อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคของท่อนำไข่มนุษย์จำนวน 20 ราย พบว่าท่อนำไข่มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละส่วน แต่เมื่อดูลักษณะโดยทั่วไปแล้วพบว่าท่อนำไข่ในทุกๆ ส่วนประกอบไปด้วยชั้นต่างๆ 3 ชั้นเรียงลำดับจากชั้นนอกสุดถึงชั้นในสุดคือ serosa, muscularis และ mucosa ซึ่งประกอบด้วย epithelium และ lamina propria mucosae ที่รองรับอยู่ใน epithelium ของท่อนำไข่นี้ สังเกตพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระหว่างรอบประจำเดือน

Serosa เป็นชั้นนอกสุดของท่อนำไข่ เป็น peritoneum ที่คลุมท่อนำไข่นั่นเอง ซึ่งประกอบไปด้วย mesothelium และ connective tissue บางๆ ที่เรียกว่า lamina propria serosae ชั้นนี้มีลักษณะเช่นเดียวกันในทุกๆ ส่วนของท่อนำไข่ ยกเว้นในส่วน intramural ซึ่งมี serosa ร่วมกับมดลูก

Muscularis เป็นชั้นของกล้ามเนื้อเรียบที่มีความหนาและการจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อแตกต่างกันไปในแต่ละส่วนของท่อนำไข่ (ตาราง 8) โดยความหนาของชั้นกล้ามเนื้อนี้เพิ่มขึ้นจาก infundibulum ไปทางด้านมดลูก. จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ใน infundibulum และ ampulla มีการจัดเรียงตัวของกล้ามเนื้อเป็น 2 ชั้นคือชั้นในเรียงเป็นวงรอบท่อนำไข่ (inner circular layer) ส่วนชั้นนอกเป็นชั้นกล้ามเนื้อบางๆ ที่เรียงตัวตามความยาวของท่อนำไข่ (outer longitudinal layer) ขอบเขตระหว่างชั้นทั้งสองนี้แยกจากกันได้ไม่ชัดเจน ใน ampulla ชั้นกล้ามเนื้อจะหนากว่าใน infundibulum เล็กน้อย โดยเป็นการเพิ่มความหนาของชั้นในซึ่งเรียงตัวแบบ circular. สำหรับส่วน isthmus และ intramural ชั้นกล้ามเนื้อนี้มี 3 ชั้น คือเพิ่มชั้นในสุดที่มีการเรียงตัวแบบ longitudinal ซึ่ง Lisa et al. (1954), David and Czernobilsky (1968), Pauerstein et al. (1970) และ Merchant et al. (1983) ได้เคยรายงานไว้. จากการศึกษาครั้งนี้ซึ่งศึกษาในส่วน mid isthmus เห็นชั้นกล้ามเนื้อนี้ไม่เด่นชัด ต้องดูด้วยกำลังขยายสูงจึงจะสังเกตเห็นได้ และพบในทุกรายที่นำมาศึกษา แต่ก็พบได้เป็นส่วนใหญ่. จากการศึกษาของ David and Czernobilsky (1968), Pauerstein et al.(1970), Eddy and Pauerstein (1980) พบชั้น inner longitudinal เด่นชัดใน proximal isthmus. ชั้นกล้ามเนื้อนี้จะคงอยู่ต่อเนื่องไปใน distal isthmus ด้วย และจะพบเป็น muscle bundle กระจัดกระจายอยู่ใน stroma ของ ampulla (Pauerstein et al.,1970) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Pauerstein et al.(1970) ยังพบ

