

Figure 20

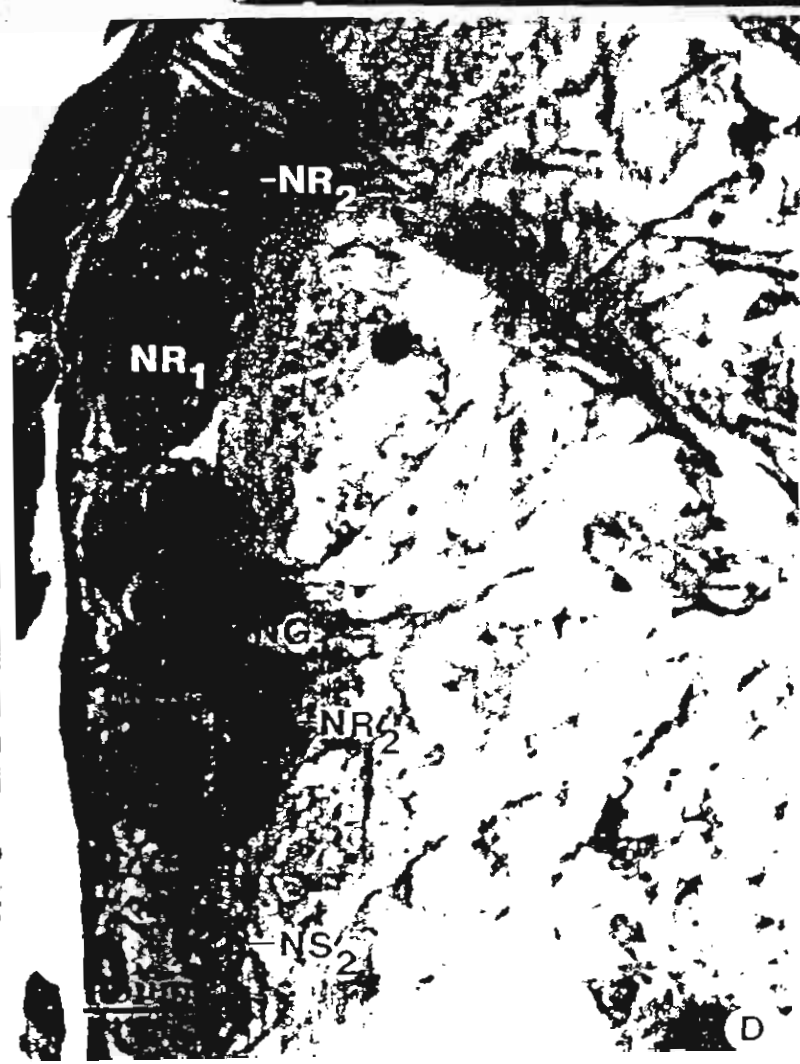
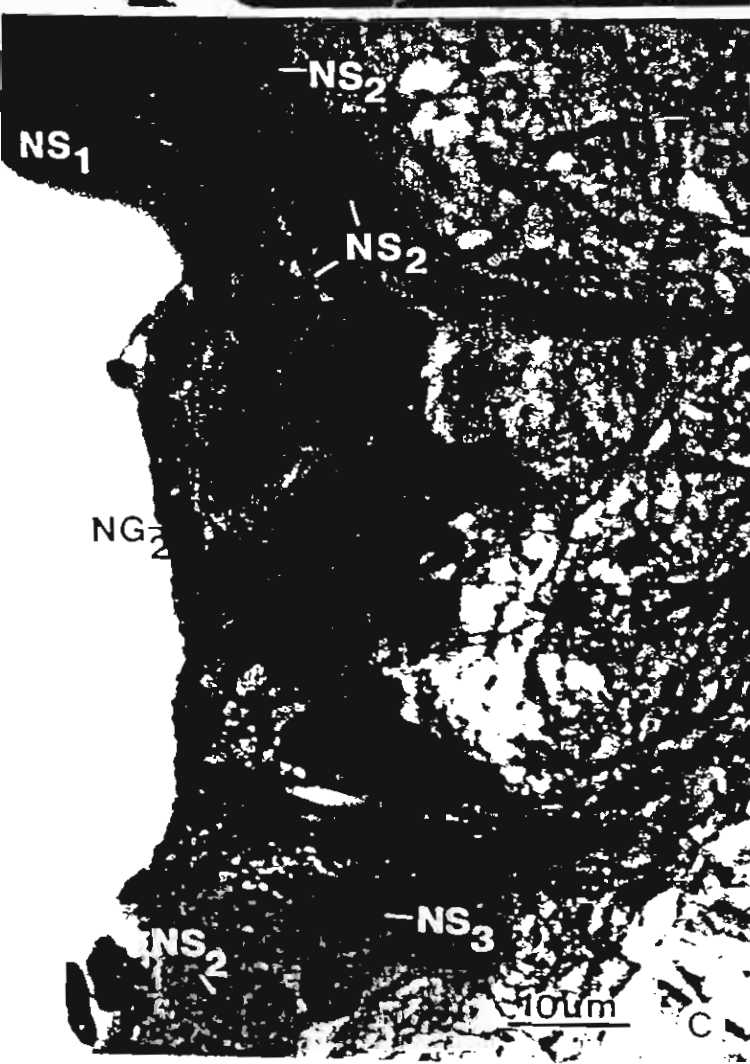
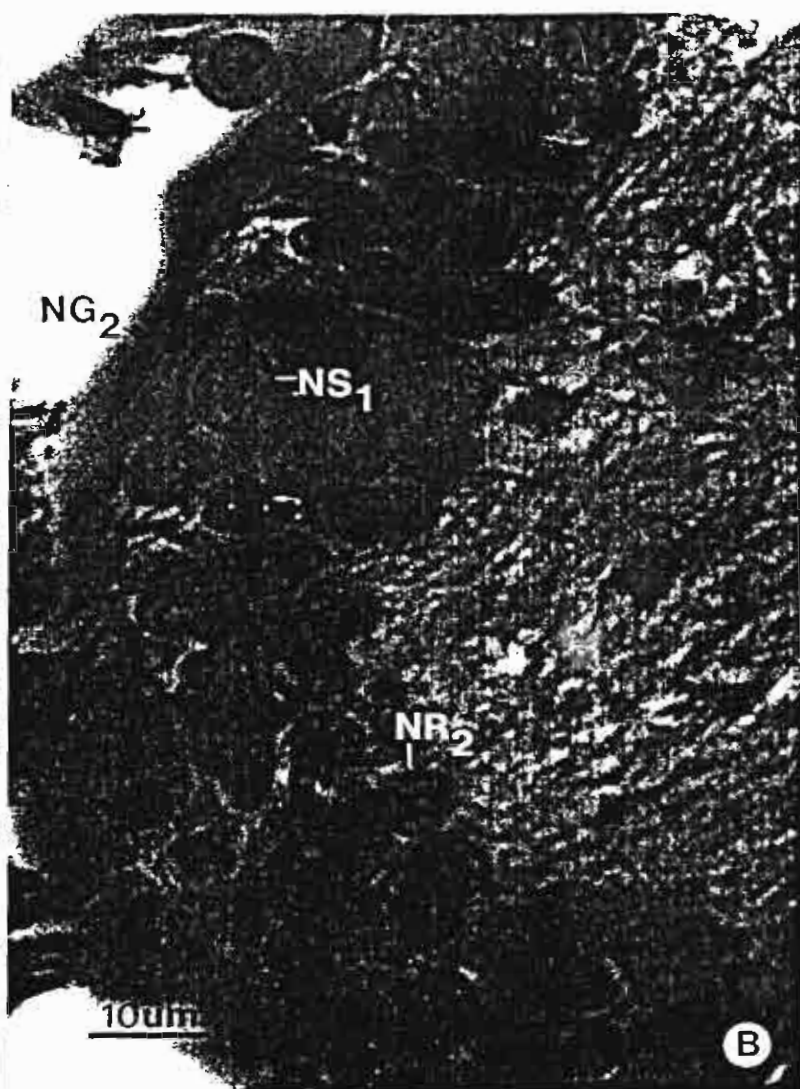
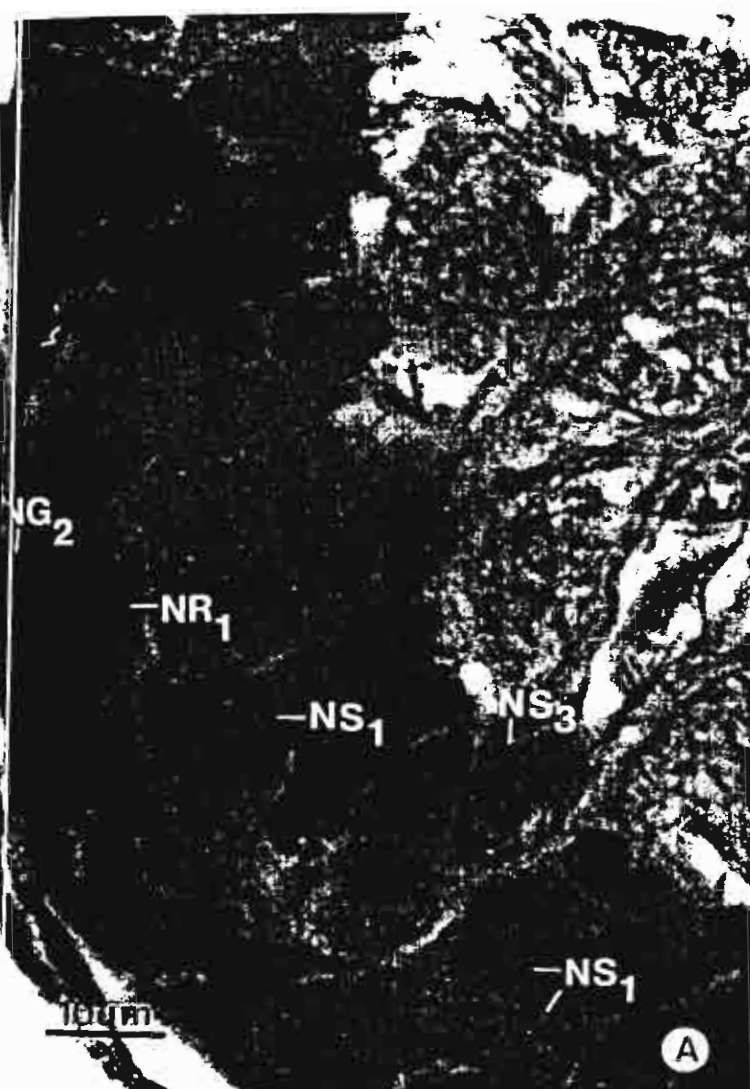
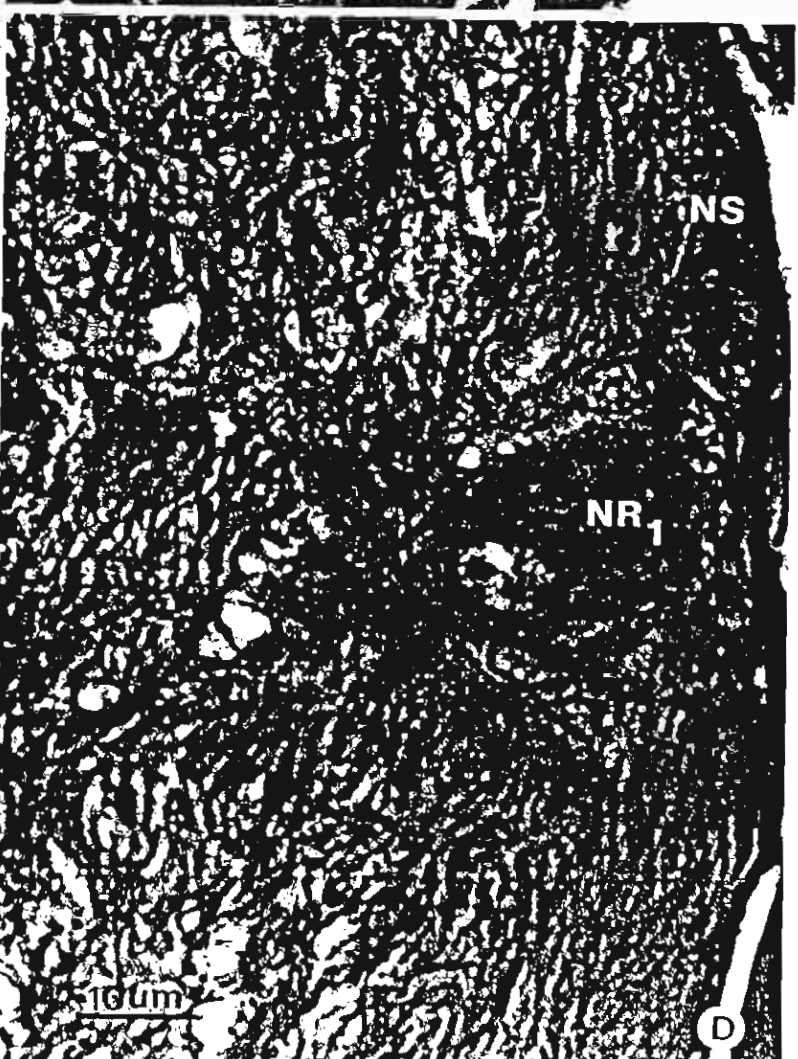
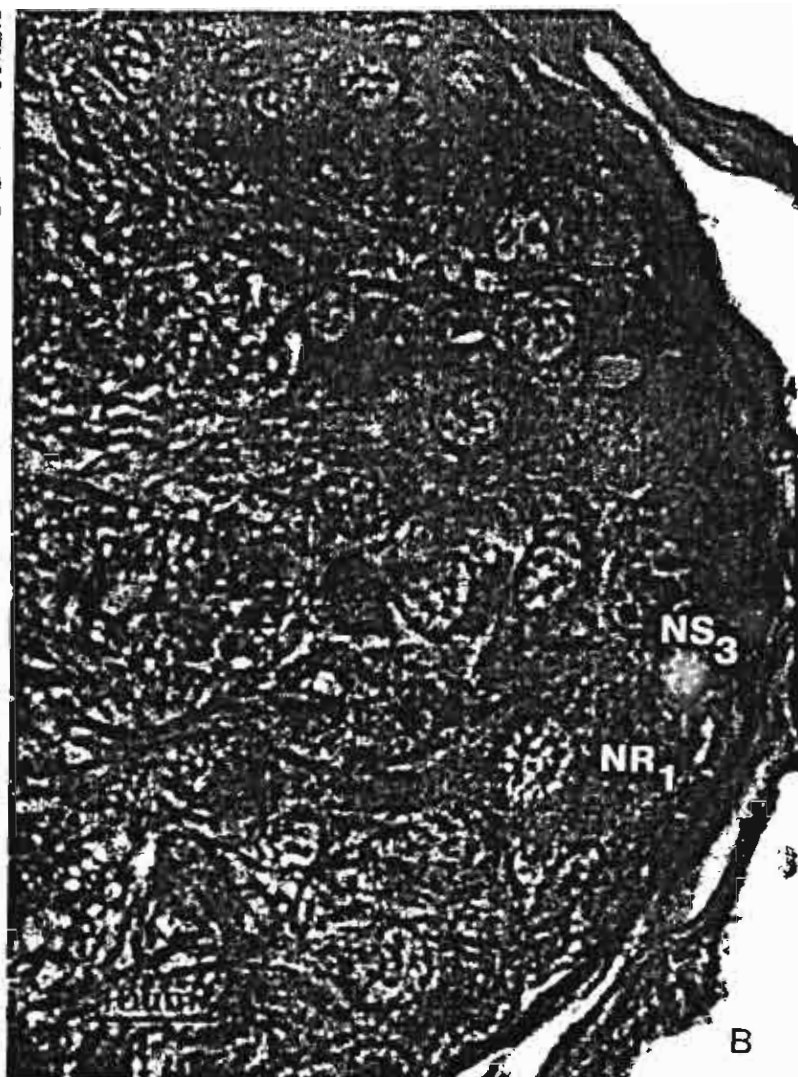


Figure 21



6.4 การศึกษาลักษณะของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนในปมประสาท Cerebral และ Pleuropedal โดยจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน Transmission Electron Microscope (TEM)

ปมประสาท Cerebral

ส่วนของ cortex มีเซลล์ NS 3 ชนิด NR 4 ชนิด และเซลล์ NG 3 ชนิด ซึ่งมีลักษณะของโครงสร้างละเอียด (ultrastructure) ที่ปรากฏในกล้อง TEM ดังนี้

เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 1 (NS₁)

