

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้ศึกษาทำการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ โดยครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ได้แก่

1. ไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย
 - 1.1 สาเหตุการเกิดไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย
 - 1.1.1 สาเหตุก่อนไต
 - 1.1.2 สาเหตุภายในเนื้อไต
 - 1.1.3 สาเหตุหลังไต
 - 1.2 พยาธิสรีรวิทยา
 - 1.3 ระยะของไตวายเรื้อรัง และผลกระทบต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย
 - 1.4 อาการและอาการแสดงของไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย
 - 1.5 แนวทางการรักษาไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย
 - 1.6 การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
 - 1.7 ภาวะแทรกซ้อนของการทำการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
2. การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็บส์ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย
 - 2.1 ความหมายของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
 - 2.2 การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็บส์ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
 - 2.3 การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็บส์
3. ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม
 - 3.1 ความหมาย
 - 3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย
 - 3.3 การประเมินความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย

4. ผลของการออกกำลังกายในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

- 4.1 ความหมายของการออกกำลังกาย
- 4.2 ชนิดของการออกกำลังกาย
- 4.3 ผลของการออกกำลังกายต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย
- 4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกำลังกาย

ไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย

ภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย (end-stage renal disease) หมายถึง ภาวะที่มีการทำงานของหน่วยไต (nephron) ของไตลดลงอย่างถาวร และสามารถตรวจพบได้จากการตรวจการทำงานของไต (renal function test) หรือหมายถึง การมีค่าอัตราการกรองของโกลเมอรูลาร์ (glomerular filtration rate [GFR]) ลดลงกว่าปกติ (ค่าปกติประมาณ 120 มิลลิลิตรต่อนาที) หรือระดับครีเอตินินสูงกว่าปกติ (ค่าปกติประมาณ 0.6-1.2 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) ติดต่อกันเป็นเวลานานประมาณ 3 เดือน (Parmar, 2002) การวินิจฉัยภาวะไตวายเรื้อรังจะชัดเจนขึ้นถ้าผู้ป่วยมีลักษณะต่อไปนี้ร่วมด้วย (เกรียง ตั้งสง่า, 2537)

1. ภาพถ่ายรังสีแสดงว่าไตมีขนาดเล็กกว่าปกติ
2. มีภาวะไตบกพร่องโดยสังเกตจากค่ายูเรียในโตรเจนที่สูงขึ้นติดต่อกันเป็นเวลานาน 3 เดือน
3. มีภาวะโลหิตจางโดยหาสาเหตุไม่ได้

สาเหตุของการเกิดไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย

สาเหตุการเกิดไตวายเรื้อรังนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น สาเหตุก่อนไต สาเหตุภายในเนื้อไต และสาเหตุหลังไต เช่นเดียวกับสาเหตุของการเกิดไตวายเฉียบพลัน แตกต่างกันเพียงแต่ภาวะของโรคไตวายเรื้อรังที่ไม่สามารถรักษาให้กลับมาสู่สภาพปกติได้ มีการลุกลามของโรค และทำให้การทำงานของไตลดลงอย่างถาวรในระยะเวลาดังกล่าวข้างต้น จนกลายเป็นภาวะไตวายเรื้อรัง (คุสิต ถ้าเลิศกุล, 2539; Brundage, 1992)

1. สาเหตุก่อนไต (prerenal causes) เกิดจากปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงที่ไตลดลง แต่ยังไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีพยาธิสภาพที่เนื้อไต (renal parenchyma) มักมีสาเหตุมาจากร่างกาย

ขาดน้ำและเลือด (hypovolemia) จากการสูญเสียเลือด และน้ำในระบบทางเดินอาหาร เช่น มีเลือดออก อาเจียนอย่างรุนแรง และท้องเดิน มีปัสสาวะออกมากกว่าปกติจากการได้รับยาขับปัสสาวะ และมีการสูญเสียน้ำจากผิวหนัง จากการมีแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก ไข้สูง และภาวะติดเชื้อ

ตามปกติแล้วไตได้รับเลือดจากหัวใจประมาณร้อยละ 20-25 ของเลือดที่ออกจากหัวใจ (cardiac output) เมื่อร่างกายมีภาวะขาดเลือด และน้ำจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ร่างกายจะมีการปรับระดับเลือดและความดันโลหิต เพื่อให้เลือดไปหล่อเลี้ยงอวัยวะที่สำคัญคือ สมองและหัวใจ ทำให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะอื่นๆ เช่น กระดูก กล้ามเนื้อ ตับและไตลดลง ร่างกายจะมีการตอบสนองทันที โดยการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก ทำให้เลือดมาเลี้ยงที่ไตลดลง (renal hypoperfusion) ทำให้ไตมีการปรับระบบการทำงานอัตโนมัติ (autoregulation) โดยการขยายตัวของหลอดเลือดแดงร่งขาเข้า (afferent) และมีการหดตัวของหลอดเลือดแดงร่งขาออก (efferent) ทั้งนี้เพื่อให้อัตราการกรองที่ไตปกติ มีผลให้ระดับของครีเอตินินในเลือดปกติ กลไกนี้ทำได้ไม่สมบูรณ์ในผู้ป่วยที่มีปัญหาโรคของหลอดเลือด เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน ความดันโลหิตสูง เนื่องจากหลอดเลือดแข็งไม่สามารถปรับตัวหด หรือขยายได้เหมือนคนที่หลอดเลือดปกติ ดังนั้น ผู้ป่วยดังกล่าวอาจมีโอกาสเกิดไตวายเฉียบพลันได้มาก ถ้ามีการไหลเวียนของเลือดไปที่ไตลดลง

สำหรับการควบคุมอีกทางหนึ่งคือ ระบบเรนิน แองจิโอเทนซิน และอัลโดสเตอโรน (renin-angiotensin aldosterone system) เมื่อไตได้รับเลือดมาเลี้ยงน้อยลง จะไปกระตุ้นบาร์โรรีเซพเตอร์ (baroreceptor) มีการหลั่งเรนินเพิ่มขึ้น และเพิ่มการสร้างแองจิโอเทนซิน ซึ่งมีฤทธิ์ในการกระตุ้นการหลั่งอัลโดสเตอโรน อัลโดสเตอโรนทำให้มีการดูดกลับของโซเดียมที่ท่อไตมากขึ้น ทำให้ใน พลาสมา มีโซเดียม และออสโมลาลิตีสูงขึ้น ซึ่งมีผลไปกระตุ้นต่อมไฮโปธาลามัส มีการหลั่งฮอร์โมนลดปัสสาวะ (antidiuretic hormone [ADH]) มากขึ้นทำให้มีการเก็บน้ำมากขึ้น และปริมาณเลือดไหลเวียนมากขึ้น มียูเรียในเลือดสูงขึ้น ปริมาณปัสสาวะออกมาน้อยลง ค่าครีเอตินินปกติ เนื่องจากไตยังคงรักษาระดับที่เลือดไปเลี้ยงได้เพียงพอ

ทั้งนี้ ร่างกายใช้กลไกการปรับตัวดังกล่าวได้เพียงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น หากปล่อยให้ไตได้รับเลือดไปเลี้ยงน้อยลงเรื่อยๆ จนเกิดมีพยาธิสภาพที่เนื้อไตทำให้เกิดหลอดฝอยไตตาย (ischemic tubular necrosis) ทำให้เกิดภาวะไตวายเฉียบพลันชนิด acute tubular necrosis ซึ่งหากร่างกายไม่สามารถใช้กลไกในการปรับตัว และไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องเหมาะสม จะทำให้ภาวะของโรคคงอยู่ และกลายเป็นภาวะไตวายเรื้อรังที่เป็นสาเหตุภายในเนื้อไตต่อไป โดยการเกิด acute tubular necrosis จะเกิดเมื่อเนื้อไตขาดเลือดไปเลี้ยง (renal ischemia) โดยเฉพาะส่วนของหลอดฝอยไต หากหลอดเลือดทั่วร่างกาย และไตยังคงมีการหดตัว จะทำให้เลือดไปเลี้ยงที่ไตลดลงไปเรื่อยๆ จนทำให้เซลล์ที่หลอดเลือดไตถูกทำลาย มีผลทำให้เซลล์ที่หลอดฝอยไตบวม และบางส่วนอาจจะ

ตายและหลุดออกมาอุดตัน ทำให้เกิดความดันในช่องโบท์แมนเพิ่มขึ้น มีผลให้อัตราการกรองที่ไตลดลง ทำให้ครีเอตินินในเลือดสูงและปัสสาวะน้อยลง นอกจากนี้ เมื่อเซลล์ที่หลอดฝอยไตถูกทำลาย ยังผลต่อการขับสารยูเรียออกทางร่างกายลดลง และลดการดูดกลับของโซเดียมทำให้ค่า BUN สูงขึ้น และความสามารถในการทำให้ปัสสาวะเข้มข้นหรือเจือจางเสียไป

2. สาเหตุภายในเนื้อไต (intrinsic renal causes) สาเหตุภายในเนื้อไตนี้ หมายถึง มีความผิดปกติเกิดขึ้นที่ไตในส่วนของเปลือกไตและเนื้อในไต (renal cortex & medulla) อาจเป็นที่หลอดเลือดโกลเมอรูล และ/หรือหลอดฝอยไตได้ กล่าวคือการผิดปกติที่เปลือกไต มักพบร่วมกับการติดเชื้อ และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน หรือมีภาวะหลอดเลือดผิดปกติพบในโรคกลุ่มเส้นเลือดฝอยที่ไตอักเสบชนิดเฉียบพลัน สำหรับผิดปกติที่เนื้อในไต มักมีพยาธิสภาพที่หลอดฝอยไต เช่น acute tubular necrosis ซึ่งเป็นภาวะไตวายเฉียบพลันที่พบได้บ่อยมาก มีสาเหตุมาจากการเสียเลือดและน้ำอย่างรุนแรง จนมีผลทำให้เนื้อไตขาดเลือดไปเลี้ยง (ischemic tubular necrosis) นอกจากนี้ยังเกิดจากสารพิษ และยาที่เป็นพิษต่อไต ได้แก่ ยาในกลุ่มอะมิโนไกลโคไซด์ และเซฟาโลสปอริน สารพิษหรือยาที่เป็นพิษต่อไต ซึ่งเราสามารถป้องกันได้ ได้แก่ รังสี ยาในกลุ่ม Aminoglycosides, Amphotericin B., Cephalosporin, Penicillins, Tetracyclines และ Antineoplastic agents ยาเหล่านี้จะมีผลที่เนื้อไตทั้งหมดตั้งแต่ โกลเมอรูล่า หลอดฝอยไต และเนื้อเยื่อแทรกระหว่างหลอดฝอยไต

นอกจากภาวะเนื้อเยื่อท่อฝอยไตตายเฉียบพลันแล้ว การได้รับอันตรายของหลอดเลือดแดง (vascular injury) ทำให้เกิดภาวะไตวายได้เช่นกัน ซึ่งมักมีสาเหตุจากความดันโลหิตสูงอย่างรุนแรงรวดเร็ว (accelerated hypertension) หลอดเลือดอักเสบ (vasculitis) พยาธิสภาพที่หลอดเลือดแดง (arteriopathy) กลุ่มเส้นโลหิตที่ไตอักเสบเฉียบพลัน (glomerulonephritis) เนื้อเยื่อระหว่างเซลล์ที่ไตอักเสบเฉียบพลัน (interstitial nephritis) การอุดตันในท่อฝอยของไต (intratubular obstruction) และมีก้อนไขมันอุดตันในเส้นเลือด (cholesterol emboli) สาเหตุดังกล่าวทำให้เนื้อไตขาดเลือดไปเลี้ยง จนทำให้เซลล์ของหลอดเลือดไตถูกทำลายจนไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติเช่นกัน

3. สาเหตุหลังไต (postrenal causes) เป็นสาเหตุที่ทำให้มีภาวะไตล้มเหลวเฉียบพลันจากการอุดตันทางเดินปัสสาวะ เช่น ก้อนลิ่มเลือด นิ้ว ก้อนเนื้องอก เหล่านี้ก่อให้เกิดภาวะไตวาย อาจจะมีการอุดตันบางส่วน หรืออุดตันทั้งหมดทำให้ปัสสาวะออกไม่สะดวก หรือออกไม่ได้เลย มีผลทำให้มีการไหลย้อนกลับของปัสสาวะไปที่ไต ทำให้ไตเสียหายที่โดยทันที เมื่อมีการอุดตันของทางเดินปัสสาวะในท่อไตทั้งสองข้าง ทำให้ปัสสาวะออกมาไม่ได้หรือออกมาได้น้อย (anuria) ทำให้ปัสสาวะกั่งค้างในท่อทางเดินปัสสาวะ ทำให้แรงดันในระบบหลอดฝอยไตคอลเลกติงและหน่วยไตสูง ถ้าเป็นการอุดตันเพียงชั่วคราว จะมีการขยายตัวของหลอดฝอยไตคอลเลกติงเพียง

เล็กน้อย จะมีการเพิ่มความดันในหลอดเลือดไต และอัตราการไหลของปัสสาวะในหลอดเลือดไตลดลง ซึ่งมีผลทำให้การดูดกลับของโซเดียม น้ำ และยูเรีย ทำให้มีโซเดียมในปัสสาวะน้อยลง มีของเสียคั่งมากขึ้น นอกจากนี้ ยังทำให้อัตราการกรองที่โกลเมอรูลัสลดลง เมื่อมีการอุดตันเป็นเวลานานๆ ทำให้มีการขยายตัวของระบบหลอดเลือดไตคอลลเลกตึง มีผลไปกดเนื้อเยื่อไตและหลอดเลือดไต ทำให้ไตไม่สามารถผลิตปัสสาวะที่มีความเข้มข้น หรือเจือจางได้ ตรวจเลือดอาจพบมีครีเอตินินสูงขึ้น

พยาธิสรีรวิทยา

ภาวะไตวายเรื้อรัง เป็นผลเนื่องมาจากการมีหน่วยไตที่ทำหน้าที่ได้ตามปกติเหลืออยู่จำนวนน้อย ตามปกติไตมีความสามารถที่จะรักษาภาวะสมดุลของสภาพแวดล้อมภายในร่างกาย (homeostasis) ให้คงไว้ แม้ว่าจะสูญเสียหน้าที่ไปถึง 70-80 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม ในภาวะที่มีโรคนี้ มีหน่วยไตอยู่ 2 ชนิด คือ หน่วยไตที่ถูกกระทบจากกระบวนการของโรคซึ่งทำหน้าที่ไม่ได้แล้ว และหน่วยไตที่ไม่ถูกกระทบจากโรคซึ่งสามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ หน่วยไตที่ทำหน้าที่ได้ตามปกตินี้จะมีขนาดโตขึ้น (hypertrophy) และทำหน้าที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อรักษาภาวะสมดุลของสภาพแวดล้อมภายในร่างกาย ลักษณะสำคัญ คือ ความสมดุลระหว่างการทำหน้าที่ของ โกลเมอรูลัสและท่อไตจะต้องคงอยู่ด้วยนั้น คือ เมื่อหน่วยไตมีการกรองมากก็ต้องสามารถดูดกลับได้มากเช่นกัน จึงจะคงภาวะความเป็นปกติไว้ได้ อย่างไรก็ตาม หากความสามารถในการปรับการทำงานที่ไม่เพียงพอ จะเกิดอาการและการแสดงของไตวายเรื้อรังขึ้น ซึ่งมักจะปรากฏเมื่อหน้าที่ของไตเสียไปมากกว่า 75-80 เปอร์เซ็นต์

ระยะของไตวายเรื้อรังและผลกระทบต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย

1. ระยะของไตวายเรื้อรัง สาเหตุที่ทำให้เกิดการทำงานของไตผิดปกติดังกล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถแบ่งระยะของโรคไตวายเรื้อรังได้ทั้งหมด 4 ระยะด้วยกันคือ ระยะที่ 1 เป็นระยะที่เริ่มมีเลือดไปเลี้ยงไต (renal reserve) ลดลง ทำให้ค่าครีเอตินินในเลือดเพิ่มขึ้นเกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร มีค่าอัตราการกรอง ครีเอตินิน (creatinine clearance) อยู่ในระหว่าง 40-50 มิลลิลิตรต่อนาที ระยะนี้ยังไม่ปรากฏอาการแสดงของโรค ระยะที่ 2 เป็นระยะที่เลือดไปเลี้ยงไตลดลงอย่างเรื้อรัง ค่าครีเอตินินในเลือดเพิ่มขึ้นเป็น 2-4 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และมีอัตราการกรองครีเอตินินลดลงเหลือเพียง 20-40 มิลลิลิตรต่อนาที ผู้ป่วยจะเริ่มมีการถ่ายปัสสาวะตอนกลางคืน (nocturia)

