Allopurinol                             |
| Saquinavir                                                                       | Alendronate (bisphosphonate)            |
| Indinavir or crixivan                                                            | Anastrozole                             |
| Nevirapine                                                                       | Vardenafil                              |
| ยาปฏิชีวนะ/ยาต้านไวรัส                                                           |                                         |
| Acyclovir                                                                        |                                         |
| Ciprofloxacin                                                                    |                                         |
| Mono-macro nitrofurantoin                                                        |                                         |
| Sulfamethoxazole                                                                 |                                         |

๔. เพื่อช่วยแยกสารแปลกปลอมออกจากองค์ประกอบของการเกิดนิ่ว

การวิเคราะห์นี้จะช่วยแยกสารแปลกปลอมออกจากองค์ประกอบของนิ่วได้ ดังเช่นที่กล่าวมาแล้วเครื่อง FTIR ในปัจจุบันมีความสามารถวิเคราะห์แยกองค์ประกอบชนิดของนิ่ว

และสิ่งแปลกปลอมออกจากกันได้ โดยมีการแปลผลจากกราฟที่เกิดจากพลังงานการสั่นของโมเลกุล ซึ่งจะถูกระบุโดยโปรแกรมฐานข้อมูล stone reference library ในคอมพิวเตอร์ ช่วยระบุแยกองค์ประกอบของนิ่วได้ทั้งอินทรีย์สาร (organic) และอนินทรีย์สาร (inorganic) ดังแสดงในตารางที่ ๓

ตารางที่ ๓ แสดงนิ่วหายากหรือสิ่งแปลกปลอม (Unusual stone or false stone components)<sup>๗</sup>

| Unusual stone components                  | Other contaminants/false stones |
|-------------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Protein sources (matrix standards)</b> | Urine                           |
| Albumin                                   | Toilet paper                    |
| Hemoglobin                                | Cardboard                       |
| Human serum                               | Plant matter                    |
| <b>Medical device components</b>          |                                 |
| Polymers/plastics                         |                                 |
| Polyisobutylene                           |                                 |

### ชนิดของการวิเคราะห์นิ่ว แบ่งเป็น

#### ๑. Chemical analysis

เป็นวิธีการที่มีมานานและใช้กันอย่างแพร่หลายในอดีต แต่ปัจจุบันถูกแทนที่ด้วย infrared spectroscopy และ X-ray diffraction เนื่องจากมีความแม่นยำสูงกว่า ใน EAU guideline แนะนำว่าไม่ควรเลือกใช้วิธี chemical analysis เนื่องจากมีความผิดพลาดสูงมากถึงร้อยละ ๘๐ - ๑๐๐ แม้กระทั่งการวิเคราะห์นิ่วที่พบได้บ่อย เช่น whewellite (calcium oxalate monohydrate), uric acid และ apatite stones ตามผลการศึกษาของ Siener และคณะ<sup>๘</sup> นอกจากนี้ยังไม่สามารถระบุแยกสารประกอบที่จำเพาะต่อนิ่วบางชนิดได้ โดยเฉพาะกลุ่มนิ่วชนิดที่มีหลายองค์ประกอบ (mixed stones)

#### ๒. Thermogravimetry

หลักการของวิธีนี้คือการนำนิ่วเข้าเครื่องมือพิเศษที่ให้ความร้อนเผาผลาญแล้วตรวจบันทึกการเปลี่ยนแปลงของมวลสารตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นไปจนถึง ๑๐๐๐ องศาเซลเซียส มวลสารที่ลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีความจำเพาะต่อสารแต่ละชนิด ทำให้สามารถระบุนิ่วที่เกิดจากองค์ประกอบของสารใด ข้อเสียของวิธีนี้คือสารตัวอย่างจะถูกทำลายไปไม่สามารถนำมาตรวจสอบใหม่ได้อีก และไม่สามารถระบุแยกองค์ประกอบของสารบางชนิดที่มีความคล้ายคลึงกันเมื่อถูกเผาจนถึงอุณหภูมิจุดระเบิด (ignition temperature)<sup>๙</sup> เช่น นิ่ว calcium pyrophosphate แยกได้ยากจาก silica นอกจากนี้ต้องใช้สารตัวอย่างปริมาณมากในการตรวจด้วยวิธีนี้

#### ๓. Optic Polarizing Microscopy

โดยหลักการคือนำเศษนิ่วที่แตกแล้วมาทำการส่องตรวจด้วยกล้อง polarizing microscopy เพื่อแยกองค์ประกอบภายในของนิ่ว โดยทำการส่องตรวจที่ตำแหน่งต่างกันบนพื้นผิวของนิ่ว วิธีการนี้ใช้อุปกรณ์ไม่มาก ทำการตรวจได้รวดเร็ว