NS₁ เป็นเซลล์รูปร่างกลมหรือรูปไข่ ที่มีขนาดของเซลล์ประมาณ 10-15 μm และมีนิวเคลียสกลมขนาดประมาณ 5-6 μm ในนิวเคลียสมี heterochromatin เป็นแถบบาง ๆ เกาะอยู่ตามด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียส และมีแถบบาง ๆ ของ heterochromatin กระจายอยู่ในส่วนกลางนิวเคลียส นิวคลีโอไลต์มีขนาดใหญ่และเด่นชัด (รูปที่ 22A,C) ภายในไซโตพลาสซึมมีร่างแหแบบขรุขระ (rough endoplasmic reticulum-RER) อยู่พอประมาณ และไมโทคอนเดรียกระจายอยู่ทั่วไป แกรนูลในไซโตพลาสซึมมี 2 แบบ คือ แกรนูลขนาดเล็กรูปร่างกลม ภายในบรรจุสารที่บดแสงอิเล็กตรอนปรากฏเป็นสีดำเข้มขนาดประมาณ 60 nm แกรนูลชนิดนี้กระจายอยู่ทั่วทุกส่วนของไซโตพลาสซึม แต่มีจำนวนมากเป็นพิเศษบริเวณด้าน maturing face ของ Golgi complexes (รูปที่ 22D,E) แกรนูลแบบที่สองมีรูปร่างกลมและมีขนาดใหญ่ประมาณ 800 nm ภายในบรรจุสารที่บดแสงอิเล็กตรอนที่มีความเข้มปานกลาง โดยมักมีผลึกที่บดแสงอิเล็กตรอนมากกว่า ขนาดต่าง ๆ ฝังอยู่ภายใน (รูปที่ 22A-C) แกรนูลชนิดนี้มีจำนวนน้อยและมักกระจายอยู่รอบ ๆ ด้าน maturing face ของ Golgi complexes (รูปที่ 22D) นอกจากแกรนูลทั้งสองชนิดแล้ว บริเวณรอบ ๆ Golgi complexes ยังมี condensing vesicles ขนาดต่าง ๆ รวมกลุ่มกันอยู่อย่างหนาแน่นซึ่งอาจจะเป็นชั้นต่าง ๆ ที่กำลังจะรวมตัวและกลายไปเป็นแกรนูลทั้งสองแบบ (รูปที่ 22D,E)

เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 2 (NS₂)

NS₂ เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างกลมหรือรี โดยมีขนาดของเซลล์ประมาณ 10-12 μm และขนาดของนิวเคลียสประมาณ 4-5 μm ในนิวเคลียสมีก้อน heterochromatin ขนาดเล็กเกาะอยู่ตามด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียส และภายในนิวเคลียสมีก้อนหรือท่อนสั้น ๆ ของ heterochromatin ที่บดแสงอิเล็กตรอนกระจายอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ที่ทำให้นิวเคลียสดูคล้ายหน้าปัทมนาฬิกา (clock-faced pattern) (รูปที่ 23A,C) ในไซโตพลาสซึมมี RER และไมโทคอนเดรียจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วทั้งเซลล์ กอลจิคอมเพลกซ์มีขนาดใหญ่และเด่นชัด แกรนูลมีขนาดใหญ่คล้ายกับแกรนูลแบบที่สองในเซลล์ NS₁ โดยมีรูปร่างกลมหรือรี

ขนาดประมาณ 500-800 nm ภายในแกรนูลมีก้อนผลึกที่บ่งแสงอิเล็กตรอนขนาดต่าง ๆ กระจายอยู่ในเนื้อซึ่งมีความทึบแสงอิเล็กตรอนน้อยกว่า (รูปที่ 23C,D) แกรนูลมักรวมตัวอยู่ใกล้ ๆ กับกอลจิคอมเพลกซ์ (รูปที่ 23A,B) โดยเฉพาะทางด้าน maturing face และมี condensing vesicles ขนาดเล็กกระจายอยู่รอบ ๆ กอลจิคอมเพลกซ์ (รูปที่ 23B) ส่วนแกรนูลขนาดเล็กและเข้มที่มีลักษณะคล้ายแกรนูลแบบที่หนึ่งในเซลล์ NS₁ มีอยู่น้อยมาก (รูปที่ 23A,C)

เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 3 (NS₃)

NS₃ เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างรีขนาดเล็กกว่า NS₁ และ NS₂ โดยมีเซลล์ขนาดประมาณ 8-10 μm และนิวเคลียสมีรูปร่างรีขนาดประมาณ 4-5 μm ภายในนิวเคลียสนอกจาก heterochromatin ที่ปรากฏเป็นก้อนหนาเกาะตามขอบด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียสแล้ว ยังมี heterochromatin ปรากฏเป็นท่อนหรือแถบยาวสานต่อกันอยู่ส่วนในของนิวเคลียส (รูปที่ 24A,C,E) ในไซโตพลาสซึมมีออร์แกเนลล์ต่าง ๆ เช่น RER ไมโทคอนเดรีย และกอลจิคอมเพลกซ์ ซึ่งมีปริมาณและขนาดลดลงมากเมื่อเทียบกับเซลล์ NS₁ และ NS₂ เนื่องจากออร์แกเนลล์เหล่านี้ถูกแทนที่ด้วยแกรนูล โดยที่เนื้อไซโตพลาสซึมของเซลล์บางเซลล์อาจจะอัดแน่นและเต็มไปด้วยแกรนูลขนาดใหญ่ (1000-7000 nm) แกรนูลเหล่านี้มีก้อนผลึกที่บ่งแสงอิเล็กตรอนสีดำขนาดต่าง ๆ เกาะกันเป็นกลุ่ม ผิวด้านในของแกรนูลที่มีลักษณะใส (รูปที่ 24E,F) เซลล์ NS₃ บางเซลล์มีแกรนูลที่มีลักษณะเช่นเดียวกับที่พบใน NS₂ ที่กล่าวข้างต้น แต่มีผลึกที่ความเข้มพอประมาณผิวด้านในของแกรนูลที่มีลักษณะเป็นวุ้นสม่ำเสมอ ปะปนกับแกรนูลที่มีผลึกรวมเป็นกลุ่มของก้อนที่บ่งแสงอิเล็กตรอนขนาดต่าง ๆ ที่ผิวด้านในของแกรนูลที่โปร่งแสง (รูปที่ 24A-D) ลักษณะของแกรนูลดังกล่าวคล้าย ๆ กับลักษณะของ aging pigment ที่สะสมในเซลล์ประสาทที่มีอายุมากและกำลังจะสลายตัว ดังนั้นเราคาดว่า NS₃ อาจจะเป็นเซลล์ NS₂ หรือ NS₁ ที่หมดอายุไขและกำลังอยู่ในช่วงของการสลายตัว

เซลล์ประสาทชนิดที่ 1 (NR₁)

เป็นเซลล์รูปร่างกลมหรือรี และมีกิ่งประสาททอดออกจากตัวเซลล์แทรกเข้าไปในเนื้อของ cortex เซลล์มีขนาดใหญ่ที่สุดในปมประสาท มีขนาดประมาณ 25-40 μm และนิวเคลียสมีขนาดประมาณ 13-15 μm โครมาตินภายในนิวเคลียสเกือบทั้งหมดเป็น euchromatin ยกเว้นมีแถบ heterochromatin ที่บางมากขอบอยู่ตามด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียส นิวคลีโอลัสมีขนาดใหญ่มากและมักอยู่กลางนิวเคลียส ไซโตพลาสซึมมีขนาดใหญ่ที่สุดและเต็มไปด้วย RER และไมโทคอนเดรีย แต่ไม่ปรากฏแกรนูลอย่างเช่นที่พบในเซลล์ NS (รูปที่ 25A)

เซลล์ประสาทชนิดที่ 2 และ 3 (NR₂ และ NR₃)

เป็นเซลล์รูปไข่ซึ่งมีขนาดเซลล์ประมาณ 4-6 μm และมีขนาดนิวเคลียสประมาณ 3-5 μm ภายในนิวเคลียสมี heterochromatin ปรากฏเป็นแถบหนาเกาะตามด้านในของถุงหุ้ม

นิวเคลียส และเป็นท่อนหรือแถบที่ติดต่อกันพาดอยู่ในส่วนกลางของนิวเคลียส (รูปที่ 25A-C) NR_3 (รูปที่ 25D) มีแถบของ heterochromatin หนากว่าและปริมาณมากกว่าในเซลล์ NR_2 (รูปที่ 25B,C) เซลล์ทั้งสองชนิดมีไฮโดพลาสซึมเป็นขอบบาง ๆ หุ้มรอบนิวเคลียส ไฮโดพลาสซึมมีเพียงไรโบโซมและไมโทคอนเดรียอยู่ประปราย (รูปที่ 25B-D) แต่ใน NR_2 อาจจะมี Golgi complexes ขนาดเล็ก และ RER อยู่บ้าง

เซลล์ประสาทชนิดที่ 4 (NR_4)

เป็นเซลล์รูปร่างค่อนข้างกลม ขนาดประมาณ 4-6 μm และขนาดของนิวเคลียสประมาณ 3-5 μm ในนิวเคลียสมี heterochromatin ปรากฏเป็นแถบหนาติดกับขอบด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียส ส่วนเนื้อในของนิวเคลียสค่อนข้างโปร่ง เนื่องจากมีแถบหรือท่อนของ heterochromatin ปรากฏอยู่น้อยมาก (รูปที่ 26A) ไฮโดพลาสซึมของ NR_4 มีปริมาณมากกว่าเซลล์ NR_2 และ NR_3 โดยมี Golgi complexes ขนาดเล็ก RER และไมโทคอนเดรียรวมตัวอยู่ทางด้านหนึ่งของเซลล์ ส่วนไรโบโซมกระจายอยู่ทั่วทั้งไฮโดพลาสซึม (รูปที่ 26A)

เซลล์ประสาทพียูเลียงชนิดที่ 1 (NG_1)

NG_1 เป็นเซลล์รูปร่างยาว เซลล์มีขนาดประมาณ 3 x 7 μm และนิวเคลียสมีขนาดประมาณ 3 x 5 μm ในนิวเคลียสมี heterochromatin ปรากฏเป็นแถบต่อเนื่องกันทั้งที่จับอยู่ด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียส และที่พาดอยู่ส่วนกลางนิวเคลียส (รูปที่ 26B) ไฮโดพลาสซึมมีปริมาณน้อยและค่อนข้างโปร่งแสง เนื่องจากมีออร์แกเนลล์ต่าง ๆ น้อยมาก

เซลล์ประสาทพียูเลียงชนิดที่ 2 (NG_2)

NG_2 เป็นเซลล์ที่เรียงตัวเป็นแนวติดกับด้านในของถุงหุ้มประสาท (รูปที่ 26C) ตัวเซลล์และนิวเคลียสมีลักษณะเป็นรูปกระสวยเรียวยาว ขนาดเซลล์ประมาณ 3 x 8 μm และขนาดนิวเคลียสประมาณ 3 x 5 μm ภายในนิวเคลียสโครมาตินมีลักษณะเป็น heterochromatin เกือบทั่วทั้งนิวเคลียส ซึ่งปรากฏเป็นแถบทึบโดยมีรอยโปร่งใสของนิวคลีโอพลาสซึมอยู่เพียงตรงกลางนิวเคลียส (รูปที่ 26D) ไฮโดพลาสซึมมีปริมาณน้อยมากและแทบจะไม่มีออร์แกเนลล์อื่น ๆ อยู่เลยยกเว้นไรโบโซม

เซลล์ประสาทพียูเลียงชนิดที่ 3 (NG_3)

NG_3 เป็นเซลล์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับ NG_2 แต่แทรกอยู่ระหว่างมัดเส้นประสาทใน neuropil

โครงสร้างละเอียด (ultrastructure) ของ neuropil ในบริเวณ medulla

ภายใน neuropil ของบริเวณ medulla ประกอบด้วยกิ่งประสาทอัดกันอยู่แน่น ภายในกิ่งประสาทมีแกรนูลอยู่จำนวนมาก ซึ่งอาจแยกชนิดของกิ่งประสาทตามลักษณะแกรนูลที่บรรจุอยู่ภายในออกได้เป็น 4 แบบคือ แบบที่หนึ่ง ภายในกิ่งประสาทไม่มีแกรนูลเลย แบบที่สอง

มีแกรนูลขนาดกลางคล้าย ๆ กับแกรนูลที่พบในเซลล์ NS₁ แบบที่สาม มีแกรนูลขนาดใกล้เคียงกับแบบที่สองแต่เนื้อแกรนูลใส และแบบที่สี่ ซึ่งมีแกรนูลขนาดเล็กและละเอียดกระจายอยู่ทั่วไป (รูปที่ 27A-C) อาจเป็นไปได้ว่ากิ่งประสาทแบบที่ 1 เป็นกิ่งประสาท dendrite ซึ่งมักไม่มีแกรนูลที่เป็น neurohumoral vesicles ส่วนกิ่งประสาทแบบที่ 2, 3 และ 4 เป็นส่วนของกิ่ง axon หรือปลาย axon ที่มี vesicles บรรจุสารสื่อประสาทประเภท neurohormones หรือ neurotransmitter อยู่จำนวนมาก และเป็นไปได้ว่ากิ่งประสาทบางกิ่งเป็นส่วนของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมน โดยเฉพาะเซลล์ NS₁

ปมประสาท Pleuropedal

ส่วน cortex ของปมประสาท pleuropedal มีเซลล์ NS, NR และ NG คล้ายกับเซลล์ประเภทเดียวกันกับที่พบในปมประสาท cerebral แต่เซลล์ NS มีลักษณะแตกต่างกันในรายละเอียด กล่าวคือ

เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมน NS₁

NS₁ เป็นเซลล์ NS ขนาดใหญ่ที่สุด มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเซลล์ประมาณ 10-15 μm และขนาดนิวเคลียสประมาณ 6-8 μm ภายในนิวเคลียสมี heterochromatin ปรากฏเป็นแถบบาง ๆ เกาะอยู่กับด้านในของถุงหุ้มนิวเคลียส และบางส่วนปรากฏเป็นก้อนเล็ก ๆ หรือแถบบาง ๆ กระจายอยู่ทั่วไปภายในเนื้อของนิวเคลียส นิวคลีโอลัสมีขนาดใหญ่และเห็นเด่นชัด ภายในไซโตพลาสซึมมี RER เป็นแนวยาวเรียงตัวอยู่อย่างหนาแน่น (รูปที่ 28A,B) กอลจิคอมเพลกซ์มีขนาดใหญ่และพัฒนาเต็มที่ (รูปที่ 28C) ไมโทคอนเดรียมีจำนวนมากและกระจายอยู่ทั่วทั้งเซลล์ แกรนูลมีชนิดเดียวซึ่งมีลักษณะกลมขนาดเล็กประมาณ 120 nm เนื้อในของแกรนูลมีลักษณะตั้งแต่ที่บแสงอิเล็กตรอนพอประมาณจนถึงที่บแสงมาก (รูปที่ 28C,D) จำนวนแกรนูลเปลี่ยนแปลงไปตามขั้นตอนการพัฒนาของเซลล์ เซลล์ที่เริ่มพัฒนาจะมีแกรนูลน้อย (รูปที่ 28A,B) ซึ่งส่วนมากมักจะรวมกลุ่มอยู่ใกล้กับกอลจิคอมเพลกซ์ (รูปที่ 28C) ส่วนเซลล์ที่พัฒนาเต็มที่มักมีแกรนูลอัดกันอยู่แน่นเกือบทั่วทั้งไซโตพลาสซึม (รูปที่ 28D) ทางด้าน maturing face ของกอลจิคอมเพลกซ์มักมี condensing vesicles ขนาดต่าง ๆ สะสมอยู่ ซึ่งกำลังพัฒนาเป็นแกรนูลที่สมบูรณ์ต่อไป (รูปที่ 28C)

เซลล์ NS₁ ของปมประสาท pleuropedal แตกต่างจากเซลล์ NS₁ ของปมประสาท cerebral ในส่วนที่มีแกรนูลขนาดเล็กที่มีเนื้อเข้มอยู่เพียงชนิดเดียว ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าแกรนูลแบบที่ 1 ของ NS₁ ของปมประสาท cerebral ประมาณ 2 เท่า (120 nm: 60 nm)

เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมน NS₂

NS₂ มีขนาดของเซลล์ประมาณ 10-12 μm และขนาดนิวเคลียสประมาณ 6-8 μm มีก้อน heterochromatin ค่อนข้างกลมและที่บแสงอิเล็กตรอน กระจายอยู่ตามขอบและ

