

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำ ข้อมูลที่รวบรวมได้ มาสรุปสาระสำคัญในประเด็นที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้ โดยลำดับ เนื้อหาการนำเสนอเป็นหัวข้อดังนี้

1. โรคไข้มาลาเรียและความสำคัญของโรค
2. การเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรีย
3. ชุดตรวจวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรียด้วยน้ำยาสำเร็จรูป (Dipstick)
4. การตรวจหาเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์จากฟิล์มโลหิตชนิดหนา
5. รูปแบบการดำเนินงานเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรียในจังหวัดตาก
6. แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. โรคไข้มาลาเรียและความสำคัญของโรค

1.1 โรคไข้มาลาเรีย

ไข้มาลาเรียมีเขตการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางระหว่างเส้นรุ้งที่ 64 องศาเหนือถึงเส้นรุ้งที่ 32 องศาใต้ และครอบคลุมพื้นที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลถึง 400 เมตร เช่น บริเวณทะเลสาป Dead sea จนถึงพื้นที่ที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลถึง 2,260 เมตร เช่น ที่ประเทศเคนยา

ไข้มาลาเรียในประเทศไทยสันนิษฐานว่าน่าจะมีมาก่อนกรุงรัตนโกสินทร์ โดยมีหลักฐานตำรายาที่ศิลาจารึก ณ วัดพระเชตุพน ซึ่งบรรยายถึงโรคภัยบางลักษณะที่ทำให้ม้ามย้อยหรือทำให้เจ็บไข้เป็น เวลาซึ่งน่าจะเป็นโรคไข้มาลาเรีย

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 ได้เสด็จไปประทับแรมทอดพระเนตร สุริยุปราคาเต็มดวง ระหว่างวันที่ 10 – 19 กรกฎาคม 2411 ที่ตำบลหว้ากอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ต่อมาอีกประมาณ 15 วัน ก็เริ่มทรงพระประชวรด้วยไข้มาลาเรียและเสด็จสวรรคต เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2411 จึงสันนิษฐานได้ว่าประชาชนทั่ว ๆ ไปก็คงจะล้มป่วยและเสียชีวิตด้วยไข้มาลาเรียเป็นจำนวนมาก ในช่วงดังกล่าว

คำว่า MALARIA มาจากคำว่า MAL กับ ARIA ซึ่งเขียนควบกันเป็น MAL - ARIA และรวมกันเป็นคำเดียวว่า MALARIA ซึ่งมีความหมายตามภาษากรีก ว่า อากาศไม่ดี ในปี พ.ศ. 2423 แพทย์ชาวฝรั่งเศสชื่อ ลาวเอร์แรง ได้ตรวจพบเชื้อมาลาเรียในฟิล์มโลหิต ในปี พ.ศ. 2433 แพทย์ชื่อ D.L. Romanowsky ได้ค้นพบวิธีย้อมสีฟิล์มโลหิตซึ่งช่วยให้แยกลักษณะของเชื้อง่ายขึ้น และเชื้อมาลาเรีย พบได้ 3 ชนิด คือ *Plasmodium vivax* , *Plasmodium falciparum* และ *Plasmodium malariae* ใน

ปี พ.ศ. 2440 เซอร์โรนัลด์ รอสส์ ชาวอังกฤษ ซึ่งปฏิบัติงานอยู่ในประเทศอินเดียได้ศึกษาพบว่ายุงเป็นพาหะแพร่เชื้อไข้มาลาเรีย จึงทำให้ทราบสาเหตุของโรคและการแพร่เชื้อไข้มาลาเรียนับแต่นั้นมา จนถึง พ.ศ. 2465 Stephen ได้ค้นพบเชื้อมาลาเรียชนิดที่ 4 จากแอฟริกาตะวันตก ชื่อว่า *Plasmodium ovale* จึงทำให้มีเชื้อมาลาเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคนรวมเป็น 4 ชนิดจนถึงปัจจุบันนี้

สาเหตุ

ไข้มาลาเรียเกิดจากปรสิตเซลล์เดียวโดยมียุงก้นปล่อง (Anopheles) เป็นพาหะนำโรค นักอนุกรมวิธานได้จัดเชื้อมาลาเรียไว้ใน Phylum Protozoa Class Sporozoa Order Eucoccidiida Family Plasmodiidae Genus Plasmodium ซึ่งมีทั้งหมดประมาณ 120 Species แต่ที่ทำให้เกิดโรคในคนมีเพียง 4 Species คือ

Plasmodium falciparum

Plasmodium vivax

Plasmodium malariae

Plasmodium ovale

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วเชื้อไข้มาลาเรียในคนจะไม่ติดต่อไปยังสัตว์ต่าง ๆ และเชื้อมาลาเรียในสัตว์ก็จะไม่ติดต่อมายังคนเช่นเดียวกัน

วงจรชีวิตของเชื้อไข้มาลาเรีย

เชื้อมาลาเรียในคนทั้ง 4 ชนิดมีวงจรชีวิตของการเจริญที่คล้ายคลึงกัน คือมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) ในยุงก้นปล่องเพศเมียและมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) ในเซลล์ตับและในเม็ดเลือดแดงของคนจะมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยที่ช่วงระยะเวลาที่เชื้อใช้ในการเจริญแต่ละระยะซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน⁽¹⁵⁾ ดังนี้

Fertilization

Sporogony

Hepatic schizogony

Erythrocytic schizogony

Fertilization เป็นขั้นตอนที่เชื้อมาลาเรียเจริญภายในยุงก้นปล่อง โดยเริ่มจากที่ยุงก้นปล่องเพศเมียไปกัดและดูดเลือดผู้ป่วยที่เป็นไข้มาลาเรีย ก็จะทำให้ได้รับเชื้อมาลาเรียซึ่งประกอบด้วยระยะมีเพศและไม่มีการเข้าไปในกระเพาะอาหาร เชื้อระยะไม่มีเพศก็จะถูกย่อยสลายไปพร้อมกับเม็ดเลือดแดง ซึ่งเป็นอาหารของยุง ส่วนเชื้อมาลาเรียระยะมีเพศ ซึ่งมีทั้งเพศผู้ (microgametocyte) และเพศเมีย (macrogametocyte) จะไม่ถูกย่อยแต่จะเจริญไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (microgamete) โดยมีกระบวนการ exflagellation เริ่มต้นจากการยื่น flagella ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ ออกไปจำนวน 8 เส้น แต่ละเส้นจะมีนิวเคลียส 1 อัน และเมื่อหลุดออกจะกลายเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ 8 ตัว ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ เมื่อพบกับเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียก็จะปฏิสนธิ ผลที่ได้คือ ไซโกต (zygote) กระบวน

การและขั้นตอนดังกล่าวนี้จะใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และเกิดขึ้นภายในกระเพาะอาหารของยุง หลังจากนั้นไซโกตจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างให้เรียวยาวขึ้น เพื่อพร้อมจะเคลื่อนที่แทรกผ่านผนังกระเพาะของยุงส่วนที่เรียกว่าเซลล์เยื่อบุผิวของทางเดินอาหารส่วนล่าง (midgut epithelium) ไซโกตที่มีรูปร่างเรียวยาวเหล่านี้เรียกว่า โอโอไคโนต (ookinete) ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น rhoptries, micronemes และ pellicle ยังไม่เป็นที่ทราบอย่างแน่ชัดว่าการที่โอโอไคโนตเคลื่อนตัวผ่านเซลล์ผนังกระเพาะอาหารของยุงนี้มีการทำลายเซลล์ดังกล่าวด้วยหรือไม่ แต่ก็เคยมีผู้รายงานว่าอัตราการตายของยุง *Anopheles stephensi* สูงขึ้นในช่วงที่โอโอไคโนตเคลื่อนตัวผ่านผนังกระเพาะยุง เมื่อเคลื่อนตัวผ่านไปแล้วจะมีการเจริญเติบโตซึ่งส่วนใหญ่พบว่าอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อพื้นฐานลามินา (basal lamina) และเนื้อเยื่อพื้นฐานของทางเดินอาหารส่วนกลาง (basement cell membrane of midgut) โดยมีเยื่อพลาสมาเลมมา (plasmalemma) ปกคลุมอยู่ เมื่อโอโอซิสต์เจริญเต็มที่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 ไมครอน จำนวนโอโอซิสต์ในยุงที่ได้รับเชื้อแต่ละตัวจะแตกต่างกัน

Sporogony เป็นขั้นตอนการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากขั้นตอนแรก คือ เริ่มจากที่มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนแบบไม่มีเพศภายในโอโอซิสต์ และผลที่ได้คือ สปอโรซอยต์ ภายใน 1 โอโอซิสต์จะมีจำนวนสปอโรซอยต์ ประมาณ 1,000 - 2,000 ตัว เมื่อโอโอซิสต์แตกออก สปอโรซอยต์จะเข้าสู่ช่องว่างภายในลำตัวของยุง (haemocoel) และเคลื่อนที่ไปสู่ต่อมน้ำลายของยุงซึ่งในช่วงนี้ อาจจะมีสปอโรซอยต์บางตัวเคลื่อนที่ผิดทิศทาง คือเข้าไปสู่น้ำเยื่อบางส่วนของยุง ซึ่งก็จะถูกทำลายด้วยกระบวนการ phagocytosis สปอโรซอยต์ที่อยู่ภายในต่อมน้ำลายนี้จะมีอายุอยู่ได้นานถึง 59 วัน แต่อัตราความสามารถในการติดเชื้อจะลดลงสปอโรซอยต์แต่ละตัวจะมีขนาดยาวประมาณ 12 ไมครอน และกว้างประมาณ 1 ไมครอน มีนิวเคลียส 1 อัน อยู่ใกล้ ๆ กับ micronemes ทางด้านหน้าจะมี endoplasmic reticulum และ mitochondria ที่ผิวของ สปอโรซอยต์มีโปรตีนที่สำคัญ 2 ชนิดคือ circumsporozoite protein (CSP) และ sporozoite surface protein - 2 (SSP-2) หรือที่เรียกว่า thrombospondin - related anonymous protein (TRAP)

Hepatic schizogony เป็นระยะที่เชื้อมาลาเรียเจริญเติบโตในคน เมื่อยุงที่มีเชื้อมาลาเรียระยะสปอโรซอยต์มากัดคนก็จะปล่อยน้ำลายเข้าไปเพื่อหลอกล่อนบริเวณที่จะดูดเลือด และปล่อยเชื้อมาลาเรียระยะสปอโรซอยต์เข้าสู่กระแสโลหิตภายในระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง สปอโรซอยต์จะเข้าสู่เซลล์ตับ ซึ่งอาจจะเดินทางโดยตรงสู่เซลล์ตับด้วยตัวของมันเองหรืออาจจะเดินทางไปพร้อมกับ Kupffer cells ก็ได้ เมื่อเข้าสู่เซลล์ตับแล้วเชื้อมาลาเรียจะเพิ่มขนาดโดยยังคงมี pellicle membrane และ microtubule ปรากฏอยู่จนกระทั่งเริ่มมีการแบ่งนิวเคลียส ในขณะเดียวกันก็เริ่มสร้างออร์แกเนลต่าง ๆ เช่น mitochondria, endoplasmic reticulum, Golgi apparatus การแบ่งนิวเคลียสจะเกิดแบบ Binary fission ขึ้นหลาย ๆ ครั้ง ผลที่ได้คือ เมอโรซอยต์ (merozoite) เรียกกระบวนการเพิ่มจำนวนนี้ว่า schizogony มาลาเรียต่างชนิดกันจะมีจำนวนเมอโรซอยต์แตกต่างกัน เช่น *Plasmodium falciparum* จะมีจำนวนเมอโรซอยต์ประมาณ 30,000 - 40,000 ตัว *Plasmodium vivax* ประมาณ 10,000 ตัว *Plasmodium malariae* และ *Plasmodium ovale* มีจำนวนใกล้เคียงกันคือประมาณ 15,000 ตัว

และระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญของขั้นตอนนี้ก็แตกต่างกันเช่น *Plasmodium falciparum* ใช้ระยะเวลาประมาณ 5.5 – 7 วัน , *Plasmodium vivax* ประมาณ 8 วัน , *Plasmodium malariae* ประมาณ 14 – 15 วัน และ *Plasmodium ovale* ประมาณ 9 วัน

สปอโรซอยต์ของ *Plasmodium vivax* และ *Plasmodium ovale* บางส่วนเมื่อเข้าสู่เซลล์ตับแล้วจะมีการหยุดพักการเจริญเติบโตชั่วคราว ระยะเวลาที่หยุดพักนี้จะแตกต่างกันตามสายพันธุ์และชนิดของเชื้อมาลาเรีย การหยุดพักนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการไข้กลับ (relapse) ในผู้ป่วยและเรียกระยะการหยุดพักนี้ว่า ฮิปโนซอยต์ (hypnozoite)

Erythrocytic schizogony เป็นระยะที่เชื้อมาลาเรียมีการเจริญแบ่งตัวเพิ่มจำนวนในเม็ดเลือดแดงของคน โดยเริ่มขึ้นเมื่อเมอโรซอยต์แตกออกจากเซลล์ตับก็จะออกมาเป็นอิสระภายนอกชั่วคราวระยะเวลานี้สั้น ๆ เมอโรซอยต์จะมีรูปร่างเป็นรูปไข่มีผนังเซลล์ที่เห็นชัดหุ้มอยู่ทางด้านหน้าที่เรียกว่า apical region ประกอบไปด้วย apical ring , collar rhoptry และ microtubules ซึ่งออร์แกเนลเหล่านี้รวมเรียกชื่อว่า apical complex ทำหน้าที่ช่วยให้เชื้อมาลาเรียเข้าสู่เม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ก็มีนิวเคลียสและ mitochondria ซึ่งอยู่ทางด้านท้ายของเซลล์ (posterior region) ซึ่งกระบวนการเข้าสู่เม็ดเลือดแดงนี้มีความซับซ้อนประกอบด้วยหลายขั้นตอนซึ่งเรียงตามลำดับได้ดังนี้

1. Initial attachment
2. Apical reorientation
3. Apical junction formation
4. Vacuolar formation
5. Entry of the merozoite into the vacuole
6. Sealing at the orifice of the vacuole

เมื่อเมอโรซอยต์เคลื่อนที่เข้าไปใกล้เม็ดเลือดแดง และมีการเกาะติดกับเม็ดเลือดแดงโดยไม่เฉพาะเจาะจง เมื่อเกาะติดได้แล้วเมอโรซอยต์จะมีการปรับทิศทางเพื่อให้ด้าน apical สัมผัสกับผนังของเม็ดเลือดแดง ระยะนี้เม็ดเลือดแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (deformation of the erythrocyte) โดยผนังด้านที่เมอโรซอยต์เกาะติดจะเว้าเข้า รอยต่อระหว่างผนังเซลล์เม็ดเลือดแดงและเมอโรซอยต์จะเชื่อมติดกัน โดยมีการสร้างเยื่อหุ้ม vacuole ให้ติดต่อกับผนังเซลล์เม็ดเลือดแดงแล้วเมอโรซอยต์จะเคลื่อนตัวเข้าสู่เม็ดเลือดแดงโดยการเคลื่อนตัวของรอยเชื่อมดังกล่าว จนในที่สุดจะมีการเชื่อมปิดผนังเซลล์เม็ดเลือดแดงและเยื่อหุ้ม vacuole

เมื่อเชื้อมาลาเรียเข้าสู่เม็ดเลือดแดงจะทำให้ผนังเซลล์ของเม็ดเลือดแดง มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง และหน้าที่ เช่น พบว่ามี electron dense หรือที่เรียกว่า “Knobs” เกิดขึ้นที่ผนังของเม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อมาลาเรียชนิด *Plasmodium falciparum* และ *Plasmodium malariae* จะพบว่ามีส่วนบุ๋มของผนังเม็ดเลือด หรือที่เรียกว่า “caveolae” ของ เม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อ *Plasmodium vivax* และ *Plasmodium ovale* การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เชื่อว่าช่วยให้เม็ดเลือดแดงเหล่านี้สามารถจับกับ

ผนังของหลอดได้ดีขึ้น ทำให้สามารถหลบหนีจากการจับของระบบภูมิคุ้มกันได้ หรืออาจจะช่วยให้สารบางอย่างที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของเชื้อมาลาเรียผ่านได้ดียิ่งขึ้น

ภายหลังจากที่เมอโรซอยต์เข้าสู่เม็ดเลือดแดง แล้วจะมีการเจริญแบ่งตัวเพิ่มจำนวนภายในเยื่อหุ้มที่เรียกว่า parasitophorous vacuole ทำให้เชื้อมาลาเรียไม่ได้สัมผัสกับเม็ดเลือดแดง หรือฮีโมโกลบินโดยตรง แต่สามารถใช้ฮีโมโกลบินเป็นอาหารโดยอาศัยกระบวนการที่เรียกว่า pinocytosis และเชื้อมาลาเรียยังมีกระบวนการขนส่งน้ำตาลกลูโคส กรดไขมัน กรดอะมิโน และเกลือแร่ต่าง ๆ ผ่านเข้าสู่เซลล์ เพื่อใช้ในการเจริญด้วย ในขณะที่เดียวกันก็มีการขนส่งโปรตีนต่าง ๆ จากเชื้อมาลาเรียไปสู่ cytoplasm ของเม็ดเลือดแดง โดยจะอยู่ในรูปของ membrane-bound vesicle หรืออาจจะแทรกอยู่ใน cytoskeleton ของเม็ดเลือดแดง การเจริญแบ่งตัวในเม็ดเลือดแดงของเชื้อมาลาเรียนี้สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน จากการเพาะเลี้ยงเชื้อมาลาเรียในจานทดลองแล้วนำมาย้อมสียิมซา (Giemsa stain) ซึ่งจะทำให้ส่วนที่เป็นนิวเคลียสติดสีแดง และส่วนที่เป็นไซโตพลาสซึมติดสีฟ้า การเจริญแบ่งตัวได้เป็นระยะดังนี้

ระยะวงแหวน (ring form) ระยะนี้จะมี vacuole ใหญ่ มี 1 นิวเคลียส ซึ่งถูก vacuole เบียดไปอยู่ด้านหนึ่งทำให้เห็นเป็นลักษณะคล้ายหัวแหวน จึงเรียกชื่อตามลักษณะที่เห็นว่าเป็นระยะ ring form

ระยะโทรโฟซอยต์ (Trophozoite) ระยะนี้ส่วนของไซโตพลาสซึมขยายออกมีลักษณะคล้ายเป็น pseudopod และนิวเคลียสมีขนาดใหญ่ขึ้นเชื้อมาลาเรียในระยะนี้จะมีการเจริญเติบโตรวดเร็ว โดยอาศัยฮีโมโกลบินจากเม็ดเลือดแดงเป็นอาหาร ซึ่งจะถูกย่อยสลายเป็นฮีม (heme) และโกลบิน (globin) และฮีมก็จะถูกย่อยสลายอีกครั้งให้กลายเป็น ferriprotoporphyrin IX ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพิษต่อเซลล์ ดังนั้นเชื้อมาลาเรียจำเป็นต้องมีกระบวนการกำจัดสารดังกล่าวโดยอาศัย heme polymerase ทำให้สารดังกล่าวรวมตัวกันเป็นโพลีเมอร์ ซึ่งจะเห็นเป็นจุดสีน้ำตาลดำ หรือเรียกว่า malarial pigment หรือ hemozoin ภายในไซโตพลาสซึมของมาลาเรียได้ และจะถูกกำจัดออกพร้อมกับที่ระยะเมอโรซอยต์แตกออกจากเม็ดเลือดแดง

ระยะไซซอนท์ (schizont) เป็นระยะที่ใช้เรียกภายหลังจากที่นิวเคลียสของโทรโฟซอยต์ แบ่งตัวเพิ่มจำนวนขึ้น มีการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ปริมาณของไซโตพลาสซึม เพิ่มขึ้นจนผลสุดท้ายจะไปล้อมนิวเคลียสแต่ละนิวเคลียส

ระยะเมอโรซอยต์ เป็นระยะที่เชื้อมาลาเรียแตกออกจากเม็ดเลือดแดง และเป็นอิสระในกระแสโลหิตชั่วระยะเวลาหนึ่ง พร้อมทั้งจะเข้าสู่เม็ดเลือดแดงใหม่ จำนวนเมอโรซอยต์ของเชื้อมาลาเรียแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป เช่น *Plasmodium falciparum* จะมีจำนวนเมอโรซอยต์ประมาณ 8 - 26 ตัว *Plasmodium vivax* จะมีประมาณ 12-24 ตัว และ *Plasmodium malariae* และ *Plasmodium ovale* จะมีประมาณ 6 - 12 ตัว ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญและเพิ่มจำนวนในเม็ดเลือดแดงแต่ละรอบนี้เรียกว่า asexual erythrocytic cycle ซึ่งจะใช้เวลาแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของเชื้อมาลาเรีย เช่น *Plasmodium falciparum* ใช้เวลาประมาณ 36-48 ชั่วโมง และ *Plasmodium vivax* และ *Plasmodium ovale* ใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ส่วน *Plasmodium malariae* จะใช้เวลานานกว่าชนิดอื่นคือประมาณ

72 ชั่วโมง ระยะเมอโรซอยต์จะเป็นระยะที่อยู่ภายนอกเม็ดเลือดแดงเป็นระยะสั้น ๆ ก่อนที่จะเข้าสู่เม็ดเลือดแดงใหม่ ระยะนี้จึงมีโอกาสดังกล่าวที่สัมผัสกับภูมิคุ้มกันของโฮสต์บนผิวของเมอโรซอยต์จะประกอบด้วยโปรตีน ซึ่งเชื่อว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับการจดจำ (recognition) การเกาะติด (attachment) และการเข้าสู่เม็ดเลือดแดง (invasion) โปรตีนที่สำคัญ และมีปริมาณมากที่สุด บนผิวของเมอโรซอยต์ของ *Plasmodium falciparum* เป็น glycoprotein ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 180 ถึง 220 kD เรียกว่า merozoite surface protein 1 (MSP-1) ซึ่งพบว่ามีหลากหลายในสายพันธุ์ต่าง ๆ ด้วย และใน *Plasmodium vivax* ก็มีโปรตีนที่มีคุณลักษณะคล้าย MSP-1 ของ *Plasmodium falciparum* เช่นกัน มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 200 kD จึงเรียกโปรตีนชนิดนี้ว่า PV200 นอกจากนี้ยังพบว่า ใน *Plasmodium falciparum* ยังมีโปรตีนหลายตัว อาทิเช่น merozoite surface protein-2 (MSP-2), erythrocyte binding protein และ rhoptry protein เป็นต้น