และราคาถูก แต่ต้องใช้ประสบการณ์ของผู้ตรวจในการระบุแยกชนิดของนิ่ว ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนได้สูง นอกจากนี้หากเป็น (mixed stones) หรือเศษนิ่วมีขนาดเล็กมากจะไม่สามารถระบุชนิดของนิ่วได้

#### ๔. Scanning Electron Microscopy

เป็นการตรวจที่ให้ความแม่นยำสูงด้วยการใช้กล้อง scanning electron microscopy ส่องตรวจแยกองค์ประกอบนิ่วจากลักษณะรูปร่างที่จำเพาะของสารแต่ละชนิด โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะของสารตัวอย่างก่อนทำการตรวจ เนื่องจากเป็นการตรวจด้วยกล้องอิเล็กตรอนทำให้สามารถตรวจได้ถึงแม้ก้อนนิ่วมีขนาดเล็กมากเพียง ๑ - ๕ นาโนเมตร ข้อเสียคือเครื่องมือมีราคาสูงมาก

#### ๕. X-ray diffraction

ในปัจจุบันถือว่าเป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์นิ่วที่ได้รับการยอมรับว่ามีคุณภาพและมาตรฐานสูง มีหลายงานวิจัยให้ผลการศึกษาที่บอกว่าเป็นวิธีการวิเคราะห์นิ่วที่แม่นยำสูงที่สุดสามารถจำแนกชนิดของผลึกนิ่วได้แม้เป็น mixed stones และสามารถระบุแยกองค์ประกอบของนิ่วที่ทำไดยาก เช่น apatite, silica และ gypsum<sup>๑๐-๑๑</sup> หลักการของวิธีนี้คือการยิงรังสีความยาวคลื่นเดียว (monochromatic X-rays) ผ่านตะกั่วโครงผลึก (lattice) ซึ่งจะเกิดการเลี้ยวเบนของลำแสงรังสีหลังจากที่ผ่านผลึกนิ่วแล้วมาตกกระทบกับฉากหลัง (photographic plate) โดยผลึกของสารแต่ละชนิดจะมีรูปแบบการกระจายหรือการเลี้ยวเบนของแสงรังสีที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เครื่องมือนี้จะทำการหมุนผลึกสารตัวอย่างในขณะที่รังสีไปจนครบทุกมุม แล้วจดบันทึกค่าการกระจายของลำแสงที่มามาตกกระทบกับฉากหลังในรูปแบบกราฟและแปลผลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะเปรียบเทียบกับรูปแบบกราฟที่ได้มาจากรฐานข้อมูลที่เคยมีการศึกษามาก่อนหน้านี้ (library) การตรวจด้วยวิธีนี้ใช้สารตัวอย่างน้อยเพียงแค่ ๑ มิลลิกรัม ไม่ต้องเสีย

เวลาเตรียมสารตัวอย่างและสามารถตรวจได้ที่หลายตัวอย่าง ส่วนข้อจำกัดของวิธีการนี้คือไม่สามารถใช้กับสารตัวอย่างที่ไม่ใช่ผลึกของแข็งเช่น ของเหลวหรือแก๊ส และผลึกที่มีรูปแบบโครงสร้างอะตอมที่ไม่แน่นอนเป็นอสัณฐาน (amorphous) ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกองค์ประกอบของนิวบางชนิดได้ เช่น amorphous calcium phosphate และ mixed stones ที่มีโปรตีนและเมทริกซ์ (matrix) เป็นองค์ประกอบ<sup>๑๑</sup> นอกจากนี้ เครื่อง X-ray diffraction มีราคาสูงมากและใช้เวลาในการตรวจแต่ละครั้งค่อนข้างนานประมาณ ๓๐ นาที