ภายในนิวเคลียส ทำให้นิวเคลียสมีลักษณะคล้ายหน้าปัทมนาฬิกา (รูปที่ 29A,D) ภายในไฮโดพลาสซึมมีแกรนูลอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน ตั้งแต่เซลล์ที่มีแกรนูลจำนวนน้อยที่กระจายอยู่เฉพาะรอบบริเวณกอลจิคอมเพลก (รูปที่ 29A-C) จนถึงเซลล์ที่มีแกรนูลจำนวนมากอัดแน่นไฮโดพลาสซึม (รูปที่ 29D,E) แกรนูลมีรูปร่างกลมขนาดใกล้เคียงกับแกรนูลที่พบใน NS₁ แต่เนื้อมีความทึบแสงอิเล็กทรอนิกส์น้อยกว่า และมีขนาดใหญ่กว่า 2 เท่า คือมีขนาดประมาณ 240 nm (รูปที่ 29E) ออแกนเนล ได้แก่ rough endoplasmic reticulum, Golgi complexes และไมโทคอนเดรียมีอยู่อย่างหนาแน่นในเซลล์แบบแรก (รูปที่ 29A-C) ส่วนในเซลล์แบบที่สอง ออแกนเนลมีจำนวนลดลงมาก เนื่องจากถูกแทนที่โดยแกรนูลที่อัดอยู่แน่นเกือบทั้งไฮโดพลาสซึม (รูปที่ 29D,E) เซลล์ NS₂ ในปมประสาท pleuropedal แตกต่างจากเซลล์ NS₂ ในปมประสาท cerebral ในส่วนที่มีแกรนูลขนาดเล็ก (240 nm) จำนวนมากกระจายอยู่ทั่วทั้งเซลล์ ในขณะที่ NS₂ ของปมประสาท cerebral มีแกรนูลรูปร่างกลมหรือรีขนาดใหญ่ (500-800 nm) ที่มักมีผลึกฝังตัวอยู่ภายในเนื้อแกรนูล และแกรนูลดังกล่าวก็มีจำนวนค่อนข้างน้อย ทั้ง ๆ ที่เซลล์ทั้งสองชนิดมีลักษณะของนิวเคลียสเป็นแบบหน้าปัทมนาฬิกาคล้ายกัน

เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมน NS₃

NS₃ ของปมประสาท pleuropedal มีลักษณะเช่นเดียวกับ NS₃ ของปมประสาท cerebral และมี 2 แบบ (รูปที่ 30A-D) ซึ่งอาจเป็นเพียงขั้นตอนการพัฒนาของเซลล์ชนิดนี้เช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ในปมประสาท cerebral

เซลล์ประสาท NR₁, NR₂, NR₃ และ NR₄

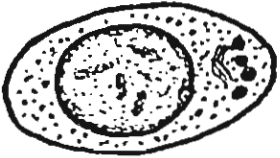
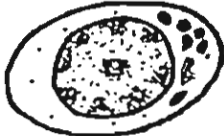
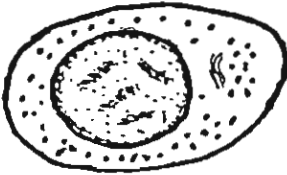
เซลล์ประสาททั้ง 4 ชนิด ก็มีขนาดและลักษณะเช่นเดียวกับที่พบในปมประสาท cerebral (รูปที่ 31A-D)

เซลล์ประสาทที่เลี้ยง NG₁, NG₂, NG₃

เซลล์ประสาทที่เลี้ยงทั้งสามชนิดก็มีขนาด รูปร่าง ลักษณะ และตำแหน่งการกระจายเช่นเดียวกับที่พบในปมประสาท cerebral (รูปที่ 32A,B)

Neuropil ก็ประกอบด้วยกิ่งประสาทที่มีลักษณะคล้ายกับที่พบในปมประสาท cerebral (รูปที่ 32C,D)

Table 2 การเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างละเอียดของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนในปมประสาท Cerebral กับปมประสาท Pleuropedal

cell structures	NS ₁	NS ₂	NS ₃
TEM diagrams			
cerebral			
pleuropedal			
cell size	15-20 μ m	10-12 μ m	8-10 μ m
nucleus (chromatin pattern)	vesicular	clock-faced	patchy
granules			
cerebral	2 types: 500-800 nm  60 nm	1 type: 500-800 nm 	1 type: aggregates of dense globules 
pleuropedal	1 type: 120 nm 	1 type: 240 nm 	1 type: aggregates of dense globules
organelles	Golgi & RER: numerous in synthetic cells and reduced in mature cells mitochondria: numerous in young cells and reduced in mature cells	Golgi & RER: numerous in synthetic cells and reduced in mature cells mitochondria: numerous in young cells and reduced in mature cells	Golgi & RER & mitochondria: drastically reduced in number

- รูปที่ 22 รูป TEM เซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 1 (NS₁) ในปมประสาท cerebral (A,B) แสดงนิวเคลียสซึ่งประกอบด้วยแถบ heterochromatin (He) บาง ๆ ตามขอบเยื่อหุ้ม นิวเคลียส และแถบบาง ๆ กระจายอยู่กลางนิวเคลียส นิวคลีโอลัส (No) มีลักษณะเด่นในไซโตพลาสซึมมี rough endoplasmic reticulum (rer) จำนวนมากและ Golgi complex (Gc) มีขนาดใหญ่ (C-E) แกรนูล (granules-gr) มีสองแบบคือ แกรนูลกมขนาดใหญ่มีเนื้อที่บดแสงอิเล็กตรอนพอประมาณ (Gr₁) มีจำนวนน้อยและกระจายอยู่รอบ ๆ กอลจิคอมเพลกซ์ (B-D) และแกรนูลกมขนาดเล็ก (Gr₂) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วไซโตพลาสซึมของเซลล์ แต่มีจำนวนมากเป็นพิเศษรอบ ๆ ด้าน mature face ของกอลจิคอมเพลกซ์ (C-E)
- รูปที่ 23 รูป TEM ของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่สอง (NS₂) ในปมประสาท cerebral แสดงนิวเคลียสที่มีก้อน heterochromatin (He) ค่อนข้างใหญ่และที่บดกระจายอยู่ทั่วนิวเคลียส มีลักษณะแบบหน้าปัทมนาฬิกา (A,C) ในไซโตพลาสซึมมี rough endoplasmic reticulum และ mitochondria (Mt) จำนวนมาก Golgi complexes มีขนาดใหญ่ (A-D) แกรนูลมีแบบเดียว และมีลักษณะเป็นก้อนกลมหรือรูปหลายเหลี่ยม (Gr₁) ภายในมีเนื้อที่บดแสงอิเล็กตรอนระดับต่าง ๆ กัน โดยมักจะมีผลึกเข้มขนาดต่าง ๆ (ลูกศร) ผังตัวอยู่ภายใน (B,D) นอกจากนั้นบริเวณ Golgi complexes มักมี condensing vesicles (Cv) ขนาดเล็กกระจายอยู่รอบ ๆ
- รูปที่ 24 รูป TEM ของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 3 (NS₃) ในปมประสาท cerebral แสดงนิวเคลียสซึ่งมี heterochromatin (He) ที่มีลักษณะเป็นแถบหนาและยาวต่อเนื่องกัน กระจายอยู่ตามขอบและบริเวณส่วนในของนิวเคลียส (C,E) เซลล์ชนิดนี้อาจจะมี 2 ชั้น คือ เซลล์ที่ยังมีแกรนูลจำนวนน้อยและอแกเนนลจำนวนมาก ได้แก่ rough endoplasmic reticulum (rer) ไมโทคอนเดรียและ Golgi complexes (A,C) กับเซลล์ที่มีแกรนูลอยู่เต็มไซโตพลาสซึมและจำนวนอแกเนนลน้อยลง ในเซลล์กลุ่มแรก (A,C) แกรนูลมีขนาดใหญ่รูปกลมหรือหลายเหลี่ยม ภายในมีเนื้อที่บดแสงอิเล็กตรอนพอประมาณ และมีผลึกเข้มเป็นแท่งหรือก้อนเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป (Gr₁) (B,D) แกรนูลบางอันมีเนื้อโปร่งแสงทำให้เห็นผลึกชัดขึ้น (Gr₂) (A,D) ในเซลล์กลุ่มที่สอง แกรนูลมีขนาดใหญ่มากคล้ายกับเกิดจากการรวมตัวของแกรนูลที่พบในเซลล์กลุ่มที่ 1 แกรนูลเหล่านี้อัดกันแน่นอยู่ในไซโตพลาสซึม (E) โดยผลึกดำเข้มรวมตัวกันเป็นก้อนขนาดต่าง ๆ ที่มีความที่บดแสงอิเล็กตรอนมาก ในขณะที่เนื้อที่เหลือของแกรนูลค่อนข้างใส (E,F)

Figure 22

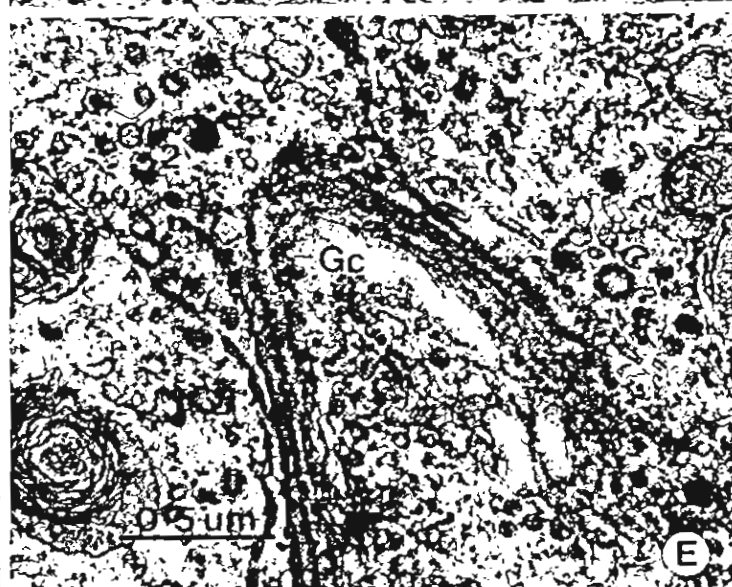
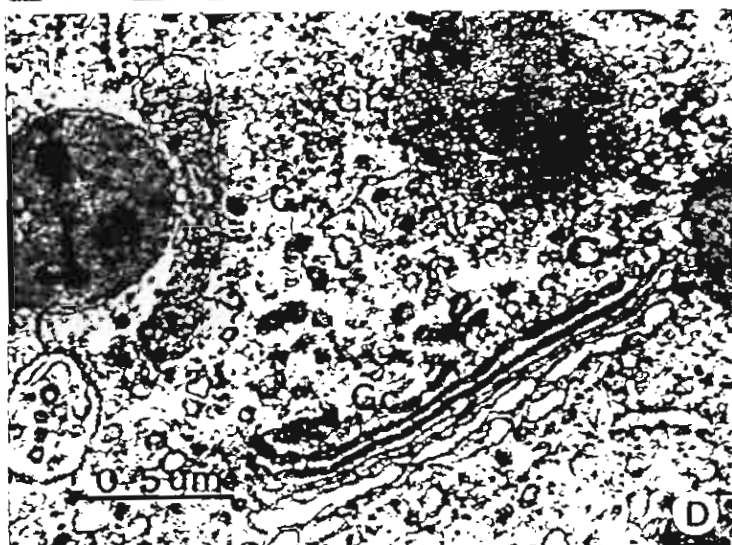
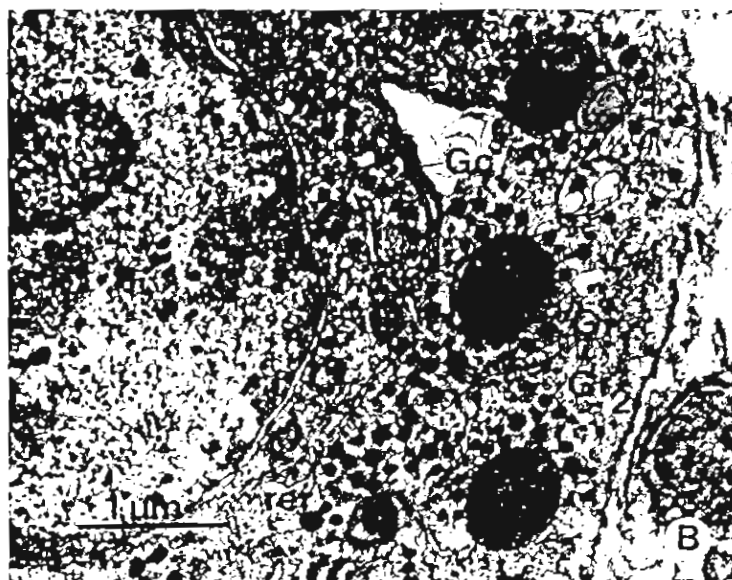


Figure 23

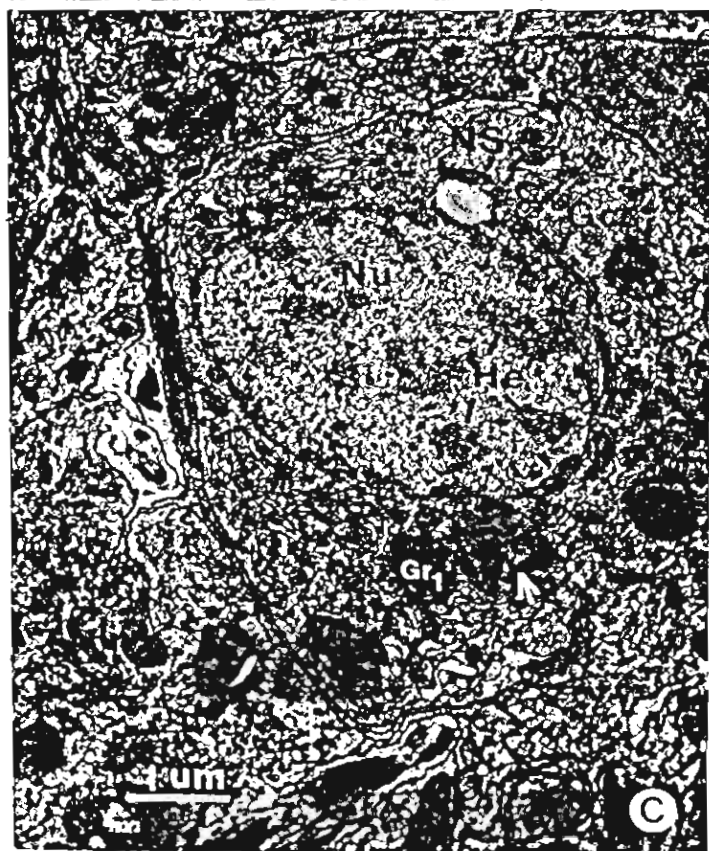
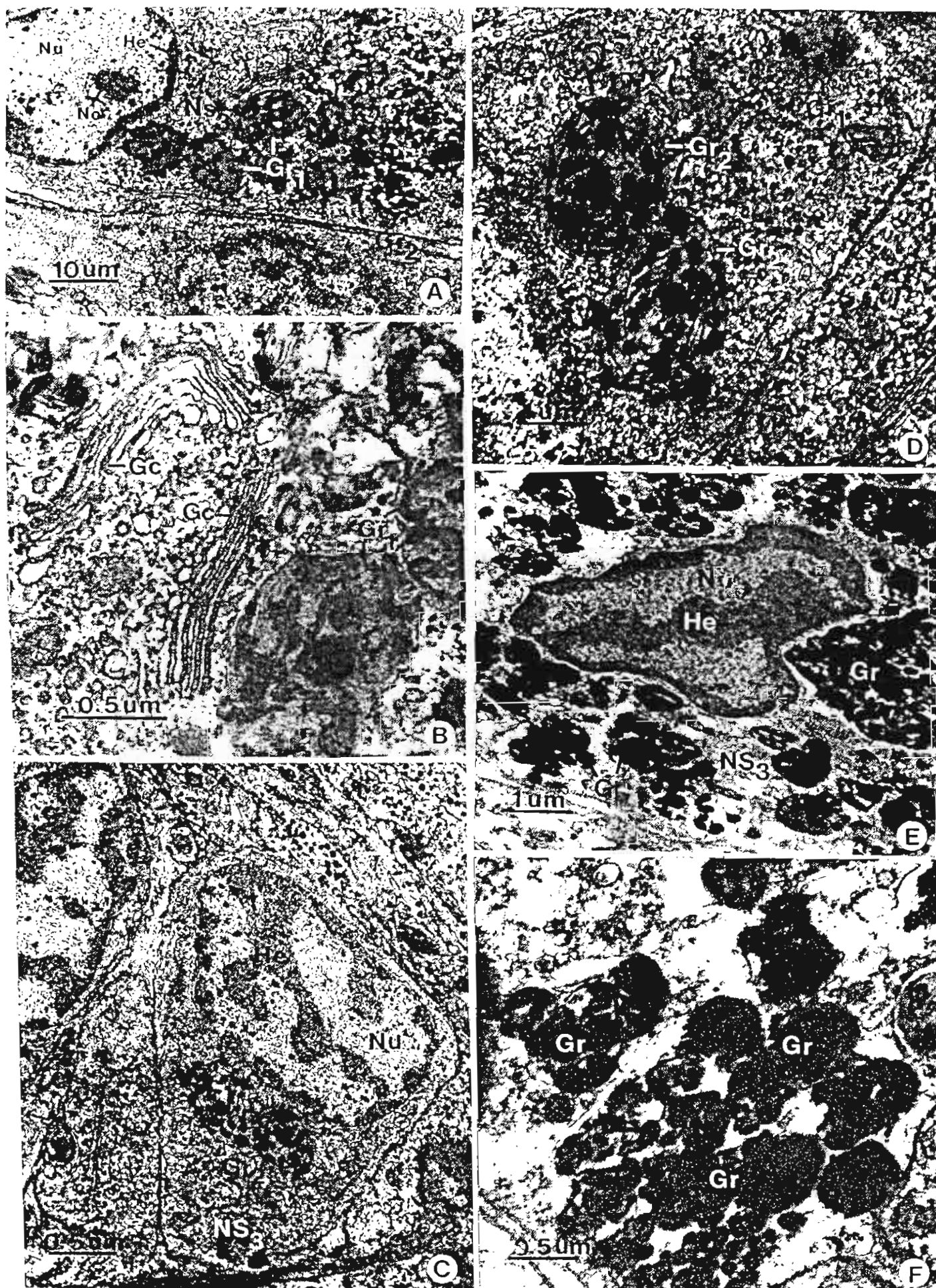