การเจริญและการแบ่งตัวของเชื้อมาลาเรียที่เกิดขึ้นขึ้นภายในเม็ดเลือดแดงจะเกิดซ้ำกันหลาย ๆ รอบ โดยแต่ละรอบเมอโรซอยต์ตัวใหม่ก็จะเข้าสู่เม็ดเลือดแดงใหม่ เป็นการเพิ่มจำนวนเชื้อมาลาเรียได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่เดียวกันก็จะมีเมอโรซอยต์ บางตัวจะมีการเปลี่ยนแปลง (differentiation) ไปเป็นระยะมีเพศที่เรียกว่าแกมมาโตไซต์ (gametocyte) ซึ่งจะมีทั้งเพศผู้และเพศเมียเวลาที่ใช้ในการเจริญจากเมอโรซอยต์ 1 ตัวไปเป็นแกมมาโตไซต์ที่โตเต็มที่จะนานกว่าระยะเวลาที่เจริญในเม็ดเลือดแดง แต่ละรอบ เช่น *Plasmodium falciparum* จะใช้ระยะเวลาประมาณ 10 -12 วัน ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีการทราบแน่ชัดถึงกลไกในการเกิดระยะมีเพศว่ามีอะไรเป็นตัวกระตุ้น แต่เชื่อกันว่าปริมาณภูมิคุ้มกันที่เพิ่มขึ้นภายในร่างกายโฮสต์ มีส่วนช่วยให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว รูปร่างและขนาดของแกมมาโตไซต์ทั้งเพศผู้และเพศเมียของเชื้อมาลาเรียแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น *Plasmodium falciparum* จะมีรูปร่างยาวคล้ายกล้วยหอมแต่เพศผู้จะมีลักษณะอ้วนสั้นกว่าเพศเมีย ส่วนแกมมาโตไซต์ทั้งสองเพศของ *Plasmodium vivax* และ *Plasmodium ovale* และ *Plasmodium malariae* จะมีรูปร่างกลม ความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมียของทั้ง 3 ชนิดนี้จะแยกได้โดยลักษณะของนิวเคลียสภายหลังการย้อมสีซึมซาโดยนิวเคลียสของเพศเมียจะติด สีน้ำเงินมากกว่าเพศผู้ซึ่งจะติดสีน้ำเงินปนแดง

การติดต่อ ^(11,16,17)

1. ติดต่อโดยถูกยุงก้นปล่องที่มีเชื้อมาลาเรียในต่อมน้ำลายกัด ซึ่งเป็นวิธีธรรมชาติที่พบได้มากที่สุด
2. ติดต่อกันมารดาซึ่งมีเชื้อมาลาเรียในร่างกาย และถ่ายทอดทางรกไปสู่ทารกในครรภ์ วิธีนี้พบได้น้อยมาก แต่พบได้ในท้องที่ที่มีมาลาเรียชุกชุม กรณีเช่นนี้จะพบระยะฟักตัวสั้นกว่าการถูกยุงกัด ทารกและมารดาจะมีเชื้อมาลาเรียชนิดเดียวกัน
3. ติดต่อโดยวิธีการให้โลหิต จะพบในรายที่ผู้บริจาคโลหิต มีความหนาแน่นของเชื้อมาลาเรียในกระแสโลหิตต่ำ และไม่มีอาการซึ่งหากไม่ได้ทำการตรวจโลหิตหาเชื้อมาลาเรียก่อนผู้ที่รับการให้โลหิตจะป่วยเป็นมาลาเรียได้

สำหรับยุงก้นปล่อง (Anopheles) ที่เป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียในประเทศไทย พบว่ามี 10 ชนิด ที่มีความสามารถในการแพร่เชื้อ และแต่ละชนิดก็มีความสามารถในการแพร่เชื้อมาลาเรียได้ไม่เท่ากัน จึงจัดยุงก้นปล่องที่เป็นพาหะนำโรคออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามความสามารถในการแพร่เชื้อมาลาเรีย ได้ดังนี้

1. ยุงพาหะหลัก (Primary vector) คือ ยุงที่สามารถนำเชื้อมาลาเรียได้ดีและมีบทบาทสำคัญในการแพร่โรคในท้องที่ป่าเขาทั่วประเทศ ยุงในกลุ่มนี้มี 3 ชนิดได้แก่

- *Anopheles dirus* พบได้ทั่วไปทุกภาค ในท้องที่ป่า ป่าเขา สวนยางพาราหรือสวนผลไม้ที่อยู่ติดกับป่า เพาะพันธุ์ตามแอ่งน้ำขังในป่า

- *Anopheles minimus* พบได้ทั่วไปทุกภาคในท้องที่ป่าเชิงเขา เพาะพันธุ์ใน ลำธารน้ำไหล

- *Anopheles maculatus* พบในท้องที่ป่าเชิงเขา เพาะพันธุ์ในลำธารน้ำไหล

2. ยุงพาหะรอง (Secondary vector) คือยุงที่สามารถนำเชื้อมาลาเรียได้แต่ไม่ดีเท่ากับยุงพาหะหลัก และมีบทบาทในการแพร่โรคน้อย ยุงในกลุ่มนี้มี 3 ชนิดได้แก่

- *Anopheles sundaicus* พบตามท้องที่ชายทะเลบางแห่งเท่านั้นเพาะพันธุ์ในน้ำกร่อย

- *Anopheles aconitus* พบได้ทั่วไปโดยเฉพะในท้องที่ป่าเขาและทุ่งนา

- *Anopheles pseudowillmori* พบตามท้องที่ป่าเขา

3. ยุงที่สงสัยว่าเป็นพาหะ (Suspected vector) คือยุงที่ไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นยุงที่สามารถนำเชื้อมาลาเรียได้หรือไม่ แต่มีแนวโน้มว่าจะแพร่เชื้อไข้มาลาเรียได้ในบางพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ยุงในกลุ่มนี้มี 4 ชนิดด้วยกันได้แก่

- *Anopheles barbirostris*

- *Anopheles philipinensis*

- *Anopheles campetris*

- *Anopheles culicifacies*

อาการวิทยาของไข้มาลาเรีย ⁽¹⁵⁾

อาการและอาการแสดงของไข้มาลาเรียไม่มีลักษณะพิเศษบ่งเฉพาะ โดยมากจะมีอาการนำคล้ายกับไข้หวัด คือ มีไข้ต่ำ ๆ ปวดศีรษะ ปวดตามตัว และกล้ามเนื้ออาจมีอาการคลื่นไส้ เบื่ออาหารได้ อาการจะเป็นเพียงระยะสั้นเป็นวัน หรือหลายวันก็ได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาพักตัวของเชื้อ ชนิดของเชื้อ จำนวนของสปอโรซอยต์ที่ผู้ป่วยได้รับเข้าไป ภาวะภูมิคุ้มกันต้านต่อเชื้อมาลาเรียของผู้ป่วย ภาวะที่ผู้ป่วยได้รับยาป้องกันมาลาเรียมาก่อนหรือได้รับยารักษามาลาเรียมาบ้างแล้ว

อาการจับไข้ซึ่งเป็นอาการที่เด่นชัดของมาลาเรียประกอบด้วย 3 ระยะคือ

1. **ระยะหนาวสั่น** ผู้ป่วยจะมีอาการหนาวสั่น ปากและตัวสั่น ชีต ผิวหนังแห้งหายาบเหมือนหนังห่าน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 15 – 60 นาที ระยะนี้จะตรงกับการแตกของเม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อมาลาเรีย
2. **ระยะร้อน** ผู้ป่วยจะมีไข้สูงอาจจะมีอาการคลื่นไส้อาเจียนร่วมด้วย หน้าแดง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 – 6 ชั่วโมง
3. **ระยะเหงื่อออก** ผู้ป่วยจะมีเหงื่อออกจนชุ่มที่นอนหลังจากระยะเหงื่อออกจะมีอาการอ่อนเพลีย และไข้ลดลง

ปัจจุบันจะพบลักษณะทั้ง 3 ระยะได้น้อยมาก ผู้ป่วยจะมีไข้สูงตลอดเวลา โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่เป็นไข้มาลาเรียครั้งแรก เนื่องจากในระยะแรก ๆ ของการติดเชื้อมาลาเรียเชื้ออาจจะเจริญถึงระยะแก่ไม่พร้อมกันซึ่งอาจจะเป็นผลมาจาก ได้รับเชื้อในเวลาที่แตกต่างกันเม็ดเลือดแดงแตกไม่พร้อมกัน เมื่อเชื้อมาลาเรียเจริญในเม็ดเลือดแดงไม่พร้อมกันทำให้เกิดมีเชื้อหลายระยะ การแตกของเม็ดเลือดแดงจึงไม่พร้อมกันผู้ป่วยมาลาเรียในระยะแรกอาจมีไข้สูงลอยตลอดวันได้แต่เมื่อผ่านไประยะหนึ่งแล้วการแตกของเม็ดเลือดแดงพร้อมกัน จะเห็นผู้ป่วยมีการจับไข้หนาวสั่นเป็นเวลาแยกได้ชัดตามชนิดของเชื้อมาลาเรีย เชื้อไวแวกซ์ , ฟัลซิพารัมและโวลเวล ใช้เวลาในการแบ่งตัว 48 ชั่วโมง จึงทำให้เกิดไข้ทุกวันที่ 3 ส่วนมาลาเรีย ใช้เวลาในการแบ่งตัว 72 ชั่วโมง อาการไข้จึงเกิดทุกวันที่ 4

ผู้ป่วยที่เป็นไข้มาลาเรีย อาจแสดงอาการได้ตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงรุนแรงมาก บางคนไม่มีอาการอะไรเลยทั้ง ๆ ที่มีเชื้อในกระแสเลือด ภาวะเช่นนี้เรียกว่า asymptomatic parasitemia อาการและความรุนแรงของไข้มาลาเรียขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นหลายอย่างด้วย เช่น อายุ และเพศ หรือ สถานภาพการตั้งครรภ์ของผู้ป่วย ระดับภูมิคุ้มกันต่อไข้มาลาเรีย สภาพสมรรถนะของร่างกาย ถิ่นฐานที่อยู่ของผู้ป่วย ชนิดของเชื้อมาลาเรีย จำนวนเชื้อที่มีอยู่ในกระแสเลือด เป็นต้น

การดำเนินโรค

1. ฟัลซิพารัมมาลาเรีย

ในบรรดามาลาเรียทั้ง 4 ชนิดในคน ฟัลซิพารัมมาลาเรียเป็นชนิดที่รุนแรงและเป็นอันตรายมากที่สุด ดังนั้นจึงมีชื่อว่า "Malignant Malaria" ถ้าหากคนได้รับเชื้อนี้เข้าไปและไม่ได้รับการรักษาจะมีอาการรุนแรงเกิดขึ้นเป็นมาลาเรียขั้นสมองได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนที่ไม่มีภูมิคุ้มกันต่อมาลาเรีย ผู้ป่วยมาลาเรียขั้นสมองโดยมากมีการชักนำมาก่อนมีภาวะไม่รู้สึกรู้ตัว ผู้ป่วยเหล่านี้ถ้าได้รับการรักษาและหายจากโรคแล้วมักจะหายเป็นปกติ โดยไม่มีอาการอื่นหลงเหลือเลย ผู้ป่วยฟัลซิพารัมมาลาเรียจะมีภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ได้บ่อย เช่นเกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ และเกิดภาวะความเป็นกรดเกิน (metabolic acidosis) และเสียชีวิตจากปอดบวม น้ำหรือไตวายได้

ผู้ป่วยฟัลซิพารัมมาลาเรียในระยะแรกของโรคจะมีอาการไข้ ปวดเมื่อยตามตัว คลื่นไส้หรืออาเจียน ปวดท้องหรือท้องเดินได้ซึ่งไม่เป็นลักษณะจำเพาะของมาลาเรีย จะพบอาการเหล่านี้ในโรค

อื่นได้เช่นกัน บางคนอาจมีไอหรือลักษณะคล้ายไข้หวัดได้ใน 4 - 5 วันแรกของโรค ไข้จะสูงลอยตลอดเวลาเนื่องจากการแตกของเม็ดเลือดแดงแต่ละชุดไม่พร้อมกัน แต่หลังจากเชื้อมาลาเรียเจริญอยู่ในระยะเดียวกันแล้วเม็ดเลือดแดงจะแตกพร้อมกันทุก 48 ชั่วโมง จึงให้ชื่อว่า tertian malaria ผู้ป่วยจะซีดและเหลืองได้เนื่องจากเม็ดเลือดแดงแตก ตับและม้ามมักโต

2. ไข้วางค์มาลาเรีย

ผู้ป่วยที่เป็นไข้วางค์มาลาเรียมักจะไม่เสียชีวิตจึงมีชื่อว่า "benign tertian malaria" แต่ผู้ป่วยจะเป็นโรคซ้ำอีก (relapse) ซึ่งเกิดจากฮิบโนซอยต์ในตับ อย่างไรก็ตามผู้ป่วย ไข้วางค์มาลาเรีย อาจเสียชีวิตได้ ในกรณีที่เป็นผู้ป่วยสูงอายุ เด็กขาดสารอาหาร เช่นในแถบ แอฟริกา หรือเกิดม้ามแตกได้

อาการของผู้ป่วยไข้วางค์มาลาเรียจะมีลักษณะคล้ายกับฟัลซิพารัมมาลาเรีย แต่จะพบหนาวสั่นได้บ่อยกว่าและขณะเกิดหนาวสั่นผู้ป่วยมักมีอาการปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อมาก ในแถบแอฟริกา จะพบการติดเชื้อไวรัสเป็น herpes labialis ได้บ่อย แต่แถบเอเชียพบได้น้อย ไข้วางค์มาลาเรียต่างสายพันธุ์ จะให้ความรุนแรงของโรคต่างกัน เช่น ชนิดที่พบในประเทศจีน *Plasmodium vivax multinucleatum* มีรายงานว่าทำให้เกิดมาลาเรียขึ้นสมองได้ ผู้ป่วยที่เป็น ไข้วางค์มาลาเรีย ถ้าไม่ได้รับการรักษา อาการไข้จะค่อย ๆ ทุเลาและหายได้แต่จะเป็นซ้ำได้อีกภายใน 2 ปี นานที่สุด 8 ปี

ไข้วางค์มาลาเรียที่อยู่ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น เป็นคนละสายพันธุ์กัน ไข้วางค์มาลาเรียที่อยู่ในเขตร้อนจะเกิดอาการเป็นโรคมาลาเรียได้เร็วและพบว่า มีเชื้อกลับเป็นซ้ำ (relapse) ได้ในเวลาอันสั้นหลังจากเป็นมาลาเรียแล้วประมาณ 3 - 6 เดือนเท่านั้น ส่วนไข้วางค์ชนิดที่พบในประเทศกึ่งเขตร้อน (subtropics) อาการเป็นมาลาเรียอาจใช้เวลานานถึง 9 เดือน และการเป็นซ้ำอีก (relapse) ก็ใช้เวลานานเช่นกัน เช่น ไข้วางค์มาลาเรีย ที่อยู่ในรัสเซีย สายพันธุ์ *Plasmodium vivax hibernans* จะเป็นมาลาเรียภายหลังที่ได้รับเชื้อ 8 - 9 เดือนไปแล้ว ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากสปอโรซอยต์ที่แตกต่างกันหรือเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ในปัจจุบันนี้ยังไม่ทราบสาเหตุว่าอะไรที่กระตุ้นฮิบโนซอยต์ ทำให้เกิดเชื้อกลับเป็นใหม่อีกครั้ง

3. โอวัลล์มาลาเรีย

อาการทางคลินิกของผู้ป่วยที่ติดเชื้อชนิดโอวัลล์ จะ มีลักษณะคล้ายกับไข้วางค์มาลาเรีย แต่ผู้ป่วยที่เป็นโอวัลล์มาลาเรียจะมีอาการน้อยกว่า และมีเชื้อกลับเป็นซ้ำน้อยกว่าไข้วางค์มาลาเรีย ถ้าไม่ได้รับการรักษาอาการไข้จะทุเลาและหายได้เอง แต่เป็นซ้ำได้อีกภายใน 1 ปี นานที่สุด 5 ปี

4. มอลาริโอมาลาเรีย

มอลาริโอมาลาเรีย จะทำให้เกิดมีไข้หนาวสั่นวันเว้น 3 วัน โดยมีไข้วันที่ 1 แล้วสบายอยู่ 3 วัน วันที่ 4 จึงมีไข้จึงเรียกว่า "quartian malaria" ผู้ป่วยมักไม่มีอาการรุนแรงและกว่าจะเกิดอาการไข้อาจใช้เวลานานเป็นปี เชื้อมอลาริโอมาลาเรียอยู่ในคนได้เป็นเวลานานหลายปี ที่มีรายงานนานถึง 53 ปี ซึ่งทำให้มีปัญหากับการคัดเลือกผู้บริจาคเลือด เนื่องจากเชื้ออยู่ในเม็ดเลือดได้นานโดยที่ผู้

บริจาดนั้นไม่มีอาการของมาลาเรียหรือมาลาเรีย เชื้อชนิดนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิด nephrotic syndrome ได้ โดยเฉพาะในเด็กแอฟริกัน

การติดเชื้อผสม (mixed infections)

การติดเชื้อมาลาเรีย 2 ชนิดพร้อมกันพบได้น้อย แต่พอจะพบได้บ้างในพื้นที่ที่มีการติดเชื้อ (endemic area) โดยปกติแล้วมักจะวินิจฉัยไม่ได้หรือวินิจฉัยผิด เนื่องจากจะเห็นมาลาเรียชนิดหนึ่งมีจำนวนมากกว่า ทำให้วินิจฉัยว่าเป็นมาลาเรียชนิดเดียวเท่านั้น การติดเชื้อผสมที่พบได้บ่อยที่สุดคือ พัลซิพารัมมาลาเรียร่วมกับไวแวกซ์มาลาเรีย ซึ่งพบในแถบกึ่งเขตร้อน และพัลซิพารัมกับมาลาเรีย หรือ พัลซิพารัมกับโอดัลเล่มาลาเรีย ซึ่งพบได้ในประเทศแอฟริกา

พยาธิกำเนิดและพยาธิสภาพของมาลาเรียที่รุนแรง

มาลาเรียที่มีอาการรุนแรงและมีภาวะแทรกซ้อน ส่วนใหญ่เกิดจากพัลซิพารัมมาลาเรีย ส่วนไวแวกซ์มาลาเรียและโอดัลเล่มาลาเรียจะไม่ทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิต มีบางรายเท่านั้นที่พบผู้ป่วยเด็กหรือผู้สูงอายุที่ร่างกายอ่อนแอ อาจเสียชีวิตจากเชื้อไวแวกซ์มาลาเรียได้ ส่วนใหญ่เกิดจากภาวะแทรกซ้อนเช่น ภาวะซีด ไข้สูง ม้ามแตก เป็นต้น สาเหตุของมาลาเรียขั้นรุนแรงเกิดจากเชื้อพัลซิพารัมเป็นส่วนใหญ่

มาลาเรียขั้นรุนแรง

มาลาเรียขั้นรุนแรงจะต้องประกอบด้วยลักษณะ 3 ประการคือ

1. ผู้ป่วยต้องไม่รู้สติ ถ้านับตามเกณฑ์ของการไม่รู้สติต้องต่ำกว่าเกรด 2 หรือถ้านับโดยเกณฑ์ของ Glasgow ต้องอยู่ในระดับ 8 หรือน้อยกว่า
2. ต้องตรวจพบเชื้อพัลซิพารัมมาลาเรียแบบไร้เพศ (asexual form) ในกระแสเลือด
3. ต้องวินิจฉัยแยกโรคที่เป็นสาเหตุของการไม่รู้สติอย่างอื่นออกให้หมด เช่น ภาวะน้ำตาลต่ำ อุบัติเหตุทางสมอง ภาวะครรภ์เป็นพิษ หลอดเลือดในสมองอุดตันหรือการติดเชื้อของสมองและไขสันหลัง

มาลาเรียที่มีปอดบวมน้ำ

การเกิดปอดบวมน้ำ เป็นภาวะที่มีอันตรายมากที่สุดในผู้ป่วยที่เป็นมาลาเรีย ผู้ป่วยที่เกิดภาวะนี้จะมีอัตราการตายสูงมากถึงร้อยละ 80 จากการศึกษาสาเหตุการตายของผู้ป่วยมาลาเรียขั้นรุนแรงในประเทศไทยพบว่าภาวะนี้เป็นเหตุของการตายถึงหนึ่งในสาม

มาลาเรียร่วมกับภาวะไตวาย

ประมาณหนึ่งในสามของผู้ป่วยที่เป็นมาลาเรียขั้นรุนแรง เมื่อแรกรับจะตรวจพบค่า creatinine มากกว่า 3 มก./ดล. หรือ BUN มากกว่า 40 มก./ดล. แต่หลังจากให้การรักษาผู้ป่วยเหล่านี้จะดีขึ้นและค่าผิดปกติทั้ง creatinine และ BUN จะกลับคืนสู่ปกติ มีผู้ป่วยเพียงร้อยละ 10 เท่านั้นที่การดำเนินโรครุนแรงเกิดภาวะไตวาย ซึ่งมักจะพบในผู้ป่วยที่มีเชื้อมาลาเรียในกระแสเลือดเป็นจำนวนมาก และมีอาการตัวเหลืองร่วมด้วยผู้ป่วยเหล่านี้จะเกิด hypercatabolism และมักจะพบภาวะปอดบวมน้ำ น้ำตาลในเลือดต่ำและ metabolic acidosis ร่วมด้วย

มาลาเรียร่วมกับภาวะช็อค

ภาวะช็อคในที่นี้คือภาวะที่ตรวจพบระดับฮีมาโตคริตต่ำกว่า 20% ภาวะช็อคพบได้บ่อยในเด็กและหญิงมีครรภ์ทั้ง ๆ ที่เป็นมาลาเรียที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อน ภาวะนี้อาจเป็นสาเหตุทำให้เด็กเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะในเด็กแอฟริกันที่เป็นมาลาเรียบ่อย ๆ ผู้ป่วยมาลาเรียที่มีภาวะแทรกซ้อน เช่น มาลาเรียขั้นสมอง มีการติดเชื้อ ไตวายจะเกิดภาวะช็อคได้บ่อย โดยเฉพาะถ้ามีเชื้อมาลาเรียในกระแสเลือดสูง ถ้าพบเชื้อที่อยู่ในระยะแก่ (schizont) จะพบภาวะช็อคได้มากขึ้น

มาลาเรียร่วมกับอาการชัก

ผู้ป่วยมาลาเรียที่มีอาการรุนแรงจะชักได้บ่อย การชักอาจเกิดขึ้นก่อนมาโรงพยาบาลซึ่งพบได้ร้อยละ 40 ของผู้ป่วยมาลาเรียขั้นสมองที่เป็นผู้ใหญ่ และเกือบร้อยละ 50 ของผู้ป่วยมาลาเรียขั้นสมองที่เป็นเด็ก ญาติและผู้ป่วยมักจะให้ประวัติว่าภายหลังชักผู้ป่วยไม่รู้สึกตัว มักอาเจียนร่วมกับการชักได้บ่อยและเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น aspiration pneumonia การกักตุนเลือดออกและการลำลักเลือดเข้าทางเดินหายใจการชักมักจะเป็นแบบชักทั้งตัว (grand mal seizure) และอาจเกิดซ้ำอีกหลาย ๆ ครั้งได้ แต่บางรายจะพบกระดูกเฉพาะบางส่วนของแขนหรือขาในขณะที่ไม่รู้สึกตัวแต่พบได้น้อย

