

บทที่ 4

ผลการวิจัย

น้ำหนักตัว น้ำหนักไต และน้ำหนักหัวใจ

เมื่อทำการผ่าตัดใส่หลอดสวนหลอดเลือด (7-8 สัปดาห์) หนูแต่ละกลุ่มมีประมาณกลุ่มละ 10 ตัว แต่เนื่องจากการทดลองหลังการผ่าตัดใช้เวลา 5-7 วัน ซึ่งจำเป็นต้องมีหลอดสวนหลอดเลือดครบตลอดการทดลอง และช่วงสุดท้ายวางยาสลบเพื่อผ่าตัดและวัดสัญญาณประสาทที่เส้นประสาทไต หนูบางส่วนไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จนครบทุกขั้นตอน จึงไม่นำข้อมูลที่ได้บางส่วนมารายงานในการศึกษารั้งนี้ จำนวนหนูที่ปรากฏในทุกการทดลองเป็นหนูกลุ่มเดียวกันที่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบทุกขั้นตอน (ตารางที่ 4-1)

ตารางที่ 4-1 น้ำหนักตัว น้ำหนักไต น้ำหนักหัวใจ สัดส่วนของน้ำหนักไตต่อน้ำหนักตัว และสัดส่วนของน้ำหนักหัวใจต่อน้ำหนักตัว

Treatment	BW (g)	KW (g)	HW (g)	KW/BW (%)	HW/BW (%)
Control (n=6)	233±4.22	1.12±0.02	0.90±0.02	0.48±0.01	0.39±0.01
Glucose (n=5)	234±7.48	1.13±0.03	0.91±0.02	0.48±0.02	0.39±0.02
TD (n=5)	210±5.48 *	1.07±0.04	0.85±0.02 €	0.51±0.03	0.41±0.01
TDG (n=5)	214±6.00 £	1.02±0.06	0.89±0.03	0.48±0.04	0.42±0.02
TS (n=6)	238±6.01	1.08±0.04	0.90±0.02	0.45±0.01	0.38±0.01
TSG (n=6)	228±7.49	1.11±0.05	0.93±0.02	0.49±0.02	0.41±0.01

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, BW = น้ำหนักตัว, KW = น้ำหนักไต, HW = น้ำหนักหัวใจ, KW/BW = สัดส่วนของน้ำหนักไตต่อน้ำหนักตัว, HW/BW = สัดส่วนของน้ำหนักหัวใจต่อน้ำหนักตัว, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, g = กรัม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, £ คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม TS, € คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม TSG

ในวันสุดท้ายของการทดลอง หนูกลุ่ม TD มีน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ และต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อได้รับน้ำตาลเพิ่มทางน้ำดื่ม กลุ่ม TDG ยังคงมีน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุมแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และต่ำกว่ากลุ่ม TS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำหนักหัวใจของกลุ่ม TD ต่ำกว่ากลุ่ม TSG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่น้ำหนักไตเฉลี่ย สัดส่วนของน้ำหนักไตต่อน้ำหนักตัว และสัดส่วนของน้ำหนักหัวใจต่อน้ำหนักตัวของหนูทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4-1) การให้ทอรีนเสริมในช่วงแรกของชีวิต โดยลำพังหรือร่วมกับการได้รับกลูโคสมากหลังหย่านม ไม่มีผลต่อน้ำหนักตัว น้ำหนักไต และน้ำหนักหัวใจ ในช่วงวัยโตเต็มที่ ทำนองเดียวกันกับการได้รับกลูโคสหลังหย่านมในหนูที่ได้รับอาหารปกติในช่วงตั้งท้องและหลังคลอด

ระดับโซเดียม โพแทสเซียม ยูเรียไนโตรเจน ครีเอตินีน และ ฮีมาโทคริต

การให้กลูโคสเสริมหลังหย่านมในหนูปกติ (Glucose) หนูที่ขาดทอรีน (TD) หรือได้รับทอรีนเสริม (TS) ในช่วงแรกของชีวิต เมื่อโตเต็มที่ มีระดับโซเดียมและโพแทสเซียมในพลาสมาไม่ต่างกัน ทั้งในภาวะปกติและภาวะงดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง การให้กลูโคสเสริมในหนูกลุ่ม TDG และ TSG ทำให้ระดับโซเดียมในพลาสมาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่ม TS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนระดับโซเดียมในพลาสมาในภาวะที่ได้รับน้ำและอาหารปกติ และระดับโพแทสเซียมในพลาสมา ทั้งในภาวะที่งดและไม่งดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 4-2)