Figure 24



รูปที่ 25 ภาพ TEM แสดงเซลล์ประสาท (Neurons-NR₁, NR₂) ในปมประสาท cerebral เซลล์ NR₁ (A) เป็นเซลล์ขนาดใหญ่ที่สุด แสดงนิวเคลียสที่มี euchromatin เกือบทั่วทั้งนิวเคลียส ไซโตพลาสซึมไม่มีแกรนูลแต่มีออร์แกเนล โดยเฉพาะ rough endoplasmic reticulum (rer) และไมโทคอนเดรียอยู่หนาแน่นมาก เซลล์ประสาทชนิดที่ 2 (NR₂) (B,C) เป็นเซลล์ที่มีนิวเคลียสรูปไข่ มี heterochromatin ปรากฏเป็นแถบที่ติดต่อกันกระจายอยู่ทั่วทั้งเซลล์ ไซโตพลาสซึมมีปริมาณน้อยอยู่รอบ ๆ เซลล์ประสาทชนิดที่ 3 (NR₃) (D) มีขนาดและรูปร่างคล้ายคลึงกับ NR₂ แต่แถบ heterochromatin หนาและเข้มข้น

รูปที่ 26 ภาพ TEM ของเซลล์ประสาทชนิดที่ 4 (NR₄) (A) เซลล์ประสาทที่เลี้ยง (Neuroglia) ชนิดที่ 1 (NG₁) (B) และชนิดที่ 2 (NG₂) (C,D) เซลล์ NR₄ เป็นเซลล์รูปไข่คล้าย NR₂ และ NR₃ แต่มีแถบ heterochromatin เด่นตามขอบของนิวเคลียส ภายในนิวเคลียสค่อนข้างโปร่งแสงอิเล็กตรอน (A) NG₁ (B) เป็นเซลล์ที่มีรูปรีหรือรูปกระสวย มีนิวเคลียสรูปร่างเช่นเดียวกัน ซึ่งมีโครมาตินหนาเกาะอยู่ตามขอบของนิวเคลียสและติดต่อกันทั่วทั้งส่วนในของนิวเคลียส NG₂ (C,D) เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเรียวยาวมากกว่า NG₁ นิวเคลียสมี heterochromatin เป็นแถบหนาอยู่ตามขอบและตรงกลางนิวเคลียส โดยมีปริมาณมากกว่า NG₁ เซลล์ NG₂ เรียงเป็นแนวติดกับแนวถุงหุ้ม (capsule-Cp) ของปมประสาท cerebral

รูปที่ 27 ภาพ TEM ของ neuropil ในชั้น medulla แสดงกิ่งประสาท axon หรือ dendrite 4 แบบ คือ แบบที่ 1 มีเนื้อในใส แบบที่ 2 เนื้อในกิ่งประสาทมีแกรนูลกลมขนาดปานกลาง ซึ่งมีเนื้อหีบแสงอิเล็กตรอน แบบที่ 3 กิ่งประสาทมีแกรนูลขนาดเดียวกับแบบที่สอง แต่มีเนื้อโปร่งแสงอิเล็กตรอน แบบที่ 4 เป็นกิ่งประสาทที่มีแกรนูลขนาดเล็กติดสีดำเข้มที่บ่งแสงอิเล็กตรอนกระจายอยู่ทั่วไป

Figure 25

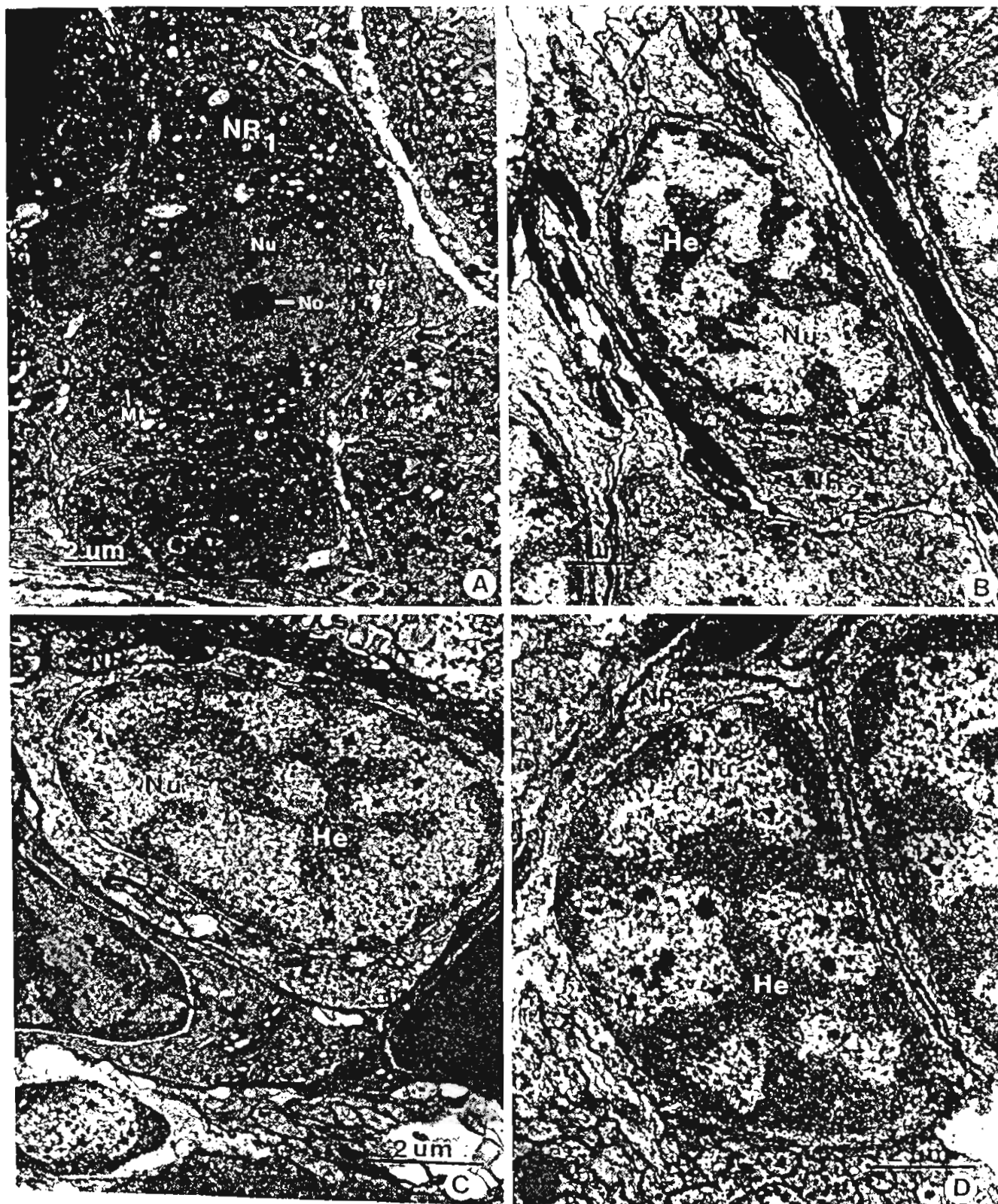


Figure 26

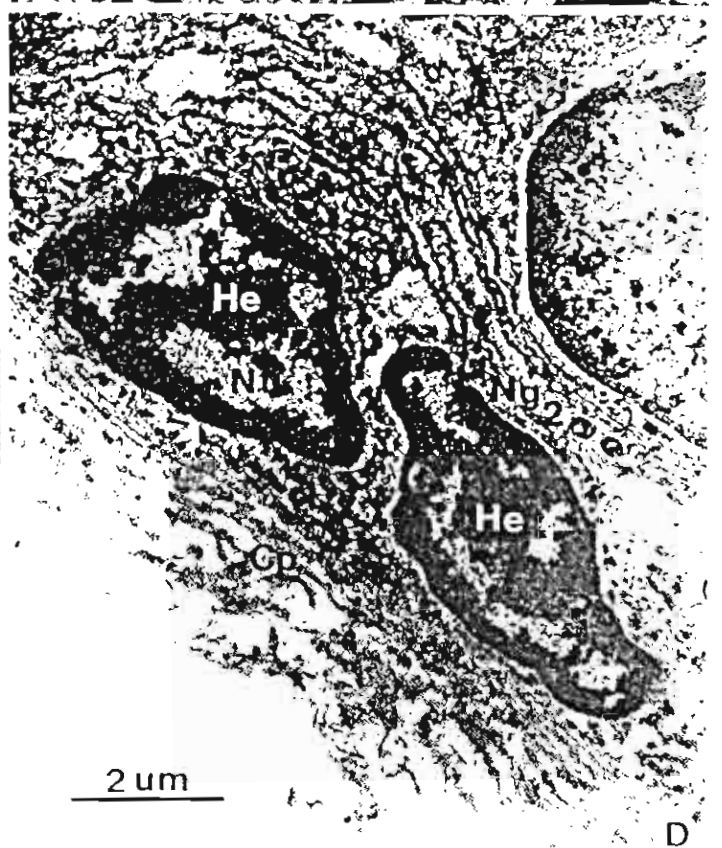
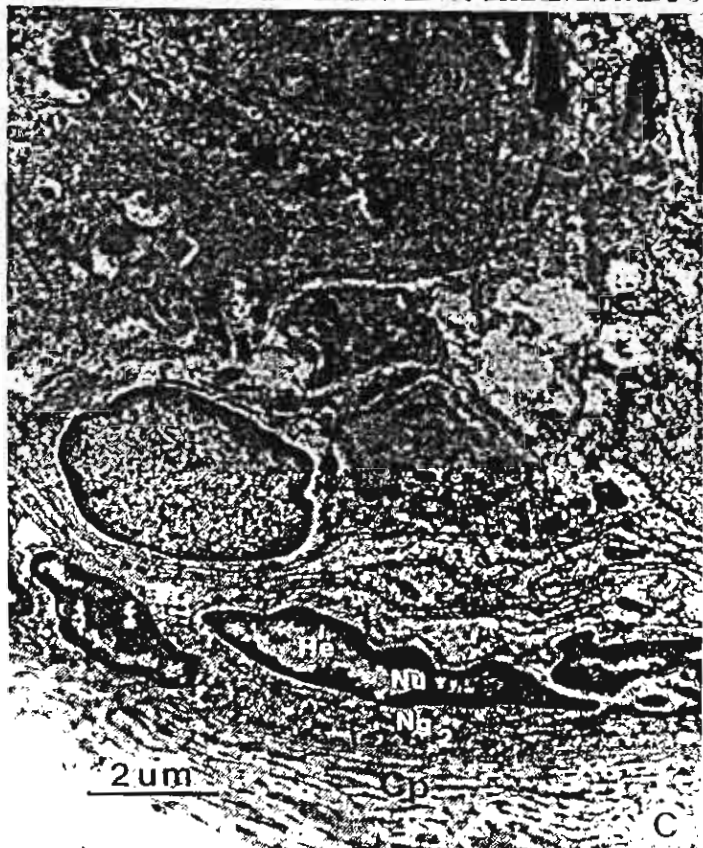
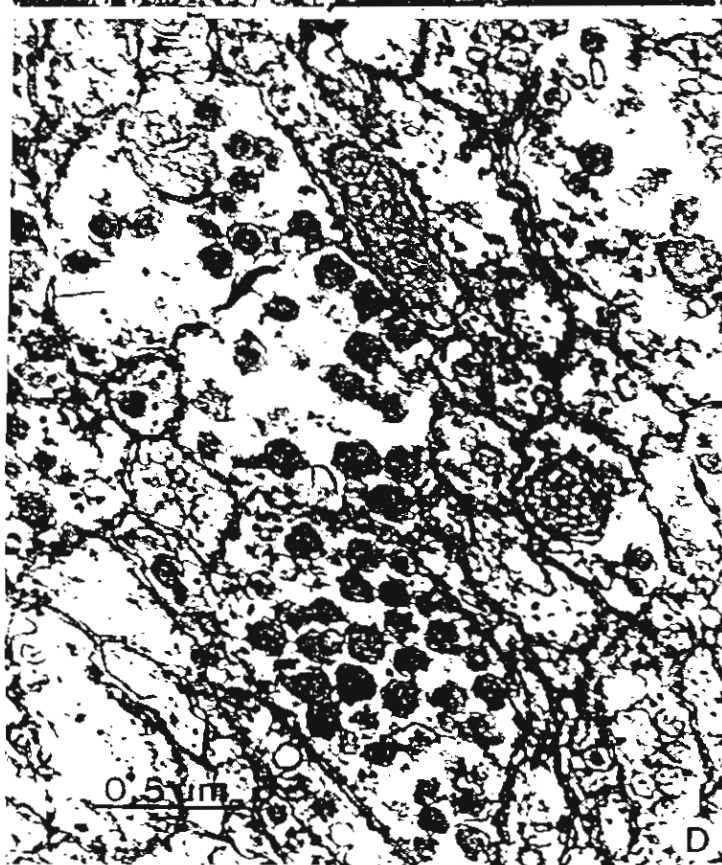
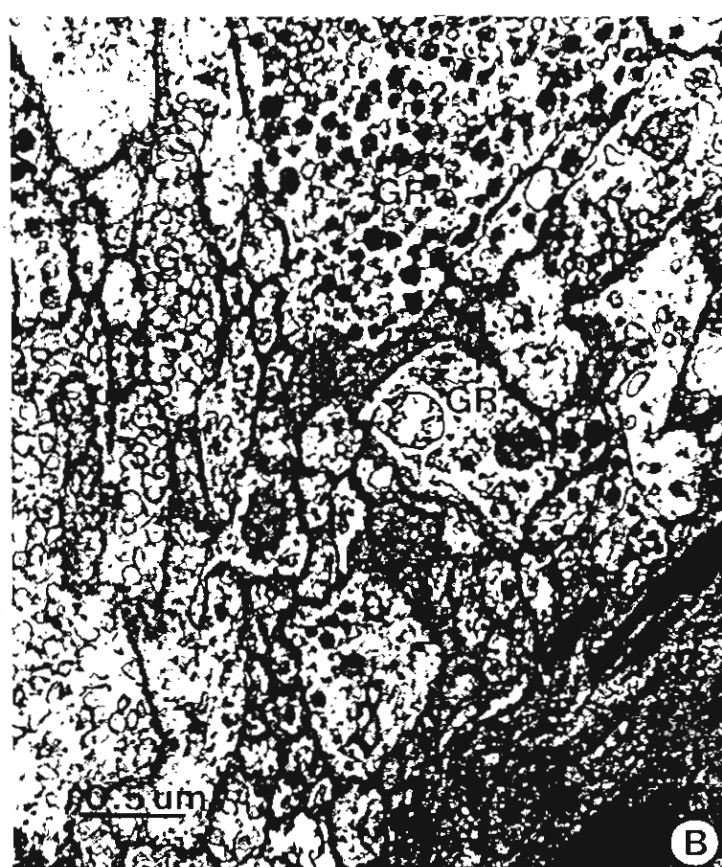


