

# 26

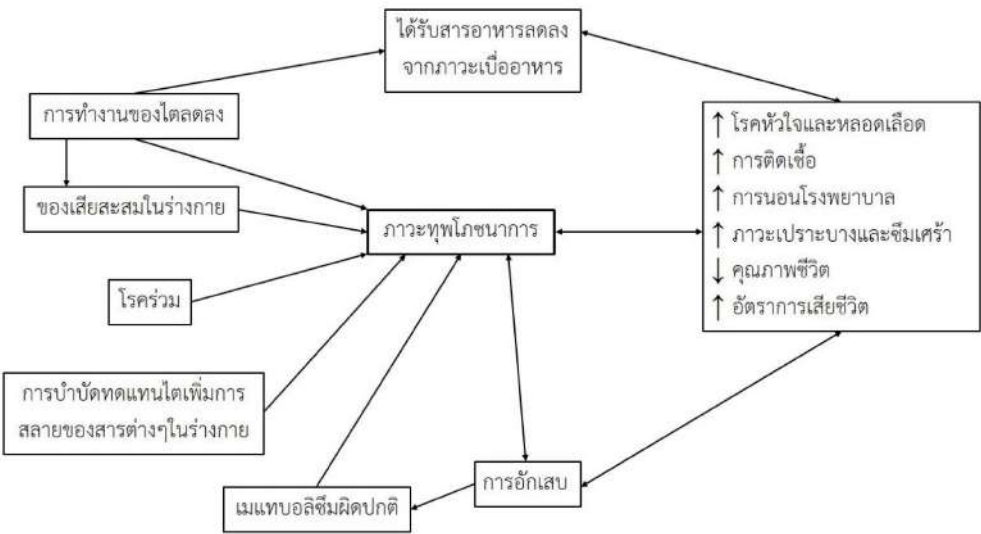
## การดูแลภาวะโภชนาการ ในผู้ป่วยโรคไตที่ได้รับการรักษา ในโรงพยาบาล (nutritional management in hospitalized patients with acute or chronic kidney disease)

อริกัทร์ บรรจงจิตต์

### 1. หลักการพื้นฐานของการให้สารอาหารในผู้ป่วยโรคไตที่ได้รับการรักษาในโรงพยาบาล

ภาวะความผิดปกติของค่าการทำงานของไตเป็นภาวะที่พบบ่อยในผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลทั้งในหอผู้ป่วยอายุรกรรม ศัลยกรรมทั่วไปและหอผู้ป่วยวิกฤต (intensive care unit หรือ ICU) ผู้ป่วยที่มีการทำงานของไตลดลงทั้งกรณีที่เป็นไตวายเฉียบพลัน (acute kidney injury หรือ AKI) และไตวายเรื้อรัง (chronic kidney disease หรือ CKD) นอกจากจะทำให้เกิดความผิดปกติของสารน้ำ เกลือแร่และสมดุลกรดต่างในร่างกายแล้ว ยังทำให้เกิดการสลายของโปรตีนในร่างกาย มีการเปลี่ยนแปลงเมแทบอลิซึมของกรดอะมิโนบางชนิดกล่าวคือ กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นในคนทั่วไปเช่น tyrosine จะกลายเป็นกรดอะมิโนจำเป็นชนิดที่มีเงื่อนไข (conditionally essential amino acids)<sup>(1)</sup> เนื่องจากความสามารถในการเปลี่ยน phenylalanine เป็น tyrosine ในผู้ป่วยไตวายลดลง<sup>(2)</sup> มีการสลายโปรตีนที่ได้จากอาหารเพิ่มขึ้น มีภาวะน้ำตาลสูงจากการเกิดภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลินและการเพิ่มการสร้างกลูโคสจากตับ (hepatic gluconeogenesis) เนื่องจากระบวนการการสร้างกลูโคสนี้ไม่สามารถถูกยับยั้งได้เมื่อผู้ป่วยได้รับสารอาหารเหมือนกลไกในคนปกติหรือในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่การทำงานของไตคงที่ มีการลดลงของการสลายไขมันในร่างกายทำให้มี

ไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง ความสามารถในการกำจัดไขมันที่ได้จากอาหารทางปากหรืออาหารทางเส้นเลือดลดลง มีการอักเสบในร่างกายเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะส่งผลให้ระบบต้านอนุมูลอิสระทำงานได้ลดลง ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายบกพร่อง ระดับวิตามินที่สามารถละลายน้ำได้ลดลง เช่นเดียวกับวิตามินที่ละลายในไขมัน ระดับวิตามินดีที่อยู่ในรูปที่สามารถออกฤทธิ์ลดลงนำไปสู่ภาวะ secondary hyperparathyroidism นอกจากนี้ยังมีระดับวิตามินอีและเอ และซีลีเนียมที่ต่ำซึ่งนำไปสู่การลดลงของระบบต้านอนุมูลอิสระ<sup>(1, 3)</sup> ผู้ป่วยที่มีไตวายเรื้อรังเป็นพื้นฐานอยู่เดิมโดยเฉพาะในระยะท้าย ๆ (advanced stage CKD) อาจมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ตามข้างต้นได้เช่นกัน ดังนั้นเมื่อมีภาวะไตวายเฉียบพลันมาซ้ำเติมจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับที่มากขึ้นกว่าเดิมและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อและมวลไขมันได้<sup>(1)</sup> นอกจากนี้ผู้ป่วยอาจรับประทานอาหารได้ไม่เพียงพออันเนื่องมาจากภาวะเบื่ออาหาร หรือจากความเข้าใจผิดของผู้ป่วยว่ายังต้องจำกัดการรับประทานขณะที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตแล้วซึ่งในความเป็นจริงผู้ป่วยกลุ่มนี้ไม่ต้องจำกัดอาหารประเภทโปรตีนเหมือนในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ยังไม่ได้รับการบำบัดทดแทนไต ภาวะทุพโภชนาการในผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลและมีภาวะไตวายเฉียบพลันหรือไตวายเรื้อรังเกิดได้จากหลายปัจจัยแตกต่างกันไปในผู้ป่วยแต่ละราย ดังรูปที่ 1<sup>(3, 4)</sup> ในผู้ป่วยวิกฤตมักพบภาวะไตวายร่วมกับภาวะอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหรือเป็นผลหรือเกิดร่วมกันกับภาวะไตวาย รวมไปถึงมีการสูญเสียการทำงานของระบบอวัยวะอื่น ๆ นอกจากนี้ผู้ป่วยยังอาจจำเป็นต้องรับการบำบัดทดแทนไตซึ่งภาวะทั้งหมดเหล่านี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขบวนการเมแทบอลิซึม กระตุ้นการอักเสบและนำไปสู่ภาวะทุพโภชนาการได้เช่นเดียวกันในที่สุด<sup>(3)</sup>



รูปที่ 1. แสดงสาเหตุของภาวะทุพโภชนาการในผู้ป่วยโรคไต

จากความผิดปกติที่กล่าวไปข้างต้นทำให้ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังโดยเฉพาะระยะสุดท้ายทั้งที่ได้รับและยังไม่ได้การบำบัดทดแทนไตมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความผิดปกติทางภาวะโภชนาการ<sup>(4)</sup> โดยมักมีการลดลงของโปรตีนและพลังงานสะสมในร่างกายซึ่งจะพบมากขึ้นตามการทำงานของไตที่ลดลง<sup>(5)</sup> เมื่อประเมินผู้ป่วยกลุ่มนี้โดยใช้คะแนน subjective global assessment (SGA) และ malnutrition-inflammation score

(MIS) ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการประเมินภาวะทางโภชนาการของผู้ป่วยซึ่งสามารถใช้ในผู้ป่วยโรคไตได้ โดยแบบทดสอบนี้ประกอบไปด้วยแบบสอบถามอาการทางเดินอาหาร ความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน การรับประทานอาหาร ร่วมกับผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ พบว่าความชุก (prevalence) ของการเกิดภาวะทุพโภชนาการของผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะที่ 3 ถึง 5 ที่ยังไม่ได้รับการบำบัดทดแทนไตอยู่ระหว่างร้อยละ 11-54 ในขณะที่ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะที่ 3 ถึง 5 ที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตแล้วอยู่ระหว่างร้อยละ 28-54 และสูงถึงร้อยละ 60-84 ในผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเฉียบพลัน<sup>(6)</sup> ดังนั้นในการดูแลผู้ป่วยทุกรายที่ได้รับการรักษาในโรงพยาบาลและเป็นโรคไตต้องคำนึงเสมอว่าผู้ป่วยมีโอกาสเกิดภาวะทุพโภชนาการได้

ปัจจุบันแนะนำให้ทำการตรวจคัดกรอง (screening) ภาวะทุพโภชนาการในผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาล และมีภาวะไตวายทุกรายโดยเฉพาะผู้ป่วยที่รับไว้ในหอผู้ป่วยวิกฤตนานกว่า 48 ชั่วโมง แต่จนถึงปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจคัดกรองภาวะทุพโภชนาการที่แนะนำเหนือกว่าเครื่องมืออื่น ๆ โดยอาจใช้ malnutrition universal screening tool (MUST) และ nutritional risk screening (NRS) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในผู้ป่วยทั่วไปที่ไม่ได้มีโรคแทรกซ้อนด้วย<sup>(1)</sup> แต่มีการศึกษาพบว่าการใช้ MUST ตรวจคัดกรองผู้ป่วยโรคไตมีความไวในการตรวจพบภาวะทุพโภชนาการเพียงร้อยละ 53.8<sup>(7)</sup> ส่วน SGA เป็นเครื่องมือที่มีใช้มานาน สามารถใช้ได้ทั้งคัดกรองและประเมิน (assessment) ภาวะทุพโภชนาการ ความจำเพาะสูง แต่ข้อเสียคือใช้เวลาในการทดสอบนานและต้องประเมินโดยผู้ที่ผ่านการฝึกการใช้ SGA มาเป็นอย่างดี<sup>(8)</sup> ต่อมาในปี พ.ศ. 2563 Jackson และคณะ ได้มีการคิดเครื่องมือที่เรียกว่า Renal inpatient nutritional screening tool หรือ Renal iNUT เพื่อใช้คัดกรองภาวะทุพโภชนาการของผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลและมีภาวะไตวายโดยเฉพาะ โดยใช้ข้อมูลคือน้ำหนักตัว ส่วนสูงของผู้ป่วย และแบบสอบถามดังตารางที่ 1 โดยจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า Renal iNUT มีความไวและความจำเพาะที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การประเมินโดย SGA<sup>(9)</sup> อย่างไรก็ตามคงต้องรอการศึกษาผลของการนำ Renal iNUT ไปใช้กับประชากรกลุ่มอื่น ๆ (external validation) ต่อไปในอนาคต

หลังจากที่ทำการคัดกรองภาวะทุพโภชนาการแล้วพบว่าผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะทุพโภชนาการแนะนำให้ทำการประเมินทางโภชนาการ (nutritional assessment) โดยอาจใช้การประเมินทั่วไปเช่นประวัติน้ำหนักลดโดยไม่ได้ตั้งใจ สมรรถนะทางกายที่ลดลงเทียบกับก่อนมานอนในโรงพยาบาล การตรวจร่างกายประเมินมวลและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ<sup>(10)</sup> การประเมินโดยใช้น้ำหนักตัวหรือดัชนีมวลกาย (body mass index หรือ BMI) เพียงอย่างเดียวในผู้ป่วยไตวายไม่แม่นยำเนื่องจากไม่สามารถแยกได้ว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้เพิ่มจากน้ำที่เกินในร่างกายหรือเป็นมวลไขมันหรือกล้ามเนื้อ<sup>(3)</sup> ซึ่งผู้ป่วยไตวายอาจมีน้ำหนักตัวเกินแต่มวลที่ปราศจากไขมัน (lean tissue mass) น้อย หรือที่เรียกว่าภาวะ sarcopenic obesity ได้

โดยทั่วไป การประเมินภาวะทางโภชนาการในผู้ป่วยโรคไตนั้นสามารถทำได้หลายประการ อาทิเช่น