## ๖. Infrared Spectroscopy

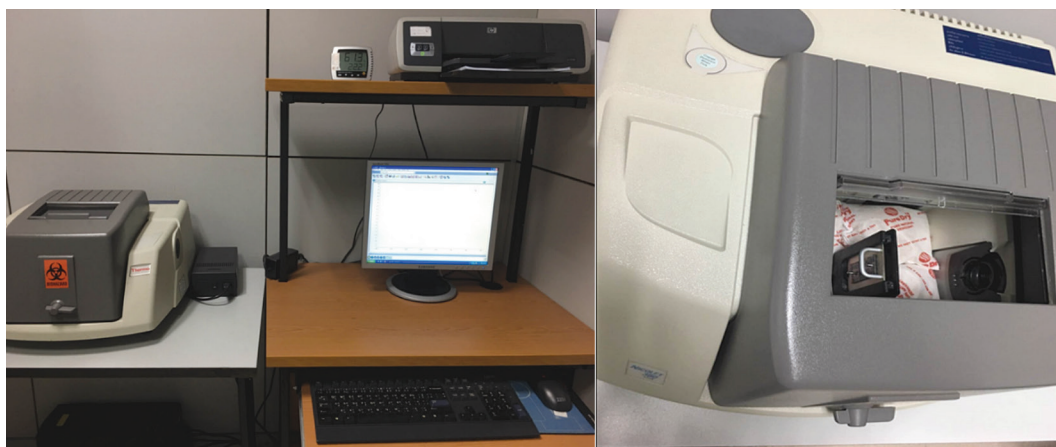
วิธีนี้ได้รับความนิยมสูงสุดมีการใช้อย่างกว้างขวางทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเพราะให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ เครื่องตรวจราคาไม่แพงมาก สามารถตรวจองค์ประกอบของสารได้ทุกชนิดทั้งผลึกของแข็ง ของเหลว แก๊สและโปรตีน จึงสามารถตรวจวิเคราะห์นิวได้หลากหลาย ในปัจจุบันพบว่าการใช้ infrared spectroscopy เป็นเครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์นิวมีแนวโน้มสูงมากขึ้นทุกปี<sup>๑๒-๑๓</sup> วิธีการนี้ใช้ประโยชน์จากลำแสงรังสีอินฟราเรดซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่น ๒.๕ ถึง ๒๕ ไมโครเมตร หรืออยู่ในช่วงเลขคลื่น (wave number) ๔๐๐๐ ถึง ๔๐๐ เซนติเมตร<sup>๑๔</sup> ซึ่งเป็นย่านอินฟราเรดกลาง (middle infrared region) มาช่วยวิเคราะห์องค์ประกอบนิว โดยเมื่อแสงอินฟราเรดตกกระทบโมเลกุลของสารตัวอย่างจะถูกดูดกลืนไว้ (absorption) และมีการส่งผ่านออกไปบางส่วน (transmission) พลังงานของแสงที่ถูกดูดกลืนจะเกิดแรงกระทำต่อโมเลกุลของสาร กระตุ้นให้เกิดการสั่นหรือเกิดการหมุนของพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) ในโมเลกุล ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีอัตลักษณ์ของการสั่น

หรือการหมุนของโมเลกุล (specific molecular excitation) จึงสามารถนำมาใช้ระบุแยกสารประกอบของนิวแต่ละชนิดได้ โดยเครื่อง infrared spectroscopy จะทำการวัดค่าความเข้มของแสงที่ส่งผ่านสารตัวอย่างเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นหรือเลขคลื่นซึ่งจะได้เป็นอินฟราเรดสเปกตรัม (infrared spectrum) แล้วแสดงผลเป็นกราฟ โดยนิวแต่ละชนิดจะมีพีคของการดูดกลืนแสงในช่วงความถี่อยู่หลายพีค เนื่องจากในโมเลกุลของสารจะมีอยู่หลายพันธะทำให้มีรูปแบบการสั่นในความถี่ที่ต่างกันได้หลายรูปแบบ

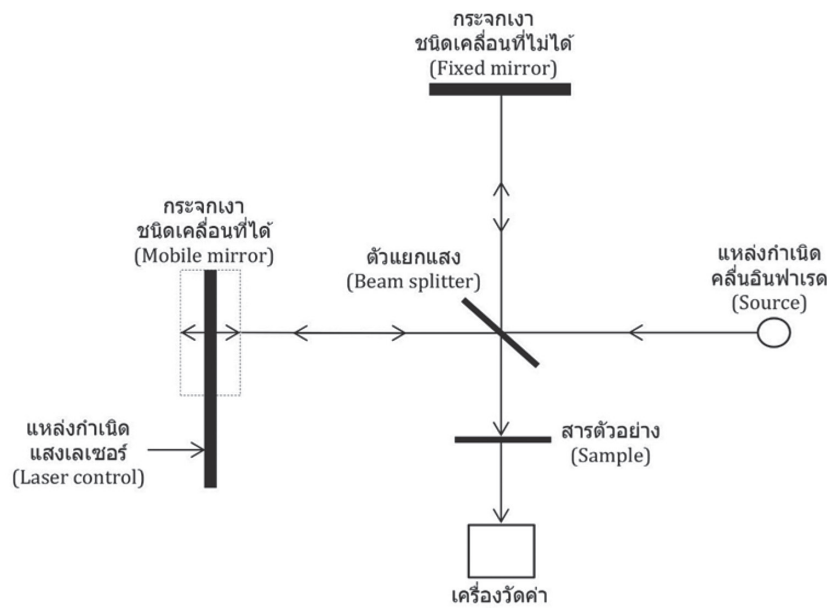
ในปัจจุบันวิธี infrared spectroscopy ที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์นิวมีอยู่ ๒ วิธี ได้แก่