Figure 27



- รูปที่ 28 ภาพ TEM ของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 1 (NS₁) ในปมประสาท pleuropedal เซลล์ NS₁ แสดงนิวเคลียสที่มีก้อน heterochromatin (He) บาง ๆ กระจายอยู่ตามขอบ และภายในนิวเคลียส นิวคลีโอลัส (No) เด่น (A,B) ในไซโตพลาสซึมมี rough endoplasmic reticulum (rer) และไมโทคอนเดรียอยู่หนาแน่น และ Golgi complexes (Gc) พัฒนาเต็มที่ โดยมีแกรนูล (Gr) รูปร่างกลมขนาดเล็ก เนื้อที่บ่งชี้แสงอิเล็กตรอน รวมกลุ่มอยู่ทางด้าน mature face ของ Golgi complexes และกระจายอยู่ทั่วไปในไซโตพลาสซึม (B-D)
- รูปที่ 29 ภาพ TEM ของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 2 (NS₂) ในปมประสาท pleuropedal เซลล์ NS₂ แสดงนิวเคลียสที่มีก้อน heterochromatin ค่อนข้างกลม กระจายอยู่ทั่วไป ภายในนิวเคลียส ทำให้มีลักษณะคล้ายหน้าปัทมนาฬิกา (A,D) ภายในไซโตพลาสซึม มีแกรนูลอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน ตั้งแต่เซลล์ที่มีแกรนูลจำนวนประปรายในบริเวณ Golgi complexes (A-C) จนถึงเซลล์ที่มีแกรนูลแน่นไซโตพลาสซึม (D) แกรนูลมีรูปร่างกลม ขนาดใหญ่กว่าแกรนูลที่พบใน NS₁ ประมาณ 21 เท่า แต่มีความทึบของเนื้อใน น้อยกว่า (E) ออแกเนลล์ ได้แก่ rough endoplasmic reticulum, Golgi complexes และไมโทคอนเดรีย มีอยู่อย่างหนาแน่นในเซลล์แบบแรก (A-C) ส่วนในเซลล์แบบที่สอง ออแกเนลล์มีจำนวนลดลงมาก เนื่องจากถูกแทนที่โดยแกรนูล (D,E)
- รูปที่ 30 ภาพ TEM ของเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดที่ 3 (NS₃) ซึ่งมีสองแบบเช่นเดียวกับ NS₃ ที่พบในปมประสาท cerebral คือ แบบที่หนึ่ง มีแกรนูลน้อย (A,B) ส่วนแบบที่สอง มีแกรนูลจำนวนมากอัดแน่นอยู่ในไซโตพลาสซึม (C,D) เซลล์ NS₃ ทั้งสองแบบมีลักษณะ และโครงสร้างละเอียดเช่นเดียวกับเซลล์ NS₃ ที่พบในปมประสาท cerebral
- รูปที่ 31 ภาพ TEM ของเซลล์ประสาท (neuron) 3 ชนิดคือ NR₂ (A), NR₃ (B,C) และ NR₄ (D) ซึ่งมีรูปร่าง ขนาด และลักษณะเช่นเดียวกับเซลล์ NR₂, NR₃ และ NR₄ ที่พบในปมประสาท cerebral ในรูป D ยังมีเซลล์ NS₁ ที่ยังไม่พัฒนาอยู่หนึ่งเซลล์
- รูปที่ 32 ภาพ TEM ของเซลล์ประสาทฟิเลีย (neuroglia-NG₁ และ NG₃) ของปมประสาท pleuropedal เซลล์ NG₁ (A) มีรูปรีหรือแหลมไปทางด้านใดด้านหนึ่ง heterochromatin เป็นแถบหนาตามขอบของนิวเคลียส และตรงกลางนิวเคลียสมีก้อนหรือแถบ heterochromatin ขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วไป (A) เซลล์ NG₃ (B) มีลักษณะคล้ายกับเซลล์ NG₂ ที่พบในปมประสาท cerebral แต่เซลล์เหล่านี้แทรกอยู่ระหว่างกิ่งประสาท ใน neuropil กิ่งประสาท (C,D) ใน neuropil ของชั้น medulla มีชนิดและลักษณะ คล้าย ๆ กับที่พบในปมประสาท cerebral

Figure 28

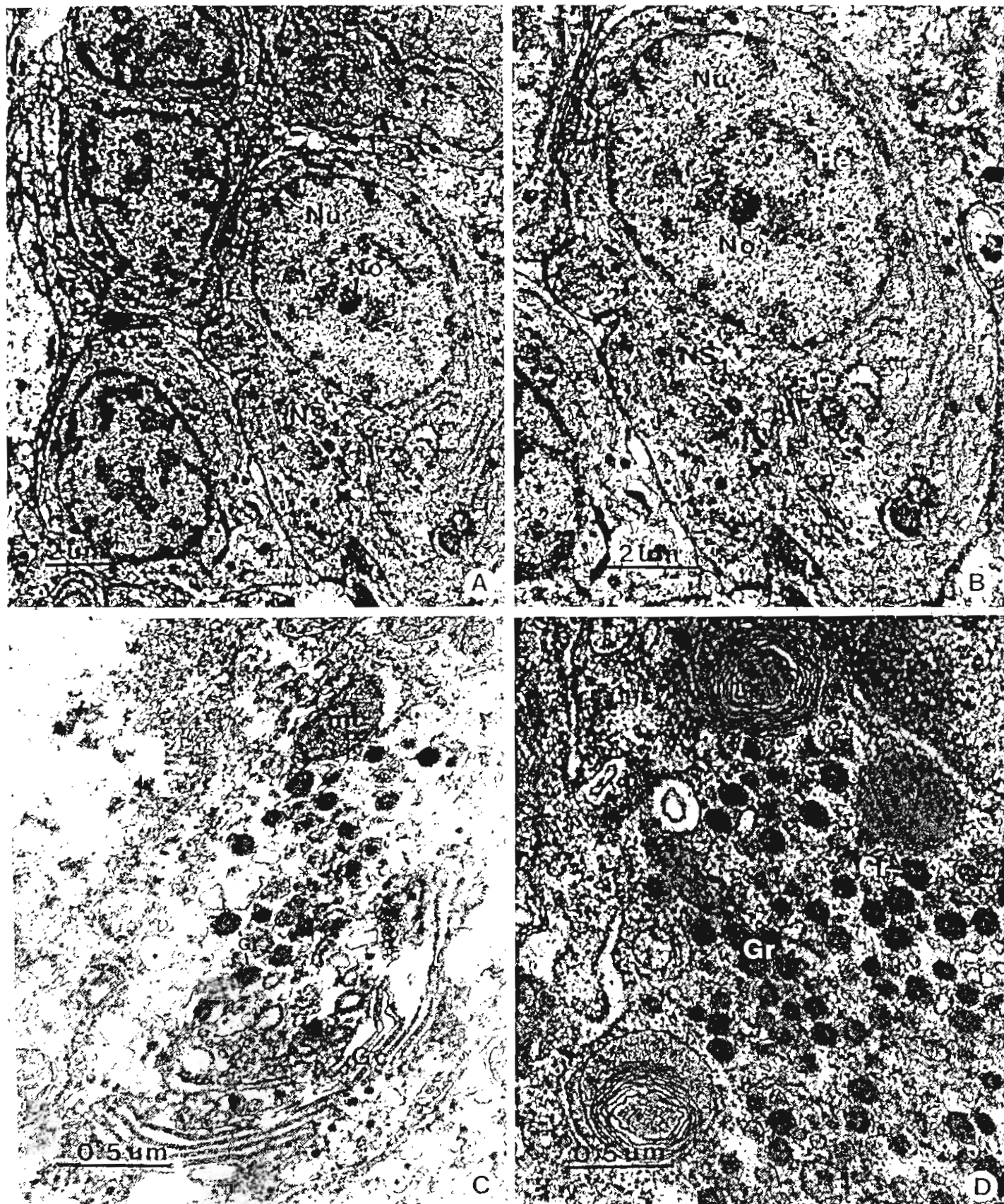


Figure 29

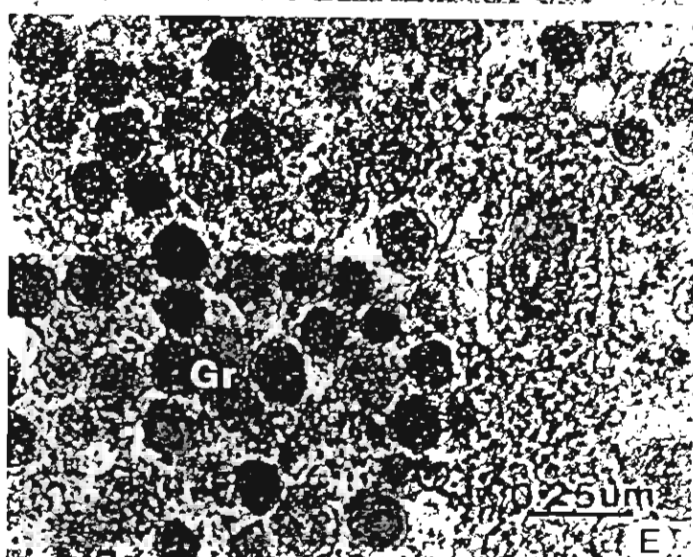
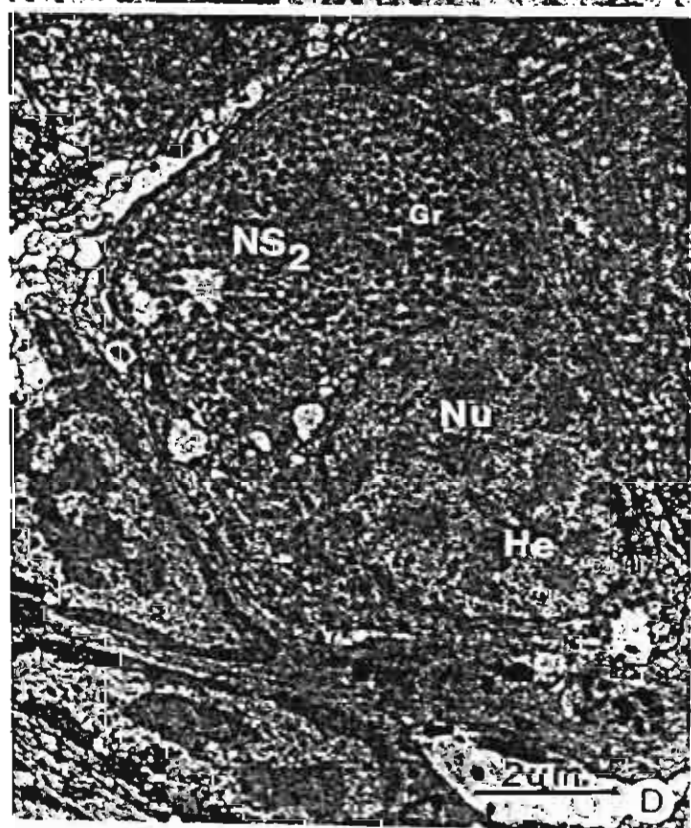
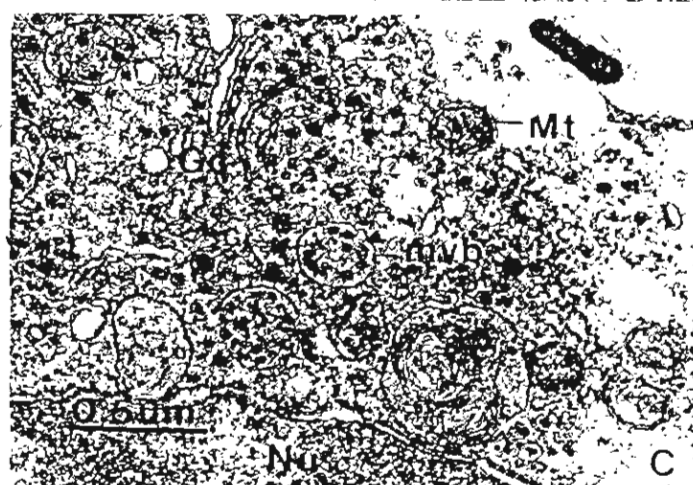
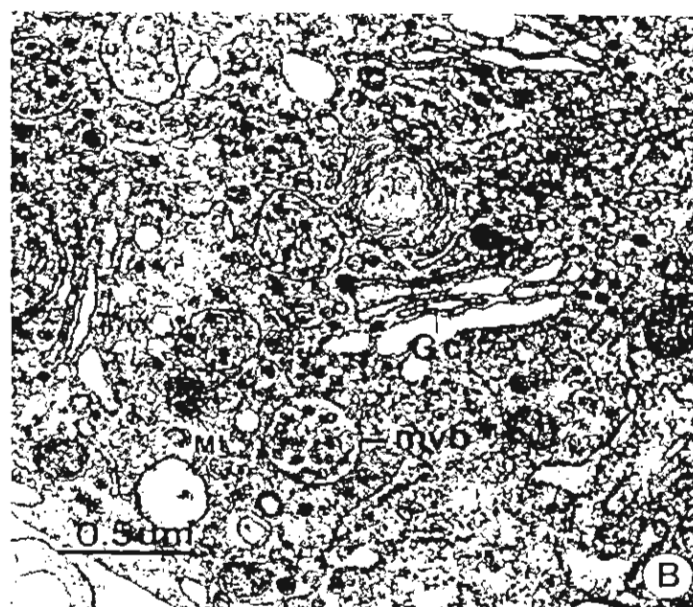


Figure 30

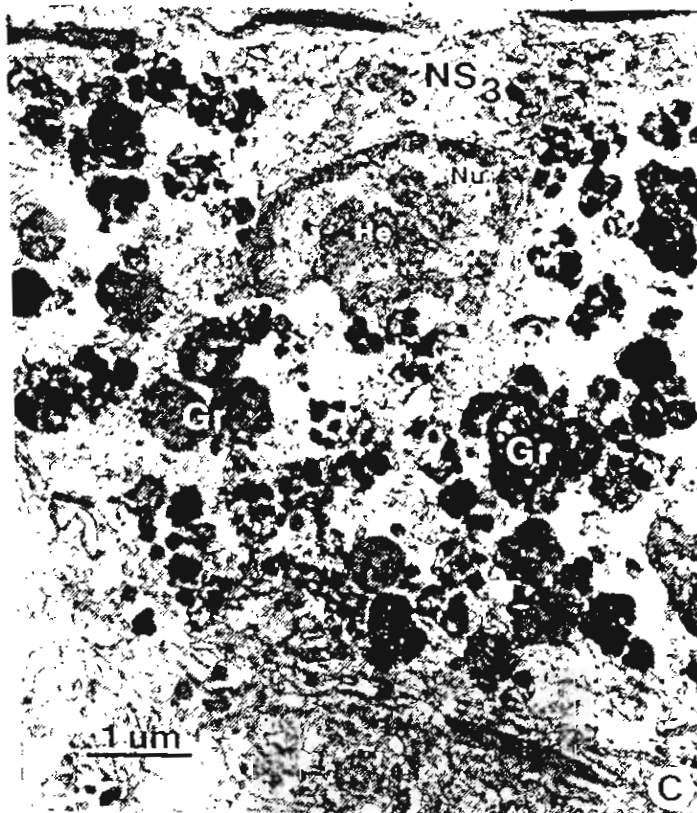
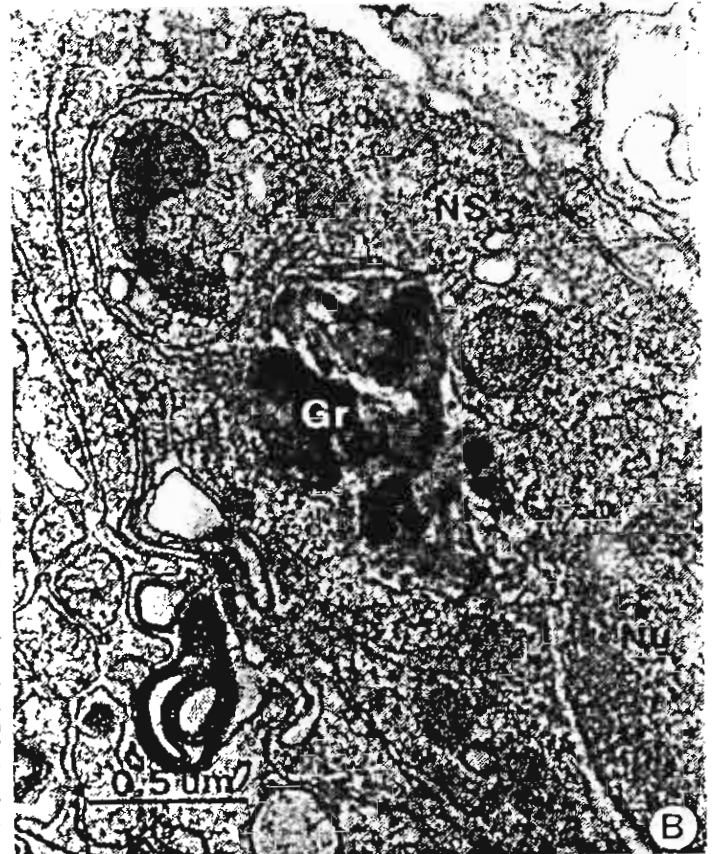
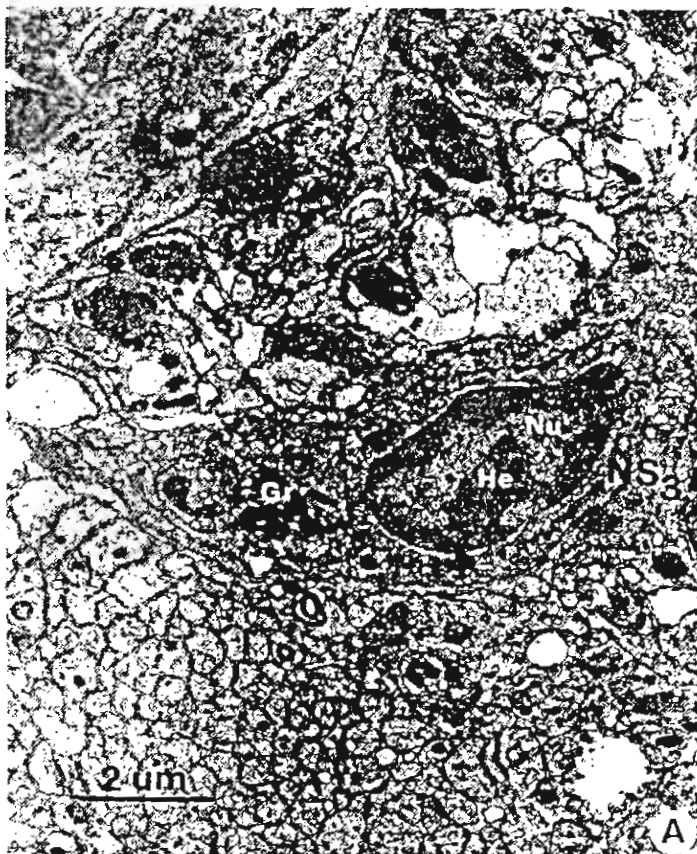