มาลาเรียร่วมกับอาการไข้สูง

ผู้ป่วยที่เป็นมาลาเรียจะมีไข้สูง ในระยะแรกไข้จะสูงลอยตลอดเวลาเนื่องจากการแตกของเม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อมาลาเรียไม่พร้อมกันการวัดไข้ทางรักแร้ จะได้ค่าต่ำกว่าการวัดทางทวารหนักเนื่องจากเกิดภาวะ vasoconstriction ร่วมด้วยเมื่อผู้ป่วยมาลาเรียมีไข้ อาการของผู้ป่วยจะเลวลงถ้าไข้สูงมากกว่า 38.5 องศาเซลเซียส ผู้ป่วยอาจชักได้โดยเฉพาะในเด็ก หากอุณหภูมิสูงถึง 39.5 - 42 องศาเซลเซียส จะทำให้ผู้ป่วยซึมหรือเพ้อได้

มาลาเรียร่วมกับซีด

ผู้ป่วยมาลาเรียบางคนมีอาการซีด สติสัมปชัญญะเปลี่ยนแปลงเร็วมาก ตรวจร่างกายพบผิวหนังแห้ง เย็น ชีต เยื่อเมือกที่ปาก ลิ้น และขอบตาเขียวซึ่งเกิดจากการตีบตัวของหลอดเลือดบริเวณผิวหนัง ลักษณะดังกล่าวนี้ เรียกว่า "algid malaria" ผู้ป่วยจะเสียชีวิตในเวลาอันรวดเร็ว

มาลาเรียร่วมกับปัสสาวะดำ

ผู้ป่วยมาลาเรียบางคนจะมีปัสสาวะดำ (hemoglobinuria หรือ blackwater fever) ร่วมด้วยเนื่องจาก มีการแตกของเม็ดเลือดแดงเป็นจำนวนมากพร้อมกันทั้งเม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อและไม่มีเชื้อมาลาเรีย รวมทั้งการแตกของเม็ดเลือดแดง ซึ่งมีเชื้อมาลาเรีย ที่ถูกกักขังอยู่ในอวัยวะภายใน (sequestration) hemoglobin ซึ่งเป็นผลจากการแตกของเม็ดเลือดแดงนั้นถ้าเกินกว่า 100 มก./มล. haptoglobin จะจับไว้ไม่หมด hemoglobin บางส่วนจะจับกับ albumin เป็น methemalbumin ส่วน hemoglobin ที่เหลืออยู่อิสระทั้งหมดจะถูกขับออกทางไตผ่าน glomerular membrane ออกมาพร้อมกับปัสสาวะ ซึ่งถ้าปัสสาวะเป็นกรดสีของปัสสาวะจะเห็นเป็นสีน้ำตาลแดงของ oxyhemoglobin แต่ถ้าปัสสาวะเป็นด่างหรือเป็นกลางสีปัสสาวะจะเป็น สีดำ ของ methemoglobin

การตรวจวินิจฉัยมาลาเรีย

วิธีการตรวจเพื่อการวินิจฉัยมาลาเรีย สามารถจำแนกออกได้เป็น

1. การตรวจหาตัวเชื้อมาลาเรียในเลือด
2. การตรวจหาโปรตีนแอนติเจน (antigen) ของเชื้อมาลาเรียในเลือดหรือในซีรัม
3. การตรวจหาภูมิคุ้มกันแอนติบอดี (antibody) ต่อเชื้อมาลาเรียในซีรัม
4. การตรวจหาสารพันธุกรรม ดี เอน เอ(DNA)หรือ อาร์ เอน เอ(RNA) ของเชื้อมาลาเรียในเลือด

การตรวจหาตัวเชื้อมาลาเรียในเลือด

การตรวจหาตัวเชื้อมาลาเรียในเลือดด้วยวิธีกล้องจุลทรรศน์ยังคงเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่นิยมใช้กันอยู่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งมี 2 วิธี คือ

1. วิธีการตรวจด้วยฟิล์มบาง (thin film) โดยการไถเลือดของผู้ป่วยเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ บนแผ่นสไลด์และย้อมให้ติดสี นับจำนวนของเม็ดเลือดที่มีการติดเชื้อมาลาเรียคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเม็ดเลือดแดงที่ติดเชื้อมาลาเรีย
2. วิธีการตรวจด้วย ฟิล์มหนา (thick film) โดยการหยดเลือดผู้ป่วยลงบนแผ่นสไลด์ ทำให้เม็ดเลือดแดงแตกเพื่อให้ปล่อยตัวเชื้อมาลาเรียออกมาและย้อมให้ติดสี นับจำนวนเชื้อมาลาเรียต่อจำนวนเม็ดเลือดขาว 200 ตัว หรือ 100 วงกล้อง

การตรวจหาแอนติเจนของเชื้อมาลาเรีย

การตรวจหาแอนติเจนของเชื้อมาลาเรีย เป็นการตรวจทางอิมมูโนวิทยาวิธีหนึ่งในดินแดนมาลาเรียย้อมมีประชากรจำนวนหนึ่งที่มีเชื้อมาลาเรียอยู่ในร่างกาย แต่ไม่แสดงอาการ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าบุคคลเหล่านั้นมีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อมาลาเรียเป็นอย่างดี จึงสามารถควบคุมให้ปริมาณเชื้ออยู่ในระดับต่ำ และปริมาณเชื้อมาลาเรียที่มีอยู่นั้นอาจจะน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบได้โดยวิธีกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีการตรวจเชื้อมาลาเรียที่มีความไวสูงและมีความจำเพาะที่แม่นยำ และสามารถตรวจหาตัวอย่างเลือดจำนวนมาก ๆ ในคราวเดียวกัน เพื่อใช้ในการวินิจฉัยและใช้ในการประเมินผลทางระบาดวิทยาในการควบคุมมาลาเรียให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

วิธีการตรวจหาแอนติเจนของเชื้อมาลาเรีย จำแนกได้เป็น

1. Radioimmunoassay (RIA) และ Immunoradiometric assay (IRMA)
2. Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)
 - 2.1 Inhibition ELISA
 - 2.2 วิธี Double Antibody Sandwich ELISA โดยใช้โพลีโคลนอลแอนติบอดี
 - 2.3 วิธี Two Site Sandwich ELISA โดยใช้โมโนโคลนอลแอนติบอดี
 - 2.4 วิธี Dot ELISA
 - 2.5 Dye-conjugated Mab-base Assay (Dipstick Assay)

การตรวจหาแอนติบอดีในซีรัม

การตรวจหาแอนติบอดีในซีรัม เป็นวิธีการทางภูมิคุ้มกันวิทยาเช่นเดียวกัน ในอดีตได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อตรวจหาแอนติบอดีจำเพาะต่อเชื้อมาลาเรีย เพื่องานทางด้านระบาดวิทยาในท้องถิ่นที่มีการระบาดของมาลาเรียทั่วโลก

วิธีการตรวจหาแอนติบอดีจำเพาะต่อเชื้อมาลาเรียที่ใช้ทางด้านระบาดวิทยานั้นส่วนใหญ่แล้วมักจะต้องเป็นวิธีที่ทำงานมีความจำเพาะ และความไวสูง ใช้ปริมาณของตัวอย่างเลือดน้อยและสามารถตรวจตัวอย่างเลือดได้ครั้งละจำนวนมากในคราวเดียวกัน วิธีการทางอิมมูโนวิทยาที่นิยมใช้กันอยู่เป็นส่วนใหญ่ได้แก่ indirect immunofluorescent test, indirect hemagglutination test และ enzyme-linked immunosorbent assay โดยใช้แอนติเจนที่จำเพาะต่อเชื้อมาลาเรียชนิดต่าง ๆ ทั้งเชื้อมาลาเรียฟัลซิพารัม และเชื้อมาลาเรียไวแวกซ์ ดังนี้

1. Indirect Immunofluorescent Antibody Test (IFA)
2. Indirect hemagglutination test (IHA)
3. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

การตรวจหาสารพันธุกรรม ดี เอ็น เอ(DNA) หรือ อาร์ เอ็น เอ(RNA) ของเชื้อมาลาเรีย
ในเลือด

วิธีการตรวจหาสารพันธุกรรมโดยตรงสามารถที่จะจำแนกชนิดของเชื้อมาลาเรียว่าเป็นเชื้อมาลาเรียฟัลซิพารัมหรือเชื้อมาลาเรียชนิดไวแวกซ์ โดยแบ่งเป็น 2 วิธี

1. การตรวจโดยวิธี DNA Probe หรือ RNA Probe
2. การตรวจโดยวิธีการขยายสารพันธุกรรม (gene amplification) โดยวิธี PCR

การรักษา มาลาเรีย การรักษามาลาเรียประกอบด้วย

1. การรักษาจำเพาะ (specific treatment)
2. การบำบัดอาการและภาวะแทรกซ้อน (supportive treatment)
3. การป้องกันการแพร่กระจายโรคโดยให้ยาฆ่าแกมมาโตไซท์ (gametocytocide)

หลักการในการป้องกันและควบคุมไข้มาลาเรีย

1.การป้องกันส่วนบุคคล (Individual Protection)เพื่อลดโอกาสในการสัมผัสระหว่างคนและยุง

1.1 ยาทากันยุง (mosquito repellent) เช่น DEET, DMP ซึ่งสามารถป้องกันยุงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Anopheles maculatus*

1.2 ใช้มุ้ง (bed nets) ชุบสารเคมี permethrin หรือ มุ้งลวด (house screening)

1.3 การสร้างบ้านที่ไล่แหล่งน้ำควรรให้อยู่เหนือลม

1.4 ฉีดยากันยุง (house spraying) ที่ออกฤทธิ์เป็น Quick knock – down เช่น pyrethrum

2. การควบคุมแมลงพาหะ (Vector Control)

2.1 การทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ไม่เหมาะสมกับอุปนิสัยชอบเพาะพันธุ์ของยุง (environmental modification and manipulation)

2.2 การลดความหนาแน่นของลูกน้ำยุงด้วยการใช้สารเคมีและสิ่งมีชีวิตในการกำจัด (chemical and biological larvicides) เช่น Abate (Temephos), Insect Growth Regulators (IGRs) และแบคทีเรีย เช่น *Bacillus thuringiensis* และ *Bacillus sphaericus* หรือปล่อยปลาหางนกยูงเพื่อกินลูกน้ำยุง เป็นต้น

2.3 การใช้ยาฆ่าแมลง (Insecticide space spraying) เพื่อลดความหนาแน่นของยุง เช่น malathion (Ultra-low Volume Spraying) หรือเพื่อลดอายุขัยของยุงลงโดยใช้ residual insecticide spraying

3. มาตรการในการป้องกันการแพร่ของเชื้อมาลาเรีย

3.1 ให้การรักษาผู้ป่วยที่เป็นมาลาเรียทันทีด้วย blood schizontocide, tissue schizontocide และ gametocytocide

3.2 ให้อาบน้ำป้องกันมาลาเรียในแหล่งที่มีการติดต่ออย่างน้อย

3.3 ให้การรักษาผู้ป่วยมาลาเรียให้หายขาดเพื่อป้องกันการกลับเป็นซ้ำ (relapse)

3.4 วัคซีนเพื่อป้องกันมาลาเรีย ซึ่งขึ้นกับประสิทธิภาพในการป้องกันของวัคซีนนั้น (sporozoite vaccine)

4. มาตรการอื่น ๆ

4.1 การค้นหาผู้ป่วยเพื่อดำเนินการรักษาโดยเร็ว ทั้งทางตรงและทางอ้อม (Active Case Detection และ Passive Case Detection)

4.2 การสืบสวนโรคด้านระบาดวิทยา

4.3 การนิเทศงานและการประเมินผลงานการป้องกันและควบคุมโรค (supervision and evaluation)

4.4 การจัดอบรมอาสาสมัครมาลาเรีย (อมม.) อาสาสมัครสาธารณสุข (อสม.)

4.5 การให้สุขศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการรักษาป้องกันไข้มาลาเรียและอื่น ๆ

1.2 ความสำคัญของโรคไข้มาลาเรีย

ไข้มาลาเรียนอกจากจะทำให้ผู้ป่วยทรมานทุกข์ทรมานแล้ว ยังทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกด้วยดังจะเห็นได้จากการศึกษาของ สมคิด แก้วสนธิและAlan G.Harding⁽¹⁸⁾ ที่พบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนของผู้ป่วยที่ใช้จ่าย ในการบำบัดรักษาไข้มาลาเรียรวมกับค่าใช้จ่ายในส่วนของ กองมาลาเรียใน ปีพ.ศ. 2529 เป็นมูลค่าถึง 1,517 ล้านบาท นอกจากนี้ นิคม ดีพอ⁽¹⁹⁾ ได้ศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรม และต้นทุนที่

เกิดกับผู้ป่วยในการรักษาไข้มาลาเรียก่อนการเข้ารับบริการของกองมาลาเรียในอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่าการสูญเสียทางเศรษฐกิจ (Economic Loss) ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากพฤติกรรมการรักษาไข้มาลาเรียของผู้ป่วยมาลาเรีย มีมูลค่าถึง 11,056,658.12 บาท ซึ่งนับว่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้ของประชากรที่อยู่ใน พื้นที่ดังกล่าว ซึ่งร้อยละ 84 ของประชากรมีรายได้เฉลี่ยต่ำกว่า 24,000 บาท ต่อปี และ WHO/PAHO⁽²⁰⁾ ได้รายงานผลการศึกษาก่อนเกี่ยวกับผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคมของไข้มาลาเรียในประเทศบราซิลไว้อีกด้วยว่า ผู้ป่วยมาลาเรียจะสูญเสียเวลาไปโดยเฉลี่ย 5 วัน ต่อการป่วย 1 ครั้ง โดยมีค่ามัธยฐานสูงถึง 22.5 วันต่อปี และหากเจ็บป่วยในช่วงทำการเพาะปลูกหรือฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรและไม่สามารถทำงานอื่นทดแทนได้ ก็จะทำให้สูญเสียผลผลิตไปทั้งปี จากความสูญเสียดังกล่าวยังไม่รวมถึงต้นทุนที่ไม่สามารถคำนวณออกมาในรูปของ มูลค่าเงินได้ เช่น การสูญเสียสภาพทางจิตใจของผู้ป่วยและญาติที่เกิดจากการได้รับความเจ็บปวดและทุกข์ทรมาน เนื่องจากการป่วยเป็นไข้มาลาเรีย การสูญเสียโอกาสทางการศึกษาของเด็กในวัยเรียน ซึ่งเป็นต้นทุนประเภทหนึ่งของประชาชนและสังคม นอกจากนี้ยังมีผลเสียที่เกิดจากความล่าช้าที่ผู้ป่วยมาลาเรียไม่ได้รับการรักษาขั้นหายขาด ในระยะเวลาที่รวดเร็วและเหมาะสม ทำให้มีโอกาสแพร่กระจายเชื้อไปสู่บุคคลอื่นได้อย่างต่อเนื่อง และทำให้เกิดการสูญเสียทางด้าน การแพทย์และเศรษฐกิจ กล่าวคือเชื้อไข้มาลาเรียบางชนิด เช่น *Plasmodium falciparum* เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยยาที่จำนวนหรือขนาด (Dose) ที่ไม่เพียงพอที่จะทำลายเชื้อจะสามารถสร้างสาร์ภายในตัวเชื้อขึ้นมาต่อต้านยาชนิดนั้น ๆ ทำให้เชื้อมาลาเรียต่อต้านยาชนิดนั้นและนักวิทยาศาสตร์ในวงการแพทย์จำเป็นต้องมีการค้นคว้าวิจัย เพื่อคิดค้นยาตัวใหม่ขึ้นมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองงบประมาณไปเป็นจำนวนมากโดยไม่มีความจำเป็น เนื่องจากมีกลวิธีป้องกันโรคที่ดีและมีต้นทุนต่ำกว่า⁽¹⁹⁾

2. การเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรีย

การเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรีย ตามมาตรการของกองมาลาเรีย ประกอบด้วย⁽¹¹⁾

2.1 การค้นหาผู้ป่วย (Malaria Case Detection) คือ การค้นหาผู้ที่มีเชื้อมาลาเรียในกระแสโลหิตที่เป็นผู้ป่วยรายใหม่ โดยการเจาะโลหิตตรวจหาเชื้อมาลาเรียเพื่อค้นหาแหล่งรังโรคอันจะนำไปสู่การบำบัดรักษาและตัดวงจรการแพร่โรค แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การค้นหาผู้ป่วยทางตรง และการค้นหาผู้ป่วยทางอ้อม

2.1.1 การค้นหาผู้ป่วยทางตรง (Active Case Detection) คือวิธีการค้นหาผู้ป่วยที่เจ้าหน้าที่เดินทางเข้าไปทำการเจาะโลหิตกลุ่มประชากรเป้าหมายในชุมชน แบ่งออกเป็น

2.1.1.1 การค้นหาผู้ป่วยด้วยวิธีพิเศษ (Special Case Detection) เป็นกิจกรรมของเจ้าหน้าที่มาลาเรียซึ่งไปเจาะโลหิตประชากรกลุ่มเสี่ยงในชุมชน ในลักษณะเยี่ยมทุกหลังคาเรือน และนำฟิล์มโลหิตกลับมาตรวจที่สำนักงาน เป็นกิจกรรมเฉพาะกิจเพื่อค้นหาผู้ป่วยรายใหม่เมื่อมีปัญหาภาวะไข้มาลาเรียสูงผิดปกติหรือเมื่อคาดว่าจะเกิดภาวะไข้สูงขึ้น

2.1.1.2 มาลาเรียคลินิกเคลื่อนที่ (Mobile Malaria Clinic) เป็นกิจกรรมของเจ้าหน้าที่มาลาเรีย ซึ่งไปเจาะโลหิตประชากรกลุ่มเสี่ยงในชุมชน พร้อมอุปกรณ์สำหรับวินิจฉัยเชื้อมาลาเรีย บำบัดรักษา และสอบประวัติผู้ป่วยมาลาเรีย ไม่ต้องนำฟิล์มโลหิตกลับมาตรวจที่สำนักงาน เพื่อค้นหาผู้ป่วยอย่างรวดเร็วและให้การบำบัดรักษาเพื่อลดความทุกข์ทรมานของผู้ป่วยและลดแหล่งรังโรค

2.1.1.3 การเจาะโลหิตหมู่ (Mass Blood Survey) เป็นกิจกรรมหนึ่งของการสอบสวนแหล่งแพร่เชื้อเพื่อสอบสวนและประเมินสถานการณ์โรค ดำเนินการโดยทีม สอบสวนทางระบาด - ภูมิวิทยา

2.1.1.4 การเจาะโลหิตขณะไปสอบประวัติผู้ป่วย (Case Investigation Survey) เป็นการเจาะโลหิตผู้ที่เสี่ยงต่อการติดโรครอบบ้านผู้ป่วยขณะไปสอบประวัติผู้ป่วยในหมู่บ้าน

2.1.2 การค้นหาผู้ป่วยทางอ้อม (Passive Case Detection) เป็นการค้นหาผู้ที่มีเชื้อมาลาเรียในกลุ่มผู้มารับบริการตรวจรักษาที่สถานบริการสาธารณสุขในลักษณะเจาะโลหิตตรวจรักษาทันทีหรือเจาะโลหิตส่งตรวจและรักษาภายใน 7 วัน แบ่งออกเป็น

2.1.2.1 มาลาเรียคลินิก (Malaria Clinic) เป็นสถานบริการเจาะโลหิตตรวจรักษาทันที ให้บริการตรวจโลหิตและบำบัดรักษาผู้มารับบริการทุกราย

2.1.2.2 โรงพยาบาล (Hospital) เป็นสถานบริการเจาะโลหิตตรวจรักษาทันที ได้แก่ โรงพยาบาลรัฐทุกระดับ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัย โรงพยาบาลเอกชน

2.1.2.3 สถานีอนามัย (Health Center) เป็นสถานบริการเจาะโลหิตตรวจรักษาทันทีหากมีศักยภาพในการตรวจวินิจฉัยได้เอง หรือเจาะโลหิตส่งตรวจและรักษาภายใน 7 วัน

2.1.2.4 อาสาสมัคร (Volunteer) เป็นผู้ให้บริการเจาะโลหิตส่งตรวจเพื่อบำบัดรักษาภายใน 7 วันและแนะนำสถานที่ตรวจรักษาแก่ผู้ป่วย ให้คำแนะนำในการป้องกันรักษา มาลาเรียแก่ประชาชนและชุมชน

2.2 การรักษาและการติดตามผลการรักษา

2.2.1 การใช้ยารักษาผู้ป่วย

2.2.1.1 การรักษาขั้นต้น เป็นการจ่ายยารักษา มาลาเรียให้ผู้ที่มีอาการสงสัยว่าจะเป็นไข้มาลาเรียเพื่อบรรเทาความทุกข์ทรมานของผู้ป่วยและลดความสามารถในการแพร่เชื้อไปสู่ผู้อื่น เป็นการจ่ายยาในขณะที่ยังไม่ทราบผลการตรวจฟิล์มโลหิต

2.2.1.2 การรักษาขั้นหายขาด เป็นการจ่ายยาให้ผู้ป่วยในขนาดหายขาดเมื่อทราบผลการตรวจฟิล์มโลหิตและชนิดเชื้อมาลาเรีย

2.2.1.3 การใช้ยารักษากลุ่ม เป็นการจ่ายยาโดยไม่ต้องเจาะโลหิตในท้องที่ที่ไม่สามารถค้นหาผู้ป่วยได้ดีและมีการแพร่เชื้อสูงมากอย่างต่อเนื่อง (กิจกรรมนี้ใช้เฉพาะบางพื้นที่และใช้น้อยมาก)

2.2.2 การติดตามผลการรักษา

2.2.2.1 ชนิดเชื้อ *Plasmodium falciparum* ติดตามวันที่ 7 และ 28 นับจากกินยารักษาวันแรก

2.2.2.2 ชนิดเชื้อ *Plasmodium vivax* และชนิดอื่น ๆ ติดตามวันที่ 14 , 28 , 60 และ 90 นับจากกินยารักษาวันแรก

2.3 การสอบประวัติผู้ป่วย เป็นการสอบถามผู้ป่วยที่ตรวจพบเชื้อมาลาเรียเกี่ยวกับประวัติการเจ็บป่วยและเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อทราบสาเหตุและชนิดของการติดเชื้อเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมโรคต่อไป

2.4 การสอบสวนแหล่งแพร่เชื้อ เป็นกิจกรรมการประมวลข้อมูลทางระบาดวิทยา กิจวัทยา สังคมวิทยาและกิจกรรมการดำเนินงานต่าง ๆ ในชุมชนเพื่อหาวิธีการควบคุมไข้มาลาเรียในชุมชนนั้น ๆ ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3. ชุดตรวจวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรียด้วยน้ำยาสำเร็จรูป (Dipstick)