หรือปัสสาวะบ่อย หรือมีความดันเลือดสูง ในผู้ป่วยบางคนไม่มีอาการแสดงเลย ระยะที่ 3 เป็นระยะที่มีอาการไตวายเพิ่มมากขึ้น ค่าครีเอตินินในเลือดเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ 4-8 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เนื่องจากอัตราการกรองครีเอตินินลดลงเหลือ 10-20 มิลลิตรต่อนาที จึงก่อให้เกิดอาการความดันโลหิตสูง ปัสสาวะกลางคืน เหนื่อยง่ายขึ้น ส่วนในระยะที่ 4 เป็นไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย หรือระยะยูรีเมีย (uremia) ค่าของครีเอตินินในเลือดอยู่ในระดับ 8-10 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ค่าอัตราการกรองเลือดเหลือน้อยลงมากระหว่าง 5-10 มิลลิตรต่อนาที ทำให้ผู้ป่วยมีอาการของระบบอื่นๆ นอกไตเพิ่มมากขึ้น

2. ผลกระทบของไตวายเรื้อรังต่อการทำหน้าที่ในระบบต่างๆ ของร่างกาย การทำงานของร่างกายเพื่อคงสภาพความเป็นกลางของเลือดจะขึ้นอยู่กับ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบสมดุลกรดด่าง (buffer) ระบบหายใจ และการทำงานของไตหน้าที่หลักสำคัญของไตคือ การแก้ไขเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและปริมาณของน้ำในร่างกาย ที่เกิดจากการรับประทานอาหาร เมตาบอลิซึม ปฏิกิริยาจากสิ่งแวดล้อม และการออกกำลังกาย โดยทำหน้าที่ควบคุมรักษาปริมาณความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นส่วนประกอบ และความเข้มข้นของตัวมันเอง ความเป็นกรดด่างของสารน้ำในร่างกาย (body fluid) โดยการเปลี่ยนแปลงการขับน้ำ และอออนต่างๆ ทางน้ำปัสสาวะ รวมไปถึงหน้าที่ขับสาร เป็นผลจากขบวนการทางเมตาบอลิซึม และสารแปลกปลอมต่างๆ เช่น ยูเรีย (urea) สารพิษ และยาต่างๆ เป็นต้น นอกเหนือไปจากนั้น ไตยังทำหน้าที่ผลิตและหลั่งสารเอนไซม์ และฮอร์โมนหลายชนิด ได้แก่ เรนิน (renin) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลของโซเดียม และการควบคุมระดับความดันโลหิตอีริโทรพอยอิติน (erythropoietin) ซึ่งกระตุ้นการเจริญเติบโตของเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูก และวิตามินดี-3 (1, 25-Dihydroxy vitamin D3) ซึ่งเป็นสเตียรอยด์ฮอร์โมนที่มีบทบาทในการควบคุมรักษาสมดุลของแคลเซียม และฟอสเฟตของร่างกาย (Ulrich, 1989)

เมื่อไตเสียหน้าที่ในการขับของเสียออกจากร่างกาย จะทำให้มีการคั่งของของเสียหลายชนิดในร่างกาย โดยเฉพาะของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน และกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ที่สำคัญคือ ยูเรีย ผลของภาวะยูรีเมียต่อระบบต่างๆ ของร่างกายนั้น กระทบต่อหลายระบบด้วยกัน ได้แก่

2.1 ผลต่อการทำงานของเซลล์ ภาวะยูรีเมียทำให้การทำงานของเซลล์ผิดปกติไป เช่น การทำงานของโซเดียมปั๊ม (Sodium pump) ที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำงานน้อยลง แล้วจะควบคุมการขนส่งโซเดียมจากในเซลล์ไปนอกเซลล์ แลกกับการขนส่งโพแทสเซียมจากนอกเซลล์เข้าสู่ในเซลล์ ในภาวะที่ทำงานผิดปกติจะทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมในเซลล์ลดลง และปริมาณโซเดียมในเซลล์เพิ่มขึ้น ปริมาตรเซลล์ (cell volume) จะเพิ่มตาม ส่งผลให้การทำงานของเซลล์ต่างๆ ผิดปกติในเซลล์กล้ามเนื้อจะทำให้การหดและคลายตัวของเซลล์ผิดปกติไปในเซลล์เม็ดเลือดแดง จะทำให้มี

การแตกตัวง่าย (hemolysis) ในเซลล์ผนังของหลอดเลือดจะทำให้หลอดเลือดบวม เกิดความต้านทานของหลอดเลือดเพิ่มขึ้น (vascular resistance) และเกิดภาวะความดันหลอดเลือดสูงตามมา ในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจทำให้เกิดภาวะดิจิตอลลิสเป็นพิษได้ง่ายขึ้น หรืออาจมีการหดตัวคลายตัวไม่ดีเท่าที่ควร และในเซลล์สมอง เซลล์ทำงานช้าลงก่อให้เกิดอาการทางสมองติดตามมา (เกรียง ตั้งสง่า, 2537; Kimura, 1999)

2.2 ผลต่อส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ภาวะยูรีเมียทำให้เกิดภาวะร่างกายมีกรดเกิน (metabolic acidosis) ผู้ป่วยมีอาการเบื่ออาหาร อาเจียน บริโภคอาหารลดลง ทำให้ระดับกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) ในพลาสมาลดลง ผู้ป่วยจึงเกิดภาวะทุพโภชนาการขาดโปรตีน และแคลอรี (protein-calories malnutrition) และเกิดภาวะดุลโปรตีนเป็นลบ (negative protein balance) มากขึ้น ในโรคไตวายเรื้อรังฮอร์โมนในเลือดหลายชนิดมีระดับสูงขึ้น เช่น กลูคากอน และฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโต (growth hormone) เป็นต้น กระตุ้นการสลายโปรตีนจากกล้ามเนื้อต่างๆ ในร่างกายเป็นกรดอะมิโน ส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดเล็กลง และจำนวนน้อยลง จึงพบเสมอว่าผู้ป่วยจะมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรงตามมา ปริมาณโพแทสเซียมในเซลล์ลดลง ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในร่างกายลดลงตาม เมื่อมีการสะสมโซเดียมและน้ำในร่างกายมาก เกิดอาการบวมของเซลล์สูญเสียสภาพการซึมผ่าน (permeability) ของซีโรซอลเมมเบรน (serosal membrane) เพิ่มขึ้น เกิดการบวมน้ำในที่ต่างๆ ง่ายขึ้น ในช่องเยื่อหุ้มปอดเกิดการคั่งของน้ำ (pleural effusion) การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนลดลง ช่องท้องเกิดการคั่งของน้ำ (ascites) และช่องรอบหัวใจเกิดน้ำคั่งรอบๆ (pericardial effusion) การบีบตัวของหัวใจไม่อยู่ในภาวะปกติ มีความสามารถในการทำหน้าที่ลดลง (เกรียง ตั้งสง่า, 2537)

2.3 ผลต่อเมตาบอลิซึมของร่างกาย ภาวะยูรีเมียทำให้กระบวนการสร้างความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกายบกพร่อง อุณหภูมิร่างกายอาจลดต่ำลง (hypothermia) ความผิดปกตินี้ อาจเกี่ยวข้องกับการทำงานของโซเดียมปั๊มที่ลดลงด้วย นอกจากนี้ยังพบการย่อยสลายฮอร์โมนอินซูลินที่ลดลง ทำให้ปริมาณของอินซูลินในเลือดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อนิโคตินทางหลอดเลือดดำกลับพบว่าน้ำตาลเข้าเซลล์ช้ากว่าปกติ คล้ายกับผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งเกิดจากการมีภาวะ peripheral resistance ต่ออินซูลิน คือ ร่างกายมีอินซูลินแต่ไม่สามารถกระตุ้นเซลล์ได้ อาจเกิดขึ้นเพราะ ตัวรับต่ออินซูลินที่ผิวเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง หรือเพราะระดับของฮอร์โมนอื่นๆ ในพลาสมาที่ออกฤทธิ์เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือดมีค่าสูงขึ้นก็ได้ จะพบเสมอว่า ผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะไตวายรุนแรงขึ้น จะมีความต้องการใช้ฮอร์โมนอินซูลินจากการฉีดลดลง (เกรียง ตั้งสง่า, 2537)

ภาวะเลือดมีไขมันเกิน (hyperlipidemia) ที่พบบ่อยคือ ระดับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเลือดสูงขึ้น และระดับเอชดีแอล (HDL) ลดลง ส่วนระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

มักปกติหรือสูงขึ้นเล็กน้อย ผลเสียที่เกิดขึ้นในระยะยาวคือ ผู้ป่วยอาจมีโรคหลอดเลือดแข็งตัว (atherosclerosis) และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (coronary vascular disease) ง่าย ซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนสำคัญในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม (Deligiannis, Konidi, & Tourkantonis, 1999)

2.4 ผลต่อสรีรวิทยาของการหายใจ การศึกษาภาวะยูรีเมียต่อการทำงานของศูนย์ควบคุมการหายใจพบว่า ความไว (sensitivity) ต่อคาร์บอนไดออกไซด์ของศูนย์การหายใจไม่แน่นอน พบได้ทั้งเพิ่มขึ้นและเป็นปกติ พบว่ามีความสามารถในการชดเชยต่อการหายใจ (respiratory load compensation) ลดลง และพบการไหลเวียนของอากาศในท่อลมขนาดเล็ก (small airway) ลดลง ซึ่งเกิดร่วมกับสาเหตุอื่นๆ ด้วย เช่น การสูบบุหรี่ ภาวะน้ำท่วมปอด และการติดเชื้อในทางเดินหายใจ ซ้ำซ้อน เป็นต้น ที่สำคัญภาวะยูรีเมียนอกจากจะทำให้เกิดอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง ทั้งกล้ามเนื้อมัดใหญ่ของต้นแขนและขาแล้ว ยังทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจอ่อนแรงด้วย เชื่อว่าสาเหตุของกล้ามเนื้อหายใจอ่อนแรง เกิดจากการขาดคาร์นิทีน (carnitine) เนื่องจากการลดลงของโซเดียมปั๊ม ของกล้ามเนื้อดังกล่าว จึงทำให้ขบวนการสร้างพลังงาน และการหดตัวของกล้ามเนื้อเสียไป และในที่สุดเกิดกล้ามเนื้อฝ่อ โดยพบในใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (type II fiber) (โสภณ นภาพร, 2542)

อาการและอาการแสดงของโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย

เมื่อไตเสียหน้าที่ในการขับของเสีย รักษาความสมดุลของน้ำ สารอิเล็กโทรลิตที่กรด-ด่างตลอดจนการหลังฮอร์โมนและการสังเคราะห์วิตามินดี จะส่งผลกระทบหรือรบกวนต่ออวัยวะในระบบต่างๆ ภายในร่างกาย ซึ่งต้องทำงานประสานกัน ผู้ป่วยอาจมีอาการเพียงเล็กน้อย ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญจนถึงอาการรุนแรงคุกคามชีวิต อาการและอาการแสดงจากผลกระทบของภาวะยูรีเมียในผู้ป่วยไตวายระยะสุดท้ายต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย มีดังนี้

1. ระบบหัวใจและหลอดเลือด มีอาการสำคัญ คือ ความดันโลหิตสูง ภาวะหัวใจล้มเหลว และเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ

1.1 ความดันโลหิตสูง พบมากกว่าร้อยละ 80 ของผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเรื้อรังเกิดเนื่องจากมีน้ำและโซเดียมคั่งมาก และมีการกระตุ้นการหลังเรนิน แองจิโอเทนซิน และอัลโดสเตอโรนการเกิดความดันโลหิตสูงจากไต (พบร้อยละ 10 ของความดันโลหิตสูงทั้งหมด) เกิดจากการที่มีการลดอัตราการไหลของเลือดมาที่ไตน้อยลง มีการกระตุ้นจิกค้ำโกลเมอรูล่าแอปพาราตัส (Juxtaglomerular apparatus) ทำให้หลังเอนไซม์เรนิน ซึ่งกระตุ้นให้สร้างแองจิโอเทนซิน I, II ทำให้

หลอดเลือดส่วนปลายหดตัว และไปกระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนเมดูล่าหลั่งอัลโดสเตอโรน มีผลทำให้ร่างกายเก็บโซเดียมและน้ำมากขึ้น ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น

1.2 ภาวะหัวใจล้มเหลว พบได้บ่อยมาก มักมีสาเหตุมาจากความดันโลหิตสูง ภาวะน้ำและโซเดียมในร่างกายมากเกินไป ภาวะโลหิตจาง

1.3 ภาวะเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ พบได้บ่อยร้อยละ 30-50 ของผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเรื้อรัง มักพบร่วมกับภาวะที่มีน้ำในช่องเยื่อหุ้มหัวใจ ผู้ป่วยอาจจะไม่มีอาการหรือมีเพียงอาการเจ็บหน้าอกเวลาหายใจเข้า อาจฟังได้จากเสียงเสียดสีของเยื่อหุ้มหัวใจ (pericardial friction rub) มีไข้ต่ำๆ ร่วมกับการตรวจพบระดับยูเรียในเลือดมากกว่า 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ต้องทำการไตอะลต์ซิสหรือเจาะเอาน้ำหรือหนองออกจากเยื่อหุ้มหัวใจ ถ้าไม่ได้รับการแก้ไข อาจจะทำให้ผู้ป่วยมีภาวะหัวใจล้มเหลวได้

2. ระบบทางเดินหายใจ ที่พบบ่อยคือ

2.1 น้ำท่วมปอด (pulmonary edema) เกิดเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของการซึมผ่านน้ำในหลอดเลือดฝอยของปอด (pulmonary capillary permeability) ร่วมกับการมีภาวะน้ำเกิน (fluid overload) ทำให้ของเหลวซึมออกมาจากหลอดเลือดฝอยง่ายขึ้น เชื่อว่ากลไกที่ทำให้ของเหลวมาสะสมมากบริเวณส่วนกลาง (central area) ของปอด เกี่ยวข้องกับภาวะกรดเกินที่ทำให้เกิดการหดตัวของถุงลมเล็กๆ ทำให้เกิดน้ำคั่งได้ (โสภณ นภทร, 2542)

2.2 ปอดอักเสบ (pneumonia) พบอุบัติการณ์ได้สูง เชื่อที่ทำให้เกิดปอดอักเสบมักเกิดจากแบคทีเรียกรัมลบชนิดแท่ง และกรัมบวกชนิดสแตปไฟโลคอคคัส (staphylococcus) ซึ่งเป็นเชื้อประจำถิ่นของทางเดินหายใจ ปังจัยเสริมได้แก่ ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ภาวะทุพโภชนาการของผู้ป่วย และกล้ามเนื้อในการหายใจที่อ่อนแรงลงส่งผลให้เกิดการไปลดลง (โสภณ นภทร, 2542)

2.3 ลักษณะการหายใจเร็วลึก (hyperventilation) เกิดจากภาวะความเป็นกรดในร่างกายจากการมีของเสียคั่ง ร่างกายจึงปรับกลไกให้มีการหายใจที่เร็วขึ้น เพื่อเพิ่มการแลกเปลี่ยนก๊าซของร่างกาย นอกจากนี้ผู้ป่วยหายใจได้กลิ่นปัสสาวะ (uremia fetor) และมีอาการสะอึก

3. ระบบประสาท ภาวะยูรีเมียมีผลต่อระบบประสาททั้งส่วนกลางและส่วนปลาย

3.1 ระบบประสาทส่วนกลาง เริ่มต้นแต่มีอาการซึมลง ขาดสมาธิ ความตั้งใจทำงานลดลง การตัดสินใจไม่ดี เมื่อเป็นมากขึ้นอาจเกิดการสับสน ไม่รู้วัน เวลา บุคคล สถานที่ ประสาทหลอน และกลายเป็นโรคจิตได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบุคลิกภาพก่อนเจ็บป่วยของแต่ละบุคคลด้วย นอกจากนี้จะพบ อาการปวดศีรษะ อ่อนเพลียนอนไม่ค่อยหลับในเวลากลางคืน แต่มักง่วงซึมในเวลากลางวัน อาจพบอาการกระตุก ชัก เพ้อ และหมดสติในที่สุด กลุ่มอาการเหล่านี้เรียกว่า uremic

encephalopathy ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุร่วมกัน เช่น ภาวะโลหิตจาง ภาวะเมตาบอลิซึมของกลูโคสผิดปกติ ความผิดปกติของอิเล็กโทรลิต และดุลกรดด่าง ความสามารถในการใช้พลังงานของเซลล์ลดลง การใช้ออกซิเจนลดลง ร่วมกับกลไกการกักของแอมโมเนียในกระแสเลือดที่มีผลต่อการทำงานของสมองโดยตรง และการกักของสารที่มีโมเลกุลขนาดปานกลางตั้งแต่ 200-5,000 ดาลตัน (dalton) ที่แปรผันโดยตรงกับระดับของยูเรียในกระแสเลือด นอกจากนี้ ฮอร์โมนพาราไธรอยด์ที่เพิ่มสูงขึ้นในกระแสเลือด ยังทำให้แคลเซียมเข้าเซลล์ประสาทมากยิ่งขึ้น ทำให้รบกวนการทำงานของ การส่งสัญญาณประสาท (neurotransmission) และมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของสารกระตุ้นระบบประสาทอีกหลายตัวด้วยกัน (ชนันดา ตระการวานิช, 2542)