- โปรตีนในเลือด (visceral protein assessment) คือการตรวจระดับอัลบูมินในเลือดซึ่งมีข้อมูลชัดเจนว่าระดับอัลบูมินในเลือดแปรผกผันกับอัตราการเสียชีวิต<sup>(11)</sup> อย่างไรก็ตามระดับอัลบูมินในเลือดแปลผลได้จำกัดในผู้ป่วยที่เจ็บป่วยเฉียบพลันเนื่องจากอัลบูมินเป็นโปรตีนที่ตอบสนองได้เร็วต่อการบาดเจ็บในร่างกาย (negative acute phase reactant) กล่าวคือ ระดับอัลบูมินในเลือดจะลดลงเมื่อมีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลัน จึงไม่ควรใช้ระดับอัลบูมินในเลือดในการแปลผลอย่างเดียว ต้องใช้การประเมินอย่างอื่นร่วมด้วย<sup>(12)</sup>

- โปรตีนส่วนโครงสร้างของร่างกาย (somatic protein assessment) คือการวัดมวลกล้ามเนื้อผู้ป่วยวิกฤตจะมีการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อได้เร็วเพียงไม่กี่วันหลังรับไว้ในหอผู้ป่วยวิกฤต ซึ่งอาจเกิดจากภาวะทุพโภชนาการหรือการที่ร่างกายไม่ได้ขยับเขยื้อนนาน ๆ ทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อทำงานผิดปกติจนอาจนำไปสู่การอ่อนแรงที่รุนแรงที่เรียกว่า ICU-acquired weakness พบว่าการสูญเสียกล้ามเนื้อสัมพันธ์ไปกับการพยากรณ์ช่วยหายใจได้ช้า<sup>(13)</sup> การฟื้นฟูสมรรถนะทางกายที่ช้า<sup>(14)</sup>

ตารางที่ 1. ตัวอย่างแบบคัดกรองที่ใช้กับผู้ป่วยโรคไตที่รับไว้รักษาในโรงพยาบาล หรือ Renal inpatient nutritional screening tool (Renal iNUT)<sup>(9)</sup>

| ข้อมูลผู้ป่วย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 1. น้ำหนักตัวแรกรับ (กิโลกรัม) :<br>2. น้ำหนักแห้ง คือน้ำหนักหลังตัวล่างไตครั้งสุดท้ายหรือน้ำหนักตัวที่ผู้ป่วยไม่บวม (ในรายที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตอยู่) หรือ น้ำหนักปกติ (ในรายที่ยังไม่ได้รับการบำบัดทดแทนไต) (กิโลกรัม) :<br>3. ส่วนสูง (เมตร) :<br>4. ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) โดยคิดจากน้ำหนักตัว 2 ครั้งที่ต่ำที่สุดที่เคยบันทึกไว้ : |                                  |
| คำถามคัดกรองเมื่อแรกรับ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | คะแนน                            |
| 1. ผู้ป่วยมีน้ำหนักตัวลดลงจากน้ำหนักแห้งหรือน้ำหนักปกติโดยไม่ได้ตั้งใจหรือไม่                                                                                                                                                                                                                                                                         | ไม่ใช่ = 0 ใช่ = 1               |
| 2. ผู้ป่วยมีอาการทุพโภชนาการ หรือ ดัชนีมวลกายน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตรหรือไม่                                                                                                                                                                                                                                                       | ไม่ใช่ = 0 ใช่ = 1               |
| 3. ผู้ป่วยได้รับโภชนาการบำบัดอยู่แล้วหรือไม่                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ไม่ใช่ = 0 ใช่ = 1               |
| 4. ปริมาณอาหารที่ผู้ป่วยรับประทานเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับภาวะปกติ                                                                                                                                                                                                                                                                                     | มากขึ้นหรือพอเดิม = 0 น้อยลง = 1 |
| 5. ความอยากอาหารของผู้ป่วยเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับภาวะปกติ                                                                                                                                                                                                                                                                                            | มากขึ้นหรือพอเดิม = 0 น้อยลง = 1 |
| คะแนนรวมทั้งหมด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | แผนการรักษา                      |
| 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | คัดกรองซ้ำทุก 1 สัปดาห์          |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | เฝ้าระวังภาวะทางทุพโภชนาการ      |
| มากกว่าหรือเท่ากับ 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ส่งพบนักโภชนาการ                 |

อย่างไรก็ตามการประเมินมวลกล้ามเนื้อในผู้ป่วยวิกฤตนี้ทำได้ยาก มีการแนะนำให้ใช้การตรวจอัลตราซาวด์ข้างเดียวดูมวลกล้ามเนื้อ<sup>(15, 16)</sup> ซึ่งจะไม่ถูกรบกวนโดยภาวะน้ำเกิน แต่ยังไม่มีการกำหนดชัดเจนว่าความหนาของกล้ามเนื้อเท่าใดจึงจะถือว่ามวลกล้ามเนื้อน้อย จึงแนะนำให้ใช้การทำอัลตราซาวด์ในการตรวจ

ติดตามมวลกล้ามเนื้อ (muscle ultrasound) ระหว่างที่ผู้ป่วยเริ่มหายจากโรคและระหว่างที่ได้รับการทำกายภาพและโภชนาบำบัด การทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computerized tomography หรือ CT) สามารถใช้ดูมวลกล้ามเนื้อลายที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวที่ 3 (L3) ซึ่งอาจใช้ประเมินเมื่อผู้ป่วยต้องไปทำเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ช่องท้องด้วยเหตุอื่นทำให้สามารถเห็นกล้ามเนื้อลายส่วนนี้ได้<sup>(17)</sup> ซึ่งการพบมวลกล้ามเนื้อบริเวณนี้น้อยจากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สัมพันธ์ไปกับการเพิ่มระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาลและอัตราการเสียชีวิต<sup>(18)</sup> นอกจากการประเมินกล้ามเนื้อเชิงปริมาณคือมวลกล้ามเนื้อแล้ว การประเมินเชิงคุณภาพคือความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก็มีความสำคัญ ปัจจุบันมีการใช้ 6-point Medical Research Council (MRC) score ซึ่งเป็นผลรวมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (motor power) ทั้งหมด 12 กลุ่มในการประเมินการความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยวิกฤต ถ้าได้น้อยกว่า 48 คะแนนจะถือว่ามีความ ICU-acquired weakness<sup>(19-21)</sup> แต่การประเมินนี้ใช้เวลานานและผู้ตรวจต้องได้รับการฝึกมาก่อน วิธีที่สามารถประเมินได้ง่ายกว่าคือการใช้เครื่องวัดแรงบีบมือหรือ dynamometer ซึ่งสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ก่อนที่มวลกล้ามเนื้อจะเปลี่ยนแปลงทำให้สามารถรักษาทางโภชนาการได้เร็วขึ้น<sup>(21, 22)</sup> มีการศึกษาว่าแรงบีบมือที่ต่ำกว่า 10 กิโลกรัมเมื่อผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาลและต่ำกว่า 15 กิโลกรัมที่ 1 เดือนหลังจากผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาลจะสัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราการเสียชีวิตของผู้ป่วย<sup>(23)</sup> อย่างไรก็ตามการวัดแรงบีบมือนั้นต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วย และปัจจุบันก็ยังไม่มีความชัดเจนถึงขั้นตอนมาตรฐาน (standard procedure) ในการวัดแรงบีบมือ

- ระบบการให้คะแนนทางโภชนาการ (nutritional scoring system) เช่น SGA ดังตารางที่ 2 สามารถใช้ในการประเมินภาวะทุพโภชนาการและทำนายผลลัพธ์ทางคลินิก รวมไปถึงอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยโรคไตทั้งไตวายเฉียบพลันและไตวายเรื้อรัง อย่างไรก็ตามยังไม่ได้มีการใช้แพร่หลายในผู้ป่วยวิกฤตมากนัก<sup>(23, 24)</sup>

หลังจากที่ทำการประเมินผู้ป่วยแล้วก็จะสามารถวินิจฉัยได้ว่าผู้ป่วยรายใดมีภาวะทุพโภชนาการ แต่ปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยที่แน่ชัดสำหรับภาวะทุพโภชนาการในผู้ป่วยไตวายที่นอนในโรงพยาบาล มีหลายนิยามที่ใช้เรียกภาวะทุพโภชนาการในภาวะที่ต่างกันไป International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISRNM) ได้มีการนิยามคำว่า protein-energy wasting (PEW) ว่าเป็นภาวะที่มีการลดลงของโปรตีนและพลังงานสะสมในร่างกายซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งในภาวะไตวายเฉียบพลันและไตวายเรื้อรังไม่ว่าจากสาเหตุใดก็ตาม และอาจพบร่วมกับการลดลงของสมรรถนะของร่างกาย อย่างไรก็ตามยังไม่ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเฉียบพลันร่วมด้วย<sup>(25)</sup> ซึ่งเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะนี้คือการตรวจพบ 3 ใน 4 ข้ออย่างน้อย 2-3 ครั้งติดกัน ภายในระยะเวลาห่างกันประมาณ 3-4 สัปดาห์ของการตรวจแต่ละครั้ง ดังต่อไปนี้<sup>(25)</sup>

1. การเปลี่ยนแปลงของผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ระดับอัลบูมินในเลือดน้อยกว่า 3.8 กรัมต่อเดซิลิตร ระดับพรีอัลบูมินในเลือดน้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร หรือระดับคอเลสเตอรอลในเลือดน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
2. การเปลี่ยนแปลงของมวลร่างกาย ได้แก่ ดัชนีมวลกายน้อยกว่า 23 กิโลกรัมต่อตารางเมตร น้ำหนักตัวลดลงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 ใน 3 เดือน หรือลดลงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ใน 6 เดือน หรือปริมาณไขมันรวมในร่างกายน้อยกว่าร้อยละ 10