ชุดน้ำยาสำเร็จรูป (Dipstick) ที่ผลิตขึ้นมาสำหรับตรวจหาเชื้อมาลาเรีย มีลักษณะเป็นแท่งกระดาษที่ฝังไว้ด้วยแอนติบอดีที่จำเพาะต่อเชื้อมาลาเรีย เมื่อนำแท่งกระดาษนี้ไปจุ่มในโลหิตของผู้ป่วยที่ต้องการตรวจหาเชื้อมาลาเรีย โลหิตจะถูกดูดซึมขึ้นมาบนแท่งกระดาษและถ้าโลหิตนั้นมีเชื้อมาลาเรียบางส่วนบนตัวเชื้อมาลาเรียซึ่งเป็นแอนติเจนจะถูกจับโดยแอนติบอดีที่ถูกฝังไว้บนแท่งกระดาษซึ่งเป็นการจับกันอย่างจำเพาะโดยอาศัยหลักการทางภูมิคุ้มกันวิทยา หลังจากนั้นเมื่อหยดแอนติบอดีที่เป็นชนิดเดียวกันกับแอนติบอดีที่ฝังไว้บนแท่งกระดาษแต่เป็นแอนติบอดีที่ถูกติดฉลากไว้ด้วยสี เมื่อแอนติบอดีตัวใหม่นี้จับกันกับแอนติเจนที่ถูกตรึงไว้บนแท่งกระดาษก็จะปรากฏแถบสีขึ้นมาให้เห็น

3.1 หลักการ ชุดน้ำยาสำเร็จรูป ชนิด Optimal[®] อาศัยหลักการอิมมูโนโครมาโตกราฟี โดยในหลุมเลือดจะถูกเคลือบผิวด้วย indicator - tagged monoclonal antibody ต่อ Parasite lactate dehydrogenase (pLDH) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สร้างโดย *Plasmodium* ส่วน Dipstick (Optimal[®]) จะเคลือบด้วย Antibody ไว้ 3 แถบ เมื่อหยดเลือดลงในหลุมที่ coate ไว้ด้วย indicator - tagged monoclonal antibody ต่อ pLDH ถ้าในเลือดมีเชื้อมาลาเรีย (*Plasmodium*) ก็จะทำปฏิกิริยากับ monoclonal antibody นี้ หลังจากนั้นเมื่อจุ่ม Dipstick (Optimal[®]) ลงในหลุมรอจนเลือดซึมผ่านแถบของปฏิกิริยา pLDH จาก *Plasmodium* จะทำปฏิกิริยากับ anti - pLDH ที่ coated ไว้บนแถบ Dipstick (Optimal[®]) เกิดเป็นแถบสีขึ้น ทำให้สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างรวดเร็วและสามารถทำการรักษาโรคได้ทันที ทั้งนี้หากเป็นการค้นหาผู้ป่วยเชิงรุกด้วยวิธีฟิล์มโลหิตชนิดหนาจะสามารถวินิจฉัยและให้การรักษาได้อย่างเร็วที่สุดในวันถัดไป (วันรุ่งขึ้นหลังจากได้รับการเจาะโลหิตเนื่องจากจะต้องนำฟิล์มโลหิตไปชั้นสุตรที่ห้องปฏิบัติการของสำนักงาน)

3.2 หลักเกณฑ์การคัดเลือกผู้รับบริการตรวจวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรียด้วยน้ำยาสำเร็จรูป⁽²¹⁾

3.2.1 กำลังป่วยเป็นไข้หรือมีอาการปวดศีรษะ

3.2.2 เคยป่วยเป็นไข้มาลาเรียภายในระยะเวลา 3 เดือนที่ผ่านมา

3.2.3 มีประวัติไปพักแรมหรือเดินทางมาจากห้องที่แพร่เชื้อมาลาเรีย

3.3 ขั้นตอนและวิธีการตรวจ⁽²¹⁾

3.3.1 นำหลอดสำหรับใส่เลือด(Sample wells หรือ Conjugate wells)มาวางในหลุมเลือดแถวที่หนึ่งของรางพลาสติก

3.3.2 นำหลอดสำหรับใส่น้ำยาบัฟเฟอร์(Wash well)มาวางไว้ในหลุมล้างแถวที่ 2 ในตำแหน่งซึ่งตรงกันกับหลุมแรก

3.3.3 หยดน้ำยาบัฟเฟอร์ลงในหลุมเลือดหนึ่งหยด(หลุมที่กันเป็นสีม่วง)

3.3.4 หยดน้ำยาบัฟเฟอร์ลงในหลุมล้าง 4 หยด

3.3.5 เช็ดปลายนิ้วผู้ป่วยด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ให้สะอาด แล้วเจาะเลือดที่ปลายนิ้ว รับประทานหลอดดูดกันตันมาดูดเลือดที่ปลายนิ้ว โดยบีบหลอดด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ จ่อที่หยดเลือด แล้วปล่อยนิ้วที่บีบออกจากกัน หยดเลือดจะไหลเข้าหลอดดูด ประมาณ 10 ไมโครลิตร โดยอัตโนมัติ

3.3.6 ปล่อยเลือดจากหลอดดูดลงไปในหลุมเลือด (หลุมที่กันเป็นสีม่วง) แล้วใช้ปลายด้านตันของหลอดซึ่งมีลักษณะคล้ายใบพายคนเลือดให้เข้ากับน้ำยาบัฟเฟอร์ ทิ้งไว้ 1 นาที เพื่อให้เลือดและน้ำยาทำปฏิกิริยากัน

3.3.7 นำแถบทดสอบเชื้อ (Dipstick) ออกจากหลอด เขียนชื่อหรือรหัสผู้ป่วยและวันเดือนปีที่เจาะเลือด บนฉลากที่ติดอยู่ตรงด้านหน้าของแถบทดสอบเชื้อ

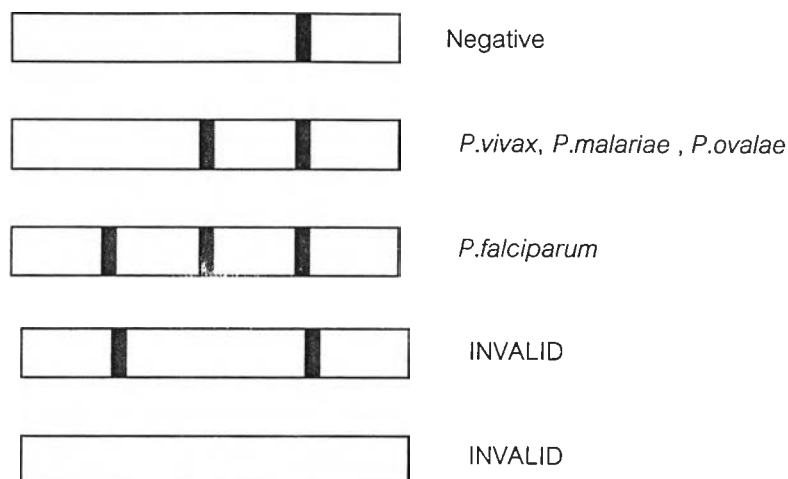
3.3.8 จุ่มปลายด้านบางของแถบทดสอบเชื้อ(OptiMal[®] test strip) ลงในหลุมซึ่งมีเลือดผสมน้ำยาบัฟเฟอร์ และเริ่มจับเวลา

3.3.9 รอให้เลือดซึมขึ้นไปบนแถบทดสอบเป็นเวลา 10 นาที จึงยกแถบทดสอบไปใส่ในหลุมล้าง

3.3.10 ทิ้งแถบทดสอบไว้ในหลุมล้างเป็นเวลา 10 นาที น้ำยาบัฟเฟอร์จะถูกดูดขึ้นไปล้างคราบเลือดบนแถบทดสอบให้สีจางลงจนเกือบเป็นสีขาว

3.3.11 อ่านผล

3.4 การอ่านผล



Negative จะปรากฏแถบสี 1 แถบ ใน reaction field คือแถบสีของ internal control

Positive จะปรากฏแถบสี 2 หรือ 3 แถบ ใน reaction field

กรณี ปรากฏ 2 แถบสี แถบสีขวา คือ internal control

แถบสีซ้าย คือ positive ต่อ *Plasmodium vivax*,

P.malariae และ *P.ovalae*

กรณี ปรากฏ 3 แถบสี แถบสีขวา คือ internal control

แถบสีกลางและซ้าย คือ positive ต่อ *P.falciparum*

INVALID จะไม่ปรากฏแถบสี หรือ ปรากฏแถบสี 2 แถบ แต่แถบสีที่ 2 (แถบกลาง)ซึ่งควรจะปรากฏในกรณีที่ เป็น *P.falciparum* แต่ไม่ปรากฏในที่นี้ แสดงว่ามีความผิดพลาดที่แถบทดสอบที่ 2

หมายเหตุ ความเข้มของแถบสี ที่ positive จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของ parasite ในกระแสโลหิต

3.5 ความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ(Specificity) และความถูกต้อง (Accuracy)

การทดสอบนี้ใช้ตรวจหา Parasite lactate dehydrogenase (pLDH) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สร้างจาก sexual และ asexual form ของเชื้อมาลาเรียเท่านั้น โดยสามารถตรวจสอบในกรณีที่ มีเชื้อมาลาเรียในกระแสโลหิตตั้งแต่ 100 ตัว ต่อเลือด 1 ไมโครลิตร (ซึ่งเท่ากับปริมาณ parasitemia 0.002%) Sensitivity ของชุดน้ำยาสำเร็จรูป (ชนิด Optimal[®]) นี้จะเทียบเท่ากับการตรวจหาเชื้อมาลาเรียจาก Thin blood smear ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (oil immersion) โดยบุคลากรที่มีประสบการณ์ที่ใช้เวลาอ่านนาน 30 นาที ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานำร่องของ พงษ์วิทย์ บัวล้อมไพบและคณะ⁽²²⁾ ที่ทำการศึกษารวดความเชื่อถือได้ของการตรวจหาเชื้อมาลาเรียโดยวิธี Optimal ในภาคสนาม ณ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งพบว่าการวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยวิธี Optimal ให้ค่าความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ (Specificity) และความถูกต้อง (Accuracy) เท่ากับวิธีการวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วย giemsa-stained thick blood film (GS-TBF) ที่ตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ เป็นร้อยละ

92.3 ,100 และ 97.9 ตามลำดับ ทั้งนี้ความไวของวิธี Optimal ขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาแน่นของเชื้อมาลาเรีย การวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียไวแวกซ์มีความไวสูงกว่าการวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียฟิล์มบาง และ ความหนาแน่นของเชื้อที่มีมากขึ้นทำให้การทดสอบมีความไวเพิ่มขึ้นอีกด้วย

3.6 ข้อดี - ข้อจำกัดของวิธีการวินิจฉัยไข้มาลาเรียด้วยชุดน้ำยาสำเร็จรูป

ข้อดีของการตรวจด้วยชุดน้ำยาสำเร็จรูป

1. มีความไวและความจำเพาะเทียบเท่ากับวิธีมาตรฐาน
2. สามารถจำแนกได้ว่าเป็นเชื้อมาลาเรียที่มีชีวิตอยู่หรือตายไปแล้ว เนื่องจาก pLDH จะถูกผลิตจากเชื้อมาลาเรียที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น จึงทำให้สามารถนำไปติดตามผลการรักษาผู้ป่วยได้อีกด้วย

3. เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย ใช้ระยะเวลาสั้น ๆ ในการอบรมหรือฝึกปฏิบัติ
4. ทราบผลการทดสอบอย่างรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ 8 – 10 นาที เท่านั้น ทำให้สามารถรับการรักษาได้อย่างทันที่
5. ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ เช่น กล้องจุลทรรศน์ และไม่ต้องใช้ไฟฟ้า
6. ไม่เกิดความผิดพลาดในการแปลผลอันเนื่องมาจากปัจจัยด้านบุคคล เช่น ความเหนื่อยล้าจากการดูกล้องจุลทรรศน์เป็นเวลานาน ๆ

7. สามารถตรวจพบเชื้อมาลาเรียได้ทุกชนิดและทุกระยะของเชื้อมาลาเรีย
8. เหมาะกับแหล่งที่ไข้มาลาเรียชุกชุมที่มีการคมนาคมไม่สะดวกและขาดกล้องจุลทรรศน์เพื่อใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรค

ข้อจำกัดบางประการของการตรวจด้วยชุดน้ำยาสำเร็จรูป

1. ชุดทดสอบด้วยน้ำยาสำเร็จรูปมีราคาแพง
2. ชุดทดสอบด้วยน้ำยาสำเร็จรูปมีอายุการใช้งานเพียง 1 ปี
3. ไม่สามารถประมาณการจำนวนเชื้อมาลาเรียในกระแสโลหิตผู้ป่วยได้
4. การแยกการติดเชื้อผสมโดยอาศัยความเข้มข้นของแถบสี อาจจะมีผิดพลาดหากเป็นการติดเชื้อชนิดเดียวแต่มีปริมาณมากหรือความหนาแน่นสูง

4. การตรวจหาเชื้อมาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์จากฟิล์มโลหิตชนิดหนา

4.1 การตรวจฟิล์มโลหิตชนิดหนา⁽¹²⁾

การตรวจฟิล์มโลหิตชนิดหนา เพื่อวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย ตั้งแต่ 500 เท่า ขึ้นไป แต่ไม่ควรเกิน 1,000 เท่า เมื่อวางกระจกสไลด์บนแท่น(Stage) และปรับโฟกัสภาพ(Focus)ตามขั้นตอนและวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ จนสามารถมองเห็นภาพชัดเจนแล้ว เลื่อน Mechanical stage adjustment knob ไปเริ่มตั้งต้นดูจากด้านริมของฟิล์มก่อน โดยมือข้างหนึ่งจับที่ปุ่มปรับละเอียด (Fine adjustment knob) เพื่อคอยหมุนปรับภาพให้มีความคมชัด ส่วนมืออีกข้างหนึ่งจับที่ Mechanical stage adjustment knob เพื่อเลื่อนสไลด์ไปในแนวนอน(ตามยาวของแผ่นสไลด์) หรือแนว

ตั้ง (ตามขวางของแผ่นสไลด์) แกว่ง 10 วงกลิ้ง แล้วเลื่อนลงเล็กน้อยเพื่อไม่ให้ภาพซ้อนกับวงกลิ้งเดิมและเลื่อนกลับไปในลักษณะสลับฟันปลา จนครบ 10 แกว่ง ก็จะตรวจได้ครบ 100 วงกลิ้ง (ตั้งแผนภูมิที่ 2.1) โดยใช้เวลาในการตรวจประมาณ 5 – 6 นาที ซึ่งมีหลักการตรวจและตัดสิน ดังนี้

1. ก่อนการตัดสินว่าฟิล์มใดมีเชื้อ(Positive) หรือไม่มีเชื้อ(Negative) ต้องตรวจไม่น้อยกว่า 100 วงกลิ้ง ใช้เวลาประมาณ 5 – 6 นาที

2. ถ้าตรวจฟิล์มโลหิตแล้วพบเชื้อมาลาเรียชนิดใดชนิดหนึ่ง ควรตรวจต่อไป ตามข้อ 1 เพื่อให้เชื่อมั่นได้ว่าไม่มีเชื้อมาลาเรียมากกว่า 1 ชนิด (Mixed infection)

3. ถ้าตรวจฟิล์มโลหิตแล้วพบเชื้อมาลาเรีย ระยะ Trophozoite (Ring form) ระยะเดียว ไม่พบเชื้อระยะอื่น ๆ เลย ให้ตัดสินเป็นเชื้อมาลาเรียชนิด *P.falciparum* ส่วนระยะ Gametocyte ของ *P.falciparum* จะมีลักษณะเด่นชัด คือมี Pigment ชัดมาก และเชื้อมีรูปร่างยาวรี หรือเป็น Crescent form โดยที่ระยะอื่น ๆ ของเชื้อ *P.falciparum* ตามปกติมักจะไม่ค่อยพบใน Peripheral blood

4. ถ้าตรวจฟิล์มโลหิตแล้ว พบเชื้อทุกระยะ หรือ เกือบทุกระยะ เช่น Ring form, Amoeboid form, Schizont form, Gametocyte form ซึ่งเป็นลักษณะเด่นชัดของเชื้อ *P.vivax* ให้ตัดสินเป็นเชื้อมาลาเรียชนิด *P.vivax*

5. ถ้าตรวจฟิล์มโลหิตแล้ว พบเชื้อทุกระยะ หรือ เกือบทุกระยะ เช่นเดียวกับ ข้อ 4 แต่ระยะ Mature schizont มีจำนวน Merozoite ประมาณ 6 – 12 ตัว และมักจะพบว่า Merozoite มีการเรียงตัวล้อมกลุ่ม Pigment ทำให้มีลักษณะคล้ายดอกกุหลาบ (Rosette form หรือ Daisy form) และ Gametocyte มีลักษณะกลมแน่น มี Pigment หยาบ เป็นจำนวนมาก เมื่อเทียบขนาดของเชื้อจะมีขนาดเล็กกว่า *P.vivax* ให้ตัดสินเป็นเชื้อมาลาเรียชนิด *P.malariae*

6. ถ้าตรวจฟิล์มโลหิตแล้ว พบเชื้อทุกระยะ หรือ เกือบทุกระยะ เช่นเดียวกับ ข้อ 4 และ ข้อ 5 และระยะ Mature schizont มีจำนวน Merozoite ประมาณ 6 – 12 ตัว เช่นเดียวกับ *P.malariae* แต่การเรียงตัวของ Merozoite เป็น Rosette form ที่ผิดปกติ ซึ่งหากตรวจในฟิล์มโลหิตชนิดบางจะพบว่า เม็ดเลือดแดงเป็นรูปไข่ และขอบเซลล์ของเม็ดเลือดแดงเป็น จีบ ๆ หรือ แฉก ๆ มี Dots หยาบ เป็นสีแดง หรือสีชมพูเข้มมาก ให้ตัดสินเป็นเชื้อมาลาเรียชนิด *P.ovale*



แผนภูมิที่ 2.1 แสดงทิศทางการเลื่อนสไลด์เพื่อตรวจหาเชื้อมาลาเรีย

4.2 ข้อดี - ข้อจำกัดของวิธีการวินิจฉัยไข้มาลาเรียด้วยกล้องจุลทรรศน์

ข้อดีของการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

1. การตรวจเชื้อมาลาเรียด้วยฟิล์มหนา โดยผู้เชี่ยวชาญ มีความไวสูง สามารถตรวจหาเชื้อได้แม้จำนวนน้อยเพียง 40 ตัวต่อหนึ่งไมโครลิตรของเลือด หรือสามารถตรวจหาเชื้อมาลาเรียที่มีอยู่ 1 – 5 ตัว ในเม็ดเลือดแดงหนึ่งล้านตัวได้

2. เป็นวิธีที่มีความจำเพาะที่สูง กล่าวคือ สามารถจำแนกได้ว่าเป็น มาลาเรียฟัลซิพารัม (*Plasmodium falciparum*) หรือเชื้อมาลาเรียไวแวกซ์ (*Plasmodium vivax*) หรือเชื้อมาลาเรียชนิดอื่น ๆ เป็นวิธีที่เหมาะสมในทางห้องปฏิบัติการ เพื่อการวินิจฉัยโรคทางคลินิก เนื่องจากต้องรักษาผู้ป่วยทันที ส่วนใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที สำหรับวิธีการตรวจด้วยฟิล์มหนา มีข้อสังเกตว่าถ้าพบระยะวงแหวน (ring form) อย่างเดียว แต่ไม่พบระยะไซซอนท์ (schizont) ให้ถือว่าเป็นมาลาเรียฟัลซิพารัม นอกจากนั้นขนาดของเม็ดเลือดแดงที่ติดเชื้อมาลาเรียฟัลซิพารัม จะมีขนาดเท่ากับเม็ดเลือดแดงธรรมดา โดยมี Schuffner's dot ส่วนระยะวงแหวนจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีรูปร่างต่าง ๆ กัน

3. เป็นวิธีที่ตรวจได้ง่ายและยังพอจะบอกได้ว่าเชื้อมาลาเรียที่พบมีรูปร่างสมบูรณ์ดีหรือไม่

ข้อจำกัดบางประการของการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์

1. การตรวจต้องใช้เวลาานาน ส่วนใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 30 นาที โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีจำนวนเชื้อมาลาเรียในเลือดน้อย ซึ่งจะต้องใช้ความพยายามมาก และอาจจะตรวจไม่พบ นอกจากนี้หากเป็นห้องที่ห่างไกลทุรกันดาร ฟิล์มโลหิตจะต้องใช้ระยะเวลาหลายวันจึงจะได้รับการตรวจและทราบผล รวมทั้งทำให้การรักษาก็จะล่าช้าออกไปอีกด้วย

2. กรณีที่มีการติดเชื้อมาร่วมกันระหว่างเชื้อมาลาเรียฟัลซิพารัมและเชื้อมาลาเรียไวแวกซ์ โดยเชื้อมาลาเรียไวแวกซ์อยู่ในระยะวงแหวนมักจะอ่านผลว่าเป็นมาลาเรียฟัลซิพารัมเพียงอย่างเดียว

3. ในการควบคุมไข้มาลาเรียในห้องที่ที่มีการติดเชื้อมาก วิธีการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ไม่เหมาะที่จะใช้ในการตรวจหาเชื้อมาลาเรียในเลือดของประชากรจำนวนมาก ๆ ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการดังกล่าวจะต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญและใช้เวลานาน ในการตรวจหาเชื้อมาลาเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีเชื้อมาลาเรียในเลือดค่อนข้างต่ำ

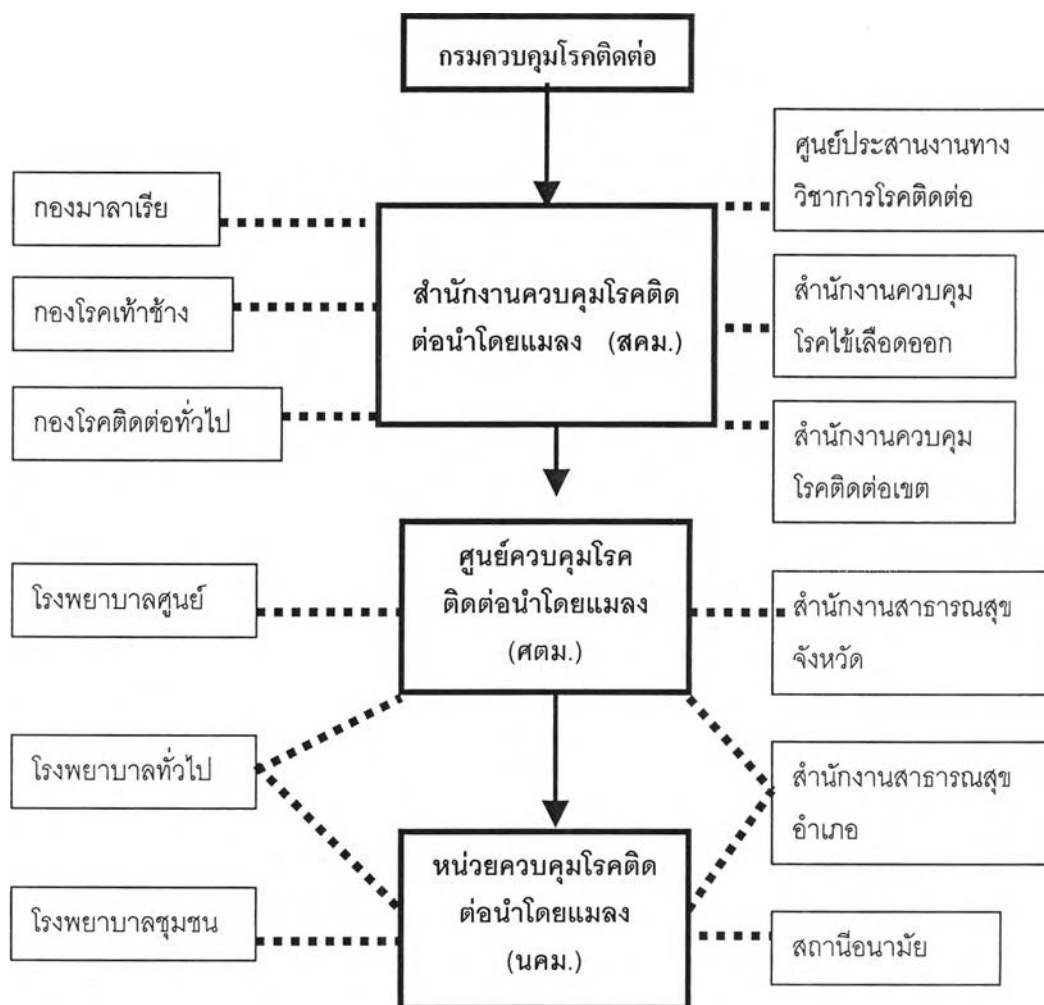
4. เจ้าหน้าที่จุลทัศน์การที่ตรวจหาเชื้อมาลาเรียจะต้องมีทักษะ หรือความชำนาญในการใช้กล้องจุลทรรศน์สูงมาก

5. รูปแบบการดำเนินงานเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรียในจังหวัดตาก

การดำเนินงานควบคุมไข้มาลาเรียในห้องที่จังหวัดตาก ตามมาตรการของกองมาลาเรียโดยมีหน่วยงานสังกัดกรมควบคุมโรคติดต่อ จำนวน 2 หน่วยงาน คือ ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลง (ศตม.) ที่ 11 ตาก ซึ่งประกอบด้วย 8 หน่วยควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลง(นคม.) รับผิดชอบพื้นที่อำเภอเมืองตาก อำเภอบ้านตาก(จังหวัดตาก) จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดสุโขทัย และศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ 18 แม่สอด ซึ่งประกอบด้วย 11 หน่วยควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลง(นคม.) รับผิดชอบพื้นที่

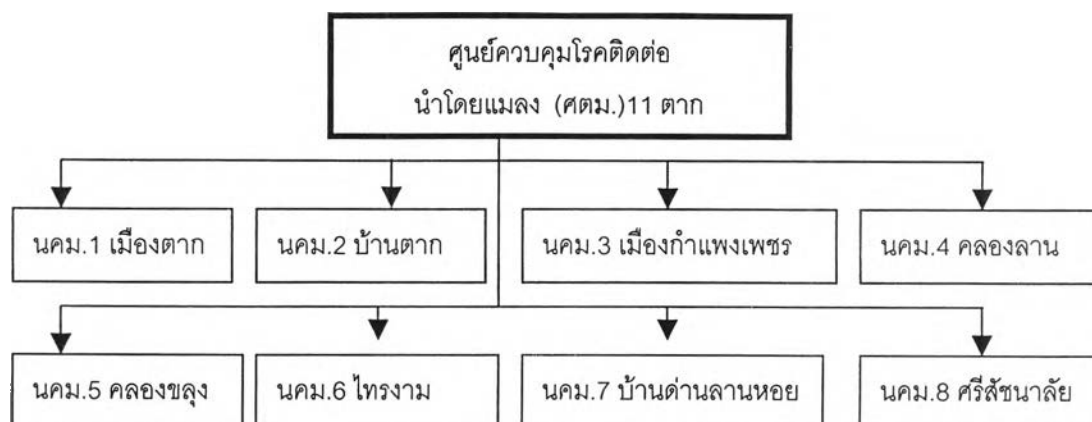
ที่อำเภอแม่สอด(3 นคร.) อำเภอพบพระ(2 นคร.) อำเภออุ้มผาง (2 นคร.) อำเภอแม่ระมาด(2 นคร.) และอำเภอท่าสองยาง(2 นคร.) โดยมีการบริหารราชการตามแผนภูมิที่ 2.2 แผนภูมิที่ 2.3 และแผนภูมิที่ 2.4

โครงสร้างการบริหารงาน

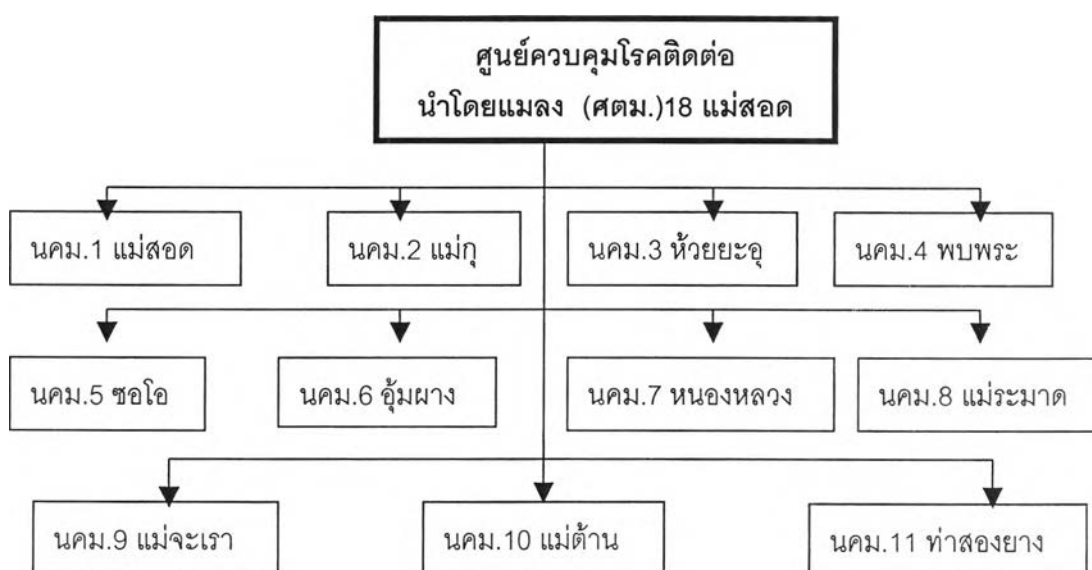


—————> สายการบังคับบัญชา
 สายการประสานงาน

แผนภูมิที่ 2.2 แสดงโครงสร้างการบริหารราชการของกรมควบคุมโรคติดต่อในส่วนภูมิภาค



แผนภูมิที่ 2.3 แสดงโครงสร้างการบริหารราชการของศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ 11 ตาก



แผนภูมิที่ 2.4 แสดงโครงสร้างการบริหารราชการของศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ 18 แม่สอด

การปฏิบัติงานในระดับ ศตม. แบ่งเป็น

- งานบริหารทั่วไป
- งานธุรการ
- งานการเงินและบัญชี
- งานพัสดุ
- งานยานพาหนะ
- งานควบคุมแมลงนำโรค
- งานชันสูตรและรักษา
- งานเฝ้าระวังโรค

การปฏิบัติงานในระดับ นคม. แบ่งเป็น

- งานบริหารทั่วไป
- งานควบคุมแมลงนำโรค
- งานชันสูตรและรักษา
- งานเฝ้าระวังโรค

6. แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน

6.1 ความหมายของต้นทุน

การวิเคราะห์และประเมินผลบริการด้านเศรษฐศาสตร์สาธารณสุข จำเป็นต้องอาศัยข้อมูล ที่สำคัญ คือ ต้นทุน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อประโยชน์ในการวางแผนการจัดสรรทรัพยากรอันจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดและการเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ ซึ่งในการวิเคราะห์ต้นทุนสามารถจำแนกต้นทุนออกเป็น 2 ลักษณะที่สำคัญ คือ ต้นทุนทางบัญชี และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ และได้มีผู้ให้ความหมายของต้นทุนทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวไว้ดังนี้

6.1.1 ความหมายของต้นทุนทางบัญชี

จรัส สุวรรณมาลา⁽²³⁾ ให้ความหมายไว้ว่า ต้นทุน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่สิ้นเปลืองไปอันเนื่องมาจากการผลิตสินค้าหรือบริการ เช่น เงินเดือน/ค่าจ้าง และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิต ค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต หรือการให้บริการ ค่าสาธารณูปโภค สาธารณูปการ ค่าเสื่อมราคาครุภัณฑ์และทรัพย์สินถาวรต่าง ๆ

วิจิตรา พูลเพิ่มทรัพย์⁽²⁴⁾ ให้ความหมายไว้ว่า ต้นทุน หมายถึง จำนวนเงินที่สามารถวัดได้โดยการจ่ายเป็นเงินสดหรือสินทรัพย์ โดยการให้บริการ โดยการออกทุนเรือนหุ้น หรือโดยการก่อหนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าและบริการ

ดวงมณี โกมารทัต⁽²⁵⁾ ให้ความหมายไว้ว่า ต้นทุน หมายถึง มูลค่าที่วัดได้เป็นจำนวนเงินของสินทรัพย์ หรือความเสียสละที่กิจการได้ลงทุนไปเพื่อให้ได้สินค้า สินทรัพย์ หรือบริการต่าง ๆ ซึ่งกิจการคาดว่าจะนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในภายหลัง

สมคิด แก้วสนธิ และ ภิรมย์ กมลรัตนกุล⁽²⁶⁾ ให้ความหมายไว้ว่า ต้นทุนทางบัญชี หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตสินค้าหรือบริการ ได้แก่ ค่าแรง ค่าวัสดุ และค่าลงทุน ซึ่งจะนับเฉพาะรายการที่เป็นตัวเงินที่ได้จ่ายจริงและมองเห็น

ไบหยก เมธนาวิณ⁽²⁷⁾ ให้ความหมายไว้ว่าต้นทุน หมายถึง เงินหรือผลประโยชน์ที่ต้องเสียไปเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ และความหมายของต้นทุนจะแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการที่จะนำต้นทุนไปใช้ในแต่ละงาน

6.1.2 ความหมายของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

Creese, A., and Parker, D.⁽²⁸⁾ ให้ความหมายไว้ว่า ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิต หรือบริการบางอย่าง อาจจะไม่ปรากฏอยู่ในรูปของราคาเพราะทรัพยากรบางอย่างได้มาโดยมิได้จ่ายเงินหรือจ่ายน้อยมาก เช่น เวชภัณฑ์ที่ได้บริจาค แรงงานอาสาสมัคร เมื่อมีการใช้ทรัพยากรไปในกิจกรรมหนึ่งแล้ว จะเป็นการเสียโอกาสที่สังคมจะใช้ทรัพยากรนั้นกับกิจกรรมที่เป็นทางเลือกอื่น

สมคิด แก้วสนธิ และ ภิรมย์ กมลรัตนกุล⁽²⁶⁾ ให้ความหมายไว้ว่า ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง ทรัพยากรที่ใช้ไปทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงินรวมทั้งผลพวงทางลบ ซึ่งไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายและมองไม่เห็น แต่จะมีการกำหนดค่าประเมินและนับรวมเข้าเป็นต้นทุนด้วย โดยจะทำ

การประเมินตามหลักต้นทุน “ค่าเสียโอกาส”(Opportunity cost) ซึ่งต้นทุนทางบัญชีจะไม่มีส่วนนี้เกิดขึ้น ดังนั้นต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์จึงมักจะสูงกว่าต้นทุนทางบัญชี

จิโรจน์ ตั้งเจริญเสถียร และคณะ⁽²⁹⁾ กล่าวว่า ต้นทุน หมายถึง รายจ่ายที่จ่ายออกเป็นตัวเงินจริง ๆ และยังรวมถึงต้นทุนที่มีได้จ่ายเป็นตัวเงินด้วย

อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล⁽³⁰⁾ กล่าวว่า ต้นทุน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงินมิใช่ตัวเงินเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตและบริการ

ดังนั้น จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ต้นทุน มี 2 ลักษณะที่สำคัญ คือ ต้นทุนทางบัญชีซึ่งหมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไป สามารถวัดได้เป็นตัวเงิน และมองเห็น เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ และต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งหมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ไป เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการ ทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน รวมทั้งผลพวงทางลบ ซึ่งไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายและมองไม่เห็น ซึ่งจะประเมินในรูป “ค่าเสียโอกาส” (Opportunity cost) โดยต้นทุนทางบัญชีจะไม่มีส่วนนี้เกิดขึ้น

6.2 ลักษณะและการใช้ประโยชน์ของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

6.2.1 ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์มีลักษณะเฉพาะตัว 3 ประการ คือ ^(31,32)

1. แสดงถึงการใช้ทรัพยากรที่แท้จริง (Use of Real Resource) เช่น การใช้ที่ดิน แรงงาน หรือทุน
2. ทรัพยากรเหล่านี้มีประโยชน์ใช้สอยอย่างอื่น (Alternative Use) ในระบบเศรษฐกิจ
3. เมื่อใช้ทรัพยากรเหล่านี้ไปในกิจกรรมหนึ่งแล้ว จะเสียประโยชน์อันพึงได้ นำมาปัจจัยการผลิตนั้นไปใช้ในกิจกรรมอื่น (Benefit Foregone)

6.2.2 การใช้ประโยชน์ของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์⁽³⁰⁾

1. เพื่อการคาดประมาณความต้องการงบประมาณในอนาคตที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโครงการหรือบริการที่มีปัจจัยนำเข้าจากการบริจาค หรืออาสาสมัคร เป็นสิ่งที่ไม่ยั่งยืนตลอดไป
2. เพื่อเป็นเครื่องชี้วัดความสามารถของรัฐบาลในการได้รับการสนับสนุนจากชุมชนหรือแหล่งอื่น ๆ ในกรณีที่มีการบริจาคทรัพยากร
3. เพื่อวัดประสิทธิภาพเปรียบเทียบ ระหว่างทางเลือกในการดำเนินงานโครงการต่างๆ รัฐบาลหรือผู้บริหารในระดับสูงควรใช้มุมมองที่กว้างที่สุดหรือมุมมองของสังคมในการพิจารณาประสิทธิภาพ มิใช่พิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายในความรับผิดชอบของรัฐบาลเท่านั้น
4. ใช้ทดแทนต้นทุนทางบัญชี เช่น การคำนวณต้นทุนต่อหน่วยเพื่อเป็นเครื่องชี้วัดประสิทธิภาพ ต้นทุนต่อประชากรหรือต่อครัวเรือน เพื่อเป็นเครื่องชี้วัดความเสมอภาค กรณีที่ไม่สามารถใช้ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์แทนต้นทุนทางบัญชีคือ การพิจารณาความสามารถในการจ่าย และการจัดสรรงบประมาณ

6.3 การจำแนกต้นทุน

สามารถจำแนกเป็นต้นทุนได้หลายแบบ โดยพิจารณาตามความสัมพันธ์ของต้นทุนกับวัตถุประสงค์ในการใช้ต้นทุน การจัดกลุ่มต้นทุนที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

สมคิด แก้วสนธิ และ ภิรรมย์ กมลรัตนกุล⁽²⁶⁾ ได้จัดกลุ่มและจำแนกต้นทุนไว้ดังนี้

1. การจัดกลุ่มต้นทุนโดยใช้เกณฑ์ "ผู้รับภาระต้นทุน" แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ต้นทุนภายใน (Internal Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นภายในองค์กรที่จัดบริการ
- ต้นทุนภายนอก (External Cost) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นกับผู้รับบริการ หรือชุมชน

การจัดกลุ่มต้นทุนในลักษณะนี้ มีความสำคัญมากสำหรับการวางแผนและกำหนดนโยบายการจัดบริการสาธารณสุข เพราะการวางแผนและกำหนดนโยบายบริการสาธารณสุขนั้นจำเป็นต้องพิจารณาต้นทุนทั้งสองกลุ่ม เพื่อให้เกิดการจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสมและเป็นธรรม

2. การจัดกลุ่มต้นทุนโดยใช้เกณฑ์ " กิจกรรม" จัดต้นทุนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ต้นทุนทางตรง (Direct Cost) คือ ต้นทุนที่มีลักษณะสัมพันธ์โดยตรงกับ

กิจกรรมนั้นและไม่แบ่งแยกให้กิจกรรมอื่น

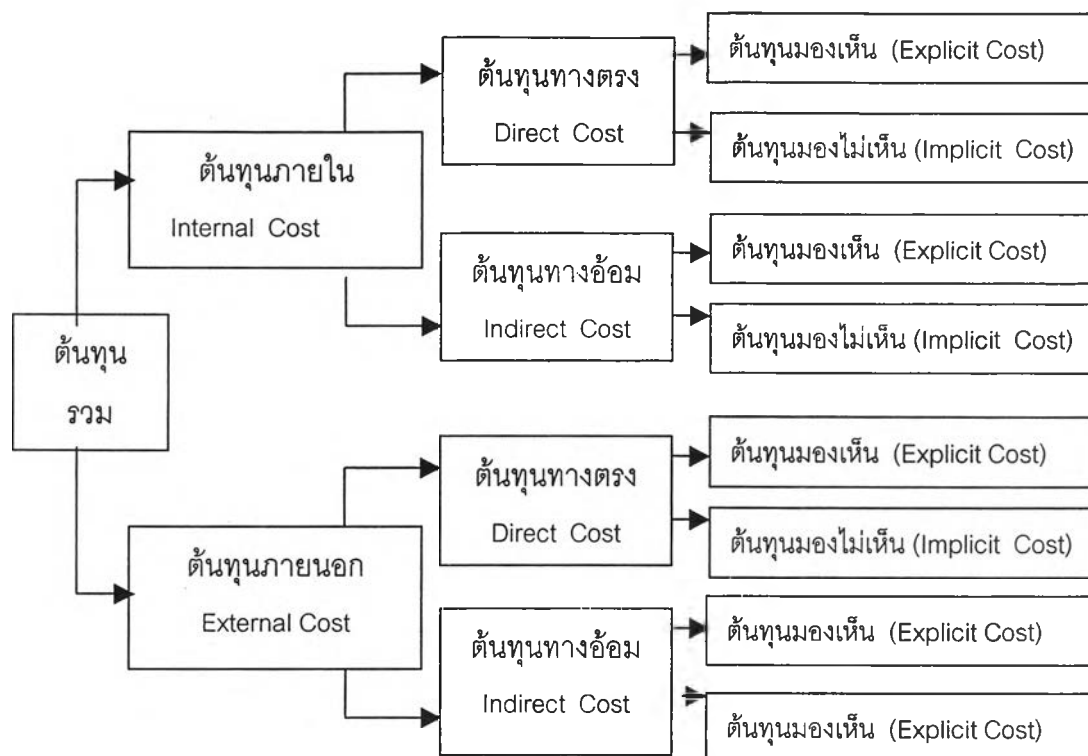
- ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Cost) คือ ต้นทุนของกิจกรรมเสริมที่มีลักษณะเกี่ยวกับกิจกรรมนั้น จะต้องอาศัยวิธีการจัดสรรต้นทุน(Cost Allocation) ให้กับกิจกรรมนั้นโดยใช้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสม

3. การจัดกลุ่มต้นทุนโดยใช้เกณฑ์ "การจ่าย" แบ่งต้นทุนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ต้นทุนที่จ่ายจริงมองเห็น (Explicit Cost หรือ Tangible Cost) คือ ต้นทุนที่มีการจ่ายไปจริงและมองเห็น เช่น ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าน้ำมันรถ ค่าเดินทางของผู้มารับบริการ เป็นต้น

- ต้นทุนที่แฝงอยู่มองไม่เห็น (Implicit Cost หรือ Intangible Cost) คือ ต้นทุนที่แฝงอยู่มองไม่เห็น เป็นต้นทุนที่ไม่ได้จ่ายจริง ต้องใช้วิธีการประเมินค่า และนับเป็นต้นทุนด้วย เช่น ค่าเสื่อมราคาของยานพาหนะ เป็นต้น

หากจะรวมภาพการจัดกลุ่มต้นทุนตามเกณฑ์ผู้รับภาระต้นทุน, เกณฑ์กิจกรรม และเกณฑ์การจ่าย เข้าเป็นภาพเดียวกันจะได้ภาพดังแผนภูมิที่ 2.5



แผนภูมิที่ 2.5 แสดงการจัดกลุ่มต้นทุน

4. การจัดกลุ่มต้นทุนโดยใช้เกณฑ์“การแพทย์” แบ่งต้นทุนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ต้นทุนที่เกี่ยวกับการแพทย์ (Medical Cost) คือ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการทางการแพทย์ เช่น ค่าตอบแทนเจ้าหน้าที่ที่ให้บริการผู้ป่วย ค่าอุปกรณ์ทางการแพทย์ ค่ายาและเวชภัณฑ์
- ต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการบริการทางการแพทย์ (Non-Medical Cost) คือ ต้นทุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการให้บริการทางการแพทย์ เช่น ค่าน้ำมันรถ ค่าเดินทางของผู้มารับบริการ เป็นต้น

การจัดกลุ่มต้นทุนลักษณะนี้ จะมีประโยชน์ในกรณีที่จะทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนว่าต้นทุนนั้นเกี่ยวข้องกับการแพทย์มากน้อยเพียงใด

5. การจัดกลุ่มต้นทุนโดยใช้เกณฑ์ “ความสัมพันธ์กับผลผลิต” แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) หมายถึง ต้นทุนส่วนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนผลผลิตทั้งนี้ไม่ว่าปริมาณกิจกรรมในช่วงนี้จะเปลี่ยนแปลงไปในทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น ต้นทุนอาคารที่ดิน เครื่องฉาย X - ray
- ต้นทุนกึ่งคงที่ (Semi Fixed Cost) หมายถึง ต้นทุนส่วนที่ไม่สัมพันธ์กับจำนวนผลผลิตโดยตรง แต่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนผลผลิตได้ เช่น เงินเดือน ค่าจ้าง ถ้าผลิตเกินจำนวนหนึ่งจะต้องมีค่าล่วงเวลา หรือจ้างเพิ่มขึ้น แต่ถ้าผลิตไม่เกินค่าใช้จ่ายส่วนนี้ก็ไม่เกิดขึ้น

- ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) หมายถึง ต้นทุนส่วนที่ผันแปรตามจำนวนผลผลิต คือ เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามจำนวนผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ค่าน้ำยาตรวจ เป็นต้น

อนุวัฒน์ ศุภชติกุล⁽³⁰⁾ ได้ทำการจำแนกต้นทุนดังต่อไปนี้

1. การจำแนกต้นทุนตามลักษณะของปัจจัยการผลิต (Input)

จัดว่าเป็นการจำแนกพื้นฐานที่สุด โดยนำปัจจัยการผลิตที่มีลักษณะเดียวกันและแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1.1 ต้นทุนค่าลงทุน (Capital Cost) เป็นต้นทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งทรัพยากรที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี ได้แก่ อาคารสิ่งก่อสร้าง ครุภัณฑ์ (รวมทั้งการฝึกอบรมที่มีผลระยะยาวและเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้ง ซึ่งนับเป็น Human Capital Development)