ระดับยูเรียไนโตรเจน และครีเอตินีนในพลาสมาทั้งในภาวะงดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง และภาวะที่ได้รับน้ำและอาหารปกติของหนูทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4-3) ในทำนองเดียวกันระดับฮีมาโทคริตทั้งในภาวะงดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง และภาวะได้รับน้ำและอาหารปกติของหนูทุกกลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4-4)

ตารางที่ 4-2 ระดับโซเดียม และโพแทสเซียมในพลาสมาหลังงดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง (fasting) และใน
ภาวะที่ได้รับน้ำและอาหารปกติ (non-fasting)

Treatment	Plasma sodium (mEq/L)		Plasma potassium (mEq/L)	
	Fasting	Non-fasting	Fasting	Non-fasting
Control (n=6)	139.8±0.31	139.6±1.15	3.72±0.19	3.75±0.19
Glucose (n=5)	137.0±2.09	138.6±1.50	3.80±0.22	3.82±0.04
TD (n=5)	135.4±1.81	139.4±0.50	3.88±0.07	3.86±0.02
TDG (n=5)	131.4±2.38 * €	134.6±2.11	3.68±0.10	3.74±0.18
TS (n=6)	139.3±0.56	139.0±1.29	3.90±0.06	3.88±0.05
TSG (n=6)	133.2±1.76 * €	134.8±1.81	3.98±0.10	3.80±0.15

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, Na = ระดับโซเดียมในพลาสมา, K = ระดับโพแทสเซียมในพลาสมา, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, € คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ TS

ตารางที่ 4-3 ยูเรียไนโตรเจน และครีเอตินีนในพลาสมาหลังงดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง (fasting) และใน
ภาวะที่ได้รับน้ำและอาหารปกติ (non-fasting)

Treatment	Plasma urea nitrogen (mg/dl)		Plasma creatinine (mg/dl)	
	Fasting	Non-fasting	Fasting	Non-fasting
Control (n=6)	17.38±0.75	18.17±0.59	0.45±0.02	0.43±0.02
Glucose (n=5)	16.86±0.83	20.08±0.96	0.46±0.02	0.46±0.02
TD (n=5)	16.72±0.62	18.84±1.02	0.46±0.02	0.42±0.02
TDG (n=5)	18.02±0.69	17.96±0.91	0.44±0.02	0.46±0.02
TS (n=6)	17.05±0.51	18.60±0.36	0.47±0.02	0.45±0.02
TSG (n=6)	17.88±0.58	18.58±1.16	0.43±0.02	0.43±0.02

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, BUN = ระดับยูเรียไนโตรเจนในพลาสมา, Cr = ระดับครีเอตินีนในพลาสมา, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4-4 ระดับฮีมาโทคริตหลังดื่มน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง (fasting) และในภาวะที่ได้รับน้ำและอาหารปกติ (non-fasting)

Treatment	Hematocrit (%)	
	Fasting	Non-fasting
Control (n=6)	42.7±0.71	42.2±0.83
Glucose (n=5)	43.2±0.58	42.2±1.02
TD (n=5)	42.8±0.73	41.4±0.60
TDG (n=5)	43.4±0.60	42.2±0.80
TS (n=6)	43.0±0.73	42.8±0.65
TSG (n=6)	42.7±0.71	41.2±0.79