ตารางที่ 2. subjective global assessment หรือ SGA<sup>(26)</sup>

| แบบประเมิน subjective global assessment                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                   |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|--|--|
| ชื่อผู้ป่วย _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | วันที่ _____      |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| ประเมิน _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                   |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <b>น้ำหนัก/น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง</b><br>1. น้ำหนักเดิม _____ (น้ำหนักหั่ง 6 เดือนที่แล้ว)<br>น้ำหนักปัจจุบัน _____ (น้ำหนักหั่งวันนี้)<br>น้ำหนักลดลงในช่วง 6 เดือน _____ %<br>2. น้ำหนักเปลี่ยนแปลงในช่วง 2 สัปดาห์ที่ผ่านมา ? ไม่เปลี่ยนแปลง ? เพิ่มขึ้น ? ลดลง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | คะแนน 1-7         |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <b>อาหารที่รับประทาน</b><br><input type="checkbox"/> ไม่เปลี่ยนแปลง (เพียงพอ) <input type="checkbox"/> ไม่เปลี่ยนแปลง (ไม่เพียงพอ)<br><input type="checkbox"/> เปลี่ยนแปลง: ปริมาณโปรตีน _____ ปริมาณพลังงาน _____ ระยะเวลา _____<br><b>ชนิดอาหารที่รับประทาน</b><br><input type="checkbox"/> อาหารแข็งที่พลังงานไม่เพียงพอ <input type="checkbox"/> อาหารเหลวที่พลังงานเพียงพอ<br><input type="checkbox"/> อาหารเหลวที่พลังงานไม่เพียงพอ <input type="checkbox"/> รับประทานแทบไม่ได้                                                                                                                                                                                                         |                   |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <b>อาการทางระบบทางเดินอาหาร</b><br><table border="0"> <tr> <td>อาการ</td> <td>ความถี่</td> <td>ระยะเวลา</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ไม่มี</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> เบื่ออาหาร</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> คลื่นไส้</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> อาเจียน</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> ถ่ายเหลว</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">ไม่เคย, ทุกวัน, 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์, 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์      &gt; 2 สัปดาห์, &lt; 2 สัปดาห์</p> | อาการ             | ความถี่  | ระยะเวลา | <input type="checkbox"/> ไม่มี | _____ | _____ | <input type="checkbox"/> เบื่ออาหาร | _____ | _____ | <input type="checkbox"/> คลื่นไส้ | _____ | _____ | <input type="checkbox"/> อาเจียน | _____ | _____ | <input type="checkbox"/> ถ่ายเหลว | _____ | _____ |  |  |
| อาการ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ความถี่           | ระยะเวลา |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <input type="checkbox"/> ไม่มี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | _____             | _____    |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <input type="checkbox"/> เบื่ออาหาร                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | _____             | _____    |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <input type="checkbox"/> คลื่นไส้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | _____             | _____    |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <input type="checkbox"/> อาเจียน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | _____             | _____    |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <input type="checkbox"/> ถ่ายเหลว                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | _____             | _____    |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <b>ความสามารถในการทำกิจกรรม</b><br><input type="checkbox"/> ไม่ผิดปกติ<br><input type="checkbox"/> มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทำกิจกรรม<br><input type="checkbox"/> เคลื่อนย้ายตนเองลำบาก<br><input type="checkbox"/> ทำกิจกรรมปกติที่เคยทำลำบากขึ้น<br><input type="checkbox"/> ทำได้แต่กิจกรรมเบาๆ<br><input type="checkbox"/> ดัดเตียงและมีกิจกรรมเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย<br><input type="checkbox"/> สามารถทำกิจกรรมได้เพิ่มขึ้น                                                                                                                                                                                                                                                    | ระยะเวลา<br>_____ |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |
| <b>ลักษณะโรคของผู้ป่วย</b><br>การวินิจฉัยหลัก _____ โรคร่วม _____<br><input type="checkbox"/> ต้องการโภชนาการเท่าปกติ<br><input type="checkbox"/> ต้องการโภชนาการมากขึ้น<br><input type="checkbox"/> ต้องการโภชนาการลดลง<br>ระดับการเพิ่มขึ้นของเมแทบอลิซึม <input type="checkbox"/> ไม่เพิ่ม <input type="checkbox"/> เพิ่มขึ้นน้อย <input type="checkbox"/> เพิ่มปานกลาง <input type="checkbox"/> เพิ่มขึ้นมาก                                                                                                                                                                                                                                                                              |                   |          |          |                                |       |       |                                     |       |       |                                   |       |       |                                  |       |       |                                   |       |       |  |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>การตรวจร่างกาย</b><br><input type="checkbox"/> มีการสูญเสียไขมัน (ใต้ตา กล้ามเนื้อ triceps biceps และหน้าอก)<br><input type="checkbox"/> มีการสูญเสียกล้ามเนื้อ (ขมับ ไหล่ลา ร้า ซี่โครง ต้นขา ด้านหน้า น่อง เข่า ระหว่างนิ้ว)<br><input type="checkbox"/> มีภาวะบวม  | <input type="checkbox"/> บางบริเวณ<br><input type="checkbox"/> ทุกบริเวณ<br><input type="checkbox"/> บางบริเวณ<br><input type="checkbox"/> ทุกบริเวณ |
| <b>คะแนน SGA</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                      |
| ไม่มีภาวะทุพโภชนาการหรือมีความเสี่ยงต่ำมาก = คะแนนส่วนใหญ่เป็น 6 หรือ 7 หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหลังจากการประเมินครั้งที่แล้ว<br>มีภาวะทุพโภชนาการเล็กน้อยถึงปานกลาง = คะแนนส่วนใหญ่เป็น 3, 4 หรือ 5<br>มีภาวะทุพโภชนาการรุนแรง = คะแนนส่วนใหญ่เป็น 1 หรือ 2 |                                                                                                                                                      |

- การเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อ ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อลดลงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 ใน 3 เดือน หรือลดลงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ใน 6 เดือน ขนาดกล้ามเนื้อต้นแขน (mid-arm muscle circumference) ลดลงมากกว่าร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซนไทล์ที่ 50 ของประชากรอ้างอิง
- การรับประทานอาหาร ได้แก่ ได้รับพลังงานน้อยกว่า 25 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวันเป็นเวลาานมากกว่า 2 เดือน หรือรับประทานโปรตีนน้อยกว่า 0.6 และ 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวันในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะที่ 2 ถึง 5 และระยะที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตตามลำดับเป็นเวลาานมากกว่า 2 เดือน

ปี พ.ศ. 2562 Global Leadership Initiative on Malnutrition (GLIM) ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยงานด้านโภชนาการหลายหน่วยงานได้จัดทำเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะทุพโภชนาการขึ้นเพื่อให้ใช้เป็นแนวทางในการวินิจฉัยมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก โดยการวินิจฉัยภาวะทุพโภชนาการจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นแรกคือการคัดกรองด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นเช่น NRS หรือ MUST และขั้นที่ 2 สองคือการประเมินเพื่อการวินิจฉัย โดยการวินิจฉัยต้องอาศัยลักษณะของภาวะทุพโภชนาการ (phenotypic criteria) อย่างน้อย 1 ข้อและสาเหตุของภาวะทุพโภชนาการ (etiologic criteria) อย่างน้อย 1 ข้อ ดังตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามจนถึงปัจจุบันก็ยังไม่มีการศึกษาที่ทำการตรวจสอบความถูกต้องของ GLIM criteria ในการนำไปใช้กับผู้ป่วยโรคไตที่นอนในโรงพยาบาล นอกจากนี้การใช้น้ำหนักตัวอาจมีปัจจัยรบกวนคือภาวะน้ำเกินในผู้ป่วยไตวาย<sup>(1, 27)</sup>

สำหรับภาวะ cachexia มักเกิดร่วมกับผู้ป่วยที่มีโรคเรื้อรังซึ่งรวมไปถึงผู้ป่วยไตวายเรื้อรังทั้งที่รับการรักษาบำบัดทดแทนไตและยังไม่ได้การบำบัดทดแทนไต มีลักษณะเด่นคือมีการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ น้ำหนักลด ซึ่งเป็นขั้นที่รุนแรงกว่าภาวะ protein-energy wasting แต่ยังไม่ได้มีการใช้คำนี้ในผู้ป่วยวิกฤตมากนัก<sup>(25, 28)</sup> ส่วนภาวะ sarcopenia เป็นคำที่ใช้เรียกภาวะที่มีการสูญเสียมวลและการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งอาจเกิดจาก

อายุที่มากขึ้นหรือจากความเจ็บป่วยอื่น ๆ ก็ได้ แต่การประเมินกำลังของกล้ามเนื้อก็ทำได้ยากในผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วยวิกฤต

หลังจากที่ประเมินแล้วว่าผู้ป่วยมีภาวะทุพโภชนาการ ขั้นตอนต่อไปคือการให้โภชนาบำบัด (nutritional support) โดยต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่เริ่ม ชนิดและวิธีการให้โภชนาบำบัด รวมไปถึงปริมาณพลังงาน และสารอาหารทั้งสารอาหารหลัก (macronutrients) และสารอาหารรอง (micronutrients) คือวิตามินและแร่ธาตุ ในกลุ่มผู้ป่วยวิกฤตความต้องการพลังงานในแต่ละวันจะขึ้นอยู่กับโรคประจำตัวเดิมหรือภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลนอกเหนือจากโรคไตเป็นหลัก ดังนั้นในผู้ป่วยวิกฤตที่เป็นโรคไตวายทั้งไตวายเฉียบพลันและไตวายเรื้อรังจะแนะนำให้ให้โภชนาบำบัดเหมือนผู้ป่วยวิกฤตที่ไม่มีโรคไตคือเริ่มให้สารอาหารภายใน 48 ชั่วโมง<sup>(29, 30)</sup> มีหลักฐานว่าในผู้ป่วยที่มีโรคร่วมมากกว่าหรือเท่ากับ 2 โรคการเริ่มโภชนาบำบัดเร็วจะช่วยป้องกันไม่ให้ภาวะทางโภชนาการของผู้ป่วยแย่ลง<sup>(31)</sup> และลดภาวะการติดเชื้อได้<sup>(32)</sup> สำหรับผู้ป่วยที่ไม่ใช่ผู้ป่วยวิกฤตและอาการคงที่และมีโรคไตวายร่วม แนะนำให้ให้โภชนาบำบัดในผู้ป่วยที่มีภาวะทุพโภชนาการหรือมีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะทุพโภชนาการ<sup>(25, 31, 33)</sup>

ตารางที่ 3. เกณฑ์การวินิจฉัยภาวะทุพโภชนาการของ GLIM<sup>(27)</sup>

| ลักษณะของภาวะทุพโภชนาการ (phenotypic criteria) |                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| น้ำหนักลดโดยไม่ได้ตั้งใจ                       | - มากกว่าร้อยละ 5 ในเวลา 6 เดือน หรือ<br>มากกว่าร้อยละ 10 ในเวลามากกว่า 6 เดือน                                                                                                                           |
| ดัชนีมวลกายต่ำ                                 | สำหรับประชากรเอเชีย<br>- น้อยกว่า 18.5 กิโลกรัมต่อตารางเมตรถ้าอายุน้อยกว่า 70 ปี หรือ<br>- น้อยกว่า 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตรถ้าอายุมากกว่า 70 ปี                                                           |
| มวลกล้ามเนื้อลดลง                              | วัดโดยเครื่องมือที่เชื่อถือได้                                                                                                                                                                            |
| สาเหตุของภาวะทุพโภชนาการ (etiologic criteria)  |                                                                                                                                                                                                           |
| รับประทานอาหารได้ลดลง                          | - น้อยกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณพลังงานที่ต้องการต่อวัน เป็นระยะเวลามากกว่า 1 สัปดาห์ หรือ<br>- ลดลงเท่าใดก็ได้เป็นระยะเวลามากกว่า 2 สัปดาห์ หรือ<br>- มีโรคทางเดินอาหารเรื้อรังที่ส่งผลต่อการดูดซึมของอาหาร |
| มีภาวะการอักเสบ                                | - มีโรคเฉียบพลัน เช่นติดเชื้อ อุบัติเหตุ หรือ<br>- มีโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็ง โรคไต โรคหลอดเลือดอุดตันเรื้อรัง โรคหัวใจล้มเหลว                                                                             |

พบว่าชนิดและวิธีการให้โภชนาบำบัดในทางคลินิก มีดังนี้

1. อาหารเสริมทางปาก (oral nutritional supplement หรือ ONS) ซึ่งสามารถให้พลังงานเพิ่มได้มากถึง 10-12 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน และโปรตีน 0.3-0.5 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวันถ้าได้รับประทานวันละ 2 ครั้งหลังมื้ออาหารอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ซึ่งจะช่วยให้ได้พลังงานและโปรตีนตามเป้าหมายที่ต้องการ<sup>(5)</sup> มีการศึกษาแบบสุ่มที่พบว่าการให้อาหารเสริมทางปากสามารถช่วยให้ภาวะทางโภชนาการของผู้ป่วยดีขึ้น<sup>(34)</sup> และลดอัตราการเสียชีวิตได้<sup>(35, 36)</sup>

2. อาหารทางสายยางให้อาหาร (enteral nutrition) พิจารณาเริ่มให้ภายใน 48 ชั่วโมงเมื่อผู้ป่วยรับประทานอาหารทางปากทั้งจากอาหารปกติและอาหารเสริม (ONS) ได้พลังงานไม่ถึงร้อยละ 70 ของพลังงานที่ต้องการต่อวัน<sup>(29, 33)</sup> เนื่องจากเป้าหมายนี้จำเป็นต้องการป้องกันไม่ให้น้ำหนักตัวของผู้ป่วยลดลงและป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามเมื่อผู้ป่วยได้รับการรักษาในโรงพยาบาลมีหลายปัจจัยที่ทำให้รับประทานอาหารได้ลดลง เช่น เบื่ออาหาร กลืนลำบาก ซึ่งการให้อาหารเสริมทางสายยางจะช่วยให้ผู้ป่วยได้รับพลังงานที่มากขึ้นตามที่ต้องการได้<sup>(37)</sup>

3. สารอาหารที่ให้ทางหลอดเลือดดำ (parenteral nutrition) ซึ่งสามารถให้ตลอดเวลา (partial parenteral nutrition หรือ PPN) หรือให้ขณะฟอกเลือด (intradialytic parenteral nutrition หรือ IDPN) ซึ่งเป็นการให้สารอาหารเข้าไปยังระบบของเครื่องฟอกเลือดเมื่อผู้ป่วยมาทำการฟอกเลือด จึงให้ได้ 2 ถึง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ตามความถี่ของการฟอกเลือด ครั้งละ 4 ชั่วโมง<sup>(38)</sup> ซึ่งสะดวกต่อการให้ในผู้ป่วยที่ไม่สามารถรับประทานอาหารได้เองหรือไม่สามารถรับอาหารทางสายยางให้อาหารได้ มีข้อมูลจากหลายการศึกษาที่พบว่าการให้อาหารเสริมทางหลอดเลือดดำขณะฟอกเลือดในผู้ป่วยที่ต้องทำการฟอกเลือดและมีภาวะทุพโภชนาการสามารถทำให้ภาวะทางโภชนาการดีขึ้นได้ในแง่ผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าลดอัตราการเสียชีวิต<sup>(39, 40)</sup> เนื่องจากประสิทธิภาพของการให้อาหารเสริมทางหลอดเลือดดำขณะฟอกเลือดไม่ได้เหนือไปกว่าอาหารเสริมทางปากและยังมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาในการให้คือให้ได้เฉพาะเมื่อผู้ป่วยมาฟอกเลือดเท่านั้น ปัจจุบันจึงยังแนะนำให้ให้อาหารเสริมทางหลอดเลือดดำขณะฟอกเลือดเสริมหลังจากที่ให้อาหารเสริมทางปากไปแล้วไม่ได้ผลหรือผู้ป่วยไม่สามารถรับประทานอาหารได้และให้อาหารทางสายยางแล้วไม่ได้ผลหรือผู้ป่วยปฏิเสธการใส่สายยางให้อาหารเท่านั้น<sup>(40, 41)</sup>