3.2 ระบบประสาทส่วนปลาย มักพบว่ามีอาการ restless leg syndrome ซึ่งเริ่มมีอาการร้อนที่เท้า กดแล้วเจ็บ มีอาการขยับเท้าตลอดเวลา ต่อมาจะมีอาการชา ผู้ป่วยมักเดินเท้าห่างทำให้การทรงตัวไม่ดี กลุ่มอาการเหล่านี้รวมเรียกว่า uremic myopathy กลุ่มอาการนี้จะประกอบด้วย กล้ามเนื้อแขนขาส่วนต้นอ่อนแรง (proximal muscle weakness) โดยเฉพาะที่ขาทั้ง 2 ข้าง มักเป็นกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอขาของสะโพก แต่สามารถพบได้ที่กล้ามเนื้อแขนเช่นกัน ในขณะที่กล้ามเนื้อส่วนปลายจะปกติ อาจมีอาการปวดกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้ออ่อนปวกเปียก (flaccid) ร่วมกับอาการกล้ามเนื้อส่วนปลายอ่อนแรง การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ผู้ป่วยจะอ่อนเพลีย ไม่มีแรงในการเคลื่อนไหวหรือทำงาน

4. ระบบทางเดินอาหาร ภาวะยูริเมียมีผลกระทบต่อทางเดินอาหารทุกส่วน พบว่ามีแผลที่ปาก กระเพาะอาหาร (ร้อยละ 25 ของผู้ป่วย) ถ้าไส้เล็กส่วนต้น ถ้าไส้ใหญ่ มีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน ท้องผูก มีเลือดออกในทางเดินอาหาร จะมีการรับรู้รสผิดเพี้ยน

5. ระบบเลือดและอวัยวะสร้างเลือด ภาวะที่พบบ่อยในระบบคือ ภาวะโลหิตจาง ภาวะเลือดออกง่าย และภาวะต้านทานต่อโรคติดเชื้อ

5.1 ภาวะโลหิตจาง เป็นภาวะที่ทำให้โรคไตวายรุนแรงขึ้น ถึงแม้ว่าได้รับการรักษาด้วยการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมก็ตาม พบว่าระดับฮีโมโกลบินต่ำกว่า 6 กรัมเปอร์เซ็นต์ ลักษณะเม็ดเลือดแดงมีขนาดและคิดสีปกติ ซึ่งสาเหตุภาวะโลหิตจางในผู้ป่วยนี้เกิดจาก

5.1.1 มีการสร้างฮอร์โมนอิริโทรพอยอิตินลดลง ปกติฮอร์โมนนี้ถูกสร้างที่ไต มีหน้าที่ไปกระตุ้นไขกระดูกให้มีการสร้างเม็ดเลือดแดงมากขึ้น

5.1.2 เม็ดเลือดแดงมีอายุสั้นกว่าปกติ เนื่องจากร่างกายมีภาวะเป็นกรด มีพิษมาก เช่น กัวนิดิน (guanidin) ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกง่าย มีอายุสั้นกว่าปกติร้อยละ 30-50 ของอายุเม็ดเลือดแดง

5.1.3 มีการสูญเสียเลือดในระบบทางเดินอาหารและจากการเจาะเลือดไปตรวจบ่อยๆและการรักษาด้วยการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ประมาณเดือนละ 400-600 มิลลิลิตร ทำให้มีการสูญเสียเหล็กไปด้วย (เลือด 20 มิลลิลิตรมีเหล็ก 5 มิลลิกรัม) ฉะนั้นผู้ป่วยจึงมีภาวะซีดจากการขาดเหล็กเป็นส่วนใหญ่ (Iron deficiency anemia) (Gulcelik & Kayatas, 2002)

5.1.4 มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์มาก เนื่องจากการกระตุ้นของภาวะแคลเซียมในเลือดต่ำส่งผลให้ไขกระดูกเกิดไฟโบรลีส ไขกระดูกฝ่อจึงไม่สามารถสร้างเม็ดเลือดแดงได้

5.2 ภาวะเลือดออกง่าย ในภาวะยูริเมียตรวจพบว่าเกล็ดเลือดมีคุณภาพลดลง ทั้งที่มีจำนวนเกล็ดเลือดปกติ อีกทั้งยังทำให้มีเพลทเลทแฟกเตอร์สามลดลง ทำให้การแข็งตัวของเลือดต้องใช้เวลาานานนอกจากนี้ บางครั้งยังพบว่ามีภาวะจำนวนเกล็ดเลือดต่ำด้วย

5.3 ภาวะความต้านทานต่อโรคต่ำ ภาวะยูริเมียทำให้ระดับอิมมูโนโกลบูลินและคอมพลีเมนต์ปกติ แต่พบว่าความต้านทานต่อเชื้อโรคต่ำเพราะสารพิษต่างๆ ไปยับยั้งการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย

6. ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก กล้ามเนื้อ ข้อย และกระดูกมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีภาวะยูริเมีย พบกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็บส์อ่อนแรง โดยเฉพาะ เมื่อมีความไม่สมดุลของสารอิเล็กโตรลัยท์ และมีอาการเจ็บปวดข้อ จากมีการเกาะของแคลเซียม บริเวณข้อกระดูกมีการเปลี่ยนแปลงอาจมี กระดูกผุ กระดูกพรุน เนื่องจากไตเสียหน้าที่ในการสังเคราะห์ $1, 25-(OH)_2$ vitamin D ซึ่งเป็นวิตามินดี ที่จะช่วยให้การดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้ได้ดี จึงทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำ ผลทำให้เกิดภาวะกระดูกน่วม (osteomalacia) และ โรคกระดูกอ่อน (rickets) เมื่อแคลเซียมในเลือดต่ำมีผลกระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์มากขึ้น ทำให้เกิดกระดูกอักเสบชนิดมีเนื้อเยื่อ เส้นใยมาก (osteiti fibrosis) ขณะเดียวกันเมื่อเกิดไตเสียหน้าที่ ไม่สามารถขับฟอสเฟตออกทางปัสสาวะได้หรือออกน้อยมาก มีผลทำให้ฟอสเฟตค้างคั่งในเลือดมาก ประกอบกับมีการหลั่งฮอร์โมนพาราไทรอยด์มากขึ้น ทำให้ระดับแคลเซียมสูงขึ้น แล้วรวมตัวกับฟอสเฟตเป็นแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งมักจะไปเกาะตามเนื้อเยื่อต่างๆ เช่น ผิวหนัง ตา ข้อต่อ หลอดเลือด หัวใจ ปอด และกระดูกเกิดภาวะ กระดูกแข็ง (osteosclerosis) ภาวะนี้ จะทำให้มีการตีบแคบของหลอดเลือดแดง มีเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลดลง และฮอร์โมนพาราไทรอยด์ ก็สามารถรบกวนการทำงานของโมโตคอนเดรียของกล้ามเนื้อได้โดยตรงเช่นกัน สารอื่นๆ ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อในภาวะยูริเมีย คือ คาร์นิทีน ซึ่งมีบทบาทในการทำงานของไมโทคอนเดรียของกล้ามเนื้อชนิด I และ IIa ซึ่งเป็นขบวนการเผาผลาญแบบออกซิเจน คาร์นิทีนในร่างกายของผู้ป่วยจะลดลง เนื่องจากได้รับทางอาหารไม่เพียงพอ มีการสร้างลดลงในร่างกายเนื่องจากความไม่สมดุลของภาวะกรดต่าง และการ

สูญเสียไปในการทำการฟอกเลือด (ชนันดา ตระการวานิช, 2544) นอกจากนี้ ยังพบว่ามึกล้ามเนื้อ ต้นขาควอด ไตรเซ็ปส์อ่อนแรง (muscle weakness) (McCann & Boore, 2002) ทำให้ผู้ป่วยลุกนั่งเดินลำบาก บางรายเป็นมากต้องคลานขึ้นบันได มักพบร่วมกับภาวะกระดูกน่วม

7. ระบบผิวหนัง แม้ว่าผลกระทบของภาวะยูรีเมียต่อผิวหนังจะมีความรุนแรงน้อยกว่าระบบอื่นๆ ของร่างกายก็ตาม แต่อาการที่เกิดขึ้นกับผิวหนังนั้นทำให้ผู้ป่วยมีความไม่สุขสบายทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ผิวหนังจะแห้งและตกสะเก็ด เนื่องจากต่อมไขมัน และต่อมเหงื่อฝ่อลง ทำให้ไม่มีการขับเหงื่อ และเกลื้อยูเรีย (uremic frost) เกาะอยู่ที่ผิวหนังทำให้ผิวหนังแห้ง มีขุยขาวๆ อาการคันที่ผิวหนัง เกิดจากผิวหนังแห้ง และมีแคลเซียมฟอสเฟตที่ผิวหนังมาก อาการคันเนื่องจากมีเกลื้อยูเรียคัน (uremic pruritus) นั้น ยังไม่มีคำอธิบายเป็นพยาธิสรีรวิทยาชัดเจน (Ro, Ita, Kim, & Yeom, 2002) จึงมีการเขียนอธิบายไว้หลายปัจจัยกระตุ้น ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มระดับของวิตามินเอ หรือการหลั่งฮิสตามีน (histamine) ของมาสเซลล์ (mast cell) เป็นต้น บางครั้งผู้ป่วยคันมากจึงเกาจนเป็นแผล (excoriation) นอกจากนี้ ยังพบว่าผิวหนังจะช้ำและเหลือง เกิดจากภาวะโลหิตจาง และมีสารยูโรโครม (urochrome) คั่งอยู่ที่ผิวหนัง ในภาวะที่ยูรีเมียรุนแรง จะมีจ้ำเลือดเกิดขึ้นจากการแตกของหลอดเลือดเล็กๆ นอกจากนี้ เล็บและเส้นผมจะมีลักษณะแห้ง เปราะ และหักหรือขาดง่าย เนื่องจากขาดสารอาหารโปรตีน

8. ความไม่สมดุลของสารอิเล็กโทรไลต์ และความเป็นกรด มักพบความไม่สมดุลของสารอิเล็กโทรไลต์ และความเป็นกรดในภาวะไตวายระยะสุดท้าย พบว่ามีภาวะความเป็นกรดสูง มีโพแทสเซียมสูง แคลเซียมต่ำ ฟอสเฟตสูง แมกนีเซียมสูง หรืออาจจะมีความผิดปกติของโซเดียมสูงหรือต่ำ ทั้งนี้เกิดเนื่องจากไตไม่สามารถรักษาความสมดุลในการขับหรือดูดซึมกลับของสารอิเล็กโทรไลต์ได้

9. ระบบต่อมไร้ท่อ ผู้ป่วยที่มีภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย จะมีอาการและอาการแสดงของต่อมไร้ท่อทำงานผิดปกติ เช่น ต่อมไทรอยด์ ต่อมพาราไทรอยด์ ต่อมพาราไทรอยด์ มีผลทำให้เด็กเจริญเติบโตช้า ตรวจพบว่าเป็นโรคคอพอก อวัยวะเพศเจริญเติบโตไม่เต็มที่ (โดยเฉพาะในวัยเด็ก)

10. ระบบสืบพันธุ์ ทั้งเพศหญิงและชาย มีความรู้สึกระคายเคืองทางเพศลดลง และเป็นหมัน ในผู้ป่วยหญิงไม่มีประจำเดือน หรือมาไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากระดับโปรเจสเตอโรนน้อยลง ในผู้ป่วยชายมีระดับเทสโตสเตอโรนลดลง ทำให้จำนวนอสุจิน้อยลง

11. ตา มักพบว่ามีตาแดง (red eyes syndrome) เกิดเนื่องจากมีแคลเซียมไปเกาะที่เยื่อตา แล้วทำให้ระคายเคือง นอกจากนี้อาจพบว่ามีเปลี่ยนแปลงของเรตินา (retinopathy)

แนวทางการรักษาภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย

เนื่องจากภาวะไตวายเรื้อรังนั้น สามารถแบ่งออกได้หลายระยะด้วยกัน การรักษานั้นขึ้นอยู่กับระยะของโรคในระยะแรกคือ ระยะที่ 1 และระยะที่ 2 นั้น การรักษาจะเป็นแบบประคับประคอง (conservative treatment) ได้แก่ การควบคุมอาหาร (diet intervention) การจำกัดอาหารพวกโปรตีนต่ำ และพลังงานสูงประมาณวันละ 2,000-2,500 แคลอรีเป็นหลัก ส่วนอาหารอื่นที่จำเป็นต้องพิจารณาจำกัด ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม และฟอสเฟต เป็นต้น นอกจากอาหารแล้วยังต้องควบคุมสารน้ำอีก (fluid restriction) ด้วย แนวทางการรักษาแบบประคับประคองอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้ยาช่วยในการทดแทนสารที่ขาด หรือเพื่อลดจำนวนสารที่ไม่ต้องการ ยาที่ใช้บ่อย ได้แก่ ยาขับปัสสาวะ ยาลดความดันโลหิต วิตามินต่างๆ แคลเซียม เหล็ก และยาที่แก้ไขภาวะโปแตสเซียมสูง เมื่อระยะของโรคลุกลามเป็นระยะที่ 3 และระยะที่ 4 การรักษาแบบประคับประคองเพียงอย่างเดียวไม่สามารถจะทำให้ผู้ป่วยสามารถมีชีวิตอยู่ได้แบบมีคุณภาพชีวิต ต้องใช้การรักษาทดแทนไตร่วมด้วย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น การล้างไตทางช่องท้องอย่างต่อเนื่อง การผ่าตัดเปลี่ยนไต และการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

วิทยาการรักษาด้วยการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมนั้น เป็นวิธีการที่แพทย์และกลุ่มผู้ป่วยนิยมใช้มากที่สุดวิธีการหนึ่งในปัจจุบัน (อุษณา ลูวิระ, 2542) เนื่องจากการใช้เวลาต่อครั้งของการฟอกเลือดน้อยกว่าการล้างไตทางช่องท้อง และค่าใช้จ่ายในระยะสั้นน้อยกว่าการผ่าตัดเปลี่ยนไต

การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

หลักการทั่วไปในการทำการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมคือ การนำเลือดจากตัวผู้ป่วยมาผ่านตัวกรองไตเทียม โดยเครื่องไตเทียมมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ การปรับสมดุลของเกลือแร่ของผู้ป่วยไตวายในแต่ละราย ไม่ให้มีปริมาณเกลือโซเดียม และน้ำมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความดันโลหิตสูง และหัวใจล้มเหลวตามมา

กระบวนการการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมนั้น อธิบายไว้โดยบุญธรรม จิระจันทร์ ในปี พ.ศ. 2542 ว่า ถ้ามีสารละลาย 2 ชนิด ถูกกั้นขวางแยกจากกันด้วย semipermeable membrane ซึ่งเป็นแผ่นเมมเบรนที่มีรูเล็กๆ เต็มไปหมด semipermeable membrane นี้ยอมให้น้ำและสารตัวละลาย (solute) ที่มีขนาดเล็กซึมผ่านรูที่เมมเบรนได้ แต่ไม่ยอมให้สารตัวละลายที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่เช่น โปรตีนซึมผ่าน เรียกการเคลื่อนที่ของสารละลายที่อยู่ในสารละลาย 2 ชนิดซึมผ่าน semipermeable

membrane ว่า กระบวนการการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม การเคลื่อนที่ผ่าน semipermeable membrane ของสารตัวละลายนี้ อาศัยกลไก 2 ประเภท คือ การซึม (diffusion) และการพา (convection)

การซึม เป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารตัวละลายจากสารละลายหนึ่งผ่าน semipermeable membrane ไปยังอีกสารละลายหนึ่ง โดยสารละลายทั้ง 2 ชนิดนี้ อยู่คนละส่วนกัน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการซึม คือ