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

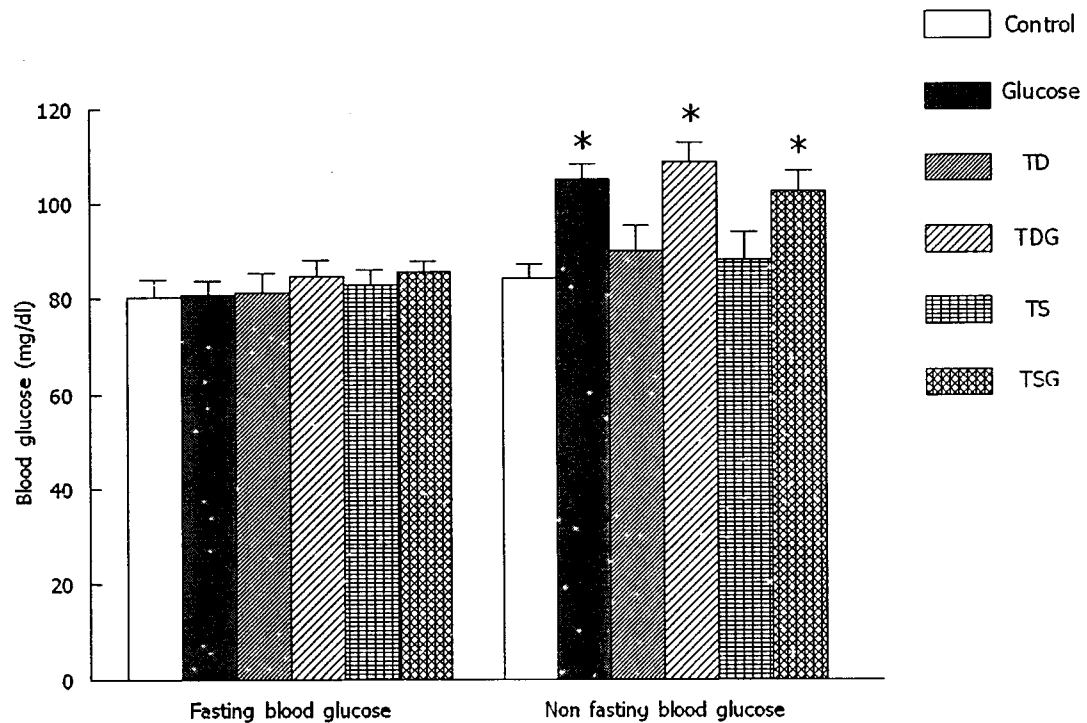
ระดับกลูโคสในเลือด และความทนต่อกลูโคส

ระดับกลูโคสในเลือดในภาวะที่ไม่ได้อาหารของหนูที่ได้รับกลูโคสเสริมทุกกลุ่ม (Glucose, TDG และ TSG) มีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่ม แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-5 และ รูปที่ 4-1) ส่วนระดับกลูโคสในเลือดหลังอดอาหารหนึ่งคืน และความทนต่อกลูโคสของหนูทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 4-2)

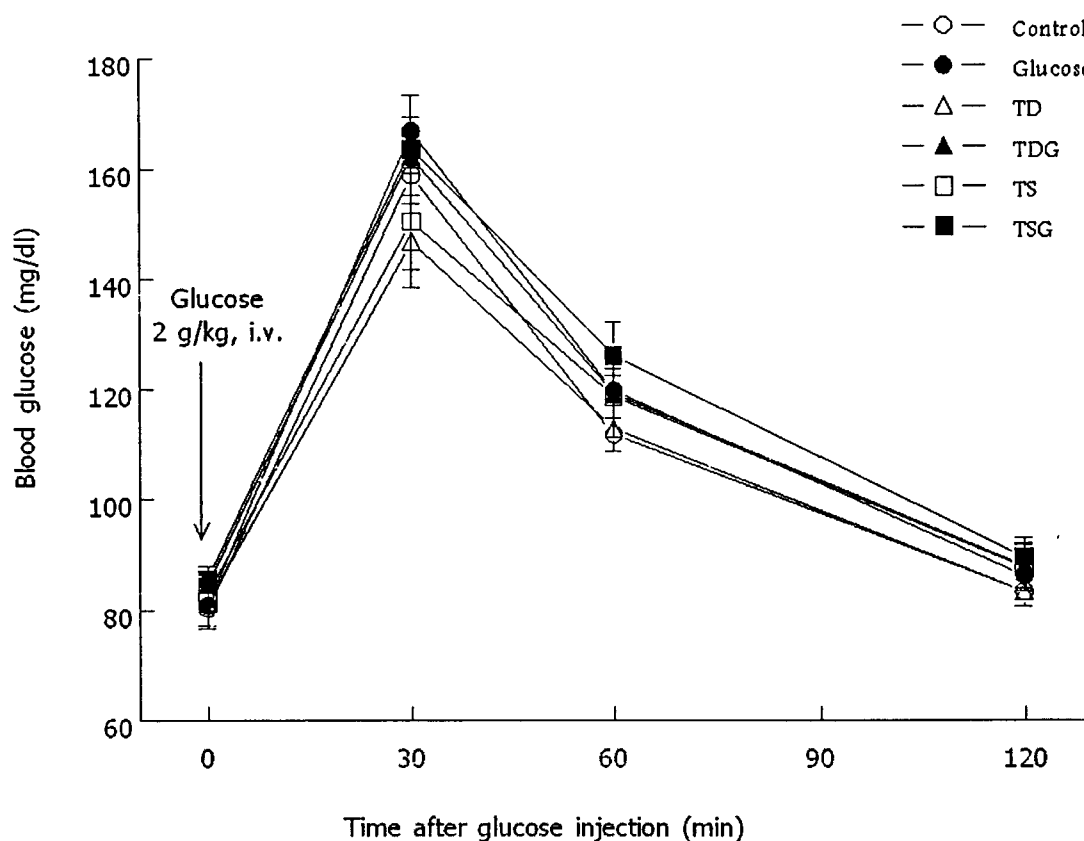
ตารางที่ 4-5 ระดับกลูโคสในเลือดในภาวะที่ไม่ได้อาหาร (NFBG) หลังอดอาหาร 8-10 ชั่วโมง (FBG) และ ความทนต่อกลูโคส (GTT)