ทั้งการให้อาหารเสริมทางสายยางให้อาหารและการให้อาหารเสริมทางหลอดเลือดดำจะช่วยให้ผู้ป่วยได้รับพลังงานที่มากขึ้น<sup>(37)</sup> แต่จนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่ศึกษาถึงผลของการให้อาหารเสริมทางสายยางให้อาหารและอาหารเสริมทางหลอดเลือดดำเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยไตวายที่ไม่ใช่ผู้ป่วยวิกฤต และยังไม่ได้มีการศึกษาแบบสุ่มเพื่อเปรียบเทียบผลของการให้สารอาหารระหว่าง 2 วิธีนี้ อย่างไรก็ตามปัจจุบันแนะนำให้ให้อาหารทางปากก่อนโดยระมัดระวังการสำลัก ถ้ารับประทานเองไม่ได้จึงเริ่มอาหารทางสายยางให้อาหารโดยเริ่มด้วยอัตราต่ำก่อนจากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในแต่ละวันเนื่องจากจะช่วยการทำงานของระบบทางเดินอาหารได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยวิกฤต<sup>(29)</sup> แต่ถ้าให้อาหารทางสายยางให้อาหารขนาดเต็มที่ที่ผู้ป่วยสามารถรับได้แล้วแต่ผู้ป่วยยังได้รับพลังงานไม่เพียงพอก็สามารถให้อาหารทางหลอดเลือดดำเสริมร่วมด้วยจนได้พลังงานตามที่

ต้องการ สำหรับผู้ป่วยที่ไม่สามารถรับประทานอาหารเองและไม่สามารถรับอาหารทางสายยางให้อาหารได้ ควรเริ่มให้สารอาหารทางหลอดเลือดดำหลังจากนอนในโรงพยาบาลไปแล้ว 3-7 วัน<sup>(1)</sup> มีการศึกษาเชิงสังเกต ในผู้ป่วย 827 รายในกลุ่มผู้ป่วยทั่วไปที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะทุพโภชนาการ พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารทางสายยางให้อาหารมีอัตราการติดเชื้อและภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ ต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมทางหลอดเลือดดำ<sup>(42)</sup> แนวเวชปฏิบัติของ European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) และ European Society of Intensive Care Medicine (ESICM) ไม่แนะนำให้ให้อาหารทางสายยาง ในผู้ป่วยวิกฤตที่มีภาวะช็อคที่ยังควบคุมไม่ได้ ออกซิเจนต่ำและเลือดเป็นกรดที่ยังควบคุมไม่ได้ มีเลือดออกในทางเดินอาหารส่วนบนที่ควบคุมไม่ได้ มีอาหารค้างในกระเพาะมากกว่า 500 มิลลิลิตรใน 6 ชั่วโมง มีภาวะลำไส้ขาดเลือด ลำไส้อุดตัน และผู้ป่วยที่มีความดันในช่องท้องสูง<sup>(29, 30)</sup> สำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายไม่มีหลักฐานว่าภาวะไตวายจะเพิ่มภาวะแทรกซ้อนทางด้านระบบทางเดินอาหารระหว่างการให้อาหารทางสายยางให้อาหาร<sup>(43)</sup>

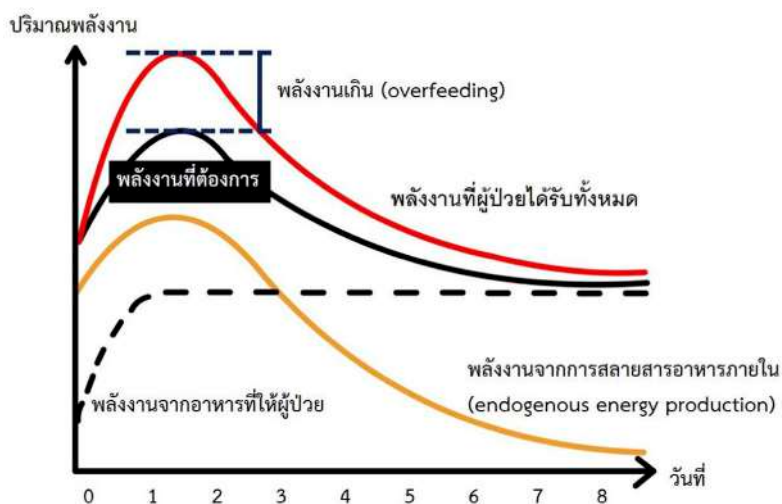
2. ปริมาณพลังงานที่ควรได้รับ

ปริมาณพลังงานที่ผู้ป่วยควรได้รับต่อวันขึ้นอยู่กับพลังงานที่ผู้ป่วยใช้ไปในแต่ละวัน ผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลที่มีโรคไตวายและได้รับโภชนบำบัดอาจใช้การวัดการใช้พลังงานของร่างกายทางอ้อม (indirect calorimetry) ซึ่งถือเป็นวิธีมาตรฐานในการประเมินพลังงานที่ใช้ในแต่ละวันโดยอาศัยการวัดระดับออกซิเจนที่ใช้และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตในแต่ละวันทางลมหายใจ<sup>(44)</sup> เพื่อช่วยในการกำหนดพลังงานของโภชนบำบัด เพื่อเลี่ยงการให้พลังงานที่มากเกินไปหรือน้อยเกินกว่าความต้องการของผู้ป่วย แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการวัด indirect calorimetry ยังไม่ได้เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งถ้าไม่สามารถวัด indirect calorimetry ได้ อาจใช้การคำนวณพลังงานที่ผู้ป่วยต้องการคร่าว ๆ กล่าวคือสำหรับในผู้ป่วยที่ไม่ใช่ผู้ป่วยวิกฤตที่เป็นไตวายเรื้อรังและยังไม่ได้ทำการบำบัดทดแทนไตแนะนำให้ได้รับพลังงานวันละ 30-35 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับผู้ป่วยไตวายเฉียบพลันแนะนำให้ได้รับพลังงานวันละ 20-30 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(33, 45)</sup> ไม่แนะนำให้ใช้สมการ Harris-Benedict เพื่อคำนวณพลังงานที่ผู้ป่วยใช้ต่อวันเนื่องจากการศึกษาเชิงสังเกต 2 การศึกษาที่ทำในผู้ป่วยวิกฤตที่มีภาวะไตวายเฉียบพลันพบว่าการคำนวณพลังงานโดยใช้สมการ Harris-Benedict มีความแม่นยำต่ำเมื่อเทียบกับการใช้ indirect calorimetry การนำสมการนี้มาใช้คำนวณพลังงานในผู้ป่วยวิกฤตที่มีภาวะไตวายเฉียบพลันอาจทำให้เกิดการให้สารอาหารมากหรือน้อยเกินกว่าความต้องการของผู้ป่วยได้<sup>(46, 47)</sup> นอกจากนี้การวัดพลังงานที่ใช้ต่อวันในผู้ป่วยที่ใส่เครื่องช่วยหายใจสามารถใช้การวัดค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้ต่อวันหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อนาทีมาคูณกับ 8.19 จะได้เป็นค่าพลังงานที่ใช้หน่วยเป็นกิโลแคลอรีต่อวัน<sup>(48)</sup> ผู้ป่วยไตวายที่ต้องทำการบำบัดทดแทนไตมีหลักฐานว่าไม่ได้ต้องการพลังงานต่อวันเพิ่มขึ้นมากกว่าผู้ป่วยไตวายที่ไม่ต้องรับการบำบัดทดแทนไต โดยมีการศึกษาเชิงสังเกตในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังพบว่าพลังงานที่ร่างกายใช้ขณะพัก (resting energy expenditure หรือ REE) ก่อนที่จะเริ่มทำการฟอกเลือดหรือล้างไตทางช่องท้องมีค่าเท่ากับที่ 1 เดือนหลังจากเริ่มทำการฟอกเลือดหรือล้างไตทางช่องท้อง<sup>(49)</sup> เช่นเดียวกับพลังงานที่ร่างกายใช้ขณะพักของผู้ป่วยไตวายเฉียบพลันที่ต้องทำการฟอกเลือดก็มีค่าคล้ายกับผู้ป่วยไตวายเฉียบพลันที่ไม่ต้องฟอกเลือด<sup>(50)</sup>

ปริมาณพลังงานที่ให้ผู้โรคไตวายที่นอนในโรงพยาบาลในช่วงระยะแรกของการเจ็บป่วยแนะนำให้พลังงานไม่เกินร้อยละ 70 ของพลังงานที่ใช้ต่อวัน หลังจากวันที่ 3 เป็นต้นไปควรเพิ่มปริมาณพลังงานที่ให้เป็นร้อยละ 80-100 ของพลังงานที่ใช้ต่อวัน ไม่ควรเริ่มให้สารอาหารเต็มที่เคยก่อนหน้าวันที่ 3 เพื่อป้องกันการให้สารอาหารที่มากเกินไปที่ผู้ป่วยต้องการ (overfeeding คือได้รับพลังงานมากกว่าร้อยละ 110 ของพลังงานที่ผู้ป่วยต้องการ)<sup>(1)</sup> เนื่องจากในช่วงแรกของการเจ็บป่วยวิกฤตินี้ผู้ป่วยจะได้รับพลังงานเพิ่มจากการย่อยสลายสารอาหารภายในร่างกาย (endogenous energy production) ประมาณ 500-1,400 กิโลแคลอรีต่อวัน<sup>(48)</sup> ดังรูปที่ 2 แต่ปัจจุบันยังไม่มีวิธีที่จะสามารถใช้วัดพลังงานจากการย่อยสลายสารอาหารภายในร่างกายนี้ซึ่งจะทำให้ช่วยเลี้ยงไม่ให้เกิดภาวะ overfeeding โดยภาวะ overfeeding นี้จะส่งผลเสียตามมาคือเพิ่มระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาล ระยะเวลาในการใส่เครื่องช่วยหายใจ และอัตราการติดเชื้อ<sup>(51)</sup> นอกจากนี้ผู้ป่วยที่ทำการฟอกเลือดยังได้พลังงานเพิ่มเติมจากสารที่อยู่ในน้ำยาฟอกเลือดคือซิเตรต แลคเตทและกลูโคสจึงควรคำนึงถึงพลังงานจากส่วนเหล่านี้ด้วยเพื่อเลี้ยงไม่ให้เกิดภาวะ overfeeding ในทางตรงกันข้ามการถ้าผู้ป่วยได้รับสารอาหารที่พลังงานต่ำกว่าร้อยละ 50 ของพลังงานที่ผู้ป่วยใช้ไปต่อวันจะทำให้ผู้ป่วยสูญเสียมวลกล้ามเนื้อและเพิ่มอัตราการติดเชื้อเช่นเดียวกัน<sup>(52)</sup>

### 3. ประเภทของสารอาหารหลัก (macronutrients) ชนิดต่าง ๆ ที่ควรได้รับ

ชนิดของอาหารที่ให้ทางสายยางให้อาหารหรือทางหลอดเลือดดำสามารถให้เป็นชนิดสำหรับผู้ป่วยทั่วไปไม่จำเป็นต้องให้เป็นอาหารเฉพาะโรคไต (renal-specific ONS) ตั้งแต่แรก แต่แนะนำให้ปรับสูตรอาหารตามลักษณะทางคลินิกและผลตรวจทางห้องปฏิบัติการของผู้ป่วยแต่ละราย อาหารเสริมสูตรสำหรับผู้ป่วยโรคไตจะมีความเข้มข้นสูงกว่าอาหารเสริมสำหรับผู้ป่วยทั่วไปเพื่อลดปริมาณน้ำที่ผู้ป่วยจะได้รับ และยังมีปริมาณโซเดียม โพแทสเซียมและฟอสฟอรัสต่ำกว่าอาหารเสริมสำหรับผู้ป่วยทั่วไป ดังนั้นอาหารเสริมสูตรสำหรับผู้ป่วยโรคไตจึงได้ประโยชน์ในรายที่ต้องการโปรตีนสูง แต่มีค่าเกลือแร่ในเลือดผิดปกติเช่นโพแทสเซียมสูง หรือมีภาวะน้ำในร่างกายเกิน<sup>(1)</sup>