Concentration gradient ตามกฎของฟิสิกส์เรื่องของไหล จะมีการเคลื่อนที่ของของไหล จากที่สารละลายมีความเข้มข้นของตัวละลายสูงกว่า ไปยังที่ที่มีความเข้มข้นของสารตัวละลายต่ำกว่าผ่าน semipermeable membrane

น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) สารตัวละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก มีมวลมากกว่าและมีขนาดใหญ่ ทำให้เคลื่อนผ่านรูของเมมเบรนได้ยาก หรืออาจผ่านไม่ได้เลย และหากน้ำหนักโมเลกุลน้อยจะทำให้ความเร็วของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสารตัวละลาย เร็วกว่าสารตัวละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลมาก

Membrane resistance ความต้านทานของเมมเบรนต่อการเคลื่อนผ่านของสารตัวละลาย ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเมมเบรน ที่ใช้เป็นตัวกรองไตเทียมเมมเบรนที่มีรูขนาดใหญ่และมีความหนาน้อย จะทำให้สารตัวละลายเคลื่อนผ่านได้ง่ายกว่าเมมเบรนที่มีรูขนาดเล็กและมีความหนามาก เมมเบรน ที่มีรูขนาดใหญ่จะถูกเรียกว่า High-flux membrane อีกประการหนึ่ง ความต้านทานจะขึ้นอยู่กับน้ำที่จับอยู่บนผิวของเมมเบรน ถ้ามีน้ำจับไว้หนาจะมีกระบวนการซึมลดลง

การพา (convection, convective transport และ ultrafiltration) หมายถึง การเคลื่อนที่ของสารตัวละลายที่ถูกพาไปตามการเคลื่อนที่ของน้ำ ส่วน ultrafiltration หมายถึง การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน semipermeable membrane โดยอาศัย hydrostatic pressure ของสารละลายด้านเดียวกันกับน้ำที่จะเคลื่อนที่ หรืออาศัยแรงดันออสโมติก osmotic pressure ของสารละลายคนละด้านกับน้ำที่จะเคลื่อนที่ เป็นแรงผลักดัน น้ำมีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถซึมผ่านเมมเบรน ได้ดี ขณะที่น้ำเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรน น้ำจะนำสารตัวละลายที่มีขนาดเล็กผ่านรูของเมมเบรนตามไปด้วย กระบวนการที่ solute เคลื่อนที่ออกไปตามการเคลื่อนที่ของน้ำคล้ายกับกลไกการพาความร้อน (convection) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า solute drag น้ำเป็นตัวลากเอาสารตัวละลายให้เคลื่อนที่ไป ส่วนการซึมนั้น ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของน้ำ

ระหว่างการฟอกเลือด สารตัวละลายที่จะเคลื่อนที่ในการฟอกเลือด คือ ของเสียที่คั่งค้างในร่างกายของผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง เช่น ยูเรียในโตรเจน ครีเอตินิน และ สารโมเลกุลขนาดกลาง (middle molecular) ต่างๆ ที่ทำให้เกิดอาการยูรีเมีย (uremia) ในขณะการฟอกเลือด สารเหล่านี้จะเคลื่อนที่จากเลือดผู้ป่วยซึ่งมีปริมาณมากผ่านตัวกรองไตเทียมเข้าสู่ dialysis solution ซึ่งไม่มีสาร

เหล่านี้เลย และสารตัวละลายอีกตัวหนึ่งที่จะเคลื่อนที่คือ อิเล็กโทรไลต์ ที่เป็นส่วนประกอบของเลือด และ น้ำยาไตเทียม (dialysis solution) เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กลอไรด์ เป็นต้น อิเล็กโทรไลต์ตัวใดจะเคลื่อนเข้าหรือออกจากเลือดขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ตัวนั้น ในเลือดกับน้ำยาไตเทียม ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่มีน้ำยาอะซิเตทผสม และชนิดที่มีน้ำยาไบคาร์บอเนตผสม ในปัจจุบันนิยมใช้ชนิดที่มีน้ำยาไบคาร์บอเนตผสม เนื่องจากมีภาวะแทรกซ้อนน้อยกว่า

ภาวะแทรกซ้อนของการทำการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

สามารถแบ่งออกได้เป็นภาวะแทรกซ้อนระยะสั้นและระยะยาว ดังนี้

ภาวะแทรกซ้อนระยะสั้น (วสันต์ สุเมธกุล, 2537)

ภาวะแทรกซ้อนซึ่งสามารถพบได้ในระยะแรก มีดังนี้

1. ความดันโลหิตต่ำ คือการมีความดันเลือดลดลงต่ำกว่า 100 มม.ปรอท หรือความดันซิสโตลิกลดลงมากกว่า 20-30 มม.ปรอท เมื่อเทียบกับความดันก่อนเริ่มการฟอกเลือด อาจพบอาการแสดงได้แก่ อาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ร่วมด้วย อุบัติการณ์การเกิดความดันโลหิตต่ำขึ้นอยู่กับ อายุ เพศ และโรคเดิมของผู้ป่วย สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการดึงน้ำออกจากตัวผู้ป่วยมากเกินไป ผลของยาลดความดันโลหิตที่ผู้ป่วยรับประทาน ภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ และประเภทของน้ำยาที่ใช้พบว่า การใช้น้ำยาไตเทียมที่มีส่วนผสมของน้ำยาอะซิเตทจะทำให้ผู้ป่วยมีความดันโลหิตต่ำลงมากกว่าใช้น้ำยาไบคาร์บอเนต

2. ตะคริว พบประมาณร้อยละ 20 ของจำนวนครั้งของการฟอกเลือดผู้ป่วย สาเหตุเกิดจากการดึงน้ำออกเร็วหรือมากเกินไป ทำให้มีน้ำในกระแสเลือดลดลงอย่างรวดเร็ว ร่วมกับการมีออกซิเจนต่ำของเลือดลดลงอย่างรวดเร็วอีกด้วย

3. Dialysis disequilibrium syndrome (DDS) อาการแสดงของภาวะนี้ ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน เพ้อ ชัก และหัวใจเต้นผิดจังหวะ (cardiac arrhythmia) มักพบได้ในผู้ป่วยที่ทำการฟอกเลือดเป็นครั้งแรก โดยเฉพาะในปัจจุบันมีตัวกรองฟอกเลือดที่มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น การพัฒนาเครื่องไตเทียมให้สามารถเพิ่มรอบการดึงน้ำได้มากกว่าเดิม (blood flow rate) ทำให้อุบัติการณ์ของ dialysis disequilibrium syndrome เพิ่มขึ้นอีกมาก

4. หัวใจเต้นผิดจังหวะ เกิดจากการไม่สมดุลของโพแทสเซียมในเลือดซึ่งเกิดขึ้นหลังการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม โดยทั่วไปการฟอกเลือดจะนิยมใช้น้ำยาที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมต่ำ เพื่อให้สามารถดึงโพแทสเซียมออกจากร่างกาย ผลเสียที่ตามมาคือ ทำให้ผู้ป่วยเกิด

ภาวะโพแทสเซียมในเลือดต่ำ ซึ่งหากผู้ป่วยรับประทานยาดิจิทอลิส หรือมีโรคหัวใจเดิมอยู่ด้วยอาจทำให้ผู้ป่วยมีหัวใจเต้นผิดปกติได้

5. ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้เฮพาริน (Heparin) ผู้ป่วยอาจมีเลือดออกมากผิดปกติเนื่องจากฤทธิ์ของเฮพารินที่ได้รับในระหว่างการฟอกเลือด การมีเลือดออกในอวัยวะสำคัญนั้นสามารถทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า สามารถทำให้เกิดภาวะเกร็ดเลือดต่ำ ได้อีกด้วย ดังนั้นในผู้ป่วยบางรายที่มีภาวะเสี่ยงสูงควรคงการใช้เฮพารินในการทำการฟอกเลือด โดยจะพิจารณานำมาใช้เป็นบางรายเท่านั้น

6. ภาวะฟองอากาศอุดตันในหลอดเลือด (air embolus) เกิดได้จากอากาศบริเวณวงจรไตเทียมส่วนต้นก่อนถึงตัวหมุนเลือด (blood pump) ถูกดูดเข้ามาในวงจรไตเทียมทั้งหมด (blood circulation circuit) ตำแหน่งที่อากาศอาจรั่วเข้ามาในระบบไหลเวียนเลือดของผู้ป่วยได้แก่ ที่เข็มแทงหรือที่อื่นที่มีรอยรั่ว ปริมาณอากาศที่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตจากภาวะฟองอากาศอุดตันในหลอดเลือดได้ คือ 65-125 มิลลิลิตร แก้ไขโดยการให้ออกซิเจนเข้มข้นร้อยละ 100 และจัดทำให้ผู้ป่วยนอนตะแคงซ้าย

7. การเสียเลือดเฉียบพลัน (acute hemorrhage) เกิดได้จากการหลุดร่วของอุปกรณ์ต่างๆ ในวงจรไตเทียม

8. ภาวะเม็ดเลือดแดงแตกตัว (hemolysis) เกิดได้จากน้ำยาไตเทียมเจือจางเกินไป การปนเปื้อนของคอปเปอร์ (copper) ฟอรัมาดีไฮด์ (formaldehyde) และคลอไรด์ไนเตรต (chloramide nitrate) ในน้ำยาโคอะลติส และอุณหภูมิของน้ำยาโคอะลติสสูงเกิน 37 องศาเซลเซียส

9. การเกิดปฏิกิริยาระหว่างตัวกรองและเลือดของผู้ป่วย (blood-membrane interaction) เกิดจากการกระตุ้นคอมพลีเมนต์ ทำให้เกิดกลุ่มอาการที่เรียกว่า First Use syndrome ผู้ป่วยจะมีอาการเจ็บหน้าอก ปวดหลัง มีอาการคัน เป็นต้น

ภาวะแทรกซ้อนระยะยาว

การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมในระยะยาว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบต่างๆ ของร่างกายหรือเกิดภาวะแทรกซ้อนได้หลายประการ ดังนี้ (เกรียง ตั้งสง่า, 2537)

1. ภาวะการติดเชื้ เนื่องจากเกิดก้อนเลือดอุดตันบริเวณเส้นเลือดต่อของหลอดเลือดแดง และหลอดเลือดดำ ซึ่งทำให้ผู้ป่วยมีอัตราการตายสูงขึ้นเนื่องจากเป็นเส้นเลือดสำคัญที่ใช้ในการฟอกเลือด พบอัตราการติดเชื้ได้ถึง 4.62 ราย ต่อประชากรที่ฟอกเลือด 1,000 ราย (Stevenson et. al, 2000)

2. การเปลี่ยนแปลงระบบหัวใจและหลอดเลือด มักพบได้บ่อยในผู้ป่วยที่มีโรคพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวใจที่ไม่ได้อยู่ ได้แก่ โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง เป็นต้น พบว่าภาวะแทรกซ้อนของระบบนี้ เป็นสาเหตุการตายถึงร้อยละ 50 ของผู้ป่วยกลุ่มนี้ทั้งหมด (Deligiannis et. al., 1999) ปัญหาที่พบได้บ่อยในระบบนี้ ได้แก่

2.1 ภาวะความดันโลหิตสูง พบประมาณร้อยละ 80 ของผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม (เกรียง ตั้งสง่า, 2537) ค่าของความดันโลหิตสูงกว่า 150/90 มิลลิเมตรปรอท เกิดได้จากปัจจัยหลายประการด้วยกัน ได้แก่

2.1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโซเดียม น้ำ และน้ำนอกเซลล์ในร่างกาย ตามปกติในร่างกายจะมีความสมดุลของน้ำนอกเซลล์ น้ำ และโซเดียม ซึ่งมีค่าคงที่อยู่น้ำนอกเซลล์ประมาณ 135-145 มิลลิอิกวาเลนซ์ อย่างเหมาะสม ในผู้ป่วยที่ทำการฟอกเลือดระยะยาวการขับน้ำ และโซเดียมทางปัสสาวะจะลดลง และมีปริมาณเลือดออกจากหัวใจในหนึ่งนาทีเพิ่มขึ้นตามมา ต่อมาร่างกายปรับตัวมีการบีบตัวของหลอดเลือดเพื่อลดการไหลเวียนของเลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ โดยอาศัยกระบวนการ autoregulation ซึ่งจะทำให้มีความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงแรงต้านของหลอดเลือด เนื่องจากการขนส่งโซเดียมออกจากเซลล์ลดลงจากภาวะยูรีเมีย มีการบวมของเซลล์ผนังหลอดเลือดเกิดการตีบแคบ จึงมีแรงต้านเพิ่มขึ้น และส่งผลให้มีความดันโลหิตสูงขึ้นได้

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงในระดับฮอร์โมนเรนินแองจิโอเทนซิน เนื่องจากความสามารถในการขับฮอร์โมนออกจากร่างกายลดลง

2.1.4 การเปลี่ยนแปลงระบบประสาทอัตโนมัติซิมพาเทติก ซึ่งยังไม่ทราบกลไกแน่ชัด

2.1.5 การเปลี่ยนแปลงของระดับแคลเซียมในเซลล์ และนอกเซลล์ ทำให้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อหลอดเลือดได้

2.2 ความดันโลหิตต่ำ เกิดได้จากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ผลของยาลดความดันโลหิตที่รับประทานก่อนมาฟอกเลือด ผลของการดึงน้ำส่วนเกินออกจากร่างกายมากเกินไป การเปลี่ยนแปลงของระดับพลาสมาออสโมลาริตี และความผิดปกติของการทำงานของหัวใจเอง

2.3 เยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ (pericarditis) เป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญอีกประการหนึ่ง พบว่าเกิดจากภาวะยูรีเมีย การใช้เฮพารินระหว่างการฟอกเลือดทำให้เกิดเลือดขังในเยื่อหุ้มหัวใจ และการติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย

2.4 ภาวะหัวใจล้มเหลว (heart failure) มีสาเหตุเนื่องมาจาก ความดันโลหิตสูง ภาวะมีน้ำเกินในร่างกาย ภาวะเลือดจาง ภาวะหลอดเลือดหัวใจตีบ ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ ภาวะ

ทพโภชนาการและการเกิดรอยรั่วระหว่างหลอดเลือดแดงและดำ (arterio-venous fistula) ทำให้มีเลือดกลับสู่หัวใจมากกว่าปกติ กระตุ้นให้หัวใจทำงานเพิ่มขึ้นมากเกินไปได้

3. การเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังต้องมาพบแพทย์ เพื่อทำการรักษาการเปลี่ยนแปลงของระบบการหายใจนั้น คล้ายกับที่เกิดในระยะสั้นแต่คงอยู่นานกว่า (เกรียง ตั้งสง่า, 2537) การเปลี่ยนแปลงที่พบบ่อย ได้แก่

3.1 ภาวะ uremic lung เป็นลักษณะทางคลินิกที่พบบ่อยจากภาพถ่ายรังสีทรวงอก คือ มี pulmonary congestion เกิดขึ้นเนื่องจากการควบคุมปริมาณน้ำเกินที่สะสมในร่างกายไม่ดีพอ

3.2 ภาวะน้ำคั่งในเยื่อหุ้มปอด (pleural effusion)

3.3 ภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำ (hypoxemia) เกิดขึ้นเนื่องจากการถูกกระตุ้นระบบคอมพลิเมนต์ของปอดจากการใช้ตัวกรองไตเทียม เกิดการขยุ้มของเม็ดเลือดขาวบริเวณหลอดเลือดฝอยของปอด เพื่อหลั่งสารเคมีต่างๆ สารเคมีเหล่านี้ มีผลทำให้เซลล์ผนังหลอดเลือดฝอยสูญเสียหน้าที่ มีน้ำรั่วจากหลอดเลือดเข้าสู่ปอด เกิดน้ำคั่งในปอด และภาวะออกซิเจนในเลือดต่ำตามลำดับ ในระหว่างการฟอกเลือดจะพบค่าออกซิเจนต่ำลงได้เล็กน้อย จากการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ไปกับน้ำยาไตเทียม

4. การเปลี่ยนแปลงต่อระบบโลหิตวิทยา (ถนอม สุภาพร, 2542)

4.1 ภาวะโลหิตจาง (anemia) พบได้บ่อยในผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรัง โดยเฉพาะเมื่อมี GFR ต่ำกว่า 25 มิลลิลิตรต่อนาที ภาวะโลหิตจางทำให้ผู้ป่วยอ่อนเพลีย เชื่องซึม และไม่กระฉับกระเฉง เมื่อตรวจดูเม็ดเลือดแดงพบว่า ขนาดและปริมาณเม็ดเลือดแดงเป็นปกติ สาเหตุเกิดจากการขาดฮอร์โมนอีริโทรพอยอิติน ภาวะ uremic toxin การสะสมอะลูมิเนียมในร่างกายผู้ป่วยระหว่างการฟอกเลือดจากน้ำปนเปื้อน หรือจากยาลดกรดบางชนิด การมีภาวะ hyperparathyroidism การเสียเลือดจากร่างกายในการทำการฟอกเลือด และจากการเจาะเลือดส่งตรวจมากเกินไป