Figure 31

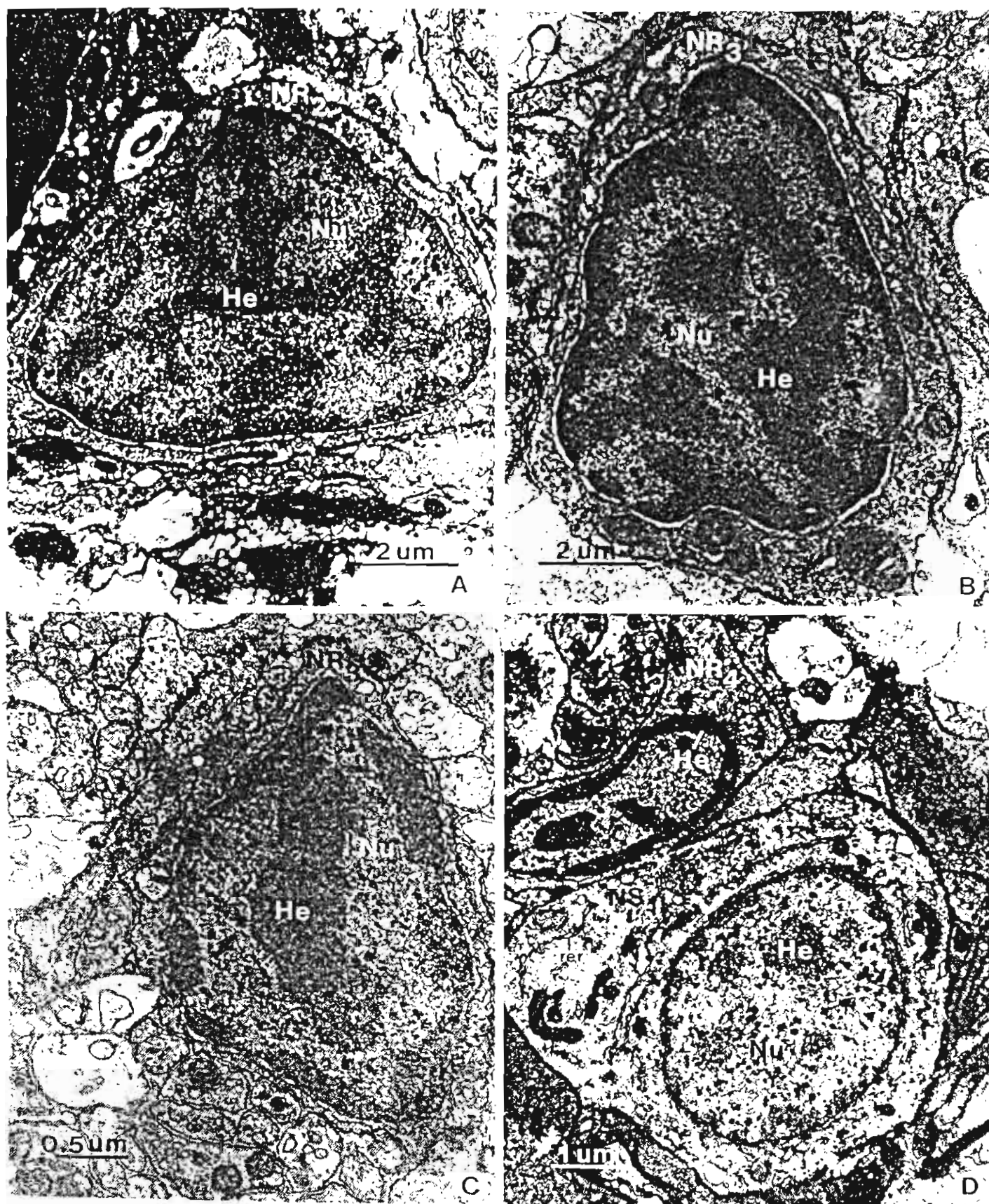
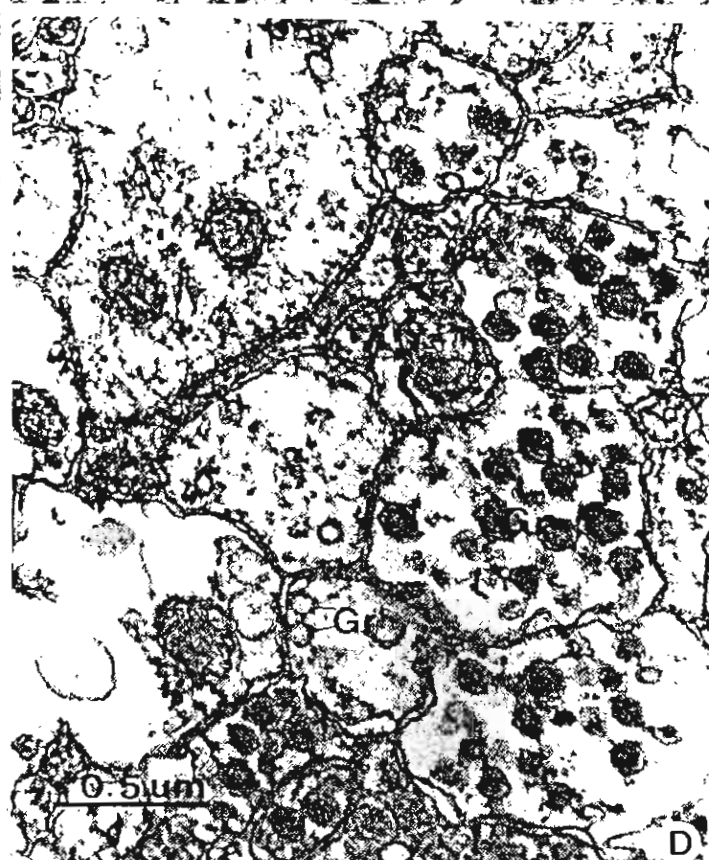
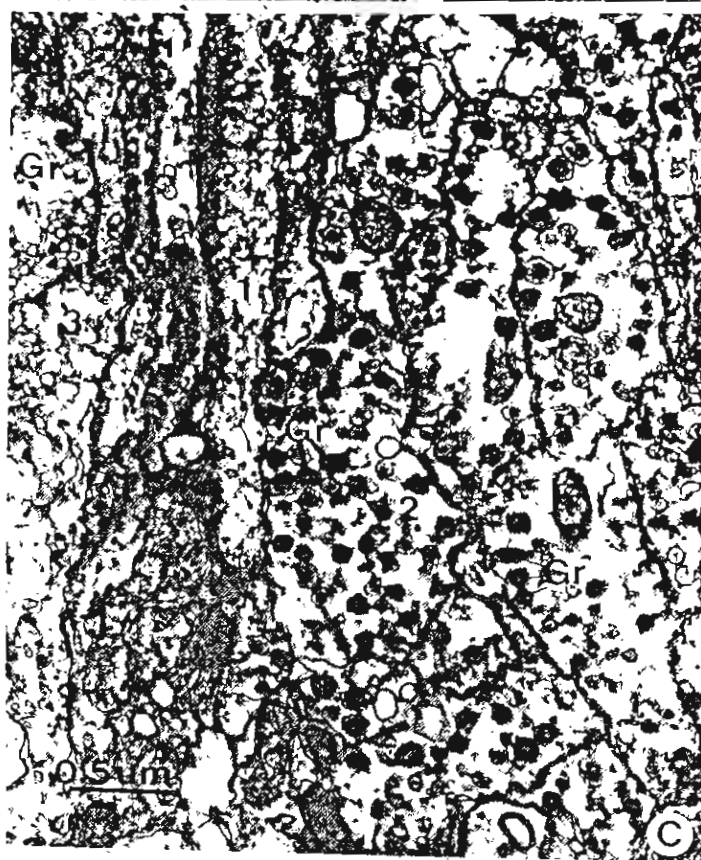
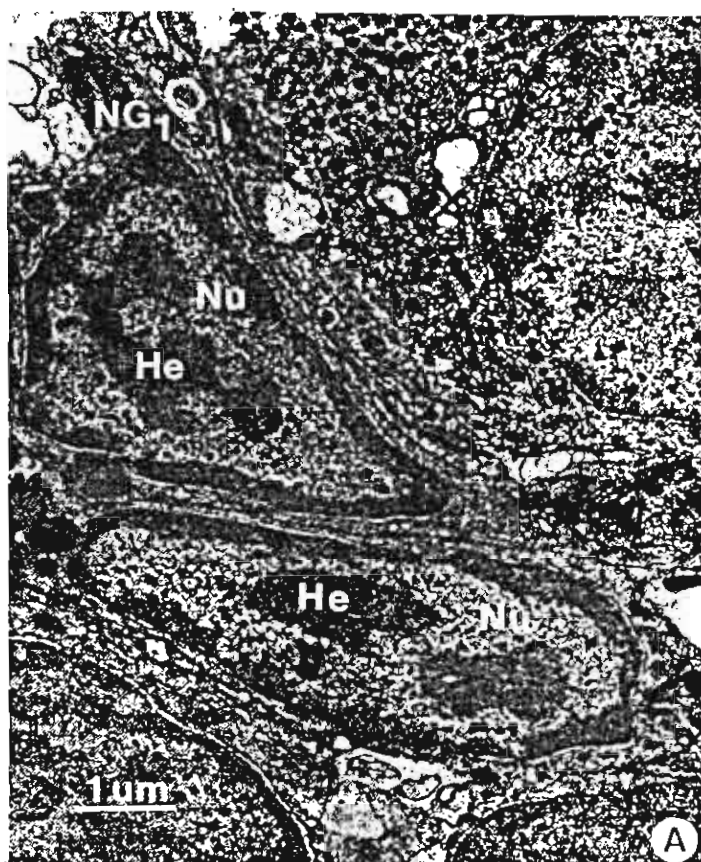


Figure 32



6.5 การศึกษาลักษณะการกระจายของฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโต (Growth-like hormone) ฮอร์โมนคล้ายอินซูลิน (Insulin-like hormone-ILH) ฮอร์โมนคล้าย FSH และ LH ในปมประสาท Cerebral และ Pleuropedal

GH-like Hormone (GH)

เราได้ใช้กรรมวิธี immunohistochemistry แบบ immunoperoxidase โดยใช้ rabbit anti-human GH และ mouse anti-human insulin เป็น primary antibody probes ย้อมหาตำแหน่งของเซลล์ที่ผลิตฮอร์โมนที่คล้าย GH และโครงสร้างอื่นในปมประสาทที่มี GH อยู่ เนื่องจาก GH เป็นฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโตที่มีส่วนคงสภาพเดิม (conservative part) ในสัตว์ชนิดต่าง ๆ คล้ายกัน แอนติบอดีต่อฮอร์โมน GH ของสัตว์ชั้นสูงจึงสามารถทำปฏิกิริยาและเกาะกับ GH ของสัตว์ชั้นต่ำได้ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาข้ามชนิด (cross-reaction) กับส่วน conservative part นี้ ดังนั้นจึงสามารถใช้แอนติบอดีดังกล่าวเป็น probes ในการศึกษาตำแหน่งการกระจายของฮอร์โมน GH ในหอยเป่าได้อย่างดีทางอ้อม

จากการศึกษาด้วยวิธีดังกล่าว ปรากฏว่าพบ GH-like hormone ในเซลล์ NS ของปมประสาท cerebral โดยเฉพาะกลุ่มเซลล์ที่กระจายอยู่บริเวณ cortex ส่วนบนและล่างของปมประสาท นอกจากนั้นแล้วยังมีสีน้ำตาลเข้มที่แสดงตำแหน่งของ GH อยู่ในมัดของเส้นประสาทที่อยู่บริเวณแกนของ medulla ซึ่งมัดประสาทดังกล่าวทอดไปตามความยาวของปมประสาท cerebral (รูปที่ 33A,B; 34A) เมื่อตรวจดูที่กำลังขยายสูง ปรากฏว่าเซลล์ NS ที่ติดสีน้ำตาลส่วนมากน่าจะเป็นเซลล์ประเภท NS₁ และ NS₃ (รูปที่ 33C,D; 34B-D) โดย NS₁ มีไฮโดรพลาสซึมที่ติดสีน้ำตาลพอประมาณ ส่วน NS₃ มีแกรนูลสีน้ำตาลขนาดใหญ่ รูปร่างไม่แน่นอน กระจุกตัวอยู่อย่างหนาแน่นทั่วทั้งไฮโดรพลาสซึม ในขณะที่เซลล์ NS₂ ติดสีจางมาก ส่วนสีน้ำตาลในมัดประสาทนั้น ปรากฏอยู่ในกิ่งประสาท (axons) ส่วนเซลล์ประสาท NR ทุกชนิดนั้นไม่ติดสีเลย (รูปที่ 33C,D; 34A,C,D)

ในปมประสาท pleuropedal ไม่ปรากฏว่ามี GH-like hormone อยู่ ทั้งในเซลล์และในมัดประสาทของ medulla

Insulin-like Hormone (ILH)

ปรากฏว่าพบ ILH อยู่ในปมประสาท cerebral โดยมีการติดสีในเซลล์ NS ที่กระจายอยู่ทั่วทั้งปมประสาท ส่วนใยประสาทใน medulla ไม่ติดสีเลย (รูปที่ 35A-D) ปริมาณสีที่ติดในเซลล์ และจำนวนเซลล์ที่แสดงผลบวกมีน้อยกว่าในกรณีของ GH มาก เนื่องจากการติดสีไม่ค่อยชัดเจน จึงยังไม่สามารถบอกได้ว่าเซลล์ NS ที่ติดสีน่าจะเป็นชนิดใด ส่วนในปมประสาท pleuropedal ไม่มีเซลล์และกิ่งประสาทที่ติดสีที่แสดง ILH อยู่เลย (รูปที่ 37A)

LH-like Hormone (LH)

ในปมประสาท cerebral ไม่ปรากฏว่ามีสีติดซึ่งแสดงการกระจายของ LH อยู่เลย (รูปที่ 36A) ส่วนในปมประสาท pleuropedal มีสีติดแต่ค่อนข้างจาง และเซลล์ที่ติดสีมีจำนวนน้อยและกระจายตัวมาก (รูปที่ 37B-D)

FSH-like Hormone (FSH)

ปรากฏว่าในปมประสาท cerebral มีสีติดชัดเจนในเซลล์ NS แต่ค่อนข้างน้อย (รูปที่ 36B,C) แต่สีติดค่อนข้างเข้มในปมประสาท pleuropedal (รูปที่ 38A-C) และสีที่ติดส่วนมากจะกระจายอยู่ในไซโตพลาสซึมของ NS เซลล์ ในรูปของแกรนูลที่เห็นได้กลาง ๆ (รูปที่ 36B-E; 38A-D)

ดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่าปมประสาท cerebral มีปริมาณ GH-like hormone ค่อนข้างสูง ปริมาณ ILH ปานกลาง ปริมาณ FSH น้อย และไม่มี LH เลย ส่วนในปมประสาท pleuropedal มีปริมาณ FSH สูง ปริมาณ LH น้อย และไม่มี GH กับ ILH อยู่เลย