### ๑. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

เป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นจาก เครื่อง infrared spectroscopy แบบเดิมที่วัดค่าอินฟราเรดสเปกตรัมแบบ frequency-domain spectrum มาเป็นแบบ time-domain spectrum คือการวัดความเข้มของแสงในความยาวคลื่นที่ต่างกันอย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบกับเวลา จากนั้นจะทำการประมวลผลโดยระบบคอมพิวเตอร์เปลี่ยนให้เป็นสเปกตรัมของความเข้มแสงต่อความยาวคลื่นหรือเลขคลื่นเรียกว่า Fourier transform spectrum วิธีการนี้ให้การวิเคราะห์แยกชนิดของสารที่ละเอียดแม่นยำกว่าและทำงานได้รวดเร็ว สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยได้ (นิวขนาด ๒ มิลลิกรัม) องค์ประกอบของเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้ตรวจจับคลื่นเรียกว่าอินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (interferometer) โดยนิยมใช้ระบบที่เรียกว่า The Michelson Interferometer (แผนภูมิที่ ๑) ประกอบด้วย



รูปที่ ๑ แสดงเครื่องตรวจวิเคราะห์นิวแบบ Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) พร้อมทั้งคอมพิวเตอร์ที่บรรจุโปรแกรมช่วยแปลผลกราฟของอินฟราเรดสเปกตรัม (ด้วยความอนุเคราะห์รูปภาพจาก อ.นพ.สุชาย ศรีทิพย์วรรณ)



แผนภูมิที่ ๑ แสดงระบบ The Michelson Interferometer

ดัดแปลงจาก: Stuart BH. Experimental Methods. In: Stuart BH, editor. Infrared Spectroscopy : Fundamentals and Applications. Analytical Techniques in the Sciences (AnTS). The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8 SQ, England: John Wiley & Sons, Ltd; 2004. p. 15-44.

### หลักการทำงานของเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

- ๑) แหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรด เป็นแท่งเซรามิกเผาด้วยขดลวดความร้อน
- ๒) กระจกเงาชนิดเคลื่อนที่ได้ (mobile mirror) เพื่อสะท้อนรังสีอินฟราเรด
- ๓) แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์เพื่อกำหนดระยะการเคลื่อนที่ของ mobile mirror
- ๔) กระจกเงาชนิดเคลื่อนที่ไม่ได้ (fixed mirror) เพื่อสะท้อนรังสีอินฟราเรด
- ๕) ตัวแยกแสง (beam splitter) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยแยกรังสีออกเป็นสองส่วน
- ๖) ส่วนบรรจุสารตัวอย่าง (sample compartment)
- ๗) เครื่องวัดค่าความเข้มของแสงรังสีที่เหลือจากการดูดกลืน

คลื่นแสงรังสีจะถูกยิงมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นอินฟราเรดโดยจะอยู่ในช่วงความยาวคลื่นหรือเลขคลื่นที่ต้องการวิเคราะห์ ลำแสงจะวิ่งเข้าสู่ตัวแยกแสง (beam splitter) เพื่อแยกคลื่นแสงออกเป็นสองส่วน ไปตกกระทบยังกระจกเงาแบบเคลื่อนที่ไม่ได้ (fixed mirror) คลื่นแสงอีกส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านไปสู่กระจกเงาแบบเคลื่อนที่ได้ (mobile mirror) จากนั้นคลื่นแสงจะสะท้อนกระจกทั้งสองชนิดมารวมตัวกันผ่าน beam splitter อีกครั้ง โดย mobile mirror นั้นจะถูกควบคุมการเคลื่อนไหวโดยแสงเลเซอร์ที่ทำหน้าที่ปรับระยะการเคลื่อนที่ของกระจก ให้มีระยะและทิศทางของลำแสงรังสีที่สะท้อนจากทั้งสองกระจกมารวมตัวกันเป็นลำแสงเดียวผ่านไปยังสารตัวอย่าง (sample container) ซึ่งจะมีการดูดกลืนอินฟราเรดไว้บางส่วน คลื่นแสงที่ทะลุผ่านสารตัวอย่างออกไปจะมุ่งไปสู่เครื่องวัดค่าความเข้มของแสงรังสี (detector) สัญญาณอนาล็อกจะถูกแปลงเป็นสัญญาณในรูปแบบดิจิทัลโดยคอมพิวเตอร์ ด้วยสมการ Fourier transform และแสดงผลเป็นกราฟของอินฟราเรดสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นต่างกัน<sup>๑๖</sup>