ชั้น inner longitudinal ใน isthmus ของลิงและกระต่ายอีกด้วย. สำหรับชั้น inner longitudinal ในส่วน intramural พบว่ามีความหนาเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับชั้น circular เห็นได้ชัดเจนแม้เมื่อดูด้วยกำลังขยายต่ำ. ในการศึกษานี้พบ capillary ขนาดใหญ่ จำนวนมากในชั้น inner longitudinal ของ intramural ซึ่งตรงกับรายงานของ Lisa et al. (1954) เชื่อว่าการหดตัวของชั้น inner longitudinal และ middle circular ในส่วน intramural อาจทำหน้าที่เป็นเหมือนหูรูด (sphincteric action) ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านของเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ระหว่างมดลูกกับท่อนำไข่ (Lisa et al., 1954; Merchant et al., 1983)

นอกจากจะมีความแตกต่างในการจัดเรียงตัวของกล้ามเนื้อแล้ว Hafez (1979) ยังพบความแตกต่างของเส้นประสาทที่มาเลี้ยงชั้นกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ ของท่อนำไข่ด้วย โดยจะพบ adrenergic innervation มากในชั้น circular ของ isthmus และที่ ampullary-isthmus junction. การที่มี adrenergic innervation หนาแน่นนี้ ทำให้ ampullary-isthmus junction นี้มีบทบาทคล้ายเป็น physiologic sphincter ที่อาจมีความสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านของไข่และอสุจิ ส่วนใน infundibulum และ ampulla พบ adrenergic innervation นี้จำกัดอยู่เพียงชั้นกล้ามเนื้อเรียบของผนังหลอดเลือดเท่านั้น

จากการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา (light microscrope) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของชั้นกล้ามเนื้อในระหว่างรอบประจำเดือน แต่จากการศึกษาของ Hafez (1979) พบว่ากล้ามเนื้อเรียบของท่อนำไข่มีความถี่และความแรงของการหดตัวแตกต่างกันไปในแต่ละส่วน และแต่ละระยะของรอบประจำเดือน เช่นใน isthmus จะมีการหดตัวแบบ peristaltic และ antiperistaltic ที่เกิดเป็น segment หดตัวแรงและต่อเนื่องกัน ส่วนใน ampulla จะหดตัวแรงแบบ peristaltic wave เป็น segment เคลื่อนไปยังส่วนกึ่งกลางของท่อนำไข่ และในช่วงก่อนไข่ตก กล้ามเนื้อจะหดตัวเบาๆ ขณะเกิดการตกไข่จะหดตัวแรงที่สุด การหดตัวนี้ทำให้ท่อนำไข่ส่วน fimbria เคลื่อนไปยังผิวของรังไข่เพื่อกวาดจับไข่ที่หลุดออกมาเข้าสู่ท่อนำไข่ ส่วนในระยะ secretory กล้ามเนื้อจะหดตัวน้อยลง เชื่อว่า progesterone ทำให้ลดความถี่และความแรงของการหดตัวของกล้ามเนื้อลง

Epithelium ของท่อนำไข่ประกอบด้วยเซลล์ 3 ชนิดคือ ciliated cell, nonciliated secretory cell และ peg cell (รูป 4, 8 และ 12)

Ciliated และ secretory cell จำนวนของเซลล์ทั้งสองชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันไปในแต่ละส่วนของท่อนำไข่ การศึกษานี้พบ ciliated cell เป็นจำนวนมากใน infundibulum และ ampulla (กราฟ 1A) ซึ่งสอดคล้องกับงานในอดีต (Clyman, 1966; Patek et al., 1972; Ito, 1975; Hafez et al., 1977; Critoph and Dennis, 1977; Bonilla-Musoles et al., 1983; Donnez et al., 1985) แต่ที่ isthmus และ intramural จะมี secretory cell มากกว่า ciliated cell (กราฟ 1) การที่มี ciliated cell จำนวนมากในส่วน infundibulum แสดงว่า surface epithelium ของส่วนนี้มีความสำคัญสำหรับ ovum transport ขณะที่การที่มี cilia น้อยในส่วน isthmus แสดงว่า gamete transport ในส่วนนี้เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าจะเกิดจากการโบกพัดของ cilia (Hafez et al.,1977)

จากการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลกตรอนแบบส่องผ่าน (scanning electron microscrope) ของ Ferenczy et al. (1972) และ Patek et al. (1972) พบ ciliated cell ที่บริเวณยอดของ mucosal fold มากกว่าที่บริเวณโคน. Ferenczy et al. ให้เหตุผลว่าการที่พบ ciliated cell มากที่ส่วนปลายของ mucosal fold โดยเฉพาะในระยะ early secretory แสดงว่าการเคลื่อนที่ที่อาศัยการโบกพัดของ cilia เกิดขึ้นในบริเวณตรงกลางของท่อ ส่วน secretory activity จะมีมากในบริเวณโคนของ mucosal fold แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการกระจายของ ciliated cell อยู่ทั่วไปทั้งบริเวณยอดและโคนของ mucosal fold เท่าๆ กัน ซึ่งตรงกันกับรายงานของ Ito (1975).

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า จำนวนของ ciliated cell และ secretory cell ในท่อนำไข่มนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในระหว่างรอบประจำเดือน (กราฟ 5 และ 6) ซึ่งสอดคล้องกับงานในอดีต (Hashimoto et al., 1962; Clyman, 1966; Dudkiewicz, 1970; Patek and Nilsson, 1973; Critoph and Dennis, 1977) ซึ่งต่างกับในสัตว์หลายชนิด เช่น วัว (Abe and Oikawa, 1993b), rhesus monkey (Brenner, 1969), pig-tailed monkey (Odor et. al., 1980) และกระต่าย (Rumery and Eddy, 1978) ที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของจำนวน ciliated cell และ secretory cell ชัดเจนในระหว่าง estrous หรือ menstrual cycle โดยที่ส่วนใหญ่จะพบว่ามีการเพิ่มจำนวนของ ciliated cell ในระยะ proliferative ส่วน secretory cell จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นในระยะ secretory. ในการศึกษาถึงจำนวน ciliated และ secretory cell ในครั้งนี้โดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ พบว่าในแต่ละระยะ เซลล์ทั้งสองชนิดมีจำนวนแตกต่างกันเล็กน้อย (ตาราง 6 และ 7) แต่จะสังเกตได้ว่าเปอร์เซนต์ ciliated cell ใน infundibulum และ ampulla เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จากระยะ early proliferative จนกระทั่งมีเปอร์เซนต์ ciliated cell มากที่สุดในระยะ early secretory หลังจากนั้นจะลดลงเรื่อยๆ การที่พบเปอร์เซนต์

ciliated cell สูงสุดในระยะ early secretory ซึ่งเป็นช่วงเวลาหลังจากไข่ตก คาดว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของ cilia ในการที่จะช่วยโบกพัดให้ไข่เคลื่อนที่ต่อไปยังมดลูก. จากการศึกษาของ Hafez et al. (1977), Bonilla-Musoles et al. (1983), Verhage et al. (1979) ก็พบว่า ciliated cell มีจำนวนเพิ่มขึ้นในระยะ late proliferative และ early secretory เช่นกัน. Donnez et al. (1985) รายงานว่าเปอร์เซนต์ ciliated cell สูงที่สุดในช่วงเวลาที่มีการตกไข่ (ovulation). นอกจากนี้ Hafez et al. (1977) ยังพบความแตกต่างเกี่ยวกับความยาวของ cilia อีกด้วย โดยพบว่า cilia จะมีความยาวเป็นสองเท่าในช่วงเวลาที่มีการตกไข่ คาดว่าน่าจะเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการโบกพัดของ cilia. แต่ในการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของความยาวของ cilia ในระหว่างรอบประจำเดือนเหมือนที่ Hafez รายงานไว้ แต่พบว่า cilia ในส่วน isthmus และ intramural สั้นกว่าใน infundibulum และ ampulla เล็กน้อย