รูปที่ 2. แสดงการเกิดภาวะ overfeeding จาก endogenous energy production

สารอาหารหลักที่มีความสำคัญมากคือโปรตีน ปริมาณโปรตีนต่อวันที่ผู้ป่วยต้องการขึ้นอยู่กับความรุนแรงของของโรคที่เป็นและการอักเสบ ผู้ป่วยวิกฤตที่มีการอักเสบทั่วร่างกายและไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้จะมีกระบวนการสลายสารในร่างกายปริมาณมากกว่าปกติโดยเฉพาะโปรตีนในกล้ามเนื้อและยังมีความบกพร่องในการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้นำไปสู่ภาวะสมดุลไนโตรเจนเป็นลบ<sup>(3)</sup> ดังนั้นผู้ป่วยกลุ่มนี้จึงต้องการโปรตีนปริมาณมากกว่าคนปกติ สำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะไตวาย ถ้าเป็นผู้ป่วยมีภาวะไตวายเฉียบพลันแต่อาการคงที่เช่นเกิดภาวะไตวายเฉียบพลันจากการอุดตันทางเดินปัสสาวะ หรือจากสารที่เป็นพิษต่อไตโดยไม่มีการเจ็บป่วยอื่น ๆ จะมีกระบวนการสลายสารในร่างกายเหมือนคนปกติจึงไม่ต้องการโปรตีนมากกว่าคนทั่วไป ส่วนผู้ป่วยที่นอนในโรงพยาบาลที่มีภาวะไตวายเฉียบพลันหรือไตวายเฉียบพลันในผู้ป่วยที่มีไตวายเรื้อรังอยู่เดิมหรือผู้ป่วยที่เป็นไตวายเรื้อรังแต่ยังไม่ได้รับการบำบัดทดแทนไตความต้องการโปรตีนจะขึ้นอยู่กับโรคประจำตัวเดิม โรคร่วมและโรคแทรกซ้อนใหม่ที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาล แต่ถ้าผู้ป่วยต้องได้รับการบำบัดทดแทนไตร่วมด้วยจะมีการสูญเสียกรดอะมิโนไปในขั้นตอนการฟอกเลือด ผู้ป่วยจึงต้องการปริมาณโปรตีนที่สูงขึ้นเพื่อไปชดเชยโปรตีนที่เสียไปนี้<sup>(3, 53)</sup> พบว่าการฟอกเลือดจะทำให้เกิดสมดุลโปรตีนเป็นลบจากการสูญเสียกรดอะมิโนและเปปไทด์ออกไปทางการฟอกเลือด 15-20 กรัมต่อวันและ 5-10 กรัมต่อวันตามลำดับ ซึ่งปริมาณของกรดอะมิโนที่สูญเสียไปนี้ขึ้นอยู่กับวิธีในการฟอกเลือดกล่าวคือฟอกเลือดแบบต่อเนื่อง (continuous kidney replacement therapy หรือ CKRT) หรือฟอกเลือดแบบเป็นช่วง (intermittent hemodialysis หรือ IHD) และใช้วิธีการแพร่ (diffusion) หรือการพา (convection) ความเร็วของการไหลของเลือด ความเร็วของน้ำยาล้างไตขณะฟอกเลือด ปริมาณน้ำที่ดึงออกจากร่างกายและชนิดของตัวกรองที่ใช้ในการฟอกเลือด<sup>(54, 55)</sup> การฟอกเลือดแบบต่อเนื่องจะสูญเสียไนโตรเจนประมาณ 25 กรัมต่อวันหรือเทียบเท่ากับการสูญเสียโปรตีนประมาณ 150-160 กรัมต่อวัน<sup>(56, 57)</sup> ซึ่งมากกว่าการฟอกเลือดแบบอื่น เนื่องจากกรดอะมิโนมีมวลโมเลกุลต่ำ จึงมีค่าสัมประสิทธิ์การกรอง (sieving coefficient) ใกล้เคียง 1.0 ทำให้มีกรดอะมิโนจำนวนมากเช่น cysteine, arginine, alanine และ glutamine ถูกกรองจากเลือดผ่านไปยังน้ำยาฟอกไต<sup>(56, 58)</sup> ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่แนะนำจึงขึ้นอยู่กับรูปแบบของการฟอกเลือด

คำแนะนำปริมาณโปรตีนที่ให้ในผู้ป่วยที่มานอนในโรงพยาบาลแต่ละรายโดยคิดจากน้ำหนักตัวก่อนเข้าโรงพยาบาลมีดังนี้ (รูปที่ 3)<sup>(1, 33, 59, 60)</sup>

- ผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต เช่นนัดมาทำผ่าตัดขนาดเล็ก (elective minor surgery) และเป็นโรคไตวายเรื้อรังอยู่เดิมซึ่งยังไม่ได้รับการบำบัดทดแทนไต ให้ปริมาณโปรตีน 0.6-0.8 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(1)</sup>
- ผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต และเป็นโรคไตวายเรื้อรังที่ทำการฟอกเลือดแบบเป็นช่วงอยู่เดิม ให้ปริมาณโปรตีนมากกว่าหรือเท่ากับ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(1)</sup>
- ผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต และเป็นโรคไตวายเรื้อรังที่ทำการล้างไตทางช่องท้องอยู่เดิม ให้ปริมาณโปรตีน 1.2-1.5 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(33)</sup>
- ผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต แต่มีภาวะไตวายเฉียบพลันที่มีหรือไม่มีไตวายเรื้อรังอยู่เดิม เช่นมีภาวะติดเชื้อแต่ไม่รุนแรง มีภาวะไตวายจากสารทึบรังสี (contrast) หรือยา เป็นต้น ซึ่งยัง

ไม่ต้องรับการบำบัดทดแทนไต ให้ปริมาณโปรตีน 0.8-1.0 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(1)</sup>

- ผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต แต่มีภาวะไตวายเฉียบพลันที่มีหรือไม่มีไตวายเรื้อรังอยู่เดิม และต้องได้รับการฟอกเลือดแบบเป็นช่วง ให้ปริมาณโปรตีน 1.0-1.5 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(33)</sup>

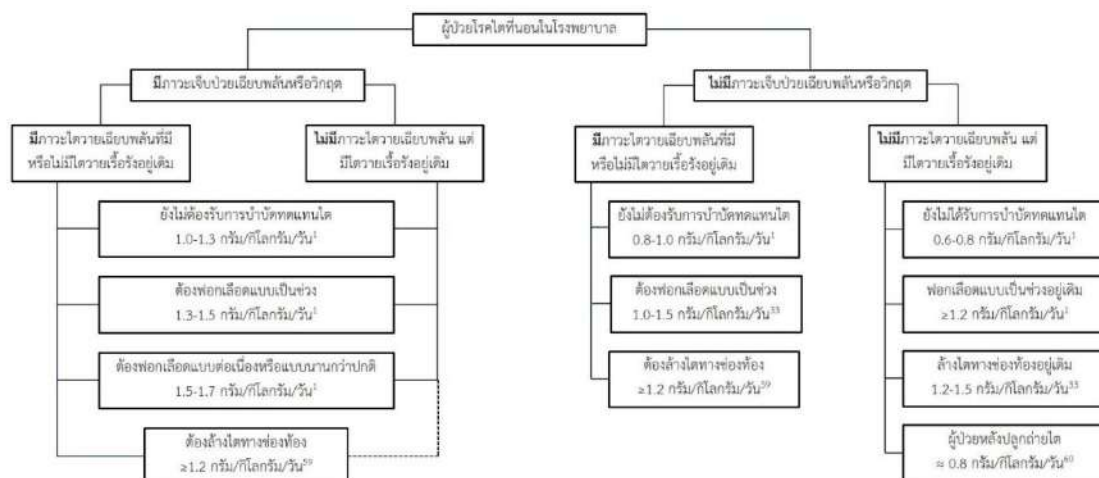
- ผู้ป่วยที่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต และมีภาวะไตวายเฉียบพลันที่มีหรือไม่มีไตวายเรื้อรังอยู่เดิม หรือผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง ที่ยังไม่ต้องรับการบำบัดทดแทนไต ให้ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นที่ 1.0 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวันแล้วค่อย ๆ เพิ่มขึ้น 1.3 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวันถ้าผู้ป่วยสามารถรับได้<sup>(1)</sup>

- ผู้ป่วยที่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต และมีภาวะไตวายเฉียบพลันที่มีหรือไม่มีไตวายเรื้อรังอยู่เดิม หรือผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง ที่ต้องฟอกเลือดแบบต่อเนื่องหรือแบบนานกว่าปกติ (prolonged intermittent kidney replacement therapy หรือ PIKRT) ให้ปริมาณโปรตีน 1.3-1.5 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(1)</sup>

- ผู้ป่วยที่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต และมีภาวะไตวายเฉียบพลันที่มีหรือไม่มีไตวายเรื้อรังอยู่เดิม หรือผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง ที่ต้องฟอกเลือดแบบต่อเนื่องหรือแบบนานกว่าปกติ (prolonged intermittent kidney replacement therapy หรือ PIKRT) ให้ปริมาณโปรตีน 1.5-1.7 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(1)</sup>

- ผู้ป่วยโรคไตวายเฉียบพลันและต้องล้างไตทางช่องท้อง ให้ปริมาณโปรตีนมากกว่าหรือเท่ากับ 1.2 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(59)</sup>

- ผู้ป่วยหลังปลูกถ่ายไตที่ไม่มีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลันหรือภาวะวิกฤต ให้ปริมาณโปรตีนประมาณ 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวต่อวัน<sup>(60)</sup>



รูปที่ 3. คำแนะนำปริมาณโปรตีนที่ให้ในผู้ป่วยแต่ละรายโดยคิดจากน้ำหนักตัวก่อนเข้าโรงพยาบาล (เส้นประแสดงถึงกลุ่มผู้ป่วยที่ยังไม่มีคำแนะนำชัดเจน)

การรับประทานอาหารโปรตีนต่ำในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะที่ 3-5 ซึ่งอาการคงที่สามารถช่วยชะลอการนำไปสู่ไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายได้<sup>(41)</sup> แต่ในผู้ป่วยวิกฤตที่มีภาวะไตวายไม่แนะนำให้ลดปริมาณโปรตีนเพื่อชะลอการบำบัดทดแทนไต โดยในผู้ป่วยวิกฤตจะมีการเพิ่มขึ้นของการสลายโปรตีนและการที่มีภาวะไตวายยังทำให้ไตสามารถกำจัดของเสียได้ลดลง การให้โปรตีนเสริมที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดการสะสมของสารที่ได้จากการสลายโปรตีนและกรดอะมิโนทำให้ค่าของเสียที่เกิดจากการเผาผลาญโปรตีนในร่างกาย (blood urea nitrogen หรือ BUN) สูงมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนที่รับประทานส่งผลต่อกระบวนการข้างต้นน้อยมาก ดังนั้นในทางกลับกันการลดการรับประทานโปรตีนจึงไม่ได้ช่วยลดการสลายโปรตีน แต่กลับทำให้เกิดภาวะสมดุลไนโตรเจนเป็นลบมากขึ้น<sup>(61)</sup> จึงแนะนำให้ให้ปริมาณโปรตีนขึ้นอยู่กับอัตราการสลายของสารในร่างกายและไม่ลดปริมาณโปรตีนเพื่อชะลอการบำบัดทดแทนไต

ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่รับประทานอาหารโปรตีนต่ำอยู่เดิมเมื่อมารับการรักษาในโรงพยาบาลเนื่องจากมีภาวะเจ็บป่วยเฉียบพลัน วิกฤตหรือมารับการผ่าตัดใหญ่ไม่ต้องจำกัดโปรตีนต่อระหว่างที่นอนในโรงพยาบาล เนื่องจากผู้ป่วยมักมีภาวะการอักเสบและทำให้เกิดการสลายโปรตีนในร่างกาย ดังนั้นการจำกัดโปรตีนต่อในระหว่างเจ็บป่วยจึงไม่เหมาะสมแต่แนะนำให้ปรับปริมาณโปรตีนตามโรคที่เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ป่วยมานอนโรงพยาบาลแทน แต่กรณีที่มีผู้ป่วยมารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคที่ไม่ได้มีการอักเสบรุนแรงมาก สามารถให้ผู้ป่วยรับประทานอาหารโปรตีนต่ำตามปกติได้ อย่างไรก็ตามผู้ป่วยทุกรายต้องให้สารอาหารที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนและได้ปริมาณพลังงานตามผู้ป่วยต้องการ<sup>(62)</sup> ป้องกันและแก้ไขภาวะเลือดเป็นกรด<sup>(63)</sup> เนื่องจากถ้าไม่สามารถแก้ไขภาวะเหล่านี้ได้จะทำให้มีความเสี่ยงสูงในการเกิดภาวะสมดุลไนโตรเจนเป็นลบและทำให้สูญเสียมวลกล้ามเนื้อในผู้ป่วยที่อาการคงที่ก็ตาม

นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีที่สามารถกำหนดปริมาณโปรตีนที่ให้ผู้ป่วยที่ได้รับการบำบัดทดแทนไตอยู่รับประทานได้คือวัดอัตราการสลายโปรตีนของร่างกายต่อวันซึ่งสามารถคำนวณได้จากยูเรียไนโตรเจนที่เก็บจากปัสสาวะรวมกับจากน้ำยาฟอกเลือด 24 ชั่วโมง

การฟอกเลือดแบบต่อเนื่องจะมีการสูญเสียกรดอะมิโนกลูตามีน (glutamine) 1.2 กรัมต่อวัน<sup>(64)</sup> ซึ่งก่อนหน้านี้เคยมีการศึกษาแบบอภิมานในผู้ป่วยวิกฤตพบว่าการให้กรดอะมิโนกลูตามีนเสริมทางหลอดเลือดดำสามารถลดอัตราการเสียชีวิตในโรงพยาบาลได้แต่จำนวนผู้ป่วยในแต่ละการศึกษานั้นค่อนข้างน้อย และเมื่อแยกดูแต่ละการศึกษาพบว่าไม่มีการศึกษาใดเลยที่ให้ผลการศึกษาว่าการให้กรดอะมิโนกลูตามีนเสริมจะช่วยลดอัตราการเสียชีวิต<sup>(65)</sup> อย่างไรก็ตามการศึกษาล่าสุดคือ REDOX study ซึ่งทำการศึกษาในผู้ป่วยวิกฤตมากถึง 1,223 ราย ซึ่งมีผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายประมาณร้อยละ 30 พบว่าการให้ alanyl-glutamine ขนาดสูงทางหลอดเลือดดำหรือทางสายยางให้อาหารกลับเพิ่มอัตราการเสียชีวิตที่ 28 วัน<sup>(66, 67)</sup> อีกการศึกษาคือ MetaPlus study ก็ได้ผลเช่นเดียวกันคือการให้อาหารที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนกลูตามีนเพิ่มอัตราการเสียชีวิตที่ 6 เดือนในกลุ่มผู้ป่วยวิกฤตทางอายุรกรรม<sup>(68)</sup> ดังนั้นในปัจจุบันจึงไม่แนะนำให้ให้กรดอะมิโนกลูตามีนเสริมในผู้ป่วยโรคไตที่รับไว้ในโรงพยาบาล<sup>(1)</sup>

ในด้านไขมัน มีข้อมูลว่ากรดไขมันโอเมก้า 3 มีผลดีต่อร่างกายในแง่ลดการหลั่งไซโตไคน์ (cytokine) จากเซลล์อักเสบ ยับยั้งเอนไซม์ cyclooxygenase ควบคุมระดับไขมันในเลือด ลดการแข็งตัวของหลอดเลือด

กระตุ้นการสร้างกล้ามเนื้อได้<sup>(69, 70)</sup> แต่ปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานชัดเจนว่าการให้อาหารเสริมทางปากหรืออาหารทางหลอดเลือดดำสูตรที่มีกรดไขมันโอเมก้า 3 เป็นส่วนประกอบในผู้ป่วยไตวายที่นอนในโรงพยาบาลจะได้ประโยชน์เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาแบบสุ่มที่ให้ข้อมูลสนับสนุน<sup>(3)</sup> อย่างไรก็ตามแนวเวชปฏิบัติของ ESPEN ปี พ.ศ. 2562 ก็ยังแนะนำให้ให้อาหารเสริมทางหลอดเลือดดำที่มีกรดไขมันโอเมก้า 3 เป็นส่วนประกอบในผู้ป่วยวิกฤตเนื่องจากกรดไขมันโอเมก้า 3 มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบและปรับเปลี่ยนภูมิคุ้มกันได้ซึ่งในคำแนะนำของ ESPEN นี้ก็ไม่ได้ตัดผู้ป่วยกลุ่มที่มีภาวะไตวายเฉียบพลันออก<sup>(29)</sup>

#### 4. ประเภทของสารอาหารรอง (micronutrients) ชนิดต่าง ๆ ที่ควรได้รับ

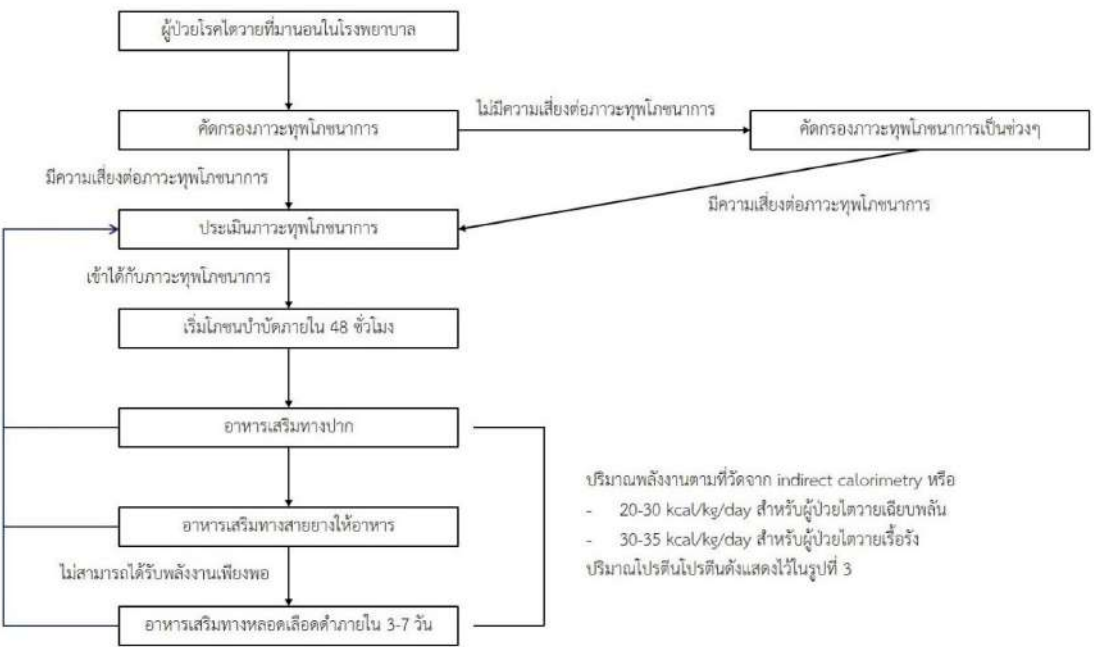
ในแง่ของสารอาหารรอง ระหว่างที่ผู้ป่วยมีการเจ็บป่วยวิกฤต วิตามินและแร่ธาตุอาจจำเป็นต่อการทำงานของภูมิคุ้มกันและการหายของแผล<sup>(71, 72)</sup> การฟอกเลือดแบบต่อเนื่องอาจทำให้มีการสูญเสียวิตามินและแร่ธาตุไปมาก<sup>(73, 74)</sup> มีการศึกษาพบว่าในผู้ป่วยที่ได้รับการฟอกเลือดแบบต่อเนื่องมีระดับของโฟเลต วิตามินซี วิตามินอี วิตามินบี 1 สังกะสีและซีลีเนียมในเลือดลดลง ซึ่งสาเหตุก็เป็นที่น่าสงสัยว่าทั้งร่างกายเพิ่มการใช้วิตามินและแร่ธาตุดังกล่าวเมื่อมีภาวะเจ็บป่วยและการสูญเสียวิตามินและแร่ธาตุนี้ไปทางการฟอกเลือด<sup>(73, 75-77)</sup> มีการศึกษาเชิงสังเกตในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ทำการฟอกเลือด 77 รายพบว่ามีความขาดแร่ธาตุสังกะสี วิตามินบี 1 และวิตามินบี 6 มากที่สุดคือร้อยละ 44.1 24.7 และ 35.1 ตามลำดับ<sup>(78)</sup> ปัจจุบันแนะนำให้เสริมวิตามินและแร่ธาตุทดแทนกับสารดังกล่าวที่สูญเสียออกไปทางการฟอกเลือด แต่ยังไม่มีความชัดเจนที่แนะนำชัดเจน<sup>(1)</sup> มีคำแนะนำว่าอาจให้วิตามินซีเสริม 100 มิลลิกรัมต่อวัน<sup>(79)</sup> และเมื่อต้องทำการฟอกเลือดแบบต่อเนื่องนานกว่า 2 สัปดาห์แนะนำให้ตรวจติดตามระดับแร่ธาตุทองแดงในเลือด เนื่องจากมีรายงานการเกิดระดับแร่ธาตุทองแดงในเลือดต่ำรุนแรงในผู้ป่วยที่ทำการฟอกเลือดแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานประมาณ 50 วันซึ่งส่งผลให้เกิดภาวะหัวใจเต้นช้ามาก และมีการเปลี่ยนแปลงของเมแทบอลิซึมของไขมันทำให้เกิดภาวะไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงรุนแรง<sup>(77, 80)</sup> โดยสรุปการให้วิตามินและแร่ธาตุเสริมขึ้นอยู่กับระดับวิตามินและแร่ธาตุนั้น ๆ ในเลือดและปริมาณที่สูญเสียไปทางการบำบัดทดแทนไต<sup>(1)</sup>

สำหรับระดับน้ำตาลในผู้ป่วยไตวายที่นอนในโรงพยาบาลแนะนำให้ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ได้ค่าระหว่าง 140-180 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ไม่ควรให้ต่ำกว่า 80-110 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรเนื่องจากจะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ<sup>(1)</sup> ผู้ป่วยไตวายเฉียบพลันมีอัตราการเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลินสูง ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเพิ่มอัตราการเสียชีวิต ระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิต<sup>(81)</sup> ในทางตรงกันข้ามเนื่องจากอินซูลินถูกกำจัดออกทางไต เมื่อไตทำงานลดลงจะเกิดการคั่งของอินซูลินจึงเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำได้ มีการศึกษาเชิงสังเกตในผู้ป่วยวิกฤตจากอุบัติเหตุที่มีการให้อินซูลินเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ที่ระดับ 70-149 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร พบว่ามีอัตราการเกิดระดับน้ำตาลในเลือดต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรมากถึงร้อยละ 76 ในผู้ป่วยที่เป็นไตวายเฉียบพลันหรือไตวายเรื้อรังเทียบกับเพียงร้อยละ 35 ในผู้ป่วยที่มีค่าการทำงานของไตปกติ ส่วนอัตราการเกิดภาวะน้ำตาลต่ำรุนแรงคือต่ำกว่า 40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรนั้นพบได้มากถึงร้อยละ 29 ในผู้ป่วยที่เป็นไตวายเฉียบพลันหรือไตวายเรื้อรัง ขณะที่กลุ่มที่มีค่าการทำงานของไตปกติไม่พบภาวะน้ำตาลต่ำรุนแรงเลย<sup>(82)</sup> นอกจากนี้ยังทำ

หน้าที่ในการสร้างน้ำตาลในเลือดคิดเป็นปริมาณร้อยละ 30 ของน้ำตาลในร่างกาย<sup>(83, 84)</sup> จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่เกิดภาวะน้ำตาลต่ำได้บ่อยในผู้ป่วยไตวายเนื่องจากไตผลิตน้ำตาลได้ลดลง