สารตัวอย่างหรือนิวที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกนำมาบดอัดจนกลายเป็นแผ่น (pellet) เพื่อให้ลำแสงรังสีอินฟราเรดส่องผ่านไปได้ ซึ่งต้องบดผสมกับสารโพแทสเซียมโบรไมด์ (Potassium bromide : KBr) จนเป็นเนื้อเดียวกันเพื่อช่วยยึด

โครงสร้างโมเลกุลเอาไว้ วิธีนี้สามารถทำการวิเคราะห์ได้แม้จะมีขนาดเล็กเพียง ๒ - ๓ มิลลิเมตร หากนิวมีขนาดใหญ่จะต้องทำการสุ่มตรวจจากบริเวณแกนกลาง (nucleus) และพื้นผิวด้านนอกของนิว (surface)



**รูปที่ ๒** แสดงอุปกรณ์การเตรียมสารตัวอย่าง เพื่อบดอัดนิวผสมกับสารโพแทสเซียมโบรไมด์ (Potassium bromide : KBr) ให้กลายเป็นแผ่น (ด้วยความอนุเคราะห์รูปภาพจาก อ.นพ.สุชาย ศรีทิพย์วรรณ)

## ๒. Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy (ATR)

วิธีการนี้ใช้เทคนิคการสะท้อนของรังสีอินฟราเรด (reflectance method) เมื่อตกกระทบกับวัตถุซึ่งวางแนบบนเซลล์ (window cell) ที่เป็นสารจำพวกโครงสร้างผลึก เช่น สังกะสีเซเลไนด์ (Zinc selenide : ZnSe) เจอร์เมเนียม (Germanium : Ge) หรือทาลเลียมไอโอไดด์ (Thallium iodide : KRS-5) สารเหล่านี้มีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำและสะท้อนรังสีได้ดีทำให้มีค่าดัชนีหักเหแสง (refractive index) สูงลำแสงของรังสีอินฟราเรดที่ตกกระทบเซลล์และสารตัวอย่างจะทำให้เกิดการดูดกลืนรังสีบางส่วนและรังสีส่วนที่เหลือจะสะท้อนกลับ

เมื่อมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤตลำแสงจะสะท้อนมาสู่ตัวรับสัญญาณซึ่งจะแปลผลเป็นกราฟของอินฟราเรดสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นต่างกัน<sup>๑๒</sup> วิธีนี้มีข้อดีตรงที่ไม่ต้องเตรียมสารตัวอย่าง ไม่ต้องบดอัดเปลี่ยนแปลงสภาพของนิว สามารถใช้ตรวจสอบสารจำพวกของเหลว ไขมัน และโปรตีน (soft sample) ทำให้สามารถวิเคราะห์นิวในถุงน้ำดี (gallstone) หรือนิวที่มีส่วนผสมสารจำพวกเมทริกซ์ (matrix) ได้<sup>๑๐</sup>

โดยสรุปการวิเคราะห์นิวมีหลากหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ ๔ ในปัจจุบันวิธีที่เป็นมาตรฐานและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ ได้แก่ Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) และ X-ray diffraction (XRD)<sup>๑๓</sup>