Peg cell เป็นเซลล์อีกชนิดหนึ่งที่พบได้ใน epithelium ของท่อนำไข่ เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างผอม, นิวเคลียสรูปร่างคล้ายลิ่ม หรือสามเหลี่ยมกลับหัว ติดสีเข้มกว่านิวเคลียสของเซลล์อื่น นิวเคลียสมักถูกดันยื่นเข้ามาใน lumen มี cytoplasm น้อยมาก มักจะพบว่ามีจำนวนเพิ่มขึ้นในระยะก่อนมีประจำเดือน (premenstrual phase) (Dudkiewicz, 1968) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ก็พบเปอร์เซนต์ของ peg cell สูงสุดในระยะ mid secretory. ยังไม่ทราบหน้าที่ที่แน่นอนของ peg cell และผู้วิจัยส่วนใหญ่มักจะรวม peg cell เข้าไว้กับ secretory cell รวมเรียกว่า nonciliated cell. Andrews (1951) เชื่อว่า peg cell เป็นระยะหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ secretory cell โดยการขับ cytoplasm ออก. ส่วน Hafez (1979) เชื่อว่าเป็น secretory cell ที่หมดหน้าที่แล้วคือปล่อย secretion ออกสู่ lumen แล้ว และ Dudkiewicz (1968) เชื่อว่าเมื่อมีการปล่อย secretion ออกมาแล้วมันก็จะหลุดออกสู่ใน lumen

ความสูงของ epithelium จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า epithelium ของท่อนำไข่มีความสูงแตกต่างกันในแต่ละส่วนของท่อนำไข่และมีการเปลี่ยนแปลงความสูงเกิดขึ้นในระหว่างรอบประจำเดือนด้วย โดยพบว่า epithelium ของส่วน isthmus และ intramural จะมีความสูงมากกว่าใน infundibulum และ ampulla (กราฟ 2, ตาราง 3) ซึ่งก็ตรงกับงานของ Donnez et al. (1985). สำหรับในระหว่างรอบประจำเดือนพบการเปลี่ยนแปลงของความสูงของ epithelium (กราฟ 3 และ 4) คือ ในระยะ early proliferative Epithelium มีความสูงไม่มาก ต่อมาความสูงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนสูงที่

สุดในระยะ early secretory หลังจากนั้นความสูงของ epithelium ลดลงจนถึงระยะ late secretory ก็พบว่า epithelium เตี้ยเหมือนที่พบในระยะ early proliferative และจากการศึกษาของ Novak and Everett (1928) พบว่า epithelium จะเตี้ยที่สุดในระยะมีประจำเดือน (menstrual phase). จากการศึกษาของ Fredricsson (1959), Verhage et al. (1979) และ Donnez et al. (1985) พบว่า epithelium จะสูงที่สุด (30 ไมโครเมตร) ในระยะ late proliferative และ early secretory. สำหรับการศึกษาครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาไม่พบท่อนำไข่ในระยะ late proliferative เลย จึงไม่มีข้อมูลของระยะนี้รายงาน. การที่ epithelium มีความสูงที่สุดในระยะ late proliferative นี้ เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมน estrogen ที่มีปริมาณสูงในระยะนี้นั่นเอง จากการศึกษาของ McDaniel (1968) พบว่า epithelium ของ bovine oviduct จะสูงที่สุดเมื่อได้รับฮอร์โมน estrogen และจะเตี้ยที่สุดเมื่อได้รับฮอร์โมน progesterone ซึ่งเขาได้สรุปว่า estrogen ทำให้เกิด hypertrophy ของเซลล์ ในขณะที่ progesterone ทำให้เกิด atrophy ของเซลล์. Hafez (1979), Eddy and Pauerstein (1980) ได้ให้เหตุผลว่าการที่ความสูงของ secretory cell ลดลงในระยะ secretory เนื่องจากได้หลั่ง secretory granules ออกสู่ lumen ความสูงของเซลล์จึงลดลง