1.2 ต้นทุนดำเนินการ (Operating Cost หรือ Recurrent Cost หรือ Running Cost) เป็นต้นทุนเพื่อให้ได้ทรัพยากรซึ่งใช้หมดไป และจะต้องมีการจัดหาเพิ่มเติมอย่างสม่ำเสมอ ได้แก่ ค่าแรง สำหรับเจ้าหน้าที่ ค่าวัสดุ ค่าซ่อมแซม ค่าสาธารณูปโภค ค่าฝึกอบรมระยะสั้น เป็นต้น

2. การจำแนกเพื่อวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์โครงการ ด้านการสาธารณสุขเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์โครงการ อาจมีการจำแนกต้นทุนในลักษณะดังนี้

2.1 จำแนกตามกิจกรรม เช่น การฝึกอบรม การนิเทศ การบริหารจัดการ การติดตาม ประเมินผล การสนับสนุน/การขนส่ง

2.2 จำแนกตามระดับที่มีการใช้ เช่น ระดับชาติ ระดับเขต ระดับจังหวัด ระดับอำเภอ

2.3 จำแนกตามแหล่ง เช่น กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงอื่น ๆ รัฐบาลท้องถิ่น องค์กรระหว่างประเทศ

สิ่งที่ควรตระหนักคืออย่าใช้การจำแนกหลาย ๆ ประเภทพร้อม ๆ กัน เพราะอาจจะเกิดความซ้ำซ้อนหรือความยุ่งยากในการตัดสินใจจัดต้นทุนไว้กลุ่มใด

3. การจำแนกเพื่อการวิเคราะห์การผลิตและรายงานทางการเงิน (Financial Report)

3.1 ต้นทุนตรง (Direct Cost) และต้นทุนโดยอ้อม (Indirect Cost)

ต้นทุนตรง หมายถึง ต้นทุนค่าวัสดุและค่าแรงซึ่งเกี่ยวข้องกับการผลิตหรือบริการโดยตรง สามารถระบุเฉพาะเจาะจงได้ว่าเป็นผลผลิตหรือบริการใด ต้นทุนนี้จะหมดไปเมื่อยกเลิกการผลิตหรือการจัดบริการนั้น ๆ

ต้นทุนโดยอ้อม หมายถึง ต้นทุนซึ่งไม่สามารถกำหนดได้ว่าเกี่ยวข้องกับผลผลิตหรือบริการใดเป็นการเฉพาะ เพราะใช้ร่วมกับการผลิตสินค้าหรือบริการหลายประเภท เช่น ค่าสาธารณูปโภค ค่าเสื่อมราคา ค่าเช่าสำนักงานหรือเครื่องมือ เป็นต้น

3.2 ต้นทุนของผลผลิต/ผลิตภัณฑ์ (Product Cost) และ รายจ่ายทั่วไป (Period Expense)

ต้นทุนของผลผลิต เป็นต้นทุนซึ่งเกี่ยวข้องกับผลผลิต และสามารถกำหนดให้เป็นต้นทุนของผลผลิตได้ ต้นทุนส่วนนี้ประกอบด้วยต้นทุนตรงค่าวัสดุ ต้นทุนตรงค่าแรง และ Overhead

Cost ต้นทุนส่วนนี้จะอยู่ในส่วนทรัพย์สินที่เป็นสินค้าคงคลังของบัญชีสมดุลเมื่อมีการขายผลผลิตออกไป ต้นทุนส่วนนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นต้นทุนของสินค้าขาย (Cost of Goods Sold) ในบัญชีกำไรขาดทุน หรือบัญชีรายได้ - ค่าใช้จ่าย (Income Statement) ต้นทุนของผลผลิตซึ่งเป็นทรัพย์สินในขณะที่ยังไม่ขายจึงกลายเป็นค่าใช้จ่ายในช่วงที่มีการขายสินค้านั้น

รายจ่ายทั่วไป (Period expense) เป็นค่าใช้จ่ายซึ่งไม่สามารถระบุหรือกำหนดว่าเป็นของผลผลิตหรือบริการใด ๆ และถูกรายงานเป็นค่าใช้จ่ายทั่วไปในงวดรายงานนั้น เช่น ค่าเสริมการขาย ค่าใช้จ่ายในการบริหาร

4. การจำแนกต้นทุนเพื่อการควบคุมต้นทุน (Cost Control)

การควบคุมต้นทุน จะต้องทำความเข้าใจกับแนวคิด เรื่องหน่วยรับผิดชอบ (Responsibility Center) ซึ่งหมายถึง หน่วยงานภายในองค์กร ซึ่งทำงานที่สามารถวัดผลงานได้ มีผู้รับผิดชอบซึ่งสามารถแทรกแซงการทำงานของหน่วยงานเพื่อให้ต้นทุนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หลักการพื้นฐานคือต้นทุนถูกควบคุมโดยคน ดังนั้นในการที่จะควบคุมต้นทุนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้หลักการพื้นฐานคือต้นทุนถูกควบคุมโดยคน ดังนั้นในการควบคุมต้นทุนจะต้องกำหนดหน่วยรับผิดชอบ กำหนดตัวผู้รับผิดชอบประมวลข้อมูลต้นทุนของแต่ละหน่วย เปรียบเทียบต้นทุนที่เกิดขึ้นกับต้นทุนที่คาดประมาณ ค้นหาสาเหตุของความเบี่ยงเบนและดำเนินการแก้ไข

การจำแนกต้นทุนเพื่อการควบคุมต้นทุนแบ่งได้ดังนี้

4.1. ต้นทุนที่สืบสาวได้ (Traceable Costs) กับต้นทุนที่สืบสาวไม่ได้ (Non - Traceable Costs)

ต้นทุนที่สืบสาวได้ เป็นต้นทุนที่ระบุได้ชัดเจนว่าเกี่ยวข้องกับหน่วยรับผิดชอบใด

ต้นทุนที่สืบสาวไม่ได้ เป็นต้นทุนที่ไม่สามารถระบุได้ว่าเกี่ยวข้องกับหน่วยรับผิดชอบใด ต้องมีการกระจายไปให้หน่วยงานต่างๆ ตามระดับกิจกรรมในหน่วยรับผิดชอบ เช่น ปริมาณการผลิต พื้นที่ จำนวนผู้ปฏิบัติงาน หน่วยรับผิดชอบไม่สามารถควบคุมต้นทุนส่วนนี้ได้

การจำแนกต้นทุนในลักษณะนี้เพื่อให้ทราบได้ชัดเจนว่าใครจะมีบทบาทในการควบคุมต้นทุน ผู้บริหารของหน่วยรับผิดชอบจะควบคุมเฉพาะต้นทุนที่สืบสาวได้เท่านั้น หน้าที่ในการควบคุมต้นทุนที่สืบสาวไม่ได้จะเป็นความรับผิดชอบของหน่วยงานอื่น

4.2 ต้นทุนที่ควบคุมได้ (Controllable Costs) และต้นทุนที่ควบคุมไม่ได้ (Non - Controllable Costs)

แม้จะเป็นต้นทุนที่สืบสาวได้ว่าเกี่ยวข้องกับหน่วยรับผิดชอบใด ต้นทุนบางส่วนก็อาจไม่สามารถควบคุมได้โดยหัวหน้าหน่วยรับผิดชอบนั้น เช่น ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงหรือค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและสถานที่ที่ไม่อยู่ในการควบคุมเช่นเดียวกัน

การจำแนกออกเป็นต้นทุนที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้นี้ เพื่อให้ผู้บริหารมุ่งความสนใจไปยังต้นทุนที่ควบคุมได้ที่ได้เบี่ยงเบนไปจากงบประมาณที่ตั้งไว้

4.3 ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

ในการควบคุมต้นทุนและกำหนดราคาขายหรืออัตราค่าบริการ ผู้บริการจะต้องเข้าใจพฤติกรรมของต้นทุน หรือการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในสถานการณ์ระดับกิจกรรม ปริมาณการผลิต หรือปริมาณบริการต่างๆ

ต้นทุนคงที่ เป็นต้นทุนที่ค่ารวมไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีระดับกิจกรรมหรือปริมาณบริการเปลี่ยนแปลงไป เช่น ต้นทุนโดยอ้อมต่างๆ ทั้งนี้ได้หมายความว่า จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพียงจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างอัตโนมัติเมื่อระดับกิจกรรมหรือปริมาณบริการเปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น แต่การเปลี่ยนแปลงต้นทุนคงที่ก็อาจจะเป็นไปได้จากผลการตัดสินใจของผู้บริหาร เช่น การเพิ่มเงินเดือน หรือมีการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว เนื่องจากผู้บริหารตัดสินใจลงทุนในส่วนของพื้นที่ใช้สอยหรือเครื่องมือ เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณบริการเพิ่มสูงขึ้นมาก

ต้นทุนผันแปร เป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามระดับกิจกรรม เช่น ค่าเวชภัณฑ์ที่ใช้ในการดูแลผู้ป่วย

การจำแนกต้นทุนเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร จะต้องมีการกำหนดเวลา และขอบเขตที่แน่นอน ในระยะยาวต้นทุนที่เคยถูกพิจารณาว่าเป็นต้นทุนคงที่อาจกลายเป็น ต้นทุนแปรผันได้ เช่น การขายเครื่องมือที่ไม่ได้ใช้หรือการลดการจ้างงาน เนื่องมาจากปริมาณงานลดลง

5. การจำแนกต้นทุนเพื่อการวางแผน

การวางแผน คือ การกำหนดเป้าหมายเพื่อการดำเนินการในอนาคต ซึ่งในทางธุรกิจ เป้าหมายที่สำคัญ คือ รายได้ รายจ่ายและผลกำไร การคาดประมาณตัวเลขเหล่านี้จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถเปรียบเทียบสิ่งที่คาดไว้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงได้ กระบวนการในการคาดประมาณและการวิเคราะห์ รายได้ รายจ่าย และผลกำไร เรียกว่า การงบประมาณ (Budgeting) ซึ่งแผนงบประมาณอาจครอบคลุมงบประมาณสำหรับแต่ละหน่วยที่รับผิดชอบ การคาดประมาณบัญชีรายได้-ค่าใช้จ่าย การคาดประมาณบัญชีงบดุล

ในการคาดประมาณ รายจ่าย จะใช้ต้นทุนที่เป็นค่าคาดประมาณ (Estimated Cost) หรือต้นทุนมาตรฐาน (Standard Cost) ซึ่งเกิดจากการวิเคราะห์ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงในอดีตที่ผ่านมาอย่างเป็นระบบโดยพิจารณา ทั้งค่าแรง ค่าวัสดุ ต้นทุนอื่นๆ และ Overhead Cost ทำให้ได้ต้นทุนต่อหน่วย และเมื่อนำมาคำนวณร่วมกับปริมาณผลผลิตหรือบริการที่คาดประมาณก็จะสามารถคาดประมาณรายจ่ายทั้งหมดได้

6. การจำแนกต้นทุนตามการตัดสินใจทางเลือก

การตัดสินใจที่ไม่ใช่งานปกติประจำจะต้องอาศัยแนวคิดต้นทุนต่อไปนี้

6.1 ต้นทุนส่วนต่าง (Differential Cost) ในกรณีที่ทางเลือกต่างๆ ที่พิจารณามีต้นทุนบางส่วนที่เหมือนกัน กับผู้บริหารสามารถเปรียบเทียบเฉพาะต้นทุนส่วนที่ไม่เหมือนกัน ทำให้การคำนวณต่าง ๆ ลดลง

6.2 ต้นทุนจม (Sunk Cost) ต้นทุนจมเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นแล้วจากการตัดสินใจในอดีตที่ไม่สามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ การตัดสินใจในปัจจุบันหรือในอนาคต ดังนั้นต้นทุนจมจึงมีค่าเหมือนกันไม่ว่าจะเป็นทางเลือกใด และไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา เช่น เครื่องมือที่ซื้อมาแล้วถือว่าเป็นต้นทุนจมแม้ว่าจะมีการปิดแผนหรือยกเลิกบริการ และไม่ได้ใช้เครื่องมือชิ้นนั้นอีกต่อไป ต้นทุนค่าเสื่อมราคาก็ยังเกิดขึ้นอยู่ดี

6.3 ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เมื่อมีการตัดสินใจลงทุนใช้ทรัพยากรไปกับทางเลือกหนึ่ง จะมีต้นทุนค่าเสียโอกาสเกิดขึ้น คือรายได้ที่อาจเกิดขึ้นคือหากนำเงินหรือทรัพยากรจำนวนนั้นไปใช้กับทางเลือกอื่นที่ดีกว่าหรือดีที่สุด แนวคิดนี้เป็นแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ ค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นเงินสด ไม่มีการบันทึกไว้ในระบบบัญชี แต่ต้นทุนที่ผู้บริหารต้องพิจารณาเพื่อให้มีการเปรียบเทียบทางเลือกอย่างเหมาะสม

สรุปได้ว่า การจำแนกต้นทุนมีหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์การใช้ ดังนั้นการจะจำแนกต้นทุนแบบใดก็ตามจำเป็นต้องคำนึงถึงว่า เมื่อจำแนกแล้วสามารถมองเห็นและรวบรวมต้นทุนของหน่วยต้นทุนนั้นได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

6.4 การวิเคราะห์ต้นทุน

การวิเคราะห์ต้นทุน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ⁽³⁰⁾

1. การวิเคราะห์องค์กรเพื่อกำหนดหน่วยต้นทุน (Cost Center Identification and Grouping)

1.1 การกำหนดหน่วยต้นทุน (Cost Center) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นกรอบในการรวบรวมข้อมูลต้นทุนและผลลัพธ์ทั้งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้ทรัพยากรระหว่างหน่วยงาน มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้^(30,32)

1.1.1 มีหน้าที่ชัดเจน โดยหน่วยต้นทุนอาจมีโครงสร้างของหน่วยงานชัดเจนหรือไม่ก็ได้ การมีโครงสร้างของหน่วยงานชัดเจน เช่น มีที่ทำงานแยกเป็นสัดส่วน มีเจ้าหน้าที่เฉพาะของหน่วยงาน ทำให้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนและปริมาณงานได้ง่าย

1.1.2 มีข้อมูลการใช้ทรัพยากรของหน่วยต้นทุนชัดเจน และมีระดับต้นทุนสูงพอสมควร ข้อมูลการใช้ทรัพยากรของหน่วยต้นทุน ได้แก่ จำนวนเจ้าหน้าที่ บันทึกการใช้วัสดุ การจำแนกหน่วยงานออกเป็นหน่วยต้นทุนมากเท่าไร ก็ยังทำให้ความถูกต้องแม่นยำของต้นทุนที่คำนวณมีสูงขึ้น แต่ต้องแลกมาด้วยปริมาณงานที่ต้องเก็บข้อมูลมากขึ้น ดังนั้นการรวมหน่วยงานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และแต่ละหน่วยงานมีระดับต้นทุนไม่สูงมากนักจะทำให้คำนวณได้ง่ายขึ้น เช่น การรวมงานในฝ่ายบริหารงานทั่วไปเข้าไว้ในหน่วยต้นทุนเดียวกัน

1.1.3 มีผลลัพธ์ของหน่วยต้นทุนซึ่งสามารถวัดได้ ข้อมูลผลลัพธ์นี้จะไปใช้ในการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยหรือใช้ในการกระจายต้นทุน

1.2 การแบ่งหน่วยงานต้นทุน

Mehta N.H.,and Maher, D.J.⁽³³⁾ แบ่งหน่วยงานในสถานพยาบาลออกเป็นกลุ่มตามลักษณะหน้าที่และการสนับสนุนดังนี้

1. หน่วยงานที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ (Non – Revenue Producing Cost Center) เป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่สนับสนุนการทำงานของหน่วยงานอื่น ได้แก่ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายวิชาการ
2. หน่วยงานที่ก่อให้เกิดรายได้ (Revenue Producing Cost Center) เป็นหน่วยงานที่ให้บริการแก่ผู้ป่วย และ มีการคิดค่าบริการแก่ผู้ป่วย เช่น ชั้นสูตร, ผ่าตัดและวิสัญญี
3. หน่วยงานบริการผู้ป่วย (Patient Service) เป็นหน่วยงานที่รับผู้ป่วยไว้ดูแลอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ หน่วยงานผู้ป่วยนอก, ผู้ป่วยใน เป็นต้น

อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล⁽³⁰⁾ แบ่งหน่วยงานตามพฤติกรรมกรรมการส่งหรือรับต้นทุน แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1. หน่วยต้นทุนชั่วคราว (Transient Cost Center) คือหน่วยต้นทุนที่ถูกเคลื่อนย้ายต้นทุนออกไป โดยมีลักษณะเป็นหน่วยงานที่สนับสนุนการทำงานของหน่วยงานอื่น
2. หน่วยรับต้นทุน (Absorbing Cost Center) คือหน่วยต้นทุนที่รับต้นทุนเข้ามาหรือหน่วยต้นทุนสุดท้าย โดยมีลักษณะเป็นหน่วยงานที่ปฏิบัติงานและเป็นหน่วยงานที่ต้องรับการสนับสนุนการทำงานจากหน่วยงานอื่น

2. การหาต้นทุนรวมโดยตรงของแต่ละหน่วยต้นทุน (Direct Costs Determination)

การหาต้นทุนรวมโดยตรง ของแต่ละหน่วยต้นทุน ก็เพื่อให้ทราบมูลค่าของทรัพยากรทั้งหมดที่หน่วยต้นทุนนั้นใช้ไป ต้นทุนรวมโดยตรงของแต่ละหน่วยงานได้จากผลรวมของต้นทุนค่าแรง ต้นทุนค่าวัสดุ และต้นทุนค่าลงทุน ซึ่งหาได้โดย

$$\text{Total Direct Cost} = \text{Labour Cost} + \text{Material Cost} + \text{Capital Cost}$$

$$\text{ต้นทุนรวมโดยตรง} = \text{ต้นทุนค่าแรง} + \text{ต้นทุนค่าวัสดุ} + \text{ต้นทุนค่าลงทุน}$$

ซึ่งสิ่งที่สำคัญคือการจำแนก ต้นทุนค่าแรง ต้นทุนค่าวัสดุ และต้นทุนค่าลงทุน เพื่อใช้ในการคำนวณ โดยได้มีผู้ให้ความหมายและคำจำกัดความของ ต้นทุนค่าแรง ต้นทุนค่าวัสดุและต้นทุนค่าลงทุนไว้ดังนี้

2.1 ต้นทุนค่าแรง(Labour Cost)

สุวิทย์ วิบูลผลประเสริฐ⁽³⁴⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าแรง หมายถึง รายจ่ายที่จ่ายให้กับเจ้าหน้าที่เป็นค่าตอบแทนในการปฏิบัติงาน รวมทั้งสวัสดิการต่าง ๆ ที่จ่ายในรูปตัวเงิน ได้แก่ ค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติราชการ เงินเพิ่มค่าครองชีพ เงินช่วยเหลือบุตร ค่าเล่าเรียนบุตร ค่ารักษาพยาบาล ค่าเช่าบ้าน ทั้งที่จ่ายจากเงินงบประมาณหรือเงินบำรุง

อนุวัฒน์ ศุภชุติกุล⁽³⁰⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าแรง หมายถึง รายจ่ายที่จ่ายให้กับเจ้าหน้าที่เป็นค่าตอบแทนในการปฏิบัติงาน (เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติราชการ รวมทั้งสวัสดิการต่าง ๆ ที่จ่ายในรูปตัวเงิน (ค่าเล่าเรียนบุตร ค่ารักษาพยาบาล ค่าเช่าบ้าน)

ภิรมย์ กมลรัตนกุล⁽³¹⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าแรง หมายถึง รายจ่ายที่จ่ายให้กับ เจ้าหน้าที่ พนักงาน หรือลูกจ้าง เพื่อเป็นค่าตอบแทนในการปฏิบัติงาน รวมทั้งสวัสดิการต่าง ๆ ที่จ่ายในรูปตัวเงิน ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา เงินช่วยเหลือบุตร ค่ารักษาพยาบาล

จึงอาจกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าแรง (Labour Cost) หมายถึง รายจ่ายในรูปของตัวเงินให้กับเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานรวมทั้งสวัสดิการต่าง ๆ ได้แก่ เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าล่วงเวลา ค่าตอบแทนวิชาชีพ หรือเงินประจำตำแหน่ง ค่าช่วยเหลือบุตร ค่าเล่าเรียนบุตร ค่ารักษาพยาบาล ค่าเช่าบ้าน ค่ารักษาพยาบาล

โดยการคำนวณต้นทุนค่าแรงมีองค์ประกอบที่ต้องนำมาคำนวณด้วย คือ

1. เวลาการทำงาน(Timekeeping) โดยคิดเฉพาะเวลาที่เกี่ยวข้องกับงาน ในกรณีทำงานหลายงาน หลายหน่วยงาน คิดเวลาเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องเท่านั้น โดยรวบรวมเป็นเวลาทำงานต่อสัปดาห์หรือต่อเดือน หรือต่อปี เป็นต้น

2. ค่าแรงที่นำมาคำนวณเป็นค่าแรงก่อนที่จะหักภาษีเงินได้ ณ ที่จ่ายรวมทั้งรายการหักค่าอื่น ๆ

2.2 ต้นทุนค่าวัสดุ (Material Cost)

คนองยุทธ กาญจนกุล⁽³⁵⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าวัสดุ หมายถึง รายจ่ายที่เกี่ยวกับวัสดุ เครื่องใช้ สิ้นเปลืองทั้งหมดไปในการดำเนินงานของกิจกรรม หรือหน่วยงานต่าง ๆ เช่น ค่ายา ค่าเวชภัณฑ์ทางการแพทย์ ค่าน้ำยาทางเคมี ค่าฟิล์ม x-ray ค่าวัสดุอาหาร ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้าและค่าทำความสะอาด รายจ่ายเหล่านี้เป็นลักษณะการจ่ายจากงบประมาณ หมวดค่าวัสดุ หมวดค่าใช้สอย และหมวดค่าสาธารณูปโภค

วิโรจน์ ตั้งเจริญเสถียร⁽²⁹⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าวัสดุ ได้แก่ รายจ่ายหมวดค่าวัสดุ ค่าใช้สอย และหมวดค่าสาธารณูปโภค ค่าวัสดุในที่นี้หมายถึง วัสดุที่เบิกจ่ายนำไปใช้จริง ดังนั้นจึงหามูลค่าจากใบเบิกวัสดุครุภัณฑ์ ซึ่งไม่รวมวัสดุต่าง ๆ ที่อยู่ในคลัง และยังมีได้เบิกใช้มูลค่าวัสดุที่เบิกใช้นั้น บางครั้งอาจใช้ไม่หมดยังคงเหลืออยู่ตามหน่วยงานผู้เบิกนั้น ให้ถือว่าค่าวัสดุนั้นเป็นจำนวนที่เบิกใช้ ณ จุดเบิกจ่ายเป็นหลัก