ตารางที่ ๔ แสดงวิธีการวิเคราะห์นิ่ว<sup>๑๓</sup>

| วิธีการ                      | ข้อดี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ข้อเสีย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chemical analysis            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• สะดวก</li> <li>• ราคาถูก</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ใช้เวลาในการตรวจนาน</li> <li>• ต้องใช้นิ่วปริมาณมากในการตรวจ</li> <li>• ไม่สามารถแยกองค์ประกอบนิ่วได้ละเอียด แม้เป็นนิ่วที่พบได้บ่อย เช่น calcium stone (monohydrate/dehydrate)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Polarization Microscopy      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ราคาไม่สูงมาก มีความคุ้มค่า</li> <li>• ทำการตรวจได้รวดเร็ว</li> <li>• สามารถตรวจได้แม้มีขนาดเล็กมาก</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องใช้ประสบการณ์ของผู้ตรวจ</li> <li>• การแยกชนิดของสารประกอบใน นิ่วบางชนิดทำได้ยาก เช่น uric acid, purine derivatives และ calcium phosphates</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Infrared Spectroscopy        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ราคาปานกลาง</li> <li>• ทำการตรวจได้รวดเร็ว</li> <li>• สามารถตรวจได้แม้มีขนาดเล็ก</li> <li>• เตรียมสารตัวอย่าง (นิ่ว) ได้ง่าย ในกรณีที่ใช้วิธี Attenuated Total Reflection (ATR)</li> <li>• เป็นการวิเคราะห์แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยแปลผล</li> <li>• สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบนิ่วบางชนิดที่เป็นสารอินทรีย์หรือโครงสร้างไม่เป็นผลึก เช่น โปรตีน ไขมัน purine และนิ่วที่เกิดจากยา</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ใช้เวลานานในช่วงการเตรียมสารตัวอย่าง</li> <li>• ในการเตรียมตัวอย่าง หากบดนิ่วผสมกับ potassium bromide ไม่ละเอียด อาจมีผลกับแถบพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า</li> <li>• ความละเอียดของอุปกรณ์ มีผลต่อการแปลผลที่แม่นยำ</li> <li>• สารประกอบนิ่วที่มีขนาดเล็กมากจะตรวจพบได้ยากใน Mixed stones บางชนิด เช่น calcium oxalate monohydrate ใน calcium oxalate dihydrate หรือ urates และ uric acid dihydrate ใน uric acid</li> <li>• สารประกอบในนิ่วบางชนิดมีค่าแถบของการดูดกลืนแสงใกล้เคียงกันทำให้แปลผลได้ยาก เช่น carbonate ใน struvite stones หรือ cystine ใน whewellite หรือ uric acid stone</li> </ul> |
| X-ray diffraction            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• เตรียมสารตัวอย่างได้สะดวก</li> <li>• เป็นการตรวจแบบอัตโนมัติ</li> <li>• เป็นการตรวจวิเคราะห์เชิงปริมาณ</li> <li>• สามารถตรวจวิเคราะห์แยกองค์ประกอบของนิ่วที่เป็นแบบผลึกได้ทุกชนิดและแม่นยำ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ราคาสูง</li> <li>• ไม่สามารถแยกองค์ประกอบของนิ่วที่ไม่มีโครงสร้างแบบผลึกหรือโครงสร้างอะตอมที่ไม่แน่นอนได้</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Thermo - gravimetry          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• รวดเร็ว</li> <li>• ทำได้สะดวก</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องใช้สารตัวอย่างปริมาณมาก</li> <li>• ไม่สามารถนำสารตัวอย่างมาตรวจใหม่ได้</li> <li>• ไม่สามารถระบุแยกองค์ประกอบของสารบางชนิดที่มีความคล้ายคลึงกันเช่น purines</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Scanning Electron Microscopy | <ul style="list-style-type: none"> <li>• สารตัวอย่างไม่ถูกทำลาย</li> <li>• สามารถส่องตรวจแยกสารประกอบของนิ่วได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ราคาสูง</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

## การใช้เครื่องตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิด ๒ แหล่งกำเนิด (Dual-energy computed tomography) ในการช่วยวิเคราะห์องค์ประกอบนิ่ว

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านรังสีวินิจฉัยมีวิวัฒนาการก้าวหน้าขึ้นเป็นอย่างมาก สามารถใช้เครื่องตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์มาช่วยระบุว่าน่าจะเป็นนิ่วชนิดไหนได้ตั้งแต่ก่อนการทำหัตถการและด้วยเทคนิค Dual-energy computed tomography จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดขององค์ประกอบในนิ่วแบบ mixed stones ที่มีมากกว่าหนึ่งชนิดได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ซึ่งในอดีตนิ่วที่มีหลายองค์ประกอบจะเป็นปัญหาในการวินิจฉัยด้วยเครื่องตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบปกติ (unenhanced helical CT)

หลักการทำงานของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดนี้คือการใช้แหล่งพลังงานกำเนิดรังสีเอกซเรย์ (X-ray tubes) สองชนิดที่ให้พลังงานแตกต่างกัน โดยจะแบ่งเป็นส่วนที่ให้พลังงานต่ำ (low energy 80 kVp) และส่วนที่ให้พลังงานสูง (high energy 140 kVp) ปลดปล่อยแสงไปยังนิ่วที่มีหลายองค์ประกอบจะทำให้มีการดูดซับพลังงานที่ต่างกันและแสดงค่าความหนาแน่น (CT attenuation) ต่างกัน<sup>๑๔</sup> ซึ่งการวัดค่า CT attenuation นี้จะใช้หน่วยเป็น Hounfield units (HU) เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดจะมีค่าความหนาแน่นแตกต่างกัน หากมีเลขอะตอม (atomic number) น้อยก็จะมีค่า Hounfield units ต่ำ เช่น uric acid stones มีค่าความหนาแน่นโดยเฉลี่ย  $270 \pm 134$  HU ในขณะที่ calcium stones มีความหนาแน่นสูงกว่าอยู่ที่  $440 \pm 262$  HU และหากเป็นนิ่ว brushite (calcium hydrogen phosphate) จะมีค่า HU สูงได้ถึง 1200 HU<sup>๑๕</sup> เมื่อผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เสร็จสิ้นแล้วจะสามารถแยกองค์ประกอบของนิ่วได้ มีการศึกษาวิจัยของ Zhang และคณะ พบว่าวิธีการตรวจชนิดนี้ทำให้สามารถระบุแยกนิ่ว uric acid stones ออกจากกลุ่ม Non-uric acid stones ได้แก่ cystine stones, hydroxyapatite stones และ calcium stones ในผู้ป่วยที่มีนิ่วหลายองค์ประกอบได้ โดยให้ความแม่นยำสูงถึงร้อยละ ๙๗.๕<sup>๑๖</sup>

ในปัจจุบัน Dual-energy CT ได้ถูกพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยให้แม่นยำมากขึ้นเพื่อลดข้อผิดพลาดที่มีในอดีต เช่นอาจมีการแปรผลผิดพลาดในผู้ป่วยที่มีรูปร่างอ้วนมากเนื่องจากปริมาณรังสีทะลุผ่านไปยังวัตถุไม่เพียงพอ หรือไม่สามารถระบุแยกองค์ประกอบของนิ่วได้ในกรณีที่นิ่วมีขนาดเล็กมาก (<๓ มิลลิเมตร)<sup>๑๗</sup> โดยการปรับปรุง

โปรแกรมในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์และพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ของเครื่องเอกซเรย์จนมาถึงรุ่นที่สาม ซึ่ง Leng และคณะได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการแยกองค์ประกอบของนิ่วแบบ mixed stones ในเชิงปริมาณ (quantification) ของเครื่องรุ่นนี้ พบว่าสามารถวิเคราะห์แยกองค์ประกอบ uric acid และ non-uric acid ออกจากกันได้อย่างแม่นยำ<sup>๑๘</sup> ถึงแม้จะเป็นการศึกษาในห้องทดลองแต่ก็แสดงให้เห็นถึงบทบาทในอนาคตของ Dual-energy CT ต่อการวิเคราะห์นิ่วเชิงปริมาณ (quantification analysis) ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกในทุกวันนี้

## สรุป

นิ่วในระบบทางเดินปัสสาวะเป็นโรคที่เกิดขึ้นซ้ำได้บ่อย การตรวจวิเคราะห์เพื่อรู้องค์ประกอบของนิ่วจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อกำหนดแนวทางการป้องกันและให้การรักษาได้อย่างเหมาะสม ในต่างประเทศแนะนำให้ทำการตรวจวิเคราะห์นิ่วในผู้ป่วยทุกราย ปัจจุบันวิธีที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่ยอมรับมาก ได้แก่ infrared spectroscopy เนื่องจากสามารถทำได้สะดวก ใช้สารตัวอย่างไม่มาก ตรวจวิเคราะห์นิ่วได้เกือบทุกประเภท มีความแม่นยำ และราคาไม่สูงจนเกินไป ซึ่งอาจจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยซึ่งมีผู้ป่วยโรคนี้อยู่มาก

## เอกสารอ้างอิง

๑. Krepinsky J, Ingram AJ, Churchill DN. Metabolic investigation of recurrent nephrolithiasis: compliance with recommendations. *Urology*. 2000;56(6):915-20.
๒. Skolarikos A, Straub M, Knoll T, Sarica K, Seitz C, Petřík A, et al. Metabolic Evaluation and Recurrence Prevention for Urinary Stone Patients: EAU Guidelines. *European Urology*. 2015;67(4):750-63.
๓. Tiselius H-G. Metabolic risk-evaluation and prevention of recurrence in stone disease: does it make sense? *Urolithiasis*. 2016;44(1):91-100.
๔. Pearle MS, Goldfarb DS, Assimos DG, Curhan G, Assimos DG, Curhan G, et al. Medical Management of Kidney Stones: AUA Guideline. *The Journal of urology*. 2014;192(2):316-24.