4.2 ปัญหาเลือดออกง่าย (bleeding tendency) อาจเกิดจากการใช้เฮพารินในการฟอกเลือดมากเกินไป ในระหว่างการฟอกเลือดอาจทำให้การกระตุ้นคอมพลิเมนต์ เกิดการรวมกลุ่มก้อนของเกล็ดเลือด เกิดภาวะเกร็ดเลือดต่ำได้

5. ผลแทรกซ้อนต่อระบบต่อมไร้ท่อ เนื่องจากความสามารถในการขับของเสียออกจากร่างกายลดลงจะทำให้เกิดการคั่งของฮอร์โมนทุกชนิดในร่างกาย ไม่ว่าจะเป็น อินซูลิน กลูคาگون อัลโดสเตอโรน รัชรอยด์ หรือคอร์ติโซล เป็นต้น ทำให้การทำหน้าที่ของฮอร์โมนเหล่านี้สูงเกินไป

6. ผลแทรกซ้อนต่อระบบกระดูก กระดูกจะมีความผิดปกติจากฮอร์โมนพารารัชรอยด์ที่สูงขึ้น มีอาการปวดกระดูก ปวดข้อ และคันตามผิวหนัง จากการสะสมของแคลเซียมตามผิวหนัง

ถ้าสะสมตามข้อจะทำให้เกิดข้ออักเสบและปวด มีการคั่งของไฮดรอนฟอสเฟตกระตุ้นให้ร่างกายขาดวิตามินดีในรูปที่ออกฤทธิ์ได้ มีการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกระดูกและการเจริญเติบโตของร่างกายจะลดลง

7. การติดเชื้อไวรัสตับอักเสบ โดยเฉพาะเชื้อไวรัสตับอักเสบบี และซี ผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อนี้จะส่งผลเสียไปถึงผู้อื่นได้ เนื่องจากได้รับเชื้อแล้วจะอยู่ในภาวะการติดเชื้อเรื้อรัง เมื่อผู้ป่วยได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนไต ได้รับยากดภูมิคุ้มกัน จะส่งผลให้จำนวนไวรัสเพิ่มมากขึ้น และเกิดภาวะแทรกซ้อนทางตับเพิ่มมากขึ้น ในปี ค.ศ.1999 พบอุบัติการณ์ความชุก (ในการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบบี และซี) ร้อยละ 0.9 และ 8.9 ตามลำดับในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับในประเทศไทย วสันต์ สุเมธกุล และคณะ ดำรงเมื่อปี พ.ศ.2537 พบมีการติดเชื้อร้อยละ 9.83 ในผู้ป่วยร่เปลี่ยนไต และร้อยละ 6.39 ในผู้บริจาคโลหิตของโรงพยาบาลรามารบดิ ปัจจัยที่ทำให้ผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงได้แก่ การรับบริจาคโลหิตในผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจาง จึงมีความพยายามในการใช้ฮอร์โมนเพื่อการรักษาเพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาที่รักษาด้วยการฟอกเลือด ผู้ป่วยที่มีการฟอกเลือดยาวนานจะมีความเสี่ยงในการติดเชื้อสูงขึ้น (พรเทพ ลีลาสงวน และ วสันต์ สุเมธกุล, 2545)

8. ปัญหาทุพโภชนาการ เป็นภาวะที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย โดยมีความชุกร้อยละ 18-70 ขึ้นอยู่กับสถาบันและวิธีการประเมินสภาวะทางโภชนาการ ภาวะทุพโภชนาการเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ทำให้มีอัตราการเจ็บป่วยและเสียชีวิตที่สูงขึ้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะยูรีเมียได้แก่ อาการเบื่ออาหาร รับประทานอาหารได้น้อย ภาวะไม่สมดุลกรดด่างในร่างกาย เป็นต้น (สิงห์โต มุกนนท์ และประเสริฐ ธนกิจจารุ, 2545)

9. ปัญหาด้านสุขภาพจิต การรักษาด้วยการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม จะทำให้ผู้ป่วยเกิดความเครียดได้เช่นเดียวกับผู้ป่วยโรคเรื้อรังอื่นๆ เนื่องจากต้องผูกพันกับเครื่องไตเทียมและมีสภาพไม่แข็งแรง ต้องควบคุมน้ำดื่มและอาหาร ผู้ป่วยจะมีอาการซึมเศร้า กังวล และกลัวการเสียชีวิต การฟอกเลือดมีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันได้มากที่สุด (Levy, 1981, อ้างใน ธนันดา ตระการวานิช, 2545) เพราะผู้ป่วยต้องนอนฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง และใช้เวลา 10-15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยเฉพาะการทำการฟอกเลือดที่โรงพยาบาล สาเหตุเกิดจากความไม่แน่นอนของสุขภาพร่างกาย การต้องพึ่งพาผู้อื่นและเครื่องไตเทียม การเจ็บป่วยเรื้อรัง ความคาดหวังมากเกินไป และความสูญเสีย ไม่ว่าจะเป็นการต้องออกจากงาน การสูญเสียสถานภาพทางการเงิน ความเป็นผู้นำครอบครัว และความต้องการทางเพศที่ลดลงด้วย

การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์ ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย

ความหมายของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์

กล้ามเนื้อเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการออกกำลังเพื่อให้ได้งาน เป็นอวัยวะที่มีน้ำหนักมากที่สุดของร่างกายประกอบไปด้วยใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) จำนวนมาก เยี่ยมมโนภพ บุนนาค (2539) กล่าวถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อว่า หมายถึง แรง (tension) สูงสุดที่กล้ามเนื้อทำได้ในการหดตัว และ แมคอาร์เดิล, แคทซ์, และ แคทซ์ (McArdle, Katch, & Katch, 2001) กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึง แรงหรือแรงจับสูงสุดที่กล้ามเนื้อมัดนั้นๆ หรือกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องสามารถกระทำได้ในการหดตัว

จากการศึกษาของพลศรี ชัยนิวัฒนา (2528) เกี่ยวกับกล้ามเนื้อ Quadriceps femoris ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่เป็นส่วนหนึ่งของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า เป็นชื่อรวมของกล้ามเนื้อ 4 มัด ได้แก่ Rectus femoris, Vastus femoris, Vastus medialis, Vastus intermediate และ Vastus lateralis ซึ่งมีหน้าที่ทำให้สามารถเหยียดข้อเข้าได้ และส่วนของ Rectus femoris ซึ่งช่วยในข้อต่อสะโพกได้อีกด้วย เมื่อกล้ามเนื้อมัดนี้อ่อนแรงจะทำให้ผู้ป่วยลุกจากท่านั่งเป็นยืน และเดินขึ้นบันไดลำบาก ต้องใช้แขนและมือช่วย เวลาขึ้นเข่าจะแอ่นไปทางด้านหลัง (Hyperextension) เพื่อช่วยล็อกเข้าให้อยู่ในท่าเหยียด พบว่าหลังการฟื้นฟูสมรรถภาพของกล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์ กลุ่มทดลองจำนวน 31 ราย มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์ องศาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าและความยาวเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายในระยะเวลา 6 เดือน

ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ขนาดของกล้ามเนื้อ แรงการหดตัวของกล้ามเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ยิ่งมีขนาดใหญ่จำนวนมากจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (เยี่ยมมโนภพ บุนนาค, 2539; ชุมศรี ผั่วพลสง, 2530) ดังนั้นกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็ก จึงมีความแข็งแรงน้อย
2. มุมของการดึง (angle of pull) เป็นความสัมพันธ์ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ระหว่างความยาวกับแรงที่ผ่านข้อที่กำลังเคลื่อนไหว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นได้เต็มที่

จะต้องมีมุมของการดึงที่จะช่วยให้กล้ามเนื้อสามารถออกแรงได้เต็มที่ องศาของแนวแรงที่เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย

3. อายุ เด็กชายจะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงอายุ 20 ปี หลังจากนั้น อัตราเพิ่มจะช้าลงและมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่ออายุ 25 ปี หลังจากอายุ 25 ปี อัตราความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะลดลงประมาณร้อยละ 1 ต่อปี จะค่อยๆ ลดลงจนเหลือประมาณร้อยละ 65-70 ของเมื่ออายุ 65 ปี

4. ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (environmental factors) เช่น อุณหภูมิ จากการศึกษาของโอลิเวอร์ และคณะ พบว่าภายหลังการแช่น้ำ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสของอาสาสมัคร 20 คน เป็นเวลา 30 นาที อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อจะลดลงทันที แต่จะค่อยๆ มีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส จะทำให้กล้ามเนื้อทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น หรือความสูงจากระดับน้ำทะเลของบริเวณที่ออกกำลังกาย หากความสูงจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในอากาศลดลง กล้ามเนื้อที่ต้องการออกซิเจนจะมีปริมาณออกซิเจนไปเลี้ยงน้อยลง จะทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อลดลง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงด้วย (McArdle et al., 2001)

5. เพศ เพศหญิงจะมีปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อเพียง 2 ใน 3 ของเพศชาย ทำให้เพศชายจะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมากกว่าเพศหญิง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนบนของเพศชายมากกว่าเพศหญิงร้อยละ 30 ส่วนกล้ามเนื้อส่วนล่างเพศชายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมากกว่าเพศหญิงร้อยละ 20 (McArdle et al., 2001) แต่พบว่าในผู้สูงอายุการตอบสนองต่อการออกกำลังกายในเพศชายและหญิงไม่มีความแตกต่างกัน

6. ความสม่ำเสมอของการมีกิจกรรมทางกาย (physical activity) การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้ออย่างสม่ำเสมอ เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นเพิ่มมากขึ้น พบว่ากล้ามเนื้อที่ไม่มีการใช้งานจะมีขนาดที่ลดลง ในขณะที่กล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวอาจโดยการออกกำลังกายจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (McArdle et al., 2001)

7. ภาวะโภชนาการ (nutrition) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับภาวะโภชนาการโดยตรง เนื่องมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อนั้น ต้องใช้พลังงานเคมีที่ได้มาจากอาหาร เรียกว่า เอทีพี adenosine triphosphate (ATP) เอทีพี 1 โมเลกุล จะให้พลังงาน 73 กิโลแคลอรี (เอี่ยมมนโนภ พูนนาค, 2539) ในกรณีที่บุคคลมีภาวะทุพโภชนาการจะทำให้มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง นอกจากนี้เกลือแร่ต่างๆ จากอาหารที่มีความสำคัญในการหดตัวของกล้ามเนื้อ เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม ล้วนได้มาจากอาหารทั้งสิ้น

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ทำการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

จากพยาธิสภาพของผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่อยู่ในภาวะยูรีเมีย จะเห็นได้ว่า มีหลายปัจจัยที่มีผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง การมีของเสียคั่งในร่างกายและการเกิดความเป็นกรดค้างในร่างกายจะส่งผลต่อการทำงานต่างๆ ของเซลล์ในร่างกาย การทำงานของโซเดียมปั๊มเปลี่ยนแปลงไป การแลกเปลี่ยนโพแทสเซียมระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ลดลง ส่งผลให้การหดตัวและคลายตัวของเซลล์กล้ามเนื้อลดลง อันเป็นผลกระทบโดยตรงต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ ขนาดของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ในภาวะยูรีเมียผู้ป่วยจะมีการกระตุ้นการสลายโปรตีนจากกล้ามเนื้อต่างๆ จากการคั่งของฮอร์โมนหลายชนิดในร่างกาย เช่น กลูคากอน เป็นต้น ร่วมกับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่มีการสูญเสียโปรตีนไปกับการกรองของเลือดที่ผ่านตัวกรองไตเทียม ทำให้ขนาดของกล้ามเนื้อของผู้ป่วยมีขนาดลดลง ซึ่งเป็นผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง การถูกจำกัดกิจกรรมจากความเชื่อ และความอ่อนล้า ส่งผลให้ผู้ป่วยมีการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันลดลง

การที่ผู้ป่วยมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงจากภาวะยูรีเมีย และการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ทำให้ผู้ป่วยเกิดความอ่อนล้าและกล้ามเนื้ออ่อนแรง จนเกิดผลกระทบด้านจิตใจ และการมีกิจกรรมต่างๆ ลดลง การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อลดลง หรือไม่ใช้งานซึ่งจะยิ่งทำให้ขนาดของกล้ามเนื้อมีลดลงไปอีก จากการศึกษาในผู้ป่วยเจ็บป่วยเรื้อรังกลุ่มไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายของผู้ศึกษาพบว่า ผู้ป่วยทุกรายมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็ปส์ลดลง จะเห็นได้ว่าผู้ป่วยไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ด้วยตนเอง เช่น การลุกขึ้นยืนด้วยตนเอง ต้องมีผู้ช่วยเหลือแต่สามารถเดินได้เองเมื่อยืนอย่างมั่นคงแล้ว และพบผู้ป่วยเพศหญิงมีอัตราการเกิดการหักล้าสูงกว่าเพศชาย (หน่วยไตเทียมโรงพยาบาลเชียงใหม่ราม 1, 2543) ซึ่งอาจเนื่องมาจากความแข็งแรงและปริมาณของเส้นใยกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็ปส์ของเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

นอกจากนี้ ผลของภาวะยูรีเมียต่อระบบหายใจที่ทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมปอด ปอดอักเสบ และความไม่สมดุลของภาวะกรดค้างนั้น ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในกระแสเลือด และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายลดลง ส่งผลให้การนำออกซิเจนไปเลี้ยงกล้ามเนื้อต่างๆ ลดลง ร่วมกับสารอาหารในกระแสเลือดที่ลดลงเนื่องจากภาวะทุพโภชนาการเนื่องจากความเจ็บป่วยของผู้ป่วย และการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมที่ทำให้ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดโครเซ็ปส์ลดลงได้

การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั่วไป

การประเมินระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้น ทำได้หลายวิธีการด้วยกัน ทั้งโดยการวัดอย่างง่าย เช่น การประเมินจากขนาด เป็นต้น และการใช้เครื่องมือวัด (American College of Sports Medicine [ACSM], 2001) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ เพื่อค้นหาความอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ เพื่อติดตามความก้าวหน้าของโปรแกรมฟื้นฟูสภาพ และวัดความมีประสิทธิภาพของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การวัดโดยเครื่องมือทั่วไปนั้น มี 3 วิธีด้วยกัน คือ (McArdle et al., 2001)

1. Cable Tensiometry เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงเหยียดด้านของหัวเข่า กับเครื่องมือที่ใช้วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นการวัดแรงต้านของกล้ามเนื้อแบบไอโซสแตติก ส่วนใหญ่ใช้วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น กล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์ หากกล้ามเนื้อมีความอ่อนแรงจะไม่สามารถเหยียดด้านได้เต็มที่ ชุมศรี แฝ่วพลสง (2530) ได้ประยุกต์วิธีการของเฮลิว และคณะ มาใช้วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาควอดไตรเซ็ปส์ โดยการวัดใช้หลักพื้นฐานทางกลศาสตร์ ซึ่งในการวัดนี้กำหนดให้ข้อสะโพกงอทำมุม 60 องศา กับพื้นราบ ข้อเข่าเป็นจุดหมุนงอทำมุม 90 องศา ปลายขาอยู่ในท่าพักให้ผู้ถูกวัดออกแรงต้านเต็มที่ต่อแรงจากภายนอกที่มากกระทำทิศทางของแรงต้านเมื่อเหยียดเข่าจะเกิดแรงดันต่อตุ้มมวลวัดแรงดัน สามารถอ่านค่าได้เป็นหน่วยมิลลิเมตรปรอท เป็นการประยุกต์ใช้ Tensiometry อีกประเภทหนึ่ง

2. Dynamometry ซึ่งสามารถใช้วัดได้ทั้ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและขา โดยใช้เครื่องมือแตกต่างกันคือ Hand-grip dynamometry สำหรับวัดกำลังแขนและ Back-leg lift Dynamometry สำหรับวัดกำลังขา หน่วยของการวัดจะเป็น one-Repetition Maximum (1-RM) คือ การที่ผู้ถูกวัดออกแรงต้านเครื่องมือโดยการบีบหรือยกให้เต็มที่ น้ำหนักที่ยกได้เต็มที่คือ เป็น 1-RM ใช้วัดเพื่อคำนวณหาน้ำหนักในการฝึกการออกกำลังกายกล้ามเนื้อ ว่าต้องใช้น้ำหนักในการต้านแรงเท่าใดจึงจะเหมาะสม