5. unsup

ภาวะทุพโภชนาการในผู้ป่วยไตวายที่นอนในโรงพยาบาลเป็นภาวะที่พบได้บ่อย ซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ทางคลินิกที่ไม่ดี อาจเพิ่มระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาลและอัตราการเสียชีวิตได้ ดังนั้นจึงควรทำการคัดกรองผู้ป่วยทุกรายที่มานอนในโรงพยาบาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ป่วยที่ต้องรับไว้ในหอผู้ป่วยวิกฤต ถ้าพบว่าผู้ป่วยมีความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะทุพโภชนาการจึงทำการประเมินอย่างละเอียดต่อไป และถ้าประเมินแล้วผู้ป่วยมีภาวะทุพโภชนาการควรรับให้โภชนบำบัดต่อโดยเร็ว ซึ่งการให้โภชนบำบัดนี้ต้องคำนึงถึงชนิด วิธีการให้โภชนบำบัด ปริมาณพลังงาน สารอาหารทั้งสารอาหารหลักและสารอาหารรอง ตามสภาพทางคลินิก โรคของผู้ป่วย การบำบัดทดแทนไตและผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังควรทำการประเมินซ้ำเป็นช่วง ๆ หลังได้รับโภชนบำบัดว่าผู้ป่วยมีภาวะทางโภชนาการดีขึ้นหรือไม่อีกด้วย ดังสรุปไว้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4. แสดงแนวทางในการดูแลด้านโภชนาการในผู้ป่วยโรคไตที่ได้รับการรักษาในโรงพยาบาล

## เอกสารอ้างอิง

1. Fiaccadori E, Sabatino A, Barazzoni R, Carrero JJ, Cupisti A, De Waele E, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in hospitalized patients with acute or chronic kidney disease. *Clin Nutr* 2021;40:1644-68. doi: 10.1016/j.clnu.2021.01.028.
2. Boirie Y, Albright R, Bigelow M, Nair KS. Impairment of phenylalanine conversion to tyrosine in end-stage renal disease causing tyrosine deficiency. *Kidney Int* 2004;66:591-6. doi: 10.1111/j.1523-1755.2004.00778.x.
3. Fiaccadori E, Regolisti G, Maggiore U. Specialized nutritional support interventions in critically ill patients on renal replacement therapy. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2013;16:217-24. doi: 10.1097/MCO.0b013e32835c20b0.
4. Carrero JJ, Stenvinkel P, Cuppari L, Ikizler TA, Kalantar-Zadeh K, Kaysen G, et al. Etiology of the protein-energy wasting syndrome in chronic kidney disease: a consensus statement from the International Society of Renal Nutrition and Metabolism (ISRNM). *J Ren Nutr* 2013;23:77-90. doi: 10.1053/j.jrn.2013.01.001.
5. Ikizler TA, Cano NJ, Franch H, Fouque D, Himmelfarb J, Kalantar-Zadeh K, et al. Prevention and treatment of protein energy wasting in chronic kidney disease patients: a consensus statement by the International Society of Renal Nutrition and Metabolism. *Kidney Int* 2013;84:1096-107. doi: 10.1038/ki.2013.147.
6. Carrero JJ, Thomas F, Nagy K, Arogundade F, Avesani CM, Chan M, et al. Global Prevalence of Protein-Energy Wasting in Kidney Disease: A Meta-analysis of Contemporary Observational Studies From the International Society of Renal Nutrition and Metabolism. *J Ren Nutr* 2018;28:380-92. doi: 10.1053/j.jrn.2018.08.006.
7. Lawson CS, Campbell KL, Dimakopoulos I, Dockrell ME. Assessing the validity and reliability of the MUST and MST nutrition screening tools in renal inpatients. *J Ren Nutr* 2012;22:499-506. doi: 10.1053/j.jrn.2011.08.005.
8. Leuenberger M, Kurmann S, Stanga Z. Nutritional screening tools in daily clinical practice: the focus on cancer. *Support Care Cancer* 2010;18 Suppl 2:S17-27. doi: 10.1007/s00520-009-0805-1.
9. Jackson HS, MacLaughlin HL, Vidal-Diez A, Banerjee D. A new renal inpatient nutrition screening tool (Renal iNUT): a multicenter validation study. *Clin Nutr* 2019;38:2297-303. doi: 10.1016/j.clnu.2018.10.002.
10. Bischoff SC, Singer P, Koller M, Barazzoni R, Cederholm T, van Gossum A. Standard operating procedures for ESPEN guidelines and consensus papers. *Clin Nutr* 2015;34:1043-51. doi: 10.1016/j.clnu.2015.07.008.
11. Kalantar-Zadeh K, Kilpatrick RD, Kuwae N, McAllister CJ, Alcorn H, Jr., Kopple JD, et al. Revisiting mortality predictability of serum albumin in the dialysis population: time dependency, longitudinal changes and population-attributable fraction. *Nephrol Dial Transplant* 2005;20:1880-8. doi: 10.1093/ndt/gfh941.
12. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyere O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing* 2019;48:16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169.
13. Puthuchery Z, Montgomery H, Moxham J, Harridge S, Hart N. Structure to function: muscle failure in critically ill patients. *J Physiol* 2010;588:4641-8. doi: 10.1113/jphysiol.2010.197632.
14. Wieske L, Dettling-Ihnenfeldt DS, Verhamme C, Nollet F, van Schaik IN, Schultz MJ, et al. Impact of ICU-acquired weakness on post-ICU physical functioning: a follow-up study. *Crit Care* 2015;19:196. doi: 10.1186/s13054-015-0937-2.
15. Sabatino A, Regolisti G, Bozzoli L, Fani F, Antoniotti R, Maggiore U, et al. Reliability of bedside ultrasound for measurement of quadriceps muscle thickness in critically ill patients with acute kidney injury. *Clin Nutr* 2017;36:1710-5. doi: 10.1016/j.clnu.2016.09.029.
16. Sabatino A, Regolisti G, Delsante M, Di Motta T, Cantarelli C, Pioli S, et al. Noninvasive evaluation of muscle mass by ultrasonography of quadriceps femoris muscle in End-Stage Renal Disease patients on hemodialysis. *Clin Nutr* 2019;38:1232-9. doi: 10.1016/j.clnu.2018.05.004.
17. Braunschweig CA, Sheean PM, Peterson SJ, Gomez Perez S, Freels S, Troy KL, et al. Exploitation of di-

- agnostic computed tomography scans to assess the impact of nutrition support on body composition changes in respiratory failure patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2014;38:880-5. doi: 10.1177/0148607113500505.
18. Fuchs G, Thevathasan T, Chretien YR, Mario J, Piriyaatsom A, Schmidt U, et al. Lumbar skeletal muscle index derived from routine computed tomography exams predict adverse post-extubation outcomes in critically ill patients. *J Crit Care* 2018;44:117-23. doi: 10.1016/j.jcrc.2017.10.033.
  19. Hermans G, Van den Berghe G. Clinical review: intensive care unit acquired weakness. *Crit Care* 2015;19:274. doi: 10.1186/s13054-015-0993-7.
  20. Stevens RD, Marshall SA, Cornblath DR, Hoke A, Needham DM, de Jonghe B, et al. A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Crit Care Med* 2009;37:S299-308. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181b6ef67.
  21. Parry SM, Berney S, Granger CL, Dunlop DL, Murphy L, El-Ansary D, et al. A new two-tier strength assessment approach to the diagnosis of weakness in intensive care: an observational study. *Crit Care* 2015;19:52. doi: 10.1186/s13054-015-0780-5.
  22. Ali NA, O'Brien JM, Jr., Hoffmann SP, Phillips G, Garland A, Finley JC, et al. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;178:261-8. doi: 10.1164/rccm.200712-1829OC.
  23. Xavier SP, Goes CR, Bufarah MN, Balbi AL, Ponce D. Handgrip strength and weight predict long-term mortality in acute kidney injury patients. *Clin Nutr ESPEN* 2017;17:86-91. doi: 10.1016/j.clnesp.2016.09.006.
  24. Tan SK, Loh YH, Choong HL, Suhail SM. Subjective global assessment for nutritional assessment of hospitalized patients requiring haemodialysis: A prospective cohort study. *Nephrology (Carlton)* 2016;21:944-9. doi: 10.1111/nep.12707.
  25. Fouque D, Kalantar-Zadeh K, Kopple J, Cano N, Chauveau P, Cuppari L, et al. A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease. *Kidney Int* 2008;73:391-8. doi: 10.1038/sj.ki.5002585.
  26. Steiber AL, Kalantar-Zadeh K, Secker D, McCarthy M, Sehgal A, McCann L. Subjective Global Assessment in chronic kidney disease: a review. *J Ren Nutr* 2004;14:191-200. doi: -.
  27. Cederholm T, Jensen GL, Correia M, Gonzalez MC, Fukushima R, Higashiguchi T, et al. GLIM criteria for the diagnosis of malnutrition - A consensus report from the global clinical nutrition community. *Clin Nutr* 2019;38:1-9. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.002.
  28. Slee A, McKeaveney C, Adamson G, Davenport A, Farrington K, Fouque D, et al. Estimating the Prevalence of Muscle Wasting, Weakness, and Sarcopenia in Hemodialysis Patients. *J Ren Nutr* 2020;30:313-21. doi: 10.1053/j.jrn.2019.09.004.
  29. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, Casaer MP, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr* 2019;38:48-79. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.037.
  30. Reintam Blaser A, Starkopf J, Alhazzani W, Berger MM, Casaer MP, Deane AM, et al. Early enteral nutrition in critically ill patients: ESICM clinical practice guidelines. *Intensive Care Med* 2017;43:380-98. doi: 10.1007/s00134-016-4665-0.
  31. Gomes F, Schuetz P, Bounoure L, Austin P, Ballesteros-Pomar M, Cederholm T, et al. ESPEN guidelines on nutritional support for polymorbid internal medicine patients. *Clin Nutr* 2018;37:336-53. doi: 10.1016/j.clnu.2017.06.025.
  32. Zheng T, Zhu X, Liang H, Huang H, Yang J, Wang S. Impact of early enteral nutrition on short term prognosis after acute stroke. *J Clin Neurosci* 2015;22:1473-6. doi: 10.1016/j.jocn.2015.03.028.
  33. Cano N, Fiaccadori E, Tesinsky P, Toigo G, Druml W, Dgem, et al. ESPEN Guidelines on Enteral Nutrition: Adult renal failure. *Clin Nutr* 2006;25:295-310. doi: 10.1016/j.clnu.2006.01.023.