สุวิทย์ วิบุลผลประเสริฐ⁽³⁴⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าวัสดุ หมายถึง วัสดุประเภทที่เบิกจ่ายจากหน่วยจ่าย ซึ่งเกิดขึ้นจริงในรอบระยะเวลาที่กำหนด รวมทั้งค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา และค่าสาธารณูปโภค

อนุวัฒน์ ศุภชุตินกุล⁽³⁰⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าวัสดุ หมายถึง ค่าวัสดุสิ้นเปลืองทุกประเภทที่แต่ละหน่วยต้นทุนเบิกจากหน่วยจ่ายในช่วงเวลาที่ศึกษา รวมทั้งค่าบำรุงรักษา ค่าซ่อมแซม และค่าสาธารณูปโภค ในทางการบัญชี ได้ตีความครุภัณฑ์บางอย่างที่มีราคาน้อย (เช่น ต่ำกว่า 1,000 บาท) ว่าเป็นวัสดุ ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนก็ควรยึดหลักที่โรงพยาบาลใช้ในการทำการบัญชี แต่พึงระวังไม่ให้เกิดการนับซ้ำกันระหว่างต้นทุน ค่าวัสดุกับต้นทุนค่าลงทุน กล่าวคือต้นทุนใดที่ถือว่าเป็นค่าวัสดุก็ไม่นำมาคิดค่าเสื่อมราคา แม้ว่าจะมีอายุการใช้งานมากกว่า 1 ปี

ในการคำนวณต้นทุนค่าวัสดุ จะใช้ราคาทุนที่ซื้อมา เพราะเป็นราคาที่มีการปรากฏหลักฐานในการบันทึกรายการ แต่ถ้าในกรณีไม่ปรากฏหลักฐานราคาซื้อจะใช้ราคาตลาดในการคำนวณ

จึงอาจกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าวัสดุ (Material Cost) หมายถึง ค่าวัสดุสิ้นเปลืองที่แต่ละหน่วยเบิกจากหน่วยจ่าย ในช่วงเวลาที่ศึกษา เช่น วัสดุสำนักงาน น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น และยังรวมไปถึง ค่าสาธารณูปโภค ค่าบำรุงรักษาซ่อมแซมด้วย

2.3. ต้นทุนค่าลงทุน

อนุวัฒน์ ศุภชุตินกุล⁽³⁰⁾ ให้ความหมายว่า ต้นทุนค่าลงทุน หมายถึง ต้นทุนค่าเสื่อมราคาประจำปี (Depreciation Cost) ของครุภัณฑ์ อาคารสิ่งก่อสร้าง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรมซึ่งมีผลระยะยาวและเกิดขึ้นนาน ๆ ครั้ง

สุกัลยา คงสวัสดิ์⁽³⁶⁾ กล่าวว่า ต้นทุนค่าลงทุน ได้จาก การคิดค่าเสื่อมราคา (Depreciation) ด้วยการแบ่งต้นทุนของสินทรัพย์ถาวรออกเป็นส่วน ๆ เพื่อจัดเป็นค่าใช้จ่ายประจำงวดที่ได้รับประโยชน์จากการใช้สินทรัพย์ถาวรนั้น ๆ

2.3.1 ความหมายของค่าเสื่อมราคา(Depreciation Cost) ได้มีผู้ให้ความหมายของ ค่าเสื่อมราคา ไว้ดังนี้

จินดา ชันทอง⁽³⁷⁾ ให้ความหมายว่า ค่าเสื่อมราคา คือ การแบ่งเฉลี่ยต้นทุนสินทรัพย์ถาวรที่มีอายุการใช้งานจำกัดให้เป็นค่าใช้จ่ายของแต่ละงวด ที่สินทรัพย์ได้ให้ทำประโยชน์ หรือก่อรายได้ตลอดอายุการใช้งานของทรัพย์สินนั้น เช่น อุปกรณ์ อาคาร เครื่องจักร เป็นต้น

อนุวัฒน์ ศุภชุตินกุล⁽³⁰⁾ ให้ความหมายว่า ค่าเสื่อมราคาคือมูลค่าของทรัพย์สินที่มีการเสื่อมสภาพ จึงตัดเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละรอบระยะเวลาบัญชีตลอดอายุการใช้งานที่ได้ประมาณไว้

2.3.2 การกำหนดอายุการใช้งานทรัพย์สิน (The Useful Life of Assets)

คนองยุทธ กาญจนกุล⁽³⁵⁾ ได้กำหนดอายุการใช้งาน ในส่วนของการลงทุนสิ่งก่อสร้างค่าเสื่อมราคาร้อยละ 5 ต่อปี (อายุการใช้ประโยชน์ 20 ปี) ครุภัณฑ์ทุกประเภทค่าเสื่อมราคาร้อยละ 10 ต่อปี (อายุการใช้ประโยชน์ 10 ปี) ยานพาหนะค่าเสื่อมราคาร้อยละ 20 (อายุการใช้ประโยชน์ 5 ปี)

สุวิทย์ วิบุลผลประเสริฐ⁽²⁶⁾ ได้กำหนดอายุการใช้งานได้สำหรับครุภัณฑ์ใช้ข้อมูลจาก American Hospital Association : Estimated Useful Lives of Depreciation Hospital Assets, 1978 Edition และสำหรับสิ่งก่อสร้างกำหนดอายุการใช้งาน เป็น 20 ปี ในส่วนอายุการใช้งานของยานพาหนะ Estimated Useful Lives of Depreciation Hospital Assets, 1978 Edition ซึ่งจัดทำโดย American Hospital Association, 1978 กำหนดไว้ว่า Major Moveable Equipment มีอายุการใช้งานนาน 7 - 12 ปี

วิโรจน์ ตั้งเจริญเสถียร⁽²⁹⁾ ได้กำหนดอายุการใช้งาน โดยอ้างสำนักงานประมาณเป็นผู้กำหนดว่า การคิดค่าเสื่อมราคาของครุภัณฑ์กำหนดอายุการใช้งาน 5 ปี และอาคารสิ่งก่อสร้าง 20 ปี

พระราชกฤษฎีกาออกตามประมวลรัษฎากร ว่าด้วยการหักค่าสึกหรอและค่าเสื่อมราคาทรัพย์สิน ฉบับที่ 145 พ.ศ. 2537 มาตรา 4 ข้อ 1 (อ้างใน สุพัฒน์ อุปนิชิต, ชัยสิทธิ์

ตราชฐธรรม)⁽³⁸⁾ กำหนดค่าเสื่อมราคาสำหรับอาคารถาวรร้อยละ 5 ต่อปี (อายุการใช้งาน 20 ปี) และกำหนดค่าเสื่อมราคาสำหรับอาคารชั่วคราวร้อยละ 100 ต่อปี

2.3.3 ราคาซากของทรัพย์สิน (Salvage or Residual Value)

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้อาคารและสิ่งก่อสร้างตลอดจนครุภัณฑ์ ที่หมดอายุการใช้งานหรือหมดสภาพให้มีราคาซากเท่ากับศูนย์

2.3.4 การคำนวณค่าเสื่อมราคา (The Method of Depreciation)

การคำนวณค่าเสื่อมราคาจะมี 2 ลักษณะคือ การคำนวณค่าเสื่อมราคาทางบัญชี (Annual Financial Cost) และการคำนวณค่าเสื่อมราคาทางเศรษฐศาสตร์ (Annual Economic Cost) โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้^(30,32,37,38,39)

2.3.4.1 การคำนวณค่าเสื่อมราคาประจำปีในทางบัญชี (Annual Financial Cost) มีหลายวิธีดังนี้

1. วิธีการคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราเปลี่ยนแปลง โดยคิดเปลี่ยนแปลงไปตามชั่วโมงการทำงานหรือตามจำนวนการผลิต เป็นวิธีการคิดค่าเสื่อมราคาที่เหมาะสมกับทรัพย์สินที่มีการเสื่อมสภาพเนื่องจากการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดที่ไม่ได้คำนึงถึงการเสื่อมราคาอันเนื่องมาจากความล้าสมัย และมักมีปัญหาในทางปฏิบัติในการประมาณประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ทรัพย์สินนั้น ๆ

2. วิธีการคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราลดลง เป็นวิธีการคิดค่าเสื่อมราคาที่เหมาะสมกับทรัพย์สินที่มีประสิทธิภาพสูงในระยะแรก และประโยชน์ที่ให้ระยะหลังไม่แน่นอนหรือเป็นทรัพย์สินที่ขึ้นอยู่กับสมมติฐาน การคิดค่าเสื่อมราคาตามวิธีนี้จะทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ทรัพย์สินค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งานเพราะค่าซ่อมแซมบำรุงรักษาในระยะหลังมักจะสูงขึ้น ขณะที่ค่าเสื่อมราคาลดลง

3. การคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราเพิ่มขึ้น เป็นวิธีการคิดค่าเสื่อมที่เหมาะสมกับทรัพย์สินที่คาดว่าจะให้ประโยชน์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการใช้ทรัพย์สินนั้น การคิดค่าเสื่อมราคาตามวิธีนี้จึงไม่ค่อยมีโอกาสได้ใช้เพราะทรัพย์สินที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมีน้อย การคิดค่าเสื่อมราคาในลักษณะนี้ จะเหมาะกับทรัพย์สินที่มีการจ่ายเงินประกันและค่าภาษีลดลงทุกปีตลอดอายุการใช้งาน ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้งาน รายจ่ายค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาคงที่ตลอดเวลา หรือในกรณีที่คาดการณ์ว่าจะมีรายได้เพิ่มขึ้น จากการใช้ทรัพย์สินนั้น เช่น ถนน สะพาน ที่เก็บค่าผ่านทาง ที่สร้างขึ้นมาเพื่อรองรับปริมาณการจราจรที่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี

4. วิธีการคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราคงที่ เป็นวิธีการคิดค่าเสื่อมราคาที่เหมาะสมกับทรัพย์สินที่มีการเสื่อมสภาพตามระยะเวลา มากกว่าการเสื่อมสภาพเนื่องจากการใช้งานเป็นการเสื่อมสภาพไปเท่าๆกันทุกปี การคิดค่าเสื่อมราคาตามวิธีนี้ง่ายและสะดวก แต่มีข้อเสียที่ไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนของเงินลงทุนและไม่ได้คำนึงถึงประโยชน์ที่ได้ จากการใช้ทรัพย์สินที่แท้จริงการคิดค่าเสื่อมราคาตามวิธีนี้เรียกว่า วิธีการคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight Line Method) โดยคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราคงที่ กล่าวคือ เฉลี่ยค่าเสื่อมราคาออกไปปีละเท่าๆกัน ตามจำนวนปีของอายุการใช้งาน โดยการ

เอามูลค่าปัจจุบัน(Current Value) ของครุภัณฑ์ชิ้นนั้นหารด้วยอายุการใช้งาน(Expected Useful Life) หรือนำเอาราคาที่ซื้อหักด้วยราคาซาก(ที่สามารถขายได้เมื่อหมดอายุการใช้งาน) แล้วหารด้วยอายุการใช้งานของอาคารหรือครุภัณฑ์นั้น

$$\text{ต้นทุนค่าเสื่อมราคาประจำปี} = \frac{\text{จำนวน} \times (\text{ราคาซื้อเมื่อเริ่มต้น} - \text{ราคาซาก(เมื่อหมดอายุการใช้งาน)})}{\text{อายุการใช้งาน(ปี)}}$$

สำหรับอาคารที่ใช้งานนั้น มักจะมีหน่วยงานหลาย ๆ หน่วยอยู่ด้วยกัน ดังนั้น เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาของอาคารแล้ว จะต้องนำมาแบ่งให้กับหน่วยต้นทุนต่าง ๆ ที่ใช้อาคารนั้นตามสัดส่วนของพื้นที่ใช้สอย

2.3.4.2 การคำนวณค่าเสื่อมราคาประจำปีทางเศรษฐศาสตร์ (Annual Economic Cost)

เป็นการคิดค่าเสื่อมราคา โดยนำเอาค่าเสียโอกาสที่ต้องจ่ายเงินซื้อครุภัณฑ์หรือค่าก่อสร้างไปตั้งแต่เริ่มแรก ทั้งหมดเข้ามารวมด้วย ดังนั้น ต้นทุนค่าเสื่อมราคาในทางเศรษฐศาสตร์จึงสูงกว่าต้นทุนค่าเสื่อมราคาในทางบัญชี การคำนวณคิดจากมูลค่าปัจจุบัน(Current Value) ของครุภัณฑ์ หารด้วย Annualization Factor ซึ่ง Annualization Factor นี้ สามารถหาได้จากตารางที่ได้จากการนำอัตราลด (Discount Rate) และอายุการใช้งาน (Expected Useful Life) มาคำนวณร่วมกัน ^(29,32,38) ดังตารางที่ 2.1

$$\text{ต้นทุนค่าเสื่อมราคาประจำปี} = \frac{\text{ราคาซื้อเมื่อเริ่มต้น} - \text{ราคาซากเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน}}{\text{Annualization Factor}}$$

ตารางที่ 2.1 แสดง Annualization Factors

DISCOUNT RATE

	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
1	0.990	0.980	0.971	0.962	0.952	0.943	0.935	0.926	0.917	0.909	0.901	0.893	0.885	0.877	0.870	0.862	0.855	0.847	0.840	0.833
2	1.970	1.942	1.913	1.886	1.859	1.833	1.808	1.783	1.759	1.736	1.713	1.690	1.668	1.647	1.626	1.605	1.585	1.566	1.547	1.528
3	2.941	2.884	2.829	2.775	2.723	2.673	2.624	2.577	2.531	2.487	2.444	2.402	2.361	2.322	2.283	2.246	2.210	2.174	2.140	2.106
4	3.902	3.808	3.717	3.630	3.546	3.465	3.387	3.312	3.240	3.170	3.102	3.037	2.974	2.914	2.855	2.798	2.743	2.690	2.639	2.589
5	4.853	4.713	4.580	4.452	4.329	4.212	4.100	3.993	3.890	3.791	3.696	3.605	3.517	3.433	3.362	3.274	3.199	3.127	3.058	2.991
6	5.795	5.601	5.417	5.242	5.076	4.917	4.767	4.623	4.486	4.355	4.231	4.111	3.998	3.889	3.784	3.685	3.589	3.498	3.410	3.326
7	6.728	6.472	6.230	6.002	5.786	5.582	5.389	5.206	5.033	4.868	4.712	4.564	4.423	4.288	4.160	4.039	3.922	3.812	3.706	3.605
8	7.652	7.325	7.020	6.733	6.463	6.210	5.971	5.747	5.535	5.335	5.146	4.968	4.799	4.639	4.487	4.344	4.207	4.078	3.954	3.837
9	8.566	8.162	7.876	7.435	7.108	6.802	6.515	6.247	5.995	5.759	5.537	5.328	5.132	4.946	4.772	4.607	4.451	4.303	4.163	4.031
10	9.471	8.983	8.530	8.111	7.722	7.360	7.024	6.710	6.418	6.145	5.889	5.650	5.426	5.216	5.019	4.833	4.659	4.494	4.339	4.192
11	10.368	9.787	9.253	8.760	8.306	7.887	7.499	7.139	6.805	6.495	6.207	5.938	5.687	5.453	5.234	5.029	4.836	4.656	4.486	4.327
12	11.255	10.575	9.954	9.385	8.863	8.384	7.943	7.536	7.161	6.814	6.492	6.194	5.918	5.660	5.421	5.197	4.988	4.793	4.611	4.439
13	12.134	11.348	10.635	9.986	9.394	8.853	8.358	7.904	7.487	7.103	6.750	6.424	6.122	5.842	5.583	5.342	5.118	4.910	4.715	4.533
14	13.004	12.106	11.296	10.563	9.899	9.295	8.745	8.244	7.786	7.367	6.982	6.628	6.302	6.002	5.724	5.468	5.229	5.008	4.802	4.611
15	13.865	12.849	11.938	11.118	10.380	9.712	9.108	8.559	8.061	7.606	7.191	6.811	6.462	6.142	5.847	5.575	5.324	5.092	4.876	4.675
16	14.718	13.578	12.561	11.652	10.838	10.106	9.447	8.851	8.313	7.824	7.379	6.974	6.604	6.265	5.954	5.668	5.405	5.162	4.938	4.730
17	15.562	14.292	13.166	12.166	11.274	10.477	9.763	9.122	8.544	8.022	7.549	7.120	6.729	6.373	6.047	5.749	5.475	5.222	4.990	4.775
18	16.398	14.992	13.754	12.659	11.690	10.828	10.059	9.372	8.756	8.201	7.702	7.250	6.840	6.467	6.128	5.818	5.534	5.273	5.033	4.812
19	17.226	15.678	14.324	13.134	12.085	11.158	10.336	9.604	8.950	8.365	7.839	7.366	6.938	6.550	6.198	5.877	5.584	5.316	5.070	4.843
20	18.046	16.351	14.877	13.590	12.462	11.470	10.594	9.818	9.129	8.514	7.963	7.469	7.025	6.623	6.259	5.929	5.628	5.353	5.101	4.870
21	18.857	17.011	15.415	14.029	12.821	11.764	10.836	10.017	9.292	8.649	8.075	7.562	7.102	6.687	6.312	5.973	5.665	5.384	5.127	4.891
22	19.660	17.658	15.937	14.451	13.163	12.042	11.061	10.201	9.442	8.772	8.176	7.645	7.170	6.743	6.359	6.011	5.696	5.410	5.149	4.909
23	20.456	18.292	16.444	14.857	13.489	12.303	11.272	10.371	9.580	8.883	8.266	7.718	7.230	6.792	6.399	6.044	5.723	5.432	5.167	4.925
24	21.243	18.914	16.936	15.247	13.799	12.550	11.469	10.529	9.707	8.985	8.348	7.784	7.283	6.835	6.434	6.073	5.746	5.451	5.182	4.937
25	22.023	19.523	17.413	15.622	14.094	12.783	11.654	10.675	9.823	9.077	8.422	7.843	7.330	6.873	6.464	6.097	5.766	5.467	5.195	4.948
26	22.795	20.121	17.877	15.983	14.375	13.003	11.826	10.810	9.929	9.161	8.488	7.896	7.372	6.905	6.491	6.118	5.783	5.480	5.206	4.956
27	23.560	20.707	18.327	16.330	14.643	13.211	11.987	10.935	10.027	9.237	8.548	7.943	7.409	6.935	6.514	6.136	5.798	5.492	5.125	4.964
28	24.316	21.281	18.764	16.663	14.898	13.406	12.137	11.051	10.116	9.307	8.602	7.984	7.441	6.951	6.534	6.152	5.810	5.502	5.223	4.970
29	25.066	21.844	19.188	16.984	15.141	13.591	12.278	11.158	10.198	9.370	8.650	8.022	7.470	6.993	6.551	6.166	5.820	5.510	5.229	4.975
30	25.808	22.396	19.600	17.292	15.372	13.765	12.409	11.258	10.274	9.427	8.694	8.055	7.496	7.003	6.566	6.177	5.829	5.517	5.235	4.979

EXPECTED USEFUL LIFE IN YEARS

จึงอาจกล่าวได้ว่า ต้นทุนค่าลงทุน (Capital Cost) หมายถึง ต้นทุนเนื่องจากค่าเสื่อมราคาประจำปีของครุภัณฑ์ อาคารสิ่งก่อสร้าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดการคิดต้นทุนค่าลงทุน จาก ค่าเสื่อมราคาประจำปีของครุภัณฑ์ สิ่งก่อสร้างและยานพาหนะ ยกเว้นค่าที่ดิน โดยคิดเสื่อมราคาเป็นรายจ่ายในแต่ละปีเท่า ๆ กันตลอดอายุการใช้งานของทรัพย์สินนั้น ตามวิธีเส้นตรง(Straight Line Method) โดยให้ครุภัณฑ์ทุกประเภทและยานพาหนะ มีอายุการใช้งาน 10 ปี สำหรับอาคารสิ่งก่อสร้างใช้ตามพระราชกฤษฎีกาออกตามประมวลรัษฎากร ว่าด้วยการหักค่าสึกหรอและค่าเสื่อมราคาทรัพย์สิน ฉบับที่ 145 พ.ศ 2537 มาตรา 4 ข้อ 1 กำหนดค่าเสื่อมราคาสำหรับอาคารถาวร คิดร้อยละ 5 ต่อปี (อายุการใช้งาน 20 ปี) อาคารชั่วคราว คิดค่าเสื่อมราคาร้อยละ 10 โดยคิดค่าเสื่อมราคาตามสัดส่วนของพื้นที่ที่ใช้งานในกิจกรรมนั้น ๆ ราคาซากของทรัพย์สิน (Salvage or Residual Value) ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดให้อาคารและสิ่งก่อสร้างตลอดจนครุภัณฑ์ ที่หมดอายุการใช้งานหรือหมดสภาพให้มีราคาซากเท่ากับศูนย์

3. การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) หน่วยต้นทุนที่เป็นหน่วยงาน ต้นทุนชั่วคราวจะต้องมีเกณฑ์การกระจายต้นทุน (Allocation Criteria) เป็นตัวกำหนดว่าจะใช้ข้อมูลอะไร มากระจายต้นทุนของตนเองให้กับหน่วยงานรับต้นทุน ซึ่งอาจแบ่งการกระจายต้นทุนออกเป็น 4 กลุ่ม ได้ ดังนี้

3.1 เกณฑ์ที่สัมพันธ์กับผู้ปฏิบัติงาน เช่น จำนวนผู้ปฏิบัติงานเต็มเวลาและเทียบเท่า

3.2 เกณฑ์ที่สัมพันธ์กับค่าใช้จ่าย เช่น ค่าใช้จ่ายของแต่ละหน่วยงานต้นทุน เงินเดือน ค่าจ้าง ค่าวัสดุ เป็นต้น

3.3 เกณฑ์สัมพันธ์กับปริมาณผู้ป่วย เช่น จำนวนครั้งของการมารับการตรวจ จำนวน ผู้ป่วย เป็นต้น

3.4 เกณฑ์สัมพันธ์กับบริการทั่วไป เช่น พื้นที่ใช้สอย เป็นต้น

การเลือกใช้เกณฑ์ชนิดใดนั้น ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว หรือข้อมูลที่สามารถเก็บได้ ไม่ยากนัก และควรมีความสัมพันธ์กับการใช้ทรัพยากรที่จะกระจาย สำหรับหน่วยงานที่มีผลลัพธ์ของงานที่หลากหลาย ควรมีการพิจารณาเกณฑ์หลาย ๆ เกณฑ์ไปพร้อม ๆ กัน

4. การกระจายต้นทุน (Cost Allocation)

คือการเคลื่อนย้ายต้นทุนของหน่วยต้นทุนที่ทำหน้าที่สนับสนุน หรือหน่วยต้นทุนชั่วคราว มาสู่หน่วยต้นทุนที่ให้บริการ หรือหน่วยรับต้นทุน ผลลัพธ์ของการกระจายต้นทุนจะทำให้ต้นทุนของ หน่วยต้นทุนชั่วคราว(TCC) กลายมาเป็นต้นทุนทางอ้อมของหน่วยรับต้นทุน (ACC) จนหมดสิ้น ไม่เหลือ ต้นทุนอยู่ที่หน่วยต้นทุนชั่วคราวเลย ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด (Full Cost) ของหน่วยต้นทุนที่ให้บริการ หรือหน่วยรับต้นทุน เท่ากับผลรวมของต้นทุนโดยตรง(Total Direct Cost) ของหน่วยต้นทุนที่ให้บริการ หรือหน่วยรับต้นทุน กับต้นทุนของหน่วยต้นทุนชั่วคราวที่กระจายมาให้หน่วยรับต้นทุน (Indirect Cost)