3. การวัดโดยใช้เครื่องมือคอมพิวเตอร์พิเศษสำหรับวัดกำลังกล้ามเนื้อแบบไอโซไคเนติก (Computer-Assisted, Electromechanical and Isokinetic method) เป็นอุปกรณ์ที่ทันสมัยออกแบบเพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สามารถรายงานออกมาได้เป็นหลายค่าเปรียบเทียบกัน และต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง

ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในผู้ป่วยไตวายเรื้อรัง ที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

ความหมายของความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย (functional capacity)

ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายนั้น เป็นคำที่ใช้กันทั่วไปในการฟื้นฟูสภาพ และการออกกำลังกาย โดยจะหมายถึง ความสามารถในการทำกิจกรรมต่างๆ ที่ผู้ป่วยทำได้ตาม สภาพของแต่ละบุคคล หรือ ความสามารถในการทำงาน ความสามารถในการดูแลตนเอง และ ความสามารถในการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่างๆ ในสังคม รวมถึงภาวะสุขภาพของผู้ป่วย ขณะนั้น การที่บุคคลจะสามารถทำกิจกรรมต่างๆ หรือทำหน้าที่ทางกายได้ จะต้องอาศัยการทำงานของอวัยวะหลายๆ ระบบร่วมกัน โดยเฉพาะระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบหายใจ ระบบประสาท และระบบกล้ามเนื้อ จึงมีการใช้ความสามารถในการทำหน้าที่ทางกายบ่งบอกระดับความรุนแรงของโรค เช่น สมาคมโรคหัวใจแห่งประเทศไทย (American Heart Association [AHA], 2000) ได้แบ่งระดับของโรคหัวใจที่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันไว้ 4 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 (Class I) ผู้ป่วยมีปัญหาระบบหัวใจ แต่ไม่มีการจำกัดการทำกิจวัตรประจำวัน สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้โดยไม่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนล้า ใจสั่น หายใจลำบาก หรือเจ็บหน้าอก

ระดับที่ 2 (Class II) ผู้ป่วยมีปัญหาระบบหัวใจ มีการจำกัดการทำกิจวัตรประจำวัน เล็กน้อย มีอาการดีขึ้นเมื่อได้หยุดพัก การปฏิบัติกิจวัตรประจำวันยังสามารถปฏิบัติได้ตามปกติ

ระดับที่ 3 (Class III) ผู้ป่วยมีปัญหาระบบหัวใจจนมีการจำกัดกิจวัตรประจำวัน มีกิจกรรมทางกายได้น้อยลง อาการดีขึ้นเมื่อหยุดพัก และความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ลดลง เนื่องจากมีอาการอ่อนล้า ใจสั่น หายใจลำบาก หรือเจ็บหน้าอก

ระดับที่ 4 (Class IV) ผู้ป่วยมีปัญหาระบบหัวใจจนไม่สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ มีอาการของหัวใจล้มเหลว เจ็บหน้าอกแปรผัน และไม่สุขสบายขณะมีกิจวัตรประจำวัน

ส่วนสมาคมโรคปอดแห่งสหรัฐอเมริกา (American Lung Association as cited in Dudley et al., 1980, อ้างใน จันทร์จิรา วิรัช, 2544) ได้จัดระดับความรุนแรงของโรคปอดไว้ โดยแบ่งตามเกณฑ์ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันเช่นเดียวกันได้ 5 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 ผู้ป่วยไม่มีข้อจำกัดใด สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ ไม่มีอาการเหนื่อยหอบ

ระดับที่ 2 ผู้ป่วยมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมเล็กน้อย สามารถเดินบนพื้นราบได้ แต่ไม่กระฉับกระเฉงเท่าคนปกติ และไม่สามารถเดินขึ้นที่สูงหรือขึ้นบันไดได้ เท่ากับคนในวัยเดียวกัน แต่สามารถเดินขึ้นตึกสูง 1 ชั้นได้ โดยไม่เหนื่อยหอบ

ระดับที่ 3 ผู้ป่วยมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมชัดเจนขึ้น ไม่สามารถทำงานหนักหรืองานที่ย่งยากได้ ไม่สามารถเดินบนพื้นราบได้เท่ากับคนวัยเดียวกัน มีอาการเหนื่อยหอบเมื่อเดินขึ้นตึกสูง 1 ชั้น และต้องหยุดพักเมื่อเดินขึ้นตึกสูง 2 ชั้น

ระดับที่ 4 ผู้ป่วยมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมมากขึ้น ไม่สามารถทำงานได้ เคลื่อนไหวได้จำกัด ต้องหยุดพักเมื่อขึ้นบันได 1 ชั้น แต่ยังดูแลตนเองในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้

ระดับที่ 5 ผู้ป่วยมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างมาก เดิน 2-3 ก้าว หรือลุกนั่งมีอาการเหนื่อยหอบ ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้

ดังนั้น ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายจึงหมายถึง ความสามารถในการมีกิจกรรมทางกายต่างๆ นั่นเอง สำหรับผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม ความเข้าใจถึงความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย เป็นเรื่องที่มีความสำคัญ แม้จะมีการศึกษาเรื่องความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายในผู้ป่วยกลุ่มนี้น้อย แต่จากพยาธิสรีรของโรค จะเห็นว่าความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการทำงานของหลายๆ ระบบ เป็นสิ่งที่ได้รับผลกระทบอย่างมากในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม เนื่องจากภาวะของโรคระยะสุดท้ายส่งผลกระทบต่อทุกระบบของร่างกาย การดำรงไว้ซึ่งความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายของผู้ป่วยจึงเป็นสิ่งจำเป็นยิ่ง

ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย

ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายของบุคคล สามารถวัดได้โดยการวัดปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนกว่าจะคงที่ในระยะแรกของการมีกิจกรรมทางกาย หรือการออกกำลังกาย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของบุคคล ได้แก่ (Fletcher et al., 2001)

1. อายุ ค่าสูงสุดของปริมาณการใช้ออกซิเจนจะอยู่ในช่วงอายุ 15-30 ปี และค่อยๆ ลดลงตามอายุที่เพิ่มมากขึ้น เมื่ออายุ 60 ปี ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าประมาณ 2 ใน 3 ของบุคคลนั้น เมื่ออายุ 20 ปี

2. เพศ พบว่าเพศหญิงมีค่าสูงสุดของปริมาณการใช้ออกซิเจนต่ำกว่าชาย เนื่องจากขนาดของกล้ามเนื้อเล็กกว่า ปริมาณเม็ดเลือดแดงและปริมาณเลือด รวมถึงปริมาณเลือดที่ถูกบีบออกจากหัวใจ 1 ครั้ง น้อยกว่าเพศชาย การศึกษาของ จาร์เรล (Jarrell, 1997) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจ ชาย 30 คน หญิง 11 คน พบว่า 6 สัปดาห์ หลังออกจากโรงพยาบาลแล้วเข้าโปรแกรมฟื้นฟูสภาพ เพศชายมีความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายสูงกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญ และการศึกษาของ เฟร์เรอร์, ลามาร์คา, ออร์ฟีลา, และ อลองโซ (Ferrer, Lamarca, Orfila, & Alonso, 1999) พบว่าผู้สูงอายุเพศหญิงมีความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายต่ำกว่าผู้สูงอายุเพศชาย เช่นเดียวกันกับในผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลว (Belardinelli, Georgiou, Cianci, & Purcaro, 1999)

3. กรรมพันธุ์ (Heredity) ปัจจัยทางพันธุกรรม เป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลต่อความแตกต่างของค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดของแต่ละบุคคล

4. อุปนิสัยในการออกกำลังกาย การมีกิจกรรมทางกายมีอิทธิพลต่อค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นอย่างมาก พบว่าในคนปกติที่นอนบนเตียง โดยไม่มีกิจกรรมทางกายเลย จะมีค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดลดลงร้อยละ 25 ดังนั้น ความสม่ำเสมอของการออกกำลังกายจึงจะทำให้ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้นได้

5. ปัจจัยด้านสภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายของบุคคลนั้น ขึ้นอยู่กับการทำงานของหัวใจโดยตรง หากมีความบกพร่องในการทำงานของหัวใจมากขึ้นเท่าใด จะทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายของบุคคลนั้นๆ ลดลงตามลำดับ (Belardinelli et al., 1999) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระดับความดันโลหิต ระดับฮีโมโกลบิน หรือเม็ดเลือดแดงในเลือด ระดับของออกซิเจนในเลือด และประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย หรือ $VO_2 \max$

6. ระดับของเสียในเลือด หากระดับของเสียในร่างกายมากขึ้นเท่าใด ก็จะทำให้ระบบต่างๆ ของร่างกายสูญเสียความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายขึ้นตามไปด้วย

ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายพบว่า ปัจจัยที่ทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายลดลงมีหลายปัจจัย ส่วนใหญ่จะเป็นปัจจัยด้านสภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยเฉพาะปัจจัยด้านประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกาย

การประเมินความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกาย

การประเมินความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายนั้น สามารถทำได้หลายวิธีการด้วยกัน โดยจะเป็นการวัดประสิทธิภาพการใช้ออกซิเจนที่มากที่สุดของร่างกายที่สามารถนำมาใช้งานได้ วิธีการที่ใช้มีดังต่อไปนี้

1. การวัดความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายโดยตรงทำได้โดย ให้ผู้ป่วยวิ่งบนสายพานเลื่อน (treadmil) แล้ววัด VO_2 max (ACSM, 2001)

2. การวัดความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายทางอ้อม ได้แก่

- 2.1 การใช้แบบสอบถามความสามารถในการทำกิจกรรมที่ผู้ป่วยสามารถทำได้มากที่สุด เช่น ดัชนีวัดความสามารถในการทำกิจกรรมของดัก (The Duke Activity Society Index [DASI]), The Specific Activity Scale [SAS] และ Canadian Cardiovascular Society Scale [CCS] เป็นต้น แบบวัดที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่า VO_2 max ในระดับสูง ($r=0.81$, $P < 0.0001$) ได้แก่ ดัชนีวัดความสามารถในการทำกิจกรรมของดัก ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่จะครอบคลุมในเรื่องการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน การเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานบ้าน การมีเพศสัมพันธ์ และการมีกิจกรรมที่เป็นงานอดิเรก ซึ่งมีจำนวน MET อยู่ระหว่าง 1.75-8.00 METS โดยคำถามในข้อแรกจะมีจำนวน MET ที่ต่ำที่สุด และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงข้อสุดท้าย ซึ่งมีจำนวน MET คือ 8.00 METS คำถามจะเริ่มถามตั้งแต่ข้อที่ 1 เรียงลำดับไปเรื่อยๆ ถ้าผู้ป่วยสามารถปฏิบัติกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งในข้อนั้นได้ แสดงว่าจำนวน MET เท่ากับข้อคำถามนั้น ผู้ป่วยที่ทำกิจกรรมได้จำนวน MET มาก แสดงว่ามีความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายได้ดีกว่าผู้ป่วยที่ทำกิจกรรมได้จำนวน MET น้อยกว่า พัทธกรณ์ เถาว์พันธ์ (2544) ได้ทดสอบความเชื่อมั่นของแบบวัดในผู้ป่วยไตวายโรคหลอดเลือดหัวใจจำนวน 30 คน ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 0.96

- 2.2 การทดสอบด้วยวิธีการเดินซึ่งสามารถทำได้ทั้งการใช้เครื่องมือในการเดิน และวิธีการ six-minute walk test (6MWT) ซึ่งพบว่าวิธีการสังเกตนั้นได้ผลการวัดความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายที่ตรงมากกว่า การให้ผู้ป่วยรายงานด้วยตนเอง (American Thoracic Society [ATS], 2002) 6MWT เป็นวิธีการวัดความสามารถในการทำหน้าที่ได้ง่าย และสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันของผู้ป่วยได้ดีกว่าวิธีการทดสอบด้วยการเดินวิธีอื่นๆ (Solway et al, 2001, as cited in ATS, 2002) การวัดโดยวิธีนี้นั้นควรทำในอาคารที่มีระยะทางเรียบและเป็นทางตรง ความยาว 30 เมตร และทำเครื่องหมายทุกๆ 3 เมตร การให้ผู้ป่วยเดินทดสอบไปกลับเป็นระยะเวลา 6 นาทีโดยประเมินความแรงของการเดินจากความรู้สึกเหนื่อยที่วัดโดย Borg' scale ซึ่งแปลเป็นภาษาไทยโดย ภาริส วงศ์แพทย์, นัฐยา จิตประไพ, วิสาล คันธรัตน์กุล, และ

วาริ จิรอดีชัย (2541) จากการนำไปใช้ทดสอบกับอาสาสมัครในโรงพยาบาลรามาริธิพบที่สามารถบอกความรู้สึกเหนื่อยมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของการออกกำลังกาย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.79 ซึ่งเป็นวิธีการที่ผู้ศึกษาสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองในหน่วยงานใช้ต้นทุนต่ำ และสามารถฝึกให้พยาบาลประจำการวัดได้

การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษามีความจำกัดในการวัดความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายโดยตรง โดยการใช้สายพานเลื่อน เนื่องจากโรงพยาบาลไม่ได้มีนโยบายในการใช้ประเมินผู้ป่วยทุกราย และยังมีราคาค่าใช้จ่ายในการประเมินสูง การเลือกใช้วิธี 6MWT จึงเป็นทางเลือกที่จะลดค่าใช้จ่าย และสามารถประเมินความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายได้ ทั้งยังเป็นที่ยอมรับกันเป็นที่แพร่หลายอีกด้วย

ผลของการออกกำลังกายในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม

ความหมายของการออกกำลังกาย

ได้มีผู้ให้คำจำกัดความของการออกกำลังกายหลายๆ อย่าง เช่น การออกกำลังกาย (exercise) หมายถึง การออกแรงใช้งานกล้ามเนื้อ เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (Joynt et al., 1993) หรือการเคลื่อนไหวร่างกายเพื่อจุดประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เฟรทเชอร์ และคณะ (Fletcher et al., 2001) กล่าวว่า การออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งของการมีกิจกรรมทางกายโดยทั่วไป ซึ่งมนุษย์สามารถแสดงออกมาได้ ส่วนเพนเดอร์ (Pender, 1996) ได้กำหนดให้การออกกำลังกายเป็นพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพอย่างหนึ่ง ที่สามารถพัฒนาความสามารถและศักยภาพของร่างกาย ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นส่วนหนึ่งของการมีกิจกรรมทางกาย ซึ่งได้มีการวางแผนจัดรูปแบบในการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อเป็นการพัฒนาหรือคงไว้ซึ่งประโยชน์ต่อสุขภาพ และไดไพโตร (Dipietro, 1996) กล่าวว่า การออกกำลังกายเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมทางกาย (physical activity) ที่มีการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายแล้วเกิดการใช้พลังงาน และมีการปฏิบัติอย่างมีแบบแผนเพื่อพัฒนาหรือคงไว้ซึ่งสุขภาพที่ดี

ชนิดของการออกกำลังกาย

เยียมมโนภ บุนนาค (2539) กล่าวว่า การออกกำลังกาย สามารถแบ่งออกได้หลายประเภท หากแบ่งตามลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อ สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. การบริหารแบบไอโซเมตริก หรือ สเตติก (isometric or static exercise) เป็นการบริหารร่างกายโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ และข้อไม่เคลื่อนไหว การบริหารแบบนี้ เริ่มต้นด้วยการเกร็งกล้ามเนื้อ (กล้ามเนื้อหดตัว) สลับกับทำพัก (กล้ามเนื้อคลายตัว) ซึ่งมีผลทำให้ความดันซิสโตลิกและไดแอสโตลิกสูงขึ้น ดังนั้น จึงควรระวังในรายที่เป็นโรคหัวใจ หรือความดันโลหิตสูงอยู่ก่อน (เยียมมโนภ บุนนาค, 2539)

2. การออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค หรือ ไดนามิก (isotonic or dynamic exercise) เป็นการออกกำลังกายที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ และมีการเคลื่อนไหวของข้อด้วย เช่น การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย ในขณะที่ทำกิจวัตรประจำวันด้วยตนเอง ได้แก่ แปรงฟัน หวีผม รับประทานอาหาร เป็นต้น ซึ่งผู้ป่วยไม่สามารถออกแรงให้เกิดแรงดันสูงสุดได้ตลอดเวลา การเคลื่อนไหว และความดันไดแอสโตลิก ขณะบริหารร่างกายไม่สูงมาก การบริหารแบบไอโซโทนิค กระทำได้ 3 วิธี คือ (เยียมมโนภ บุนนาค, 2539, pp. 49-50)