๕. Eliahou R, Hidas G, Duvdevani M, Sosna J. Determination of renal stone composition with dual-energy computed tomography: an emerging application. *Seminars in ultrasound, CT, and MR*. 2010;31(4):315-20.
๖. Bres-Niewada E, Dybowski B, Radziszewski P. Predicting stone composition before treatment - can it really drive clinical decisions? *Central European Journal of Urology*. 2014;67(4):392-6.
๗. Mandel NS, Mandel IC, Kolbach-Mandel AM. Accurate stone analysis: the impact on disease diagnosis and treatment. *Urolithiasis*. 2017;45(1):3-9.
๘. Siener R, Buchholz N, Daudon M, Hess B, Knoll T, Osther PJ, et al. Quality Assessment of Urinary Stone Analysis: Results of a Multicenter Study of Laboratories in Europe. *PloS one*. 2016;11(6):e0156606.
๙. Kasidas G, Samuelli C, Weir T. Renal stone analysis: why and how? *Ann Clin Biochem*. 2004;41:91-7.
๑๐. Schubert G. Stone analysis. *Urol Res*. 2006;34(2):146-50.
๑๑. Singh I. Renal geology (quantitative renal stone analysis) by 'Fourier transform infrared spectroscopy'. *International urology and nephrology*. 2008;40(3):595-602.
๑๒. Stuart BH. Experimental Methods. In: Stuart BH, editor. *Infrared Spectroscopy : Fundamentals and Applications. Analytical Techniques in the Sciences (AnTS)*. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8 SQ, England: John Wiley & Sons, Ltd; 2004. p. 15-44.
๑๓. Basiri A, Taheri M, Taheri F. What is the State of the Stone Analysis Techniques in Urolithiasis? *Urology Journal*. 2012;9(2):445-54.
๑๔. Mansouri M, Aran S, Singh A, Kambadakone AR, Sahani DV, Lev MH, et al. Dual-Energy Computed Tomography Characterization of Urinary Calculi: Basic Principles, Applications and Concerns. *Current problems in diagnostic radiology*. 2015;44(6):496-500.
๑๕. Motley G, Dalrymple N, Keesling C, Fischer J, Harmon W. Hounsfield unit density in the determination of urinary stone composition 1. *Urology*. 2001;58(2):170-3.
๑๖. Zhang GMY, Sun H, Xue HD, Xiao H, Zhang XB, Jin ZY. Prospective prediction of the major component of urinary stone composition with dual-source dual-energy CT in vivo. *Clinical radiology*. 2016;71(11):1178-83.
๑๗. Jepperson MA, Cernigliaro JG, Sella D, Ibrahim E, Thiel DD, Leng S, et al. Dual-energy CT for the evaluation of urinary calculi: image interpretation, pitfalls and stone mimics. *Clinical radiology*. 2013;68(12):e707-14.
๑๘. Leng S, Huang A, Cardona JM, Duan X, Williams JC, McCollough CH. Dual-Energy CT for Quantification of Urinary Stone Composition in Mixed Stones: A Phantom Study. *AJR American journal of roentgenology*. 2016;207(2):321-9.

## Abstract

### Stone analysis

Chatchawet Liwrotsap

Division of Urology, Department of Surgery, Faculty of Medicine, Thammasat University

Urinary calculi are usually recurrent for approximately 50% within 5 years due to various risk factors. Precise diagnosis with stone analysis is conducted to realize components and types of stone so as to prevent stone recurrence effectively. A number of stone analysis methods that are currently accepted are such as chemical analysis, thermogravimetry, optic polarizing microscopy, scanning electron microscopy, infrared spectroscopy and X-ray diffraction which have different advantages and drawbacks. One of the most popular methods in term of precision being employed to analyze almost all kinds of stone with uncomplicated procedures and reasonable price is infrared spectroscopy especially in Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) type. In addition, there is new method of radiology with Dual-energy computed tomography which can identify types of stone before surgery. This evolution can support diagnosis of stone disease in order to determine guideline of prevention and management patients in a proper way.

**Key words:** urolithiasis, stone analysis, Dual-energy computed tomography