Treatment	Blood glucose (mg/dl)				
	NFBG	FBG	30 min	60 min	120 min
Control (n=6)	83.5±2.91	80.3±3.73	158.8±5.16	111.8±1.90	83.3 ±1.17
Glucose (n=5)	105.6±5.28 *	80.8±1.65	166.8±6.61	119.8±2.85	86.2±2.41
TD (n=5)	89.8±5.59	81.2±4.13	146.8±8.42	113.0±4.12	83.4±2.73
TDG (n=5)	107.0±4.94 *	84.6±3.37	162.2±7.08	119.2±4.49	88.0±4.05
TS (n=6)	88.0±5.95	82.8±3.13	150.5±8.76	118.6±7.30	87.67±4.28
TSG (n=6)	102.5±4.40 *	85.7±2.20	163.5±2.50	126.2±6.14	89.7±3.49

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, NFBG = non-fasting blood glucose, FBG = fasting blood glucose, 30 min, 60 min และ 120 min = ระดับกลูโคสในเลือดหลังจากได้รับกลูโคสขนาด 2 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมทางหลอดเลือดดำที่ 30, 60 และ 120 นาที, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control



รูปที่ 4-1 ระดับกลูโคสในเลือดหลังงดน้ำและอาหาร 8-10 ชั่วโมง และในภาวะที่ได้รับน้ำและอาหารตามปกติ (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control)



รูปที่ 4-2 การเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในเลือดหลังได้รับสารละลายกลูโคสขนาด 2 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (กลูโคส 0.66 กรัม ใน 0.9% NaCl 1 มิลลิกรัม) เข้าทางหลอดเลือดดำ (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และ TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม)

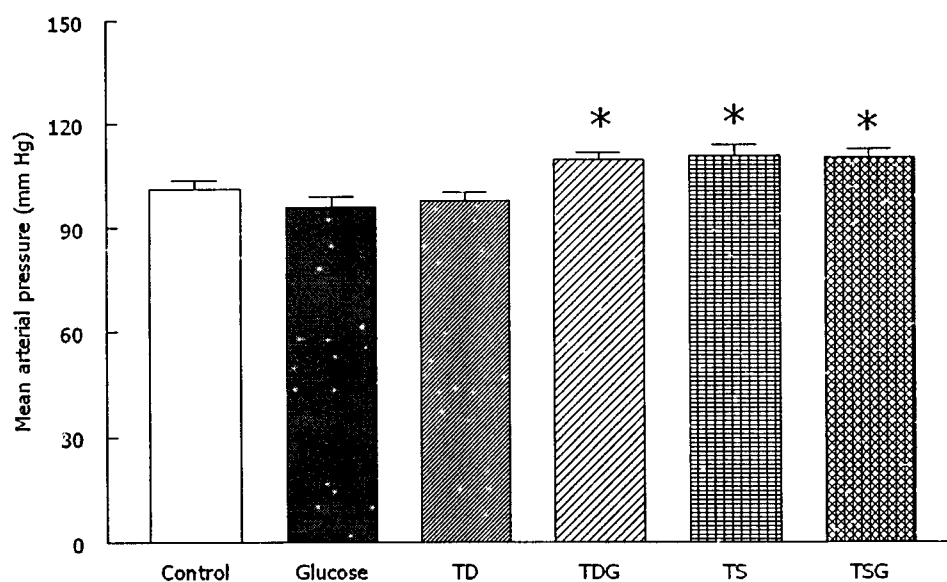
ความดันเลือดแดงเฉลี่ย และอัตราการเต้นของหัวใจ