การเปรียบเทียบการติดสีที่ย้อมด้วยวิธี immunoperoxidase ในเซลล์ NS ของปมประสาท Cerebral

primary antibody probes	จำนวนเซลล์ NS ที่ติดสีและความเข้มของการติดสี	
	ปมประสาท cerebral	ปมประสาท pleuropedal
rabbit anti-human GH	++++	0
mouse anti-human insulin	++	0
mouse anti-human FSH	++	++
mouse anti-human LH	0	+

เนื่องจากการติดสีที่แสดง ILH, FSH และ LH-like hormone ในปมประสาททั้งสองชนิดไม่เข้มมาก และจำนวนเซลล์ที่แสดงผลบวกก็มีจำนวนน้อย ซึ่งยังไม่สามารถจำแนกชนิดของเซลล์ที่ติดสีแต่ละชนิดได้ชัดเจน ส่วนในกรณีของ GH นั้นน่าจะเป็นเซลล์ NS₁ เป็นหลัก ส่วน NS₃ อาจจะเป็นชั้นที่เซลล์กำลังสลายตัว แต่ก็ยังมี GH products เหลืออยู่

การศึกษาลักษณะการกระจายของฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญเติบโต (GH-liked hormone) ฮอร์โมนคล้ายอินซูลิน (Insulin-liked hormone-ILH) ฮอร์โมนคล้าย FSH และ LH ในปมประสาท Visceral

เราได้ใช้กรรมวิธี immunohistochemistry แบบ immunoperoxidase โดยใช้ rabbit anti-human GH, mouse anti-human FSH และ LH กับ mouse anti-human insulin เป็น primary antibody probes ย้อมหาตำแหน่งของฮอร์โมนและเซลล์ที่อาจจะผลิตฮอร์โมนที่คล้ายกับฮอร์โมนดังกล่าวในปมประสาท visceral เช่นเดียวกับที่กระทำในปมประสาท cerebral และ pleuropedal พบว่าไม่มีเซลล์ที่แสดงผลบวกต่อ anti-GH และต่อ anti-insulin ในปมประสาท visceral อยู่เลย แต่มีเซลล์ที่แสดงผลบวกต่อ anti-FSH และ anti-LH อยู่บ้างซึ่งคิดสื่ก่อนข้าง้าง ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับแล้ว การคิดสื่จาก anti-LH ดูเหมือนจะเข้มกว่า และเซลล์เหล่านี้ก็มีลักษณะเป็นเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมน (neurosecretory cell-NS) (รูปที่ 39, 40)

การทดลองนี้แสดงว่าปมประสาท visceral มีการผลิตฮอร์โมนที่คล้ายกับ human FSH และ LH ในปริมาณที่น้อย หรือฮอร์โมนดังกล่าวอาจจะมี epitope ที่เป็นส่วนอนุรักษ์ร่วมกับ human FSH และ LH น้อยจึงทำให้คิดสื่้าง ปมประสาท visceral จึงน่าจะเป็นแหล่งผลิตฮอร์โมนคล้ายปมประสาท pleuropedal

รูปที่ 33 ภาพการย้อมแสดงการกระจายของฮอร์โมนคล้าย GH ในปมประสาท cerebral โดยใช้ rabbit anti-human GH เป็น primary antibody ตามกรรมวิธี immunoperoxidase (GH-rabbit antiGH-biotinylated-goat anti-rabbit IgG-avidin-biotinylated HRP) สีนํ้าตาลเข้มกระจายอยู่ในมัดประสาท (Nt) กลาง medulla และในเซลล์ประสาทผลิตฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ (NS)

รูปที่ 34 ภาพการย้อมแสดงการกระจายของฮอร์โมน GH ในปมประสาท เช่นเดียวกับรูปที่ 33 แต่ sections ย้อมสี hematoxylin เป็น counterstain

รูปที่ 35 ภาพการแสดงการกระจายของฮอร์โมนคล้าย insulin โดยวิธี immunoperoxidase ในปมประสาท cerebral โดยใช้ mouse anti-human insulin เป็น primary antibody สีนํ้าตาลอ่อนกระจายอยู่ในเซลล์ (NS) ตามขอบของชั้น cortex (Co) ใน medulla (Me) ไม่ติดสีเลย

รูปที่ 36 ภาพการแสดงการกระจายของฮอร์โมนคล้าย LH และ FSH โดยวิธี immunoperoxidase ในปมประสาท cerebral โดยการใช้ mouse anti-human LH และ FSH เป็น primary antibody ในภาพ A แสดง anti-LH ไม่เกาะติด sections และไม่เกิดสีเลย ในภาพ (B-E) แสดง anti-FSH มีการเกาะและทำให้ติดสีเข้มในกลุ่มเซลล์ตามขอบของ cortex (Co) ส่วนใน medulla ไม่มีการติดสีเลย

Figure 33

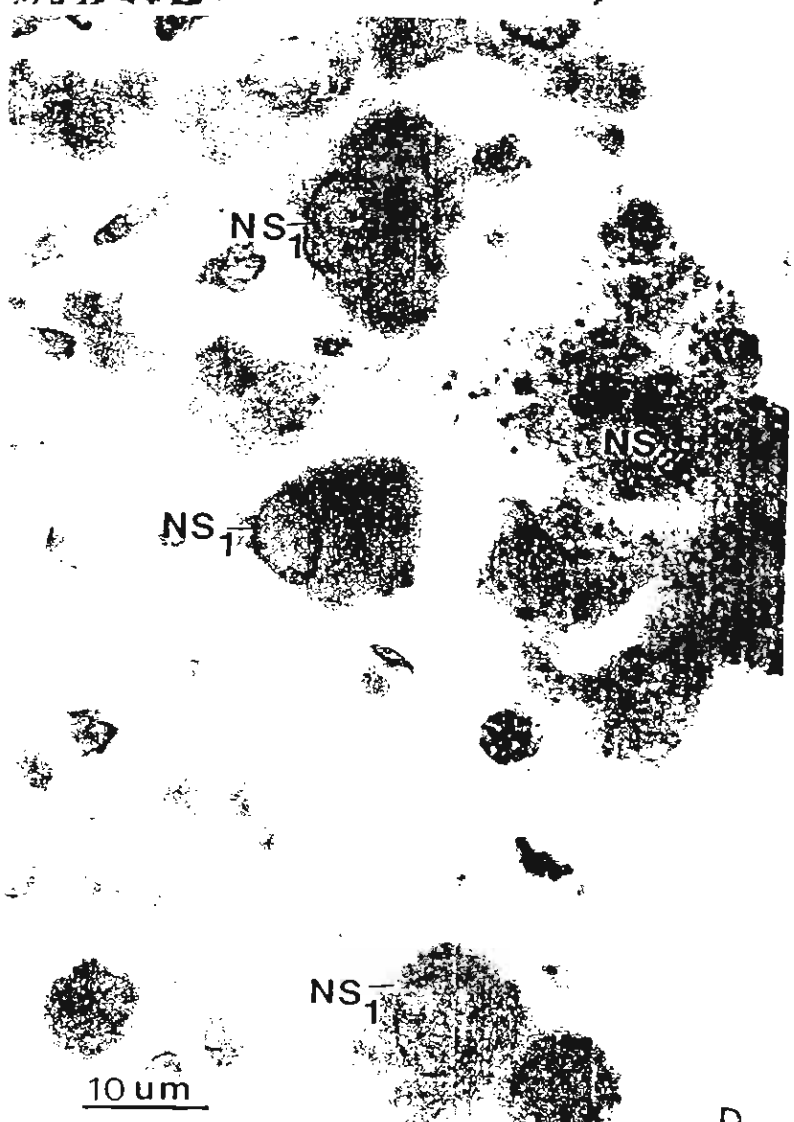
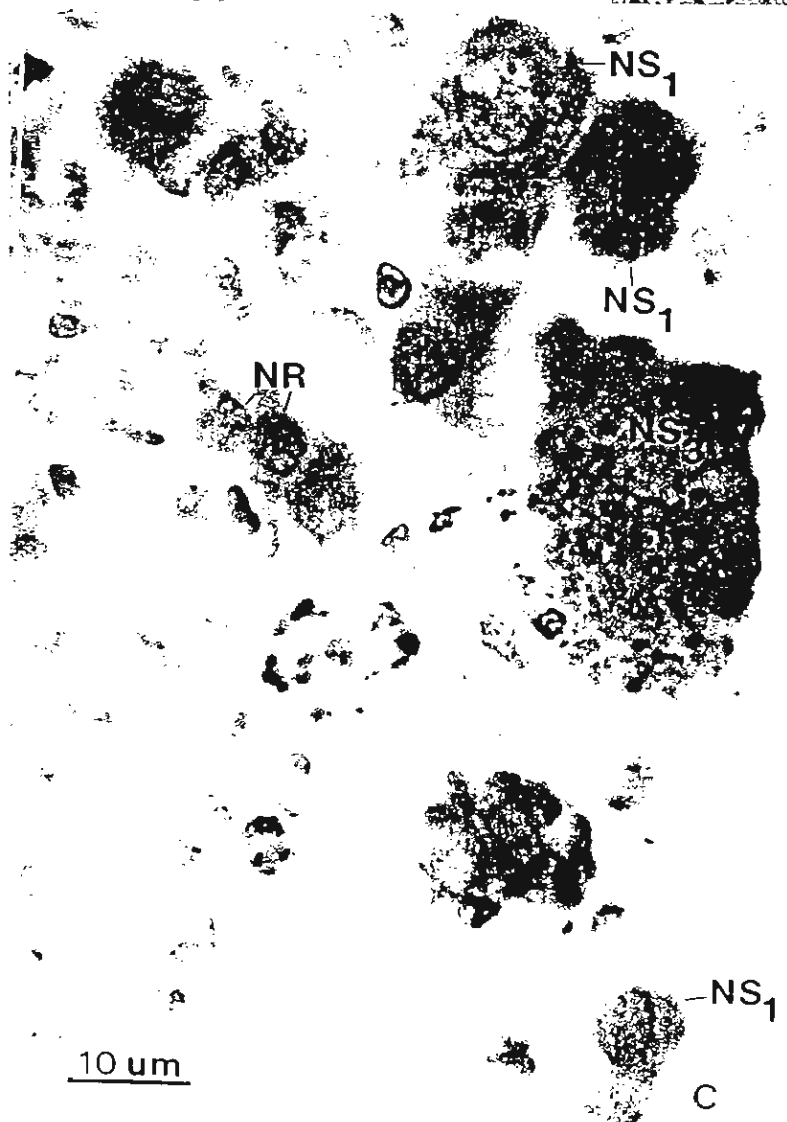
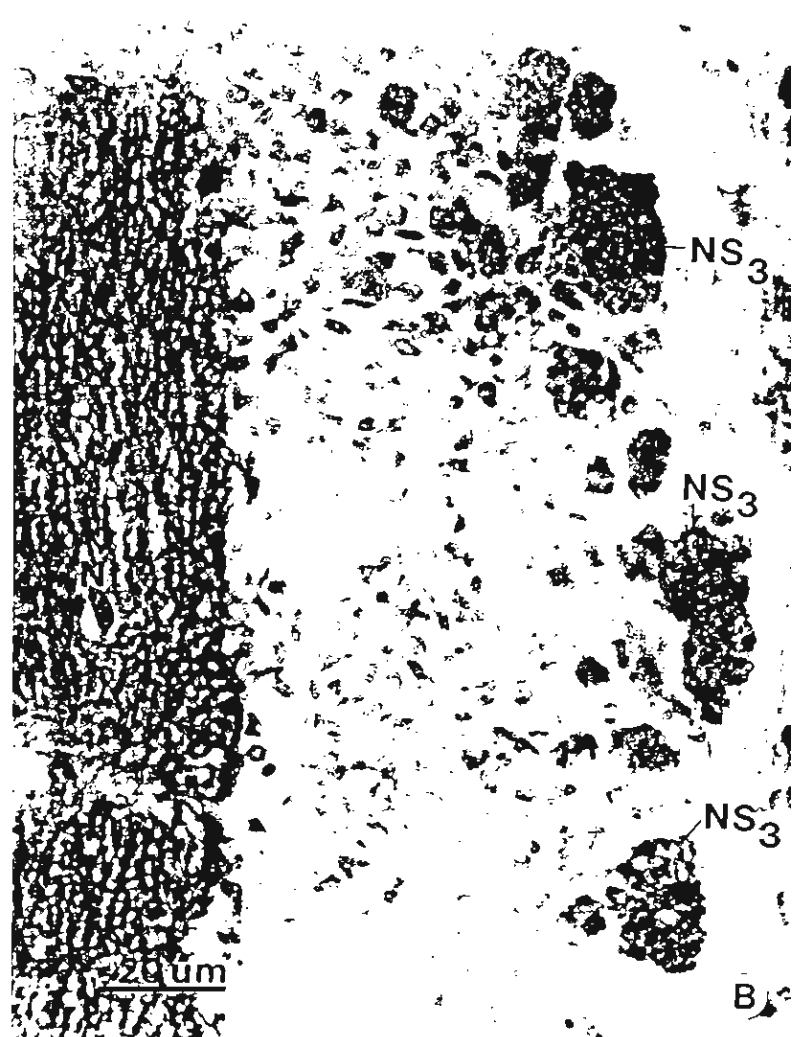
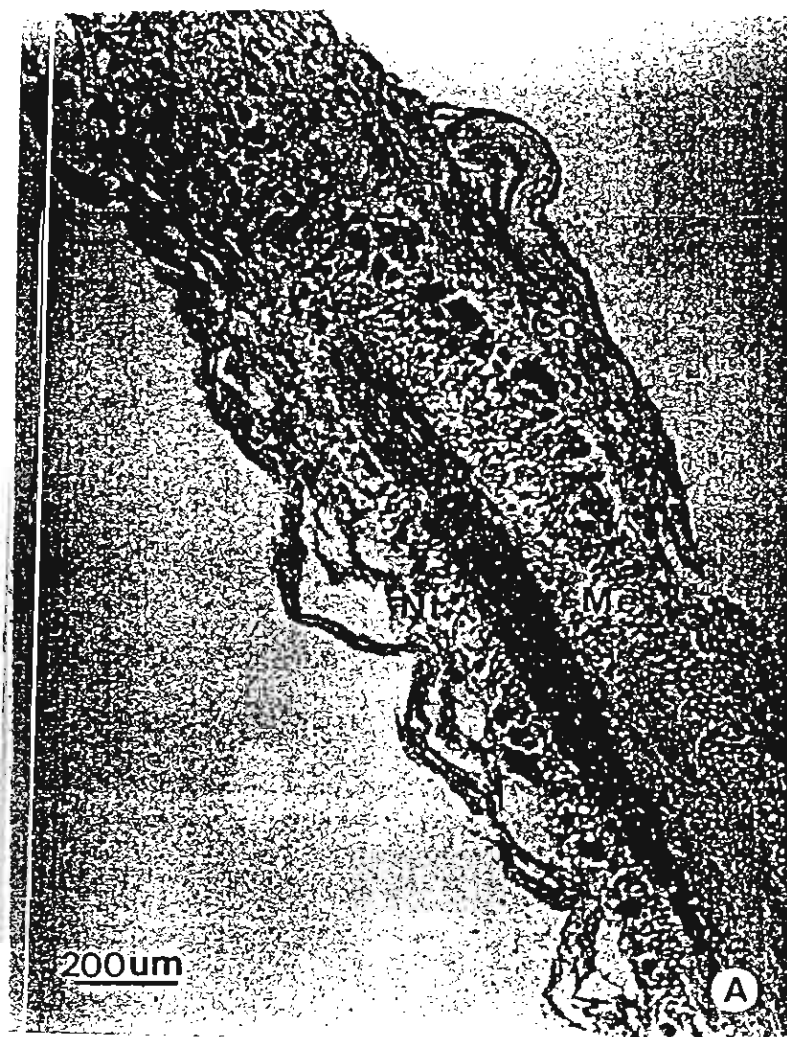