2.1 การออกกำลังกายโดยใช้แรงดึงดูดของโลกเป็นตัวต้านการเคลื่อนไหว เช่น นั่งห้อยขาแล้วเหยียดขึ้นตรง เป็นต้น

2.2 การออกกำลังกายโดยผู้อื่นออกแรงต้าน (manual resistive exercise) ซึ่งสามารถออกแรงต้านได้มากน้อยตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อผู้ป่วย และไม่ต้องใช้เครื่องมือมาก แต่ต้องใช้เวลามาก

2.3 การออกกำลังกายโดยใช้เครื่องมือเป็นตัวต้าน (progressive resistive exerciser [PRE]) เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยให้กล้ามเนื้อต้นขาควอดไครเซ็บส์หดตัว หรือสู้กับแรงต้านมากที่สุดและข้อเข้าได้เคลื่อนไหวเต็มที่จากท่าข้อเข้ามาเป็นเหยียดข้อเข้า สามารถเพิ่มแรงต้านหรือน้ำหนักขึ้นทีละน้อยไปได้เรื่อยๆ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2539, p. 140) ถ้ากำหนดแรงต้านด้วยการทดสอบความสามารถในการยกน้ำหนักสูงสุดได้เต็มที่ จะเรียกว่า repetition maximum หรือ RM เช่น หากทำเป็นจำนวนซ้ำกัน 10 ครั้ง ติดต่อกัน เรียกว่า 10 RM โปรแกรมการออกกำลังกายโดยใช้เครื่องมือเป็นตัวต้านที่ได้รับความนิยมและนำมาใช้ในการออกกำลังกาย มีดังต่อไปนี้ (เสก อักษรานุเคราะห์, 2525)

2.3.1 โปรแกรมการฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อ โดยใช้น้ำหนักเป็นแรงต้าน ชนิดก้านน้ำหนักของ เดอร์โลร์ม และ วัทกินส์ (De Lorme & Watkins) ประกอบด้วยวิธีการออกกำลังกาย

10 ชุด แต่ละชุดออกกำลัง 10 ครั้ง แต่แต่ละครั้งเพิ่มน้ำหนักขึ้นร้อยละ 10 ของ 10 อาร์เอ็ม และให้พัก 2-4 นาที เมื่อบริหารครบแต่ละชุดพบว่า ต้องใช้เวลานานมากที่จะออกกำลังให้ครบทั้ง 1 ชุด ต่อมาได้ดัดแปลงโปรแกรมการออกกำลังใหม่ ซึ่งมีประสิทธิผลเท่ากับโปรแกรมเดิม โดยออกกำลังเพียง 3 ชุด สัปดาห์ละ 4 วัน แมคมอริส และ เอลกินส์ (McMoris & Elkins) ได้ทำการทดสอบวิธีการออกกำลังกายของเดอร์โลร์ม และวัตกินส์พบว่า การออกกำลังกล้ามเนื้อ 5 วันๆ ละครั้ง ในเวลา 1 สัปดาห์ นาน 12 สัปดาห์ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ซินโนเวียฟ (Zinovieff) ได้ดัดแปลงโปรแกรมกลับกันกับของ เดอร์โลร์ม และวัตกินส์ โดยลดแรงต้านลง (regressive resistive exercise) เรียกว่า เทคนิคออกฟอร์ด (Oxford Technique) โปรแกรมการบริหารประกอบด้วย 10 ชุด รวมการบริหารวันละ 100 ครั้ง สัปดาห์ละ 5 วัน พบว่าวิธีนี้ ผู้บริหารสามารถทำได้ครบ 10 ชุด เกิดความเมื่อยล้าน้อยกว่าและมีประสิทธิผลน้อยกว่าด้วย

2.3.2 โปรแกรมการออกกำลังแมคควีน (McQueen) เรียกว่า เทคนิคแมคควีน (McQueen Technique) ใช้แรงต้าน 10 อาร์เอ็ม 3 ชุด รวมการออกกำลังชุดละ 30 ครั้ง สัปดาห์ละ 3 วัน จากการศึกษาของ เฮลลิแบรนด์ท์ และ ฮูทท์ (Hellebrandt & Houtr) พบว่า วิธีนี้ทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นได้ โดยการเพิ่มจำนวนฝึกรายการออกกำลังซ้ำๆ มากขึ้นไปเรื่อยๆ ในปริมาณแรงต้านที่คงเดิม (De Lateur, 1980)

3. การบริหารร่างกายแบบไอโซไคนีติก (isokinetic) เป็นการออกกำลังเคลื่อนไหวข้อด้วยความเร็วคงที่ (angular velocity) แต่น้ำหนักหรือแรงต้านอาจเปลี่ยนไปไม่คงที่ตลอดการเคลื่อนไหว ถ้ากำหนดให้การออกกำลังกาย เป็นการออกกำลังที่ใช้แรงต้านภายนอก (external force) ซึ่งแรงต้านนี้ อาจจะทำโดยบุคคลากรออกแรงหรือใช้เครื่องมือก็ได้ เรียกวิธีการออกกำลังนี้ว่า resistive exercise

ผลของการออกกำลังกายต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย

1. ผลของการออกกำลังกายต่อกล้ามเนื้อ ผลของการออกกำลังกายต่อกล้ามเนื้อนั้น จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง ความทนทาน และความเร็ว คือ การออกกำลังกายทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อส่วนหนึ่งที่ฝ่อลีบจากการไม่ได้ใช้งาน มีขนาดเส้นใยใหญ่ขึ้น เนื่องจากมีการไหลเวียนของโลหิตดีขึ้น มีโลหิตมาเลี้ยงกล้ามเนื้อมากขึ้น จึงได้รับออกซิเจนมากขึ้น และผลจากการออกกำลังกายจะทำให้ความสามารถในการนำสัญญาณที่ปลายประสาท (motor end plate) ในเส้นใยกล้ามเนื้อเร็วขึ้น จึงช่วยทำให้กล้ามเนื้อหดตัวดีขึ้น

ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค และไอโซเมตริก นั้น ในนักศึกษามหาวิทยาลัยฮิลลินอยส์ จำนวน 78 คน เป็นเวลานาน 12 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 จำนวน 41 คน ให้ออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค กลุ่มที่ 2 จำนวน 37 คน แบบไอโซเมตริก พบว่าการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริก ให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อคงที่ (Static Muscle Strength) มากกว่าการออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค แต่การออกกำลังกายแบบไอโซโทนิค ให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Muscle Strength) มากกว่าการออกกำลังกายแบบไอโซเมตริกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Berger, 1962) ในปี 1961 ได้มีผู้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการออกกำลังกายแบบไอโซโทนิคกับไอโซเมตริก ในผู้ที่มีอายุ 62-84 ปี จำนวน 20 คน โดยการออกกำลังกายไอโซโทนิคแบบ 10 เภพเพดิสัน แมกซิมัม ของเดอร์โลห์ม ส่วนการออกกำลังกายชนิดไอโซเมตริกนั้นให้ยกน้ำหนัก 6 วินาที จำนวน 3 ชุด สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์พบว่า กลุ่มไอโซโทนิค เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ร้อยละ 56.88 ส่วนกลุ่มไอโซเมตริกเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ร้อยละ 45.82 และหลังจากนี้ 5 เดือน กลุ่มไอโซโทนิคยังมีความแข็งแรงอยู่ร้อยละ 43.11 ส่วนกลุ่มไอโซเมตริกมีความแข็งแรงอยู่เพียงร้อยละ 30.81

ความทนทานของกล้ามเนื้อหลังการฝึกออกกำลังกายนั้น จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการสร้างและสะสมพลังงานในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และจากการทดสอบความเร็วที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อ ภายหลังการออกกำลังกาย พบว่ากล้ามเนื้อต้นขาควอด ไครเซ็บส์ในนักว่ายน้ำเก่าและใหม่ พบว่าระยะแฝงในการคลายตัวของกล้ามเนื้อของนักว่ายน้ำเก่าสั้นกว่านักว่ายน้ำใหม่ แสดงว่าใช้เวลาในการทำงานสั้นกว่า มีความเร็วกว่านั่นเอง

2. ผลของการออกกำลังกายต่อระบบหัวใจและเลือด การออกกำลังกายทำให้หัวใจต้องทำงานมากขึ้นเพื่อส่งออกซิเจนในกล้ามเนื้ออย่างเพียงพอ โดยการเพิ่มอัตราเต้นและจำนวนเลือดที่หัวใจบีบแต่ละครั้ง (stroke volume) เพื่อเพิ่มปริมาณเลือดที่ถูกส่งออกจากหัวใจใน 1 นาที เพิ่มความดันโลหิต และมีการขยายตัวของหลอดเลือดทั่วร่างกาย กลไกนี้ควบคุมจากสมองส่วนหน้า โดยเมื่อเริ่มออกกำลังกาย หัวใจจะทำงานหนักขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการกระตุ้นซิมพาเทติก เมื่ออัตราการเต้นของหัวใจเกิน 120 ครั้งต่อนาที จะเกิดจากการกระตุ้นระบบประสาทเวกัส ในระยะต่อมา อัตราการเต้นจะเพิ่มไม่มากหรือค่อนข้างคงที่ เนื่องจากการเพิ่มของกรดแลคติก การขาดออกซิเจน เป็นต้น ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความหนักเบาของการออกกำลังกายด้วย

จากการศึกษาของ เดลลิเจียนนิส และคณะ (Deligiannis et al., 1999) ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม 60 คน พบว่า ภายหลังการฝึกออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 เดือน กลุ่มทดลองมีอัตราการเต้นของหัวใจลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เพิ่มความสามารถบีบตัวของหัวใจ และทำให้การทำหน้าที่ของหัวใจดีขึ้น ทั้งโครงสร้างของหัวใจ และการทำหน้าที่ของหัวใจซิสโตลิก (systolic function) พบว่า การออกกำลังกายยังทำให้มีจำนวนเลือดที่ไหลกลับเข้าหัวใจขณะคลายตัวเพิ่มขึ้นอีกด้วย (diastolic filling) ค่าปกติจะประมาณ 60-70 ลบ.ซม. ในผู้หญิงจะน้อยกว่าผู้ชายประมาณร้อยละ 25

ปริมาณเลือดที่หัวใจบีบส่งออกมาต่อนาที (cardiac output) นั้น จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 1 นาทีแรก จากค่าปกติ 5 ลิตรต่อนาที ในระยะแรกอาจเพิ่มได้ถึงร้อยละ 50 ของ maximum capacity ของการออกกำลังกาย ภายหลังการฝึกการออกกำลังกาย ค่านี้อาจเพิ่มได้ถึง 30 ลิตรต่อนาที เนื่องจากการเพิ่มของปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้ง และจากการที่มีขนาดของกล้ามเนื้อหัวใจใหญ่ขึ้น (hypertrophy) จากการที่มีเลือดไปเลี้ยงหัวใจมากขึ้นนั่นเอง ส่วนการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์เวนตริเคิลนั้นพบได้น้อยมาก

ความดันโลหิตซิสโตลิก (systolic) ในขณะออกกำลังกายอาจเพิ่มสูงขึ้นได้ถึง 180-200 มม.ปรอท แต่ค่าไดแอสโตลิก (diastolic) จะไม่เพิ่มขึ้นมากนัก การออกกำลังกายนั้นแตกต่างจากการออกกำลังกาย พบว่าการออกกำลังกายจะทำให้ความดันทั้งซิสโตลิก และไดแอสโตลิกสูงขึ้นมากกว่าการใช้ขอกำลัง อัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าและปริมาณเลือดที่หัวใจบีบตัวแต่ละครั้งน้อยกว่า รวมถึงมีค่าการเพิ่มของความดันไดแอสโตลิกสูงกว่าด้วย ยังพบด้วยว่ามีการเพิ่มของ $VO_2 \max$ ขณะออกกำลังกาย

3. ผลของการออกกำลังกายต่อระบบหายใจ ระบบหายใจมีความสำคัญมากในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับคาร์บอนไดออกไซด์ และการรักษาอุณหภูมิร่างกาย ในการออกกำลังกายปานกลาง อัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้นรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุดคงที่ใน 1-2 นาที ถ้าออกกำลังกายหนักทั้งอัตราการหายใจ และความลึกจะเพิ่มขึ้น คนที่ออกกำลังกายสม่ำเสมอ นั้น จะพบว่ามีประสิทธิภาพในการหายใจ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างถุงลมและเลือด (oxygen diffuse capacity) และความสามารถในการจับออกซิเจน (maximum oxygen uptake) ดีกว่าคนทั่วไป (เขียนมโนภพ บุนนาค, 2539; Corra et al., 2001; Fletcher et al., 2001) ปริมาณการใช้ออกซิเจน (oxygen consumption , VO_2) นั้น สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบหายใจที่จะขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน รวมถึงความสามารถของกล้ามเนื้อในการใช้ออกซิเจนคำนวณได้โดยสูตรของ Fick

$VO_2 = HR \times SV \times AVO_2$ D มีหน่วยเป็น ลบ.ซม./ก.ก./นาที (ml. kg⁻¹. min⁻¹) เมื่อเริ่มออกกำลังกายหรือออกแรง ถ้าเพิ่มความแรง (intensity) จะทำให้ค่าปริมาณการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น แต่ในระยะหลังปริมาณการใช้ออกซิเจนจะไม่เพิ่มตามความแรงของการออกกำลังกาย ซึ่งจะเรียกว่า พลังงานปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งจะบ่งชี้ถึงความสามารถของบุคคลที่จะสร้าง

โดยระบบแอโรบิก ($VO_2 \text{ max}$) และเมื่อทำงานถึงระดับปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดแล้ว จะต้องใช้พลังงานจากระบบแอนแอโรบิกแทน ดังนั้น ค่า $VO_2 \text{ max}$ คือ ความสามารถสูงสุดในการใช้ออกซิเจนขณะกำลังทำงานในระดับน้ำทะเล (Fletcher et al., 2001)

จากการศึกษาของ เดลิเจียนนิส และคณะ (Deligiannis et al., 1999) ได้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ คอรา และคณะ (Corra et al., 2001) ที่พบว่าภายหลังการเข้าโปรแกรมการออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างมีปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เป็นการศึกษาในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม และผู้ป่วยภาวะหัวใจล้มเหลวตามลำดับ

4. ผลของการออกกำลังกายต่อระบบประสาท การทำงานของกล้ามเนื้อลาย ถูกควบคุมโดยระบบประสาทระบบประสาทอัตโนมัติมีส่วนสำคัญต่อการออกกำลังกาย ระบบประสาทซิมพาเทติกมีฤทธิ์ส่งเสริมการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยเพิ่มการไหลเวียนโลหิต และการหายใจขณะออกกำลังกาย ส่วนระบบประสาทพาราซิมพาเทติกจะทำหน้าที่เพิ่มการเสริมสร้าง และสะสมพลังงานในการออกกำลังกายครั้งต่อไป

5. ผลของการออกกำลังกายต่อระบบต่อมไร้ท่อ การออกกำลังกายเป็นการกระตุ้นการทำงานของต่อมไร้ท่อตามธรรมชาติอย่างหนึ่ง ทำให้มีการผลิตฮอร์โมนเพิ่มมากขึ้นในทุกตำแหน่ง เช่น โปรเจสเตอโรน อิพิเนพรีน นอร์อิพิเนพรีน และเรนิน เป็นต้น ทั้งนี้ ยกเว้นอินซูลินที่ลดลงขณะออกกำลังกาย และโกนาโดโทรปินที่ไม่เปลี่ยนแปลง การฝึกการออกกำลังกาย จะทำให้อินซูลินสามารถไปจับกับรีเซปเตอร์ของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น สามารถลดปริมาณการใช้อินซูลินในผู้ป่วยเบาหวานได้อีกทางหนึ่งด้วย

6. ผลของการออกกำลังกายต่อระบบขับถ่ายปัสสาวะ เมื่อออกกำลังกายจำนวนปัสสาวะจะลดลง เพื่อรักษาจำนวนน้ำในร่างกายไว้ทดแทนปริมาณเหงื่อที่สูญเสียไป หรืออาจเกิดจากกลไกการหลั่งอัลโดสเตอโรน ฮอร์โมนกระตุ้นการดูดน้ำกลับมากขึ้น ในกรณีการออกกำลังกายเกินขนาด ในกรณีของผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ไม่มีปัสสาวะอยู่แล้ว จะทำให้มีการระบายออกของน้ำในร่างกายทางเหงื่อออกกำลังกายแทน