รูปร่างของ epithelium จากการศึกษานี้พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของ epithelium ของท่อนำไข่ในระหว่างรอบประจำเดือน แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่เห็นเด่นชัดเหมือนในเยื่อบุโพรงมดลูก (endometrium)

ระยะ early proliferative ในการศึกษานี้พบว่า epithelium ของท่อนำไข่ในระยะนี้มีความสูงไม่มาก ciliated cell ค่อนข้างเป็นรูปลูกบาศ์ก (cuboid) และมีการยื่นของ secretory cell (secretory protrusion) เข้าไปใน lumen โดยเฉพาะใน infundibulum และ ampulla ทำให้ surface epithelium มีลักษณะเป็นคลื่นไม่ราบเรียบ (รูป 23) ซึ่งเป็นลักษณะที่จะพบได้ในระยะที่ epithelium ไม่สูงมาก เช่นระยะ mid และ late secretory หรือในขณะที่มีการตั้งครรภ์ (Snyder, 1924) แต่การยื่นของ secretory cell ในระยะ early proliferative นี้ ไม่ค่อยสูงเหมือนที่พบในระยะ mid และ late secretory. การยื่นของ secretory cell เข้าไปใน lumen ในระยะนี้เป็นการยื่นเข้าไปทั้งส่วนของ nucleus และ cytoplasm. จากการศึกษาด้วย scanning electron microscope (Patek et al., 1972; Hafez et al., 1977; Bonilla-Musoles et al., 1983) ก็พบว่า apical part ของ secretory cell ถูกดันนูนยื่นเข้ามาใน lumen เช่นเดียวกับที่พบในการศึกษาด้วย light microscope

ระยะ mid proliferative และ early secretory พบว่า epithelium มีความสูงเพิ่มมากขึ้นจึงมีลักษณะคล้าย pseudostratified (รูป 26 และ 30) คือเห็นนิวเคลียสของ epithelial cell เป็นสองระดับคือนิวเคลียสของ ciliated cell จะเรียงอยู่แถวบน ส่วนนิวเคลียสของ secretory cell เรียงเป็นแถวอยู่ค่อนทางด้านฐาน ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Snyder (1924) และ Andrews (1951). การที่ epithelium มีลักษณะคล้าย pseudostratified เนื่องจากในระยะนี้ epithelial cell มีการแบ่งตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมน estrogen. Surface epithelium ในระยะนี้มักจะเรียบ ไม่มีการยื่นของ secretory cell เข้าไปใน lumen พบเพียงการยื่นเฉพาะส่วนของ cytoplasm ของ secretory cell เข้าไปใน lumen ได้ (รูป 27). Bonilla-Musoles et al. (1983) ศึกษาโดยใช้ scanning electron microscope ก็พบว่าในขณะมีการตกไข่ secretory cell จะมี cytoplasm มากขึ้นทำให้มีการยื่นของ cytoplasm เข้าไปใน lumen. Ferenczy et al. (1972), Fadel et al. (1976) และ Hafez et al. (1977) ก็รายงานไว้ว่า ในระยะ late proliferative จะพบ small cytoplasmic bud บน surface ของ secretory cell ซึ่งอาจแสดงถึง apocrine secretory activity การเกิดการยื่นของ cytoplasm นี้ อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของฮอร์โมน estrogen ซึ่งทำให้มีการเพิ่มขึ้นของ cytoplasm (McDanial, 1968) นอกจากนี้ estrogen ยังทำให้มีการเพิ่ม secretory activity ของ secretory cell ด้วย โดยการเพิ่ม secretory granule (Fredricsson and Bjorkman,1973; Odor et al.,1983) ส่วนฮอร์โมน progesterone จะให้ผลตรงกันข้ามคือจะลด secretory activity (Verhage et al., 1979) เชื่อว่า estrogen เป็นตัวกระตุ้นการสร้าง secretory product ส่วน progesterone ช่วยในการหลั่ง secretory product นั้นออกมา (Greenwald, 1958; McDanial, 1968)