Figure 34

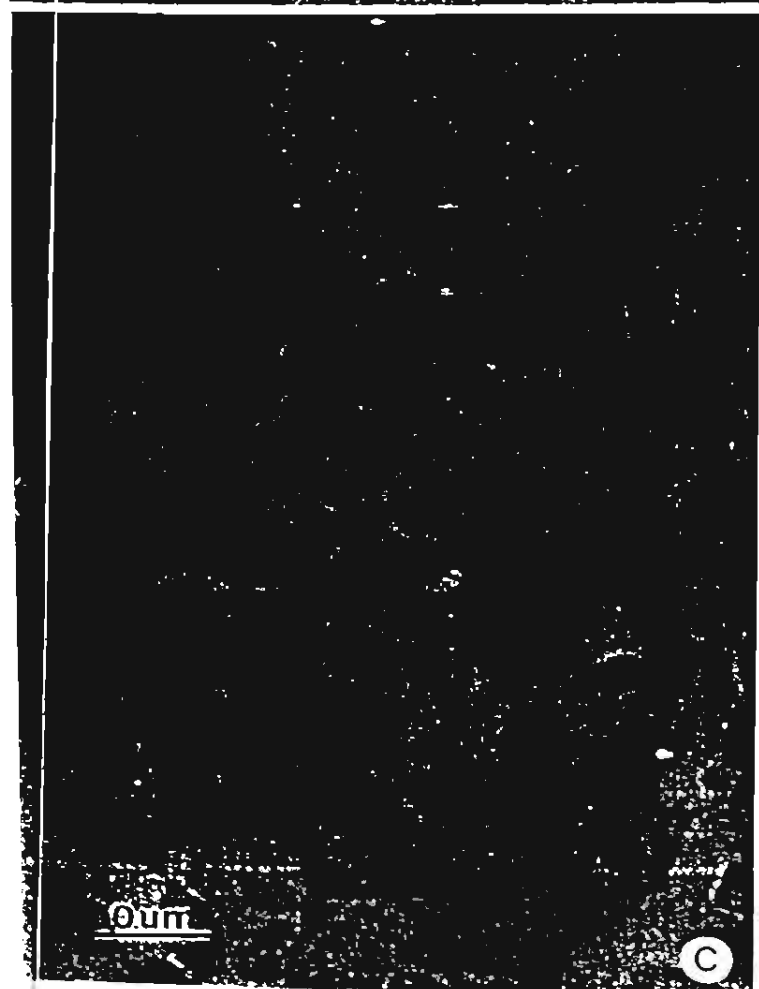
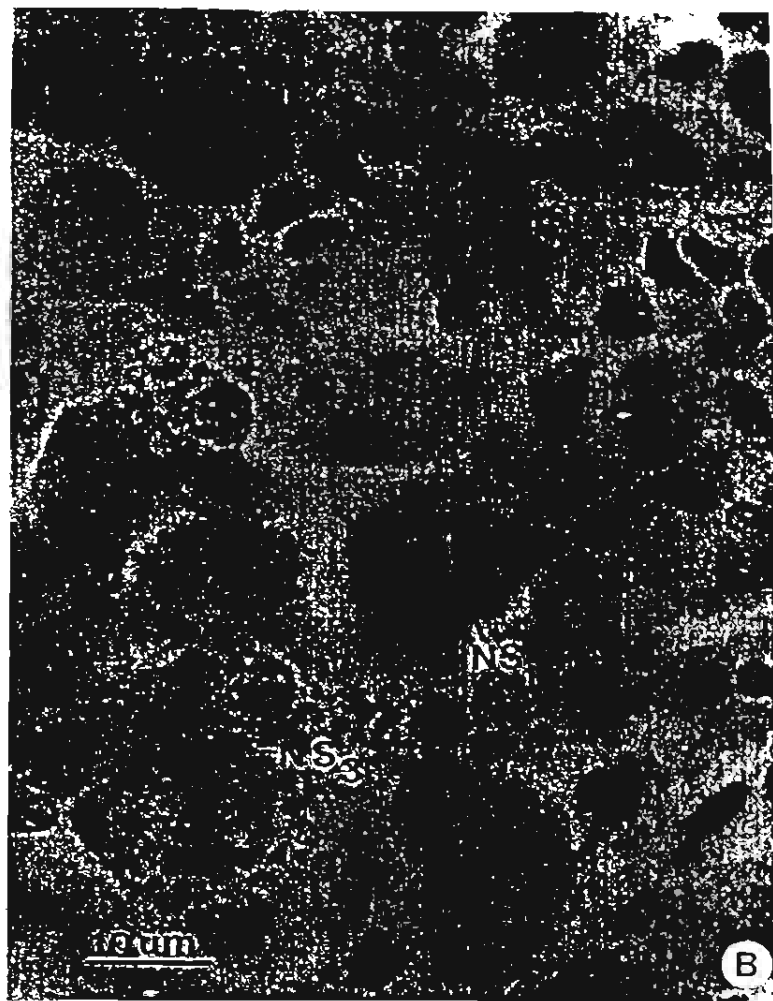
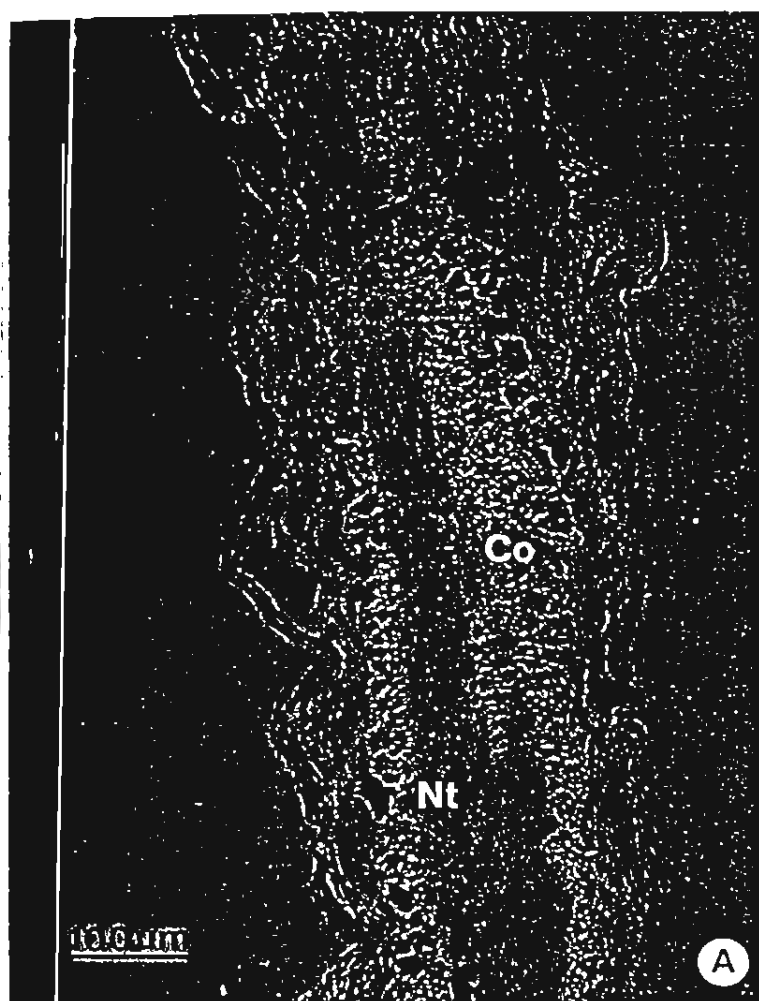


Figure 35

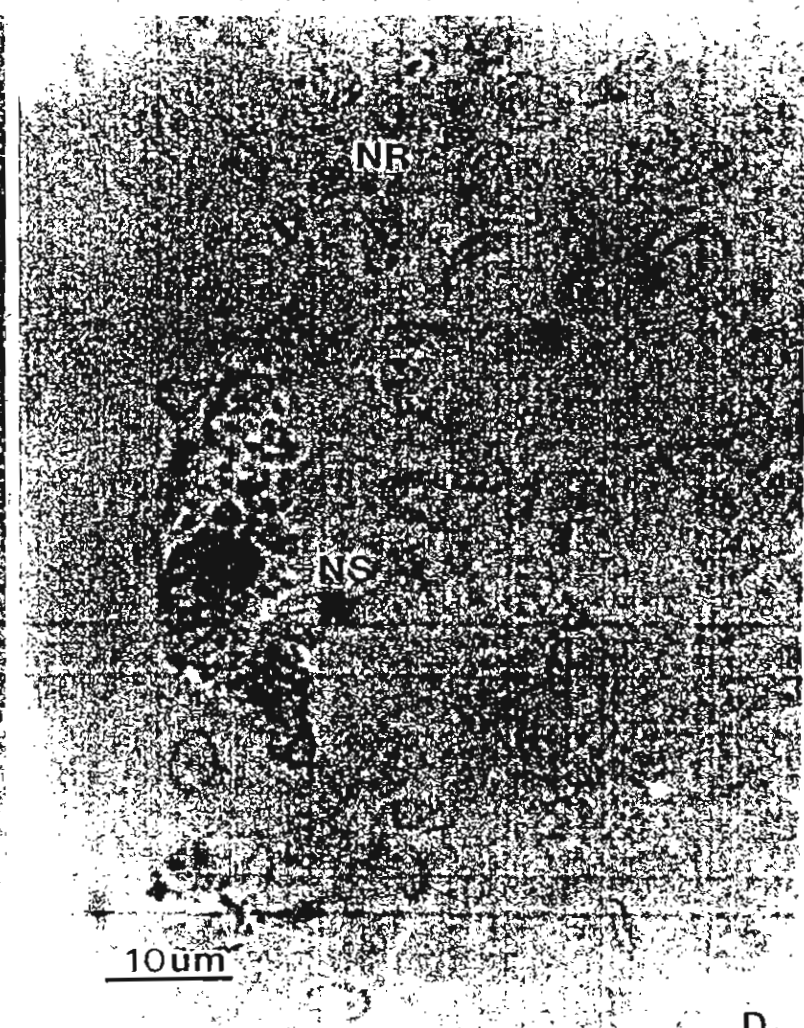
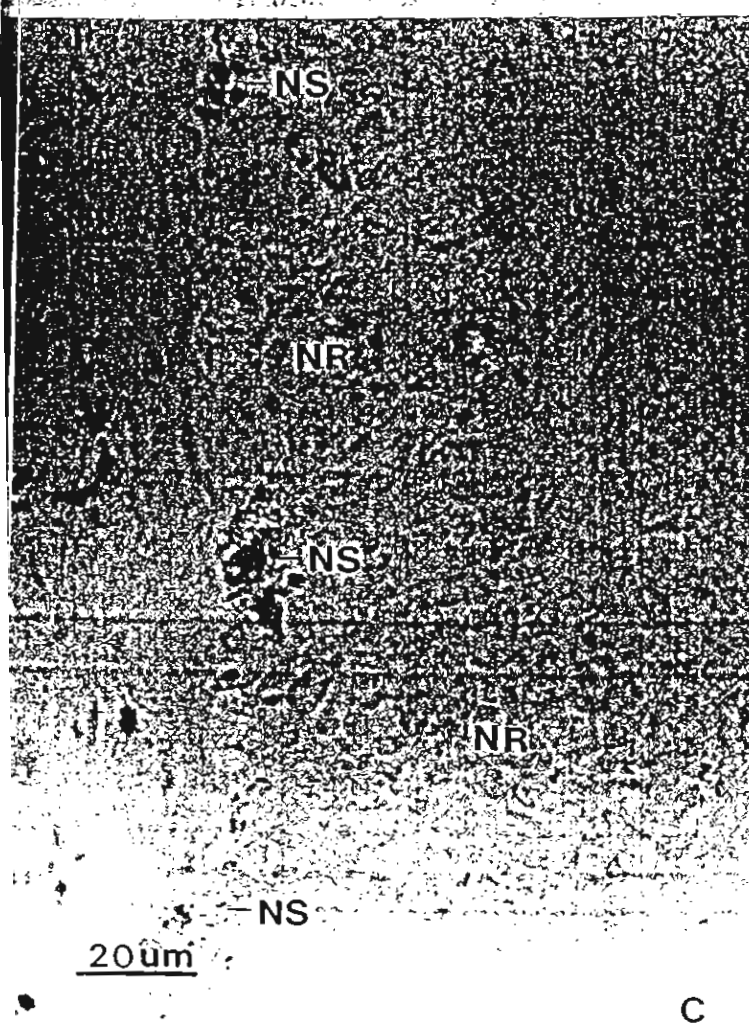
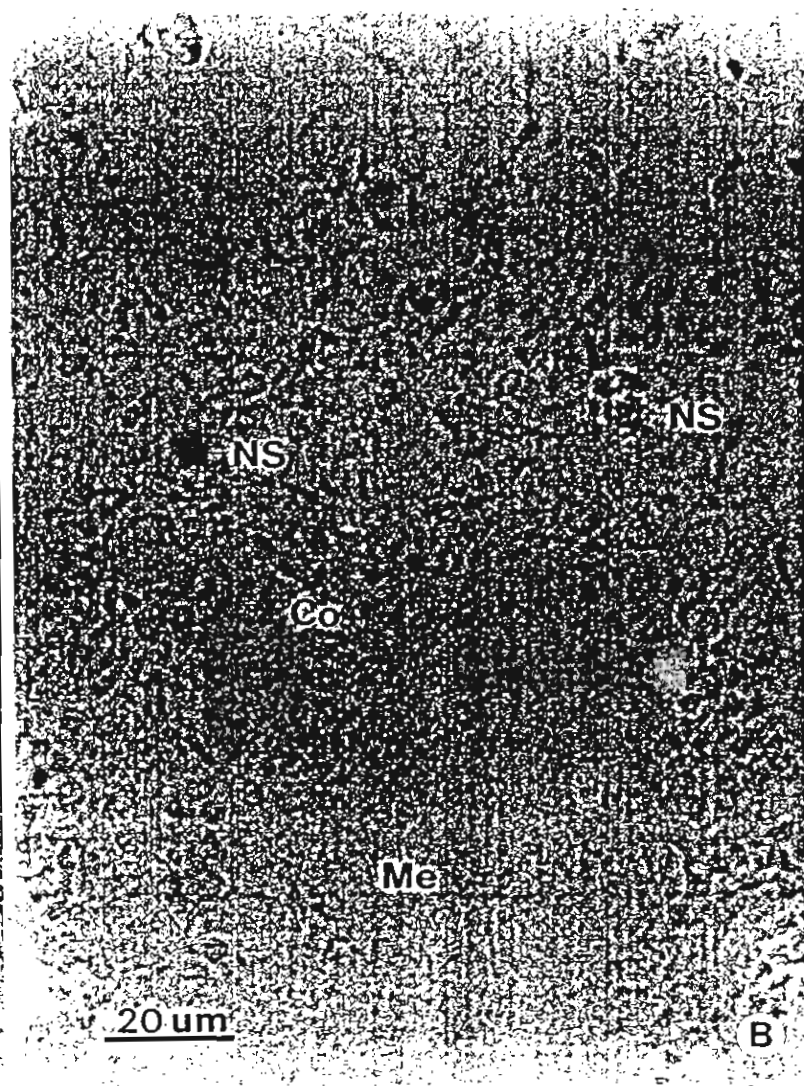
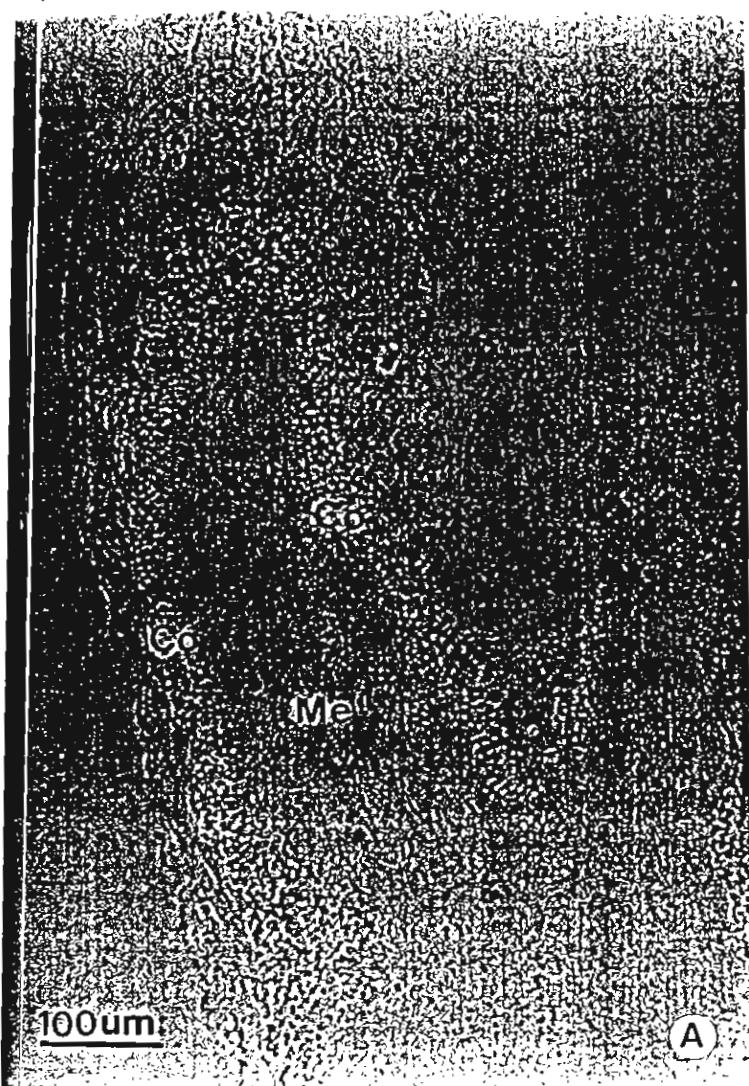


Figure 36