7. ผลของการออกกำลังกายต่อระบบทางเดินอาหาร ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในกรณีการออกกำลังกายแบบเบา แต่ถ้าออกกำลังกายหนักจะยับยั้งการหลั่งกรดในกระเพาะอาหารและไปคาร์บอนเนตจากตับอ่อน กลไกยังไม่ทราบแน่ชัด แต่ในขณะที่ออกกำลังกายลำไส้ยังทำหน้าที่ช่วยรักษาสมดุลของกรดด่าง โดยช่วยขับกรดฟอส ฟอริกด้วย

8. ผลของการออกกำลังกายต่อจิตใจ การออกกำลังกายจะช่วยลดความวิตกกังวล และความเครียด (mental stress) ของผู้ป่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะที่ใช้แรงหรือประกอบกิจกรรมทางกาย แม้จะยังไม่มีหลักฐานอย่างชัดเจน แต่ผู้ป่วยที่มีอาการนอนไม่หลับ อ่อนเพลีย เบื่ออาหารหรือ

อาการอ่อนล้า สามารถทำให้ลดลงได้ด้วยการออกกำลังกาย (ภัทรารุช อินทรกำแหง, 2546) ดังได้กล่าวแล้วว่า ผู้ป่วยไตวายเรื้อรังระยะสุดท้ายที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม จะมีปัญหาจิตใจเนื่องจากสาเหตุหลายประการ การออกกำลังกายจะทำให้ผู้ป่วยกลุ่มนี้ มีความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรได้ดีขึ้น การออกกำลังกายสม่ำเสมอยังทำให้มีการหลั่งสารเคมีที่ลดภาวะเครียด สารเอนดอร์ฟินส์ (endorphins) มีฤทธิ์ลดความตึงเครียดทางอารมณ์ อาการ โกรธ และภาวะซึมเศร้าได้ด้วย (วิภาวี คงอินทร์, 2533) จากการศึกษาของ โอพาร์ค และคณะ (Oh-Park et al., 2002) ในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม 22 ราย ยังพบว่ากลุ่มทดลองยังมีความวิตกกังวลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

การออกกำลังกายในผู้ป่วยไตวายเรื้อรังที่ได้รับการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม จะก่อให้เกิดผลกระทบทั้งด้านบวกและด้านลบ หากปฏิบัติไม่ถูกต้องและเหมาะสม จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายที่มีความหนักเกินไปจะก่อให้เกิดการกั่งของกรดแลคติก มีของเสียในกระแสเลือดเพิ่มมากขึ้น และอาจเกิดอุบัติเหตุขณะออกกำลังกาย แต่ในทางตรงกันข้าม การออกกำลังกายมีความเหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละบุคคล จะทำให้ระบบกล้ามเนื้อมีความแข็งแรง ปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้เหมาะสม ระบบหัวใจและหลอดเลือดทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลให้ระบบการทำงานพื้นฐานของร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นระบบประสาท ระบบต่อมไร้ท่อ ระบบหายใจ และระบบทางเดินอาหาร ทำหน้าที่ได้ดีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ระบบการขับถ่ายปัสสาวะอันเป็นระบบสำคัญของผู้ป่วยโรคไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย ซึ่งทำหน้าที่ตามกลไกการไหลเวียนโลหิตของร่างกาย จึงเชื่อว่าการออกกำลังกายจะทำให้การทำงานของระบบการขับถ่ายและกรองของเสียดีขึ้น นอกเหนือไปจากการระบายน้ำไปทางเหงื่อขณะออกกำลังกาย

จากการศึกษาของ โคโน และคณะ (Kohno et al., 1997) ในผู้ป่วยความดันโลหิตสูง 30 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 15 คน กลุ่มทดลอง 15 คน เมื่อผ่านโปรแกรมออกกำลังกายพบว่า กลุ่มทดลอง สามารถควบคุมความดันโลหิตได้ดีขึ้น ลดการใช้ยาลง มีเมตาบอลิซึมของไขมัน และน้ำตาลเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกันกับการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวาน 12 คน เปรียบเทียบกลุ่มควบคุม 13 คน พบว่า หลังโปรแกรมการออกกำลังกาย ผู้ป่วยมีการเผาผลาญน้ำตาลได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (Davidson et al, 2002)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกำลังกาย

ปัจจัยภายใน

1. อายุ เป็นองค์ประกอบภายในที่สำคัญอย่างหนึ่ง ที่ทำให้ปฏิกิริยาตอบสนองและการปรับตัวต่อความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นแตกต่างกันมาก รวมทั้ง ความสามารถในการเคลื่อนไหวร่างกายแตกต่างกัน คือผู้ป่วยอายุตั้งแต่วัยกลางคนขึ้นไปจะเคลื่อนไหวร่างกายได้ช้า ดังนั้น ผู้ป่วยอายุแตกต่างกัน ผลของการฟื้นฟูสมรรถภาพย่อมแตกต่างกัน
2. สภาพความเจ็บป่วย ลักษณะอาการ ความรุนแรงที่เกิดขึ้น หรือกรณีเฉียบพลันจากอุบัติเหตุจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆ มากมาย ผู้ป่วยปรับตัวและยอมรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นยังไม่ได้ จะทำให้เกิดการฟื้นฟูสมรรถภาพเป็นไปได้ยาก
3. อุปนิสัยในการออกกำลังกาย ผู้ป่วยที่เคยบริหารร่างกายอย่างสม่ำเสมอมาก่อน แม้จะต้องอยู่โรงพยาบาลและนอนอยู่บนเตียง จะบริหารร่างกายเท่าที่พอทำได้ต่อไป
4. ความเข้าใจถึงความจำเป็นในการเคลื่อนไหวร่างกาย เมื่อผู้ป่วยเข้าใจถึงประโยชน์ของการออกกำลังกาย และผลเสียของการไม่เคลื่อนไหวร่างกาย จะทำให้ร่วมมือในการพยาบาลได้ดีขึ้น
5. ความกลัวและความเจ็บปวด ผู้ป่วยกลัวว่าจะเกิดอันตรายต่อบริเวณบาดเจ็บมากขึ้น เมื่อได้ยินเสียงกรอบแกรบของกระดูกเสียดสีกัน ขณะบริหารและความเจ็บปวดที่เกิดขึ้นทำให้ไม่ยอมออกกำลังกาย จึงต้องประเมินความเจ็บปวดอยู่เสมอ และให้ยาแก้ปวดตามความเหมาะสม
6. สถิติปัญหา มีผลกระทบโดยตรง และเป็นสิ่งที่กำหนดความสามารถในการเรียนรู้ ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกบริหารและความสามารถในการฟื้นฟูสมรรถภาพแตกต่างกันด้วย

ปัจจัยภายนอก

1. ชนิดของการฝึกออกกำลังกายที่จัดขึ้น เป็นไปตามจุดมุ่งหมายในการฝึกออกกำลังกาย เช่น การฟื้นฟูสมรรถภาพกล้ามเนื้อที่อ่อนแอ จุดประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังนั้น ชนิดของการออกกำลังกายต้องใช้แบบการเพิ่มแรงต้านชนิดก้าวหน้า (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2527, p. 1, อ้างใน ชุมศรี แฝ้วพลสง, 2530)
2. ระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกายแต่ละวัน ระยะเวลา 20-30 นาที ต่อวัน ก็เพียงพอสำหรับการฝึกออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ แต่ถ้าเป็นการฝึกออกกำลังกายเพื่อการแข่งขันกีฬา ระยะเวลาการฝึกออกกำลังกายควรนาน 1-2 ชั่วโมง (ศิริรัตน์ หิรัญรัตน์, 2527: 2 อ้างใน ชุมศรี แฝ้วพลสง, 2530)
3. ช่วงเวลาในการฝึกออกกำลังกายใน 1 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการออกกำลังกายแต่ละวัน และความหนักเบาของการออกกำลังกาย จากการศึกษาการออกกำลังกายที่เพิ่มความแข็งแรงของ

กล้ามเนื้อ แบบเคลื่อนที่ (Dynamic Muscle Strength) ที่ดีที่สุด คือ การออกกำลังกายวันละ 3 ชุดๆ ละ 6 ครั้ง เป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ แต่การออกกำลังกายที่จะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้สูงสุดนั้น ควรฝึก 3-6 วันต่อสัปดาห์ (อวย เกตุสิงห์, 2525 อ้างใน ชุมศรี แผ้วพลสง, 2530) สำหรับเวลาที่จะบริหารนั้น ใช้เวลาใดก็ได้ที่สะดวก แต่ไม่ควรกระทำภายใน 1-2 ชั่วโมง หลังรับประทานอาหาร เนื่องจากร่างกายต้องใช้เลือดและออกซิเจนมากในระบบทางเดินอาหาร เวลาที่เหมาะสมที่สุดคือ ตอนเช้าก่อนรับประทานอาหาร (อวย เกตุสิงห์, 2515) จากการศึกษาของ ฮัททิงเกอร์ และ มุลเลอร์ (Huttinger & Muller) ในปี 1953 พบว่าถ้าให้กล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่นาน 6 วินาที วันละครั้ง เป็นเวลา 5 วัน ใน 1 สัปดาห์ สามารถสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ร้อยละ 5 ต่อสัปดาห์ ต่อมา มุลเลอร์ (Muller) ได้ศึกษาเพิ่มเติมพบว่า ถ้ากล้ามเนื้อหดตัวโดยออกแรงเพียง 2 ใน 3 ของแรง ที่มีทั้งหมด วันละ 5-10 ครั้ง เป็นเวลา 5 วัน ใน 1 สัปดาห์ จะทำให้กล้ามเนื้อมีความแข็งแรงมากที่สุด การหดตัวของกล้ามเนื้อสลับกับการคลายตัวของกล้ามเนื้อ ตามวิธีการบริหารแบบไอโซเมตริก มีหลักการสำคัญคือ ในการหดตัวของกล้ามเนื้อให้ออกแรงเต็มที่นาน 5-6 วินาที แล้วพัก 2 วินาที อย่างน้อยวันละ 5 ครั้ง จะได้ผลดีมาก (เยี่ยมมโนภพ บุณนาท, 2525) หรือออกแรงเต็มที่นาน 5-10 วินาที ไม่ควรเกิน 10 วินาที (เพราะในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวแต่ละครั้ง ทำให้การไหลเวียนของโลหิตมาสู่กล้ามเนื้อน้อยลง และทำให้กล้ามเนื้อเกิดความเมื่อยล้าได้) จากนั้น กลับมาอยู่ในท่าพัก ประมาณ 3-5 วินาที แล้วเริ่มต้นทำซ้ำอีกเช่นนี้ จนครบตามโปรแกรมที่กำหนด การออกกำลังกาย นอกจากจะคงสภาพและเพิ่มความแข็งแรงให้กล้ามเนื้อได้แล้ว ยังเพิ่มความยาวเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อด้วย

4. ความหนัก-เบา ของการฝึกออกกำลังกาย คำนึงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของบุคคลนั้นด้วย เพราะกล้ามเนื้ออาจล้าจากการฝึกบริหารที่หนักเกินไป ความหนักของการบริหารที่ต้องเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้สูงสุด ต้องใช้น้ำหนักตั้งแต่ร้อยละ 60-100 ของกำลังสูงสุด ถ้าใช้น้ำหนักน้อยต้องเพิ่มจำนวนครั้ง แต่ถ้าใช้น้ำหนักมากต้องลดจำนวนครั้งลง ขนาดของน้ำหนัก หรือจำนวนครั้งต้องเลือกให้พอเหมาะคือ ออกกำลังครั้งสุดท้ายเกือบหมดแรงพอดี ปริมาณและจำนวนครั้งของการออกกำลังกายนั้น ปริมาณที่พอเหมาะควรอยู่ระหว่าง 1-10 ครั้ง ต่อ 1 ชุด จำนวน 3-6 ชุด ระหว่างชุดควรมีระยะพัก จำนวนครั้ง จำนวนชุด และระยะเวลาพักเท่าใด จะได้ผลมากที่สุดยังไม่มีการกำหนด หรือวิจัยสนับสนุนที่แน่นอน ทั้งนี้ การฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพผู้ป่วย อายุ เพศ จุดมุ่งหมาย และระยะเวลาการฝึกออกกำลังกายนั้นๆ ด้วย

ความหนักเบาที่คำนวณจากการคำนวณอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจนั้น สามารถคำนวณจาก $220 - \text{อายุ}$ (standard deviation 10) หน่วยเป็นครั้งต่อนาที การออกกำลังกายด้วยความหนักเบา จนได้อัตราการเต้นของหัวใจเมื่อสิ้นสุดการออกกำลังกายร้อยละ 55 ของอัตราการเต้น

สูงสุดของหัวใจขึ้นไป จะทำให้การทำงานของระบบหัวใจหลอดเลือดและปอดมีประสิทธิภาพดีขึ้น ภายในระยะเวลา 6 เดือน การวัดค่าความหนักเบาโดย การวัดค่าความรู้สึกเหนื่อยแบบนี้ เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สำหรับการวัดความรู้สึกเหนื่อยด้วยวิธีการที่นิยมอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้ Borg's scale เป็นการวัดที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรงกับตัววัดแรงของการออกกำลังกายอื่นๆ ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ และความเข้มข้นของกรดแลคติกในเลือด (ภาริส วงศ์แพทย์ และคณะ, 2541) มีการนำมาแปลเป็นภาษาไทยทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ใกล้เคียง 1 มีค่าความรู้สึกเหนื่อยที่แปลเป็นภาษาไทยแล้วมีค่าตั้งแต่ 0 (รู้สึกสบาย) ไปจนถึงค่า 10 (เหนื่อยที่สุด) ตามลำดับ

5. ระยะเวลาของการฝึกทั้งโปรแกรม ต้องคำนึงถึงความสามารถของบุคคล ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติและความสามารถสูงสุดของบุคคลนั้น โดยทั่วไป การบริหารร่างกายเพียง 6 สัปดาห์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายจึงสามารถวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ (ACSM, 2001)

6. ภาวะแวดล้อมต่อจิตใจ การที่ผู้ป่วยต้องปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ในโรงพยาบาล ญาติ หรือบุคลากรทางการแพทย์ มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของผู้ป่วยด้วย ความสามารถในการปรับตัวและการฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ป่วยขึ้นอยู่กับความคาดหวัง ผล การให้กำลังใจ และความช่วยเหลือให้ผู้ป่วยสามารถปรับตัวได้ดี จะทำให้การฟื้นฟูสมรรถภาพได้ผลดีด้วย

7. องค์ประกอบทางกายภาพ เช่น ความสูง ภูมิอากาศ เป็นต้น พบว่าทำให้ร่างกายสูญเสียความอดทนของการออกกำลังกายประมาณร้อยละ 1-2

8. การใช้ยาหรือสารต่างๆ เช่น สเตียรอยด์ บุหรี่ และเหล้า เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่สามารถออกกำลังกายได้นานกว่าผู้ที่สูบบุหรี่

9. ความสม่ำเสมอของการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียม การฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมอย่างสม่ำเสมอ จะส่งผลให้ร่างกายดีใกล้เคียงปกติมากที่สุด ทำให้สามารถออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแนะนำการออกกำลังกายควรแนะนำให้ผู้ป่วยออกกำลังกาย ในวันที่ไม่ได้ทำการฟอกเลือด เนื่องจากจะมีภาวะสมดุลของร่างกายดีกว่าในวันที่ทำการฟอกเลือด

กรอบแนวคิดในการศึกษา

การศึกษานี้อาศัยแนวคิดทางด้านพยาธิสรีรวิทยาของไตวายเรื้อรังและสรีรวิทยาของการออกกำลังกายมาเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา ภาวะไตวายเรื้อรังระยะสุดท้าย และการฟอกเลือดด้วยเครื่องไตเทียมทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญคือ กล้ามเนื้อต้นขาควอดไครเซ็บส์ อ่อนแรง และความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายลดลง โดยกล้ามเนื้ออ่อนแรงเกิดได้จากการมีของเสียคั่งในเลือด และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดของร่างกายลดลง และการขาดกิจกรรมทางกาย ส่วนความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายที่ลดลงเกิดจากประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบหายใจลดลง การออกกำลังกายแบบแอโรบิกจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดและระบบหายใจ ร่วมกับการฝึกการออกกำลังกายกล้ามเนื้อต้นขาควอดไครเซ็บส์ตามวิธีของ โอพาร์ค และคณะ จะช่วยเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ อันจะลดอาการกล้ามเนื้อต้นขาควอดไครเซ็บส์อ่อนแรง และทำให้ความสามารถในการทำหน้าที่ของร่างกายเพิ่มขึ้นได้