ระยะ mid และ late secretory ในระยะนี้พบว่า epithelium ค่อนข้างเตี้ย เช่นเดียวกับที่พบในระยะ early proliferative. พบการยื่นของ secretory cell เข้าไปใน lumen ซึ่งจะยื่นเข้าไปสูงกว่าที่พบในระยะ early proliferative. จากการศึกษาของ McDaniel (1968) ที่ทำการศึกษาจาก bovine oviduct ก็พบการยื่นของนิวเคลียสของ secretory cell ด้วยในระยะ mid และ late secretory และในสัตว์ที่ได้รับฮอร์โมน progesterone หรือได้รับ progesterone และ estrogen ร่วมกัน แสดงว่าฮอร์โมน progesterone เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการยื่นของ secretory cell เข้าไปใน lumen ได้

นอกจากจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านความสูงและรูปร่างของ epithelium ที่สังเกตเห็นได้โดยการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาแล้ว ยังพบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในเซลล์เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน กล่าวคือมีการเพิ่มขนาดของเซลล์, เพิ่มจำนวน mitochrondria และเพิ่มขนาด Golgi apparatus ของ secretory cell ในระยะ proliferative (Clyman, 1966) มี secretory granules จำนวนมากใน apical cytoplasm. ในระยะ proliferative นี้ endoplasmic reticulum จะมี ribosomes จำนวนมากเกาะอยู่ที่ membrane แต่ก็พบ free ribosomesได้ใน cytoplasm เมื่อมีฮอร์โมน progesterone เกิดขึ้นในระยะ secretory ทำให้ cisternae ของ endoplasmic reticulum ขยายออก พบ free ribosome จำนวนมากใน cytoplasm , secretory activity จะหยุด และไม่พบ secretory granules อีก (Fredricsson and Bjorkman, 1962). สำหรับ ciliated cell จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายในเซลล์ในระหว่างรอบประจำเดือน (Hashimoto, 1962)

Histochemistry ของ epithelium เพื่อศึกษาถึงส่วนประกอบทางเคมีภายใน epithelium ของท่อนำไข่ โดยการย้อมด้วยวิธี McManus' method for glycogen (PAS) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า epithelium ของท่อนำไข่ ให้ผลบวกต่อ PAS โดยที่ใน ciliated cell จะย้อมติดสี PAS เป็น granules ที่มีขนาด ปริมาณ และตำแหน่งแตกต่างกันไปในแต่ละส่วน และแต่ละระยะของรอบประจำเดือน โดยที่ PAS-reactive material ที่พบใน ciliated cell นี้ถูกย่อยด้วย diastase ซึ่งในการศึกษานี้ใช้น้ำลายเป็นตัวย่อย (Deane, 1952) จึงสามารถยืนยันว่า granules ดังกล่าวที่พบใน ciliated cell คือ glycogen (Fawcett, 1951; Fredricsson, 1959; McDaniel, 1968; Lindenbaum, 1983) ส่วนใน secretory cell ก็พบ PAS-reactive material เช่นกันแต่ไม่ถูกย่อยด้วย diastase และมักพบในรูป diffuse stain ที่บริเวณส่วนยอดของเซลล์ (Fredricsson, 1959). Glycogen ใน ciliated cell มักพบมากในส่วน infundibulum และ ampulla มากกว่าใน isthmus และ intramural และพบมากที่สุดในระยะก่อนตกไข่. ในการศึกษานี้พบเป็นปริมาณมากที่สุดในระยะ mid proliferative โดยจะพบเป็น granules บริเวณรอบๆ นิวเคลียส ทั้งส่วนบนและล่างต่อนิวเคลียสในปริมาณเท่าๆ กัน ซึ่งก็ตรงกับรายงานของ Fredricsson (1959). หลังจากนั้นจำนวน granules ลดลงในระยะ early และ mid secretory และมักจะพบเป็น granules ละเอียด ในส่วนบนต่อนิวเคลียส ซึ่งจะตรงกันข้ามกับผลการศึกษาของ Fredricsson ที่พบว่า glycogen ในบริเวณเหนือนิวเคลียสจะลดลงในระยะ secretory