34. Starke J, Schneider H, Alteheld B, Stehle P, Meier R. Short-term individual nutritional care as part of routine clinical setting improves outcome and quality of life in malnourished medical patients. *Clin Nutr* 2011;30:194-201. doi: 10.1016/j.clnu.2010.07.021.
35. Potter JM, Roberts MA, McColl JH, Reilly JJ. Protein energy supplements in unwell elderly patients—a randomized controlled trial. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2001;25:323-9. doi: 10.1177/0148607101025006323.
36. Schuetz P, Fehr R, Baechli V, Geiser M, Deiss M, Gomes F, et al. Individualised nutritional support in medical inpatients at nutritional risk: a randomised clinical trial. *Lancet* 2019;393:2312-21. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32776-4.
37. Bounoure L, Gomes F, Stanga Z, Keller U, Meier R, Ballmer P, et al. Detection and treatment of medical inpatients with or at-risk of malnutrition: Suggested procedures based on validated guidelines. *Nutrition* 2016;32:790-8. doi: 10.1016/j.nut.2016.01.019.
38. Sabatino A, Regolisti G, Antonucci E, Cabassi A, Morabito S, Fiaccadori E. Intradialytic parenteral nutrition in end-stage renal disease: practical aspects, indications and limits. *J Nephrol* 2014;27:377-83. doi: 10.1007/s40620-014-0051-6.
39. Marsen TA, Beer J, Mann H, German I-Tg. Intradialytic parenteral nutrition in maintenance hemodialysis patients suffering from protein-energy wasting. Results of a multicenter, open, prospective, randomized trial. *Clin Nutr* 2017;36:107-17. doi: 10.1016/j.clnu.2015.11.016.
40. Anderson J, Peterson K, Bourne D, Boundy E. Effectiveness of Intradialytic Parenteral Nutrition in Treating Protein-Energy Wasting in Hemodialysis: A Rapid Systematic Review. *J Ren Nutr* 2019;29:361-9. doi: 10.1053/j.jrn.2018.11.009.
41. Ikizler TA, Burrowes JD, Byham-Gray LD, Campbell KL, Carrero JJ, Chan W, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Nutrition in CKD: 2020 Update. *Am J Kidney Dis* 2020;76:S1-S107. doi: 10.1053/j.ajkd.2020.05.006.
42. Jie B, Jiang ZM, Nolan MT, Efron DT, Zhu SN, Yu K, et al. Impact of nutritional support on clinical outcome in patients at nutritional risk: a multicenter, prospective cohort study in Baltimore and Beijing teaching hospitals. *Nutrition* 2010;26:1088-93. doi: 10.1016/j.nut.2009.08.027.
43. Fiaccadori E, Maggiore U, Giacosa R, Rotelli C, Picetti E, Sagripanti S, et al. Enteral nutrition in patients with acute renal failure. *Kidney Int* 2004;65:999-1008. doi: 10.1111/j.1523-1755.2004.00459.x.
44. Oshima T, Berger MM, De Waele E, Guttormsen AB, Heidegger CP, Hiesmayr M, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clin Nutr* 2017;36:651-62. doi: 10.1016/j.clnu.2016.06.010.
45. Cano NJ, Aparicio M, Brunori G, Carrero JJ, Cianciaruso B, Fiaccadori E, et al. ESPEN Guidelines on Parenteral Nutrition: adult renal failure. *Clin Nutr* 2009;28:401-14. doi: 10.1016/j.clnu.2009.05.016.
46. Sabatino A, Theilla M, Helleman M, Singer P, Maggiore U, Barbagallo M, et al. Energy and Protein in Critically Ill Patients with AKI: A Prospective, Multicenter Observational Study Using Indirect Calorimetry and Protein Catabolic Rate. *Nutrients* 2017;9:802. doi: 10.3390/nu9080802.
47. de Goes CR, Berbel-Bufarah MN, Sanches AC, Xavier PS, Balbi AL, Ponce D. Poor Agreement between Predictive Equations of Energy Expenditure and Measured Energy Expenditure in Critically Ill Acute Kidney Injury Patients. *Ann Nutr Metab* 2016;68:276-84. doi: 10.1159/000446708.
48. Stapel SN, de Grooth HJ, Alimohamad H, Elbers PW, Girbes AR, Weijs PJ, et al. Ventilator-derived carbon dioxide production to assess energy expenditure in critically ill patients: proof of concept. *Crit Care* 2015;19:370. doi: 10.1186/s13054-015-1087-2.
49. de Oliveira MC, Bufarah MNB, Ponce D, Balbi AL. Poor agreement between indirect calorimetry and predictive formula of rest energy expenditure in pre-dialytic and dialytic chronic kidney disease. *Clin Nutr ESPEN* 2018;28:136-40. doi: 10.1016/j.clnesp.2018.08.014.

50. Sabatino A, Theilla M, Hellerman M, Singer P, Maggiore U, Barbagallo M, et al. Energy and Protein in Critically Ill Patients with AKI: A Prospective, Multicenter Observational Study Using Indirect Calorimetry and Protein Catabolic Rate. *Nutrients* 2017;9. doi: 10.3390/nu9080802.
51. Iapichino G, Radrizzani D, Armani S, Noto A, Spanu P, Mistraretti G. Metabolic treatment of critically ill patients: energy balance and substrate disposal. *Minerva Anestesiologica* 2006;72:533-41. doi: -
52. Villet S, Chiolerio RL, Bollmann MD, Revely JP, Cayeux RNM, Delarue J, et al. Negative impact of hypocaloric feeding and energy balance on clinical outcome in ICU patients. *Clin Nutr* 2005;24:502-9. doi: 10.1016/j.clnu.2005.03.006.
53. Cano NJ, Saingra Y, Dupuy AM, Lorec-Penet AM, Portugal H, Lairon D, et al. Intradialytic parenteral nutrition: comparison of olive oil versus soybean oil-based lipid emulsions. *Br J Nutr* 2006;95:152-9. doi: 10.1079/bjn20051595.
54. Scheinkestel CD, Kar L, Marshall K, Bailey M, Davies A, Nyulasi I, et al. Prospective randomized trial to assess caloric and protein needs of critically ill, anuric, ventilated patients requiring continuous renal replacement therapy. *Nutrition* 2003;19:909-16. doi: 10.1016/s0899-9007(03)00175-8.
55. Btaiche IF, Mohammad RA, Alaniz C, Mueller BA. Amino Acid requirements in critically ill patients with acute kidney injury treated with continuous renal replacement therapy. *Pharmacotherapy* 2008;28:600-13. doi: 10.1592/phco.28.5.600.
56. Maxvold NJ, Smoyer WE, Custer JR, Bunchman TE. Amino acid loss and nitrogen balance in critically ill children with acute renal failure: a prospective comparison between classic hemofiltration and hemofiltration with dialysis. *Crit Care Med* 2000;28:1161-5. doi: 10.1097/00003246-200004000-00041.
57. Bellomo R, Tan HK, Bhonagiri S, Gopal I, Seacombe J, Daskalakis M, et al. High protein intake during continuous hemodiafiltration: impact on amino acids and nitrogen balance. *Int J Artif Organs* 2002;25:261-8. doi: 10.1177/039139880202500403.
58. Davies SP, Reaveley DA, Brown EA, Kox WJ. Amino acid clearances and daily losses in patients with acute renal failure treated by continuous arteriovenous hemodialysis. *Crit Care Med* 1991;19:1510-5. doi: 10.1097/00003246-199112000-00012.
59. Cullis B, Al-Hwiesh A, Kilonzo K, McCulloch M, Niang A, Nourse P, et al. ISPD guidelines for peritoneal dialysis in acute kidney injury: 2020 update (adults). *Perit Dial Int* 2021;41:15-31. doi: 10.1177/0896860820970834.
60. Chadban S, Chan M, Fry K, Patwardhan A, Ryan C, Trevillian P, et al. The CARL guidelines. Protein requirement in adult kidney transplant recipients. *Nephrology (Carlton)* 2010;15 Suppl 1:S68-71. doi: 10.1111/j.1440-1797.2010.01238.x.
61. Ganesan MV, Annigeri RA, Shankar B, Rao BS, Prakash KC, Seshadri R, et al. The protein equivalent of nitrogen appearance in critically ill acute renal failure patients undergoing continuous renal replacement therapy. *J Ren Nutr* 2009;19:161-6. doi: 10.1053/j.jrn.2008.11.009.
62. Kopple JD, Monteon FJ, Shaib JK. Effect of energy intake on nitrogen metabolism in nondialyzed patients with chronic renal failure. *Kidney Int* 1986;29:734-42. doi: 10.1038/ki.1986.59.
63. Williams B, Hattersley J, Layward E, Walls J. Metabolic acidosis and skeletal muscle adaptation to low protein diets in chronic uremia. *Kidney Int* 1991;40:779-86. doi: 10.1038/ki.1991.275.
64. Chua HR, Baldwin I, Fealy N, Naka T, Bellomo R. Amino acid balance with extended daily dialfiltration in acute kidney injury. *Blood Purif* 2012;33:292-9. doi: 10.1159/000335607.
65. Wischmeyer PE, Dhaliwal R, McCall M, Ziegler TR, Heyland DK. Parenteral glutamine supplementation in critical illness: a systematic review. *Crit Care* 2014;18:R76. doi: 10.1186/cc13836.
66. Heyland D, Muscedere J, Wischmeyer PE, Cook D, Jones G, Albert M, et al. A randomized trial of glutamine and antioxidants in critically ill patients. *N Engl J Med* 2013;368:1489-97. doi: 10.1056/NEJ-

Moa1212722.

67. Heyland DK, Elke G, Cook D, Berger MM, Wischmeyer PE, Albert M, et al. Glutamine and antioxidants in the critically ill patient: a post hoc analysis of a large-scale randomized trial. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 2015;39:401-9. doi: 10.1177/0148607114529994.
68. van Zanten AR, Sztark F, Kaisers UX, Zielmann S, Felbinger TW, Sablotzki AR, et al. High-protein enteral nutrition enriched with immune-modulating nutrients vs standard high-protein enteral nutrition and nosocomial infections in the ICU: a randomized clinical trial. *JAMA* 2014;312:514-24. doi: 10.1001/jama.2014.7698.
69. Di Girolamo FG, Situlin R, Mazzucco S, Valentini R, Toigo G, Biolo G. Omega-3 fatty acids and protein metabolism: enhancement of anabolic interventions for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2014;17:145-50. doi: 10.1097/MCO.0000000000000032.
70. He L, Li MS, Lin M, Zhao TY, Gao P. Effect of fish oil supplement in maintenance hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis of published randomized controlled trials. *Eur J Clin Pharmacol* 2016;72:129-39. doi: 10.1007/s00228-015-1976-y.
71. Prelack K, Sheridan RL. Micronutrient supplementation in the critically ill patient: strategies for clinical practice. *J Trauma* 2001;51:601-20. doi: 10.1097/00005373-200109000-00037.
72. Berger MM. Do micronutrient deficiencies contribute to mitochondrial failure in critical illness? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2020;23:102-10. doi: 10.1097/MCO.0000000000000635.
73. Ostermann M, Summers J, Lei K, Card D, Harrington DJ, Sherwood R, et al. Micronutrients in critically ill patients with severe acute kidney injury - a prospective study. *Sci Rep* 2020;10:1505. doi: 10.1038/s41598-020-58115-2.
74. Vanek VW, Borum P, Buchman A, Fessler TA, Howard L, Jeejeebhoy K, et al. A.S.P.E.N. position paper: recommendations for changes in commercially available parenteral multivitamin and multi-trace element products. *Nutr Clin Pract* 2012;27:440-91. doi: 10.1177/0884533612446706.
75. Bellomo R, Parkin G, Boyce N. Acute renal failure in the critically ill: management by continuous veno-venous hemodiafiltration. *J Crit Care* 1993;8:140-4. doi: 10.1016/0883-9441(93)90019-h.
76. Story DA, Ronco C, Bellomo R. Trace element and vitamin concentrations and losses in critically ill patients treated with continuous venovenous hemofiltration. *Crit Care Med* 1999;27:220-3. doi: 10.1097/00003246-199901000-00057.
77. Berger MM, Shenkin A, Revely JP, Roberts E, Cayeux MC, Baines M, et al. Copper, selenium, zinc, and thiamine balances during continuous venovenous hemodiafiltration in critically ill patients. *Am J Clin Nutr* 2004;80:410-6. doi: 10.1093/ajcn/80.2.410.
78. Dizdar OS, Yildiz A, Gul CB, Gunal AI, Ersoy A, Gundogan K. The effect of hemodialysis, peritoneal dialysis and renal transplantation on nutritional status and serum micronutrient levels in patients with end-stage renal disease; Multicenter, 6-month period, longitudinal study. *J Trace Elem Med Biol* 2020;60:126498. doi: 10.1016/j.jtemb.2020.126498.
79. Chiolerio R, Berger MM. Nutritional support during renal replacement therapy. *Contrib Nephrol* 2007;156:267-74. doi: 10.1159/000102111.
80. Ben-Hamouda N, Charriere M, Voirol P, Berger MM. Massive copper and selenium losses cause life-threatening deficiencies during prolonged continuous renal replacement. *Nutrition* 2017;34:71-5. doi: 10.1016/j.nut.2016.09.012.
81. Basi S, Pupim LB, Simmons EM, Sezer MT, Shyr Y, Freedman S, et al. Insulin resistance in critically ill patients with acute renal failure. *Am J Physiol Renal Physiol* 2005;289:F259-64. doi: 10.1152/ajprenal.00002.2005.
82. Dickerson RN, Hamilton LA, Connor KA, Maish GO, 3rd, Croce MA, Minard G, et al. Increased hypoglyce-

mia associated with renal failure during continuous intravenous insulin infusion and specialized nutritional support. *Nutrition* 2011;27:766-72. doi: 10.1016/j.nut.2010.08.009.

83. Cersosimo E, Garlick P, Ferretti J. Renal glucose production during insulin-induced hypoglycemia in humans. *Diabetes* 1999;48:261-6. doi: 10.2337/diabetes.48.2.261.
84. Meyer C, Dostou JM, Gerich JE. Role of the human kidney in glucose counterregulation. *Diabetes* 1999;48:943-8. doi: 10.2337/diabetes.48.5.943.