ต้นทุนรวมทั้งหมด = ต้นทุนโดยตรงของตนเอง + ต้นทุนทางอ้อมจากการกระจาย

$$\text{Full Cost} = \text{Total Direct Cost} + \text{Indirect Cost}$$

4.1 การกระจายต้นทุน มีเหตุผลที่สำคัญ 2 ประการ คือ

4.1.1 เพื่อให้ต้นทุนทั้งหมดไปตกที่หน่วยต้นทุนที่มีกิจกรรมในการให้บริการ ซึ่งทำให้คำนวณหาต้นทุนต่อหน่วยได้โดยไม่มีต้นทุนส่วนใดตกหล่นไป

4.1.2 เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์ในการสนับสนุนซึ่งกันและกันของหน่วย ต้นทุนต่าง ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การประเมินประสิทธิภาพ ในการทำงานได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง มากที่สุด

4.2 วิธีการกระจายต้นทุน (Allocation Method)

การกระจายต้นทุนสามารถกระทำได้หลายวิธี แต่จะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับ ความรวดเร็ว ความ ถูกต้อง ความเชื่อถือได้ และขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายของการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนที่เป็นค่าแท้ จริงเป็นธรรมต่อทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องไปใช้เพียงใด

4.2.1 อนุวัฒน์ ศุภชติกุล⁽³⁰⁾ แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี

1. การกระจายต้นทุนออกทางเดียว วิธีการนี้ หน่วยต้นทุนชั่วคราว จะกระจายต้นทุนของตนออกไปให้หน่วยต้นทุนอื่น ๆ จนหมด ในขณะที่กระจายจะไม่มีกรรับต้นทุนจากหน่วยงานอื่น มีวิธีที่แตกต่างกัน ได้แก่

- การกระจายโดยตรง (Direct Distribution Method) ทำโดยแบ่งหน่วยต้นทุนออกเป็น 2 กลุ่ม คือหน่วยต้นทุนชั่วคราวและหน่วยรับต้นทุน หน่วยต้นทุนชั่วคราวแต่ละหน่วยจะกระจายต้นทุนของตนให้หน่วยรับต้นทุนโดยตรง ไม่มีการกระจายต้นทุนให้แก่กันในกลุ่มหน่วยต้นทุนชั่วคราว

- การกระจายตามลำดับขั้น (Step-Down Method) วิธีนี้ จะมีการจัดลำดับหน่วยต้นทุนที่ต้องสนับสนุน หน่วยงานอื่น ๆ ในลักษณะที่กว้างขวางกว่า ไว้เป็นอันดับต้น ๆ และเรียงลำดับลงไปเมื่อหน่วยต้นทุนใดกระจายต้นทุนของตนเองไปแล้ว ก็ไม่รับต้นทุนจากหน่วยงานอื่นอีก หน่วยต้นทุนชั่วคราวที่อยู่รองลงไปสามารถรับต้นทุนจากหน่วยต้นทุนชั่วคราวที่ลำดับสูงกว่าได้ แต่ไม่มีโอกาสกระจายให้หน่วยงานที่อยู่ลำดับสูงกว่า

2. การกระจายพร้อมกับการรับต้นทุน วิธีการนี้ ใช้หลักความจริงที่ว่าในขณะที่หน่วยงานหนึ่งให้การสนับสนุนหน่วยงานอื่นนั้น ก็มีโอกาสได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่น เช่นเดียวกัน ดังนั้นในขณะที่มีการกระจายต้นทุนของตนเองออกไป ก็สามารถที่จะรับต้นทุนจากหน่วยงานอื่นเข้ามาได้ เช่นเดียวกัน ได้แก่

- การกระจายสองครั้ง (Double Distribution Method) ในขณะที่มีการกระจายต้นทุนครั้งที่ 1 หน่วยต้นทุนที่กระจายต้นทุนนั้น ยังคงรับต้นทุนจากหน่วยงานอื่นด้วย ทำให้มีต้นทุนเหลือค้างอยู่ที่หน่วยต้นทุนชั่วคราวที่ได้รับมาจากการกระจายนี้หมดไป โดยวิธีการกระจายโดยตรงหรือการกระจายตามลำดับขั้น

- การกระจายหลายครั้ง (Multiple Distribution Method) วิธีนี้คล้ายกับ Double Distribution Method แต่เพิ่มจำนวนครั้งของการกระจายให้มากกว่า 2 ครั้ง ทำจนกระทั่งเห็นว่ต้นทุนที่นำมากระจายนั้นมีค่าน้อยมาก จึงปิดท้ายด้วยการกระจายโดยตรง หรือกระจายตามลำดับขั้น

- การใช้สมการเส้นตรง (Simultaneous Equation Method) วิธีนี้ เป็นการกระจายด้วยจำนวนครั้งที่นับไม่ถ้วน จนกระทั่งไม่เหลือต้นทุนอยู่ที่หน่วยต้นทุนชั่วคราวอีกต่อไป โดยสร้างสมการเส้นตรงที่จุดสมดุลดังกล่าวและแก้สมการด้วยวิธี Matrix

4.2.2 สมาคมโรงพยาบาลอเมริกัน⁽⁴⁰⁾ แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี

1.วิธีการจัดสรรโดยตรง (Direct Distribution Method)

2.วิธีการจัดสรรครั้งเดียว (Step Down Method)

3.วิธีการจัดสรรสองครั้ง (Double Distribution Method)

ต่อมาได้มีการพัฒนาจากวิธีการจัดสรรต้นทุนรวมในลักษณะการจัดสรรสองครั้ง เป็นหลายครั้ง(Multiple Distribution Method)⁽⁴¹⁾ และการจัดสรรโดยสมการเส้นตรง (Simultaneous

Equation Method) โดยใช้หลักการเดียวกัน⁽⁴²⁾ ซึ่งวิธีการจัดสรรทั้ง 5 วิธี สามารถสรุปรวมได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามข้อ 4.2.1

ในแง่ความถูกต้องนั้น William R.F.(อ้างในจุฑามาศ โมพี)⁽⁴³⁾ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบวิธีการจัดสรรต้นทุนวิธีต่าง ๆ ในโรงพยาบาล 3 แห่ง เมื่อ ค.ศ.1964 พบว่า Simultaneous Equation Method จะให้ความถูกต้องในการคำนวณและการจัดสรรต้นทุนมากที่สุด อย่างไรก็ตามวิธีการกระจายที่แตกต่างกันอาจทำให้ผลลัพธ์แตกต่างเพียงร้อยละ 1 ถึง 2 ดังนั้น วิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ใช่ตัวแปรสำคัญในการจัดสรรต้นทุน แต่สิ่งที่สำคัญคือการตัดสินใจเกี่ยวกับเกณฑ์ในการจัดสรรต้นทุน ซึ่งเป็นตัวแปรที่จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างกันมาก

สรุปได้ว่าในการเลือกใช้วิธีการจัดสรรต้นทุนนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะ และขนาดของหน่วยงาน โครงสร้างการบริหารงาน การแบ่งลักษณะหน้าที่ของแต่ละหน่วยงาน ลักษณะการจัดบริการผู้ป่วย และระบบข้อมูลข่าวสารของหน่วยงาน รวมทั้งวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลต้นทุนของหน่วยงานไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นวิธีการจัดสรรต้นทุนจึงควรพิจารณาความเหมาะสมตามคุณสมบัติของวิธีการนั้น ๆ

5. การคำนวณต้นทุนต่อหน่วย (Unit Costs Calculation)

เรณู สุขารมย์ และคนองยุทธ กาญจนกุล⁽⁴⁴⁾ ให้ความหมายคำว่า ต้นทุนต่อหน่วย (Unit Cost) หรือต้นทุนเฉลี่ย (Average Cost) ไว้ว่า เป็นการคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของสถานบริการ เมื่อทำการผลิตสินค้าบริการ 1 หน่วย ซึ่งในการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยนั้น “หน่วย” มีได้หลายรูปแบบแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการศึกษา

รวมทั้งยังได้กล่าวถึงประโยชน์ของการวัดต้นทุนต่อหน่วย ไว้ดังนี้

1. สามารถประมาณการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในอนาคต อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของราคาปัจจัยการผลิตบางประเภท เช่น ค่าจ้างแรงงาน
2. เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผน เช่น เมื่อรู้ต้นทุนต่อหน่วย ของงานบริการสาธารณสุข สามารถกำหนดขนาดของการบริการ เพื่อการวางแผนการขยายบริการและเพิ่มจำนวนการผลิตบริการได้
3. สามารถค้นหาหรือวิเคราะห์สาเหตุของความแตกต่างที่เกิดขึ้นของหน่วยงานแต่ละแห่ง
4. สามารถประเมินขนาดของกำไร หรือการขาดทุนของหน่วยงานได้ และยังสามารถวิเคราะห์สาเหตุการเปลี่ยนแปลงในการได้กำไรหรือขาดทุนได้ด้วย
5. เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการกำหนดราคาอย่างมีเหตุผล
6. สามารถกำหนดรูปแบบผสมผสาน ของการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่จะเสียค่าใช้จ่าย ในการปฏิบัติงานได้ต่ำสุด ตลอดจนสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงในราคาของปัจจัยการผลิต ประเภทใดประเภทหนึ่งได้
7. เป็นข้อมูลสำคัญ สำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของต้นทุนโครงการต่าง ๆ ได้
8. สามารถพัฒนางานและควบคุมค่าใช้จ่ายของหน่วยงานได้

9. สามารถนำข้อมูลไปประกอบรายละเอียดการวางแผน ของงบประมาณในการดำเนินงานของหน่วยงาน ให้ได้รับการจัดสรรงบประมาณที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง รวมทั้งยังเพื่อประกอบการตัดสินใจที่ถูกต้องของผู้บริหารต่อไป

โดยต้นทุนต่อหน่วย คิดจากผลรวมของต้นทุนทุกหน่วยต้นทุนหารด้วยจำนวนหน่วยบริการ จะได้ต้นทุน ต่อหน่วย

$$\text{Unit Cost} = \frac{\text{Full Cost}}{\text{Number of Services}}$$

6.5 มุมมองการวิเคราะห์ต้นทุน

ในการวิเคราะห์ต้นทุน อาจมีมุมมอง 3 ประเภท⁽³⁰⁾ ได้แก่

6.5.1 มุมมองในฐานะผู้ให้บริการ(Provider Perspective)เป็นต้นทุนโดยตรงของการจัดบริการที่เกิดกับองค์กรที่จัดบริการนั้น ๆ จะรวมทั้งต้นทุนผันแปรที่เปลี่ยนไปตามปริมาณงาน เช่น วัสดุสิ้นเปลือง เวลาของบุคลากร และต้นทุนที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณงาน เช่น ค่าเช่าสำนักงาน ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ เป็นต้น โดยไม่นับรวมต้นทุนที่เกิดกับผู้มารับบริการ

6.5.2 มุมมองในฐานะของผู้ป่วย(Consumer Perspective)จะรวมค่าใช้จ่ายทุกชนิดที่เกิดจากการมารับบริการ เช่น ค่าเดินทาง ค่ายาและค่าบริการอื่น ๆ ตลอดจนมูลค่าของทรัพยากรอื่น ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการของการรับบริการ เช่น การดัดแปลงสถานที่อยู่อาศัย หรือการเปลี่ยนแปลงภาวะความเป็นอยู่ทั้งของตัวผู้รับบริการและครอบครัว ทั้งหมดนี้ถือเป็นต้นทุนทางตรงของการรับบริการ ในขณะที่เดียวกันก็อาจมีต้นทุนทางอ้อมที่เกิดกับผู้รับบริการ และครอบครัวในรูปของการสูญเสียเวลาในช่วงเวลาของการมารับบริการ ตั้งแต่การเดินทาง การรอคอย ตลอดจนช่วงเวลาที่ใช้เข้ารับการรักษา ประการหนึ่งและในรูปของความวิตกกังวล ความหวาดกลัวอันมีลักษณะเป็นต้นทุนของจิตใจ(Psychic Cost)อีกประการหนึ่ง ต้นทุนทั้งหมดของผู้รับบริการนี้จะมิบทบาทที่สำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าต้นทุนของผู้ให้บริการ เพราะการผลิตบริการสาธารณสุขมีความแตกต่างกับการผลิตสินค้าและบริการทั่ว ๆ ไป ที่ผู้ผลิตสามารถผลิตสินค้าจนสำเร็จได้โดยไม่ต้องพบกับผู้บริโภค แต่ในบริการสาธารณสุข ผู้ให้บริการจำเป็นต้องมีผู้รับบริการ การบริการจึงจะเกิดขึ้นได้ เช่น แพทย์จะไม่สามารถผลิตบริการการตรวจรักษาได้หากไม่มีผู้มารับบริการ ดังนั้น ต้นทุนของผู้รับบริการจึงถือเป็นต้นทุนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งของการบริการทางสาธารณสุข

6.5.3 มุมมองของสังคม(Social Perspective)จะรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดกับบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการให้บริการให้และรับบริการนั้น ๆ เช่น กฎหมายควบคุมการปฏิบัติงานในโรงงานทำรถยนต์เพื่อสุขภาพของคนงาน อาจมีผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิต ต้นทุนและราคาของรถยนต์ซึ่งผู้ซื้อโดยทั่วไปต้องเป็นผู้รับภาระค่าใช้จ่ายในส่วนที่เพิ่มขึ้น

6.6 การวิเคราะห์ต้นทุน – ประสิทธิภาพ (Cost – Effectiveness Analysis)

6.6.1 ความหมายของการวิเคราะห์ต้นทุน – ประสิทธิภาพ

สมคิด แก้วสนธิ และ ภิรมย์ กมลรัตนกุล^(26,31) กล่าวว่า การวิเคราะห์ต้นทุน – ประสิทธิภาพ คือ การวิเคราะห์ที่วัด และตีค่าต้นทุนออกมาเป็นตัวเงิน และวัดผล (outcome) ออกมาเป็นประสิทธิผล (effectiveness) โดยไม่มีการประเมินค่าผลที่ได้ สามารถทำได้ใน 3 รูปแบบ ภายในเงื่อนไขและสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน คือ

1. เปรียบเทียบอัตราส่วนต้นทุน : ประสิทธิภาพ ของทางเลือกต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการ/กิจกรรม ทั้งนี้ภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน

2. เปรียบเทียบต้นทุนของกระบวนการ/กิจกรรมที่เป็นทางเลือกต่าง ๆ ณ ประสิทธิภาพเดียวกันภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมเดียวกัน

3. เปรียบเทียบระดับประสิทธิผลของกระบวนการ/กิจกรรมที่เป็นทางเลือกต่าง ๆ ณ ต้นทุนเดียวกันภายใต้เงื่อนไขและสภาพแวดล้อมเดียวกัน

สมคิด แก้วสนธิ⁽⁴⁵⁾ กล่าวว่า การวัดต้นทุนประสิทธิผลเป็นการสัมพันธ์ประสิทธิผล คือ สิ่งที่ได้ออกมาต่อเป้าหมายหรือจุดมุ่งหมาย (Outcome/Objective) กับต้นทุนที่ใส่เข้าไป ดังนั้นต้นทุน - ประสิทธิภาพ (Cost – Effectiveness) จึงเป็นมาตรการที่มีประโยชน์มากในการประเมินผลบริการด้านสุขภาพอนามัย แต่การประยุกต์มาตรการนี้จำเป็นต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของกิจกรรมนั้น ใช้อย่างชัดเจนทั้งขอบเขตและวิธีการของการวัดสิ่งที่ได้ออกมา(Outcome)

Shepard, D.S., and Thompson, M.S.⁽⁴⁶⁾ กล่าวว่า การวิเคราะห์ต้นทุน – ประสิทธิภาพ คือเทคนิคสำหรับการกำหนดทางเลือกที่มีประสิทธิผลมากที่สุดในขณะที่มีทรัพยากรที่จำกัด โดยจะไม่มี การประเมินค่าผลที่ได้ทางสุขภาพหรือผลประโยชน์ออกมาเป็นตัวเงิน และเป็นวิธีการเลือกโครงการ/การดำเนินงานที่บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่มีต้นทุนต่ำ

6.6.2 การวัดประสิทธิผล (Effectiveness)

สมคิด แก้วสนธิ⁽⁴⁵⁾ กล่าวว่า การวัดประสิทธิผลเป็นการวัดความสามารถของกระบวนการหรือกิจกรรมที่จะทำให้เกิดผลที่ต้องการ หรืออีกนัยหนึ่งคือการวัดขีดความสามารถของกระบวนการหรือกิจกรรมเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนด

$$\text{ดัชนีอัตราร้อยละของประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลได้} \times 100}{\text{จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมาย}}$$

อัตราประสิทธิผล (Effectiveness) เป็นมาตรการที่เป็นประโยชน์มากในการประเมินผลของการบริการด้านสาธารณสุข ทั้งในการวัดด้านการแพทย์ และด้านเศรษฐศาสตร์ การวัดด้านเศรษฐศาสตร์นั้น มักจะวัดอัตราประสิทธิผลสัมพันธ์กับต้นทุน (Cost – Effectiveness) หรือวัดอัตราประสิทธิผลสัมพันธ์กับ 1 หน่วยของปัจจัยการผลิต (Effectiveness/ 1 Unit Input)

Creese, A., and Parker, D.⁽²⁸⁾ กล่าวว่า เนื่องจากเป็นการยากที่จะมีการกำหนดผล
ได้ของโครงการทางสุขภาพ (Health Programmes) เป็นตัวเงิน การวัดทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการวัด
ประสิทธิผล(Effectiveness) จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจะวัดถึงการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของโครงการ
แต่บางโครงการก็ไม่สามารถวัดประสิทธิผลของโครงการได้โดยตรงจำเป็นต้องมีตัวชี้วัด (Indicator) ซึ่ง
เป็นตัวกลาง(Intermediate) มาวัด เช่น การวัดประสิทธิผลของโครงการให้ความรู้ด้านโภชนาการ โดย
การวัดการลดปัญหาทุพโภชนาการและอัตราการตาย (Final Health Status) เป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้ง่าย ๆ
แต่มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือการให้ความรู้จะต้องเข้าไปถึงชุมชน และชุมชนมีการตอบสนองต่อความรู้
โดยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการบริโภคและการเตรียมอาหาร ดังนั้นการวัดโดยใช้ จำนวนประชาชน
ที่ได้รับข่าวสาร จำนวนประชาชนที่มีพฤติกรรมกรรมการบริโภคเปลี่ยนแปลงไป จะสามารถใช้เป็นตัวกลาง
ในการชี้วัดถึงการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของโครงการหรือประสิทธิผล(Effectiveness) ได้

6.7 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)⁽²⁶⁾

การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำมาใช้ขึ้นเนื่องจากสภาพ
การณ์บางอย่างไม่แน่นอน ดังนั้นเพื่อให้การตัดสินใจรอบคอบหรือเพื่อประกอบเหตุผลในการเลือก การ
ทดลองเปลี่ยนข้อสมมุติฐานหรือเงื่อนไขบางอย่างแล้วทำการคำนวณดูว่า ข้อสรุปมีการเปลี่ยนแปลงหรือ
ไม่ โดยทั่วไปการทดลองเปลี่ยนข้อสมมุติฐานหรือเงื่อนไข นิยมทำใน 2 วิธี คือ

1. เปลี่ยนโอกาสที่ผลของแต่ละทางเลือกที่จะเกิดขึ้น
2. เปลี่ยนค่าผลที่ได้

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kusumawathie⁽⁴⁷⁾ ทำการศึกษาต้นทุน - ประสิทธิภาพ ของการวินิจฉัยเชื้อมาลาเรียด้วยกล้อง
จุลทรรศน์และวิธีการใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป ในผู้ป่วยที่มารับบริการที่สถานบริการสาธารณสุขของรัฐและ
เอกชน ในประเทศศรีลังกา พบว่าในทัศนะของผู้ให้บริการนั้นหากเป็นสถานบริการ สาธารณสุขของรัฐ
วิธีการวินิจฉัยโรคใช้มาลาเรียด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า (ต้นทุน - ประสิทธิภาพ
ต่ำกว่า) วิธีการใช้ Dipstick (ต้นทุน - ประสิทธิภาพ ของวิธีการวินิจฉัยด้วยกล้องจุลทรรศน์และ Dipstick
เท่ากับ 41.0 และ 58.2 ตามลำดับ) แต่หากเป็นสถานบริการสาธารณสุขเอกชนพบว่าการวินิจฉัยโรคใช้
มาลาเรียด้วยการใช้ Dipstick จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า การใช้กล้องจุลทรรศน์ (ต้นทุน - ประสิทธิภาพ
ของวิธีการวินิจฉัยด้วยกล้องจุลทรรศน์และ Dipstick เท่ากับ 45.3 และ 19.4 ตามลำดับ) สำหรับในมุมมอง
ของผู้รับบริการทั้งในสถานบริการสาธารณสุขของรัฐ และเอกชน พบว่า การวินิจฉัยโรคใช้มาลาเรีย
ด้วยการใช้ Dipstick จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้กล้องจุลทรรศน์ โดยในสถานบริการสาธารณสุขของ
รัฐจะมี ต้นทุน - ประสิทธิภาพของวิธีการวินิจฉัยด้วยกล้องจุลทรรศน์ และ Dipstick เท่ากับ 230.9 และ
144.7 ตามลำดับ ส่วนในสถานบริการสาธารณสุขเอกชน จะมี ต้นทุน - ประสิทธิภาพ ของวิธีการวินิจฉัย
ด้วยกล้องจุลทรรศน์และ Dipstick เท่ากับ 344.4 และ 63.3 ตามลำดับ

Prajakwong,S.⁽⁴⁸⁾ ทำการศึกษา ต้นทุน - ประสิทธิภาพ และองค์ประกอบของต้นทุนในการวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรีย 3 วิธีการ คือ การใช้กล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้ Optimal[®] และวิธีการใช้ ICT[®] ของการให้บริการที่มาลาเรียคลินิก พบว่าการวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรียด้วยวิธีการใช้ Optimal[®] มีต้นทุน - ประสิทธิภาพ ต่ำสุด รองลงมาคือการใช้ ICT[®] และ การใช้กล้องจุลทรรศน์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์มีต้นทุน 339.53 บาทต่อราย ที่ตรวจพบเชื้อ และ มีต้นทุน 236.27 บาทต่อรายที่ตรวจไม่พบเชื้อ ส่วนวิธีการใช้ Optimal[®] มีต้นทุน 234.39 บาทต่อราย ที่ตรวจพบเชื้อ และ มีต้นทุน 218.78 บาทต่อราย ที่ตรวจไม่พบเชื้อ