ส่วนใหญ่จะพบในส่วนล่างต่อนิวเคลียส แต่จะตรงกับรายงานของ Lindenbaum (1983) ที่ศึกษาในระดับ ultrastructure และพบว่า มี glycogen ใน ciliated cell ซึ่งพบได้มากในระยะก่อนตกไข่ ในระหว่างที่มีการตกไข่ จะพบ glycogen กระจายอยู่ในส่วนบน และ glycogen นี้จะหายไปในระยะหลังไข่ตก. การที่พบว่าจำนวน glycogen ลดลงในระยะเวลาที่ไข่ตก แสดงว่าอาจมีการเพิ่ม metabolic activity ของเซลล์ ทำให้ต้องมีการใช้สารที่สะสมอยู่ภายในเซลล์ออกไป (Lindenbaum, 1983) ซึ่ง Fredricsson (1959) ได้ให้ความเห็นว่า glycogen ที่ลดลงในระยะนี้สัมพันธ์กับการเพิ่ม ciliary activity. ในระยะ late secretory จะมีจำนวน glycogen เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับในระยะ early proliferative ตรงกับ Fredricsson (1959) ที่พบว่า หลังวันที่ 20 glycogen จะมีจำนวนใกล้เคียงกับในระยะ proliferative

ภายใน secretory cell ซึ่งพบ PAS-reactive material อยู่นั้นมีบางส่วนที่ถูกย่อยและบางส่วนไม่ถูกย่อยด้วย diastase และมักจะพบในบริเวณส่วนยอดของเซลล์ แสดงว่าใน secretory cell บรรจุทั้ง glycogen และสารประกอบพวก mucoprotein หรือ glycoprotein ในรูป secretory granules (Fredricsson and Bjorkman, 1962) ดังเช่นที่พบใน secretory granules ของสัตว์ทดลองอื่นๆ เช่น rat (Deane, 1952), mouse (Kapur and Johnson, 1986), แกะ (Hadek, 1955), กระต่าย (Fredricsson, 1959) และลิง baboon (Fazleabas and Verhage, 1986). การสร้าง glycoprotein เหล่านี้ ถูกควบคุมโดยฮอร์โมน estrogen ในขณะที่การหลั่ง glycoprotein ถูกควบคุมโดยฮอร์โมน progesterone (Greenwald, 1958; McDanial, 1968; Leese, 1988). จากการศึกษานี้พบการติดสีของ PAS ใน secretory cell ซึ่งส่วนใหญ่พบใน cytoplasm บริเวณส่วนยอดของเซลล์ (apical cytoplasm) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่พบ secretory granules เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Fredricsson and Bjorkman, 1962; Verhage et al., 1979) และพบได้ที่ผิวบน (surface) ของเซลล์ด้วย โดยพบได้มากในส่วน isthmus. ใน infundibulum พบได้น้อยเนื่องจากมี secretory granules น้อยในส่วนนี้ (Fredricsson, 1959; Verhage et al., 1979) และพบว่ามีจำนวนลดลงในระยะ mid secretory (Fredricsson, 1959) คาดว่าเนื่องจากมีการหลั่งสารออกสู่ lumen ในระยะนี้ ทำให้มีปริมาณลดลงในเซลล์ แต่จากการศึกษาของ Deane (1952) ใน rat oviduct ไม่พบการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในestrous cycle ส่วน Clyman (1966) พบการติดสี PAS ใน secretory cell ในระยะ late proliferative และ early secretory

Secretory product ที่ได้จาก secretory cell จะรวมกับ transudate ของ serum เป็นของเหลวอยู่ภายใน lumen ของท่อนำไข่ เรียกว่า tubal หรือ oviductal fluid (Leese, 1988) ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับเตรียมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญขั้นสุดท้ายของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (male gamete), การปฏิสนธิ (fertilization) และการเจริญในระยะแรกของตัวอ่อน (early embryonic development). พบว่า protein และ glycoprotein หลายชนิดสร้างและหลั่งโดย epithelial cell ของท่อนำไข่ และมีความแตกต่างกันของ protein และ glycoprotein เหล่านี้ใน secretion ที่ได้จากส่วน fimbria, ampulla และ isthmus (Abe, 1996) ซึ่ง protein ที่หลั่งจากแต่ละส่วนจะมีบทบาทเฉพาะกันออกไป เช่น จากการศึกษาของ Parrish et al. (1989) โดยการ culture epithelial cell จากส่วน isthmus ของวัว จะได้สารที่ทำให้เกิด capacitation ของ sperm ได้มากกว่า epithelial cell จาก ampulla โดยพบว่าสารเหล่านั้นได้แก่ protein, glycosaminoglycan และ proteoglycans มีผลต่อ capacitation ของ bovine sperm จากผลการทดลองสรุปได้ว่า secretion จากส่วน isthmus มีบทบาทสำคัญในขบวนการ sperm capacitation. จากการศึกษาของ Abe (1995c) พบว่า oviductal fluid ใน ampulla ในระยะ follicular มีสภาพเหมาะสมที่สุดสำหรับการ maintain viability และ mobility ของ bovine spermatozoa. ส่วนในท่อนำไข่ของมนุษย์ก็พบความแตกต่างของการสร้าง protein หลายชนิดระหว่าง ampulla และ isthmus (Buhi, 1989b) และมีความแตกต่างของ protein ที่หลั่งในระยะต่างๆ กันใน menstrual cycle ด้วย (Verhage et al., 1988)

ในท่อนำไข่มนุษย์ พบ glycogen granule ใน secretory cell ใน infundibulum และ ampulla หลังจากได้รับ estogenic และ gestagenic steroid (Fredicsson and Bjorkman, 1973) แต่ใน bat oviduct พบ glycogen ใน secretory cell ของทุกส่วน ในช่วงสั้นๆ ก่อนตกไข่และมีจำนวนเพิ่มขึ้นใน ampulla และ isthmus ในขณะที่มีการ transport early embryo (Rasweiler, 1977) มีข้อมูลเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับตำแหน่งที่แท้จริงของ glycogen ใน secretory cell ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุก species ส่วนใหญ่จะพูดถึง glycogen ใน ciliated cell มากกว่า

ตาราง 8 สรุปลักษณะทางจุลกายวิภาคของท่อนำไข่ในแต่ละส่วน

ตำแหน่ง	Epithelium				Muscularis	Serosa
	ชนิดของ epithelial cell ที่พบ	% Cc	% Sc	% Pc		
Infundibulum	Cc, Sc, Pc	56.1	43.7	0.2	บาง, 2 ชั้น, inner circular, outer longitudinal	mesothelium และ lamina propria serosae
Ampulla	Cc, Sc, Pc	51.8	48.0	0.2	บาง, 2 ชั้น, inner circular, outer longitudinal	
Isthmus	Cc, Sc, Pc	39.9	60.0	0.1	หนา, 3 ชั้น, inner longitudinal, middle circular, outer longitudinal	
Intramural	Cc, Sc, Pc	28.1	71.9	0	หนา, 3 ชั้น, inner longitudinal, middle circular และชั้นนอกรวมไปกับ myometrium	

Cc = Ciliated cell, Sc = Secretory cell, Pc = Peg cell

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University