การได้รับกลูโคสเสริมหลังหย่านมในหนูปกติและการขาดทอรีนในช่วงก่อนและหลังคลอด ไม่มีอิทธิพลต่อความดันเลือดแดงเฉลี่ยในหนูที่โตเต็มที่ แต่หนูที่ขาดทอรีนดังกล่าว เมื่อได้รับกลูโคสเสริมตั้งแต่หลังหย่านม ความดันเลือดแดงจะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการขาดทอรีนอย่างเฉียบและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) ส่วนการได้รับทอรีนเสริมในช่วงก่อนและหลังคลอดความดันเลือดแดงเฉลี่ยจะสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อหนูกลุ่มนี้ได้รับกลูโคสเสริมตั้งแต่หลังหย่านม ความดันเลือดแดงไม่ได้สูงขึ้นต่อไปอีก และยังคงมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมเช่นเดิม (รูปที่ 4-3) ความดันเลือดแดงเฉลี่ยของกลุ่ม TDG, TS และ TSG ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการเต้นของหัวใจของหนูทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 4-4)

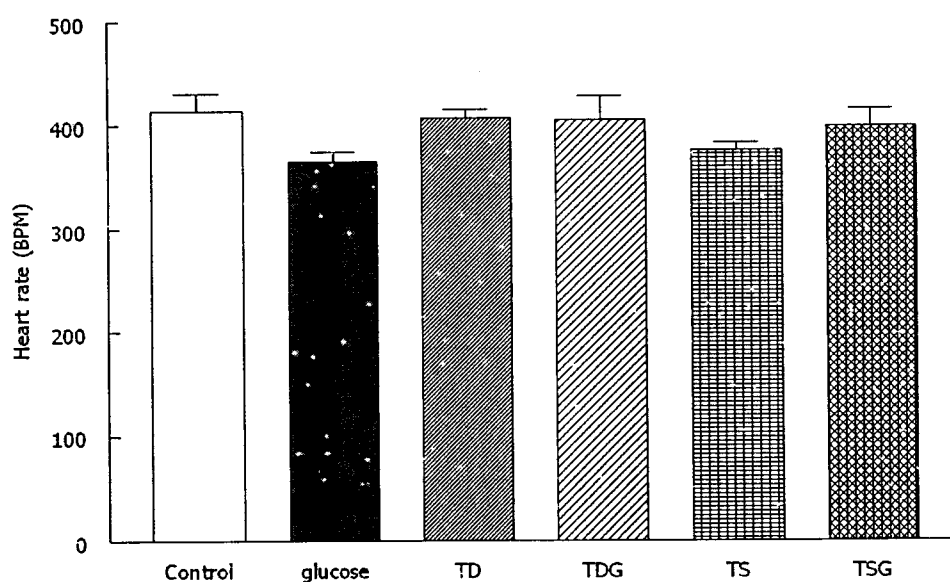
ตารางที่ 4-6 ความดันเลือดแดงเฉลี่ย และอัตราการเต้นของหัวใจในภาวะมีสติ

Treatment	Mean arterial pressure (mmHg)	Heart rate (BPM)
Control (n=6)	101.2±2.51	414.2±15.84
Glucose (n=5)	96.0±2.97	365.4±8.62
TD (n=5)	97.6±2.73	406.2±8.55
TDG (n=5)	109.6±2.06 *	404.2±22.95
TS (n=6)	110.8±2.97 *	375.2±7.30
TSG (n=6)	110.2±2.53 *	398.5±16.43

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control



รูปที่ 4-3 ความดันเลือดแดงขณะพักในภาวะที่มีสติ (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control)



รูปที่ 4-4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักในภาวะที่มีสติ (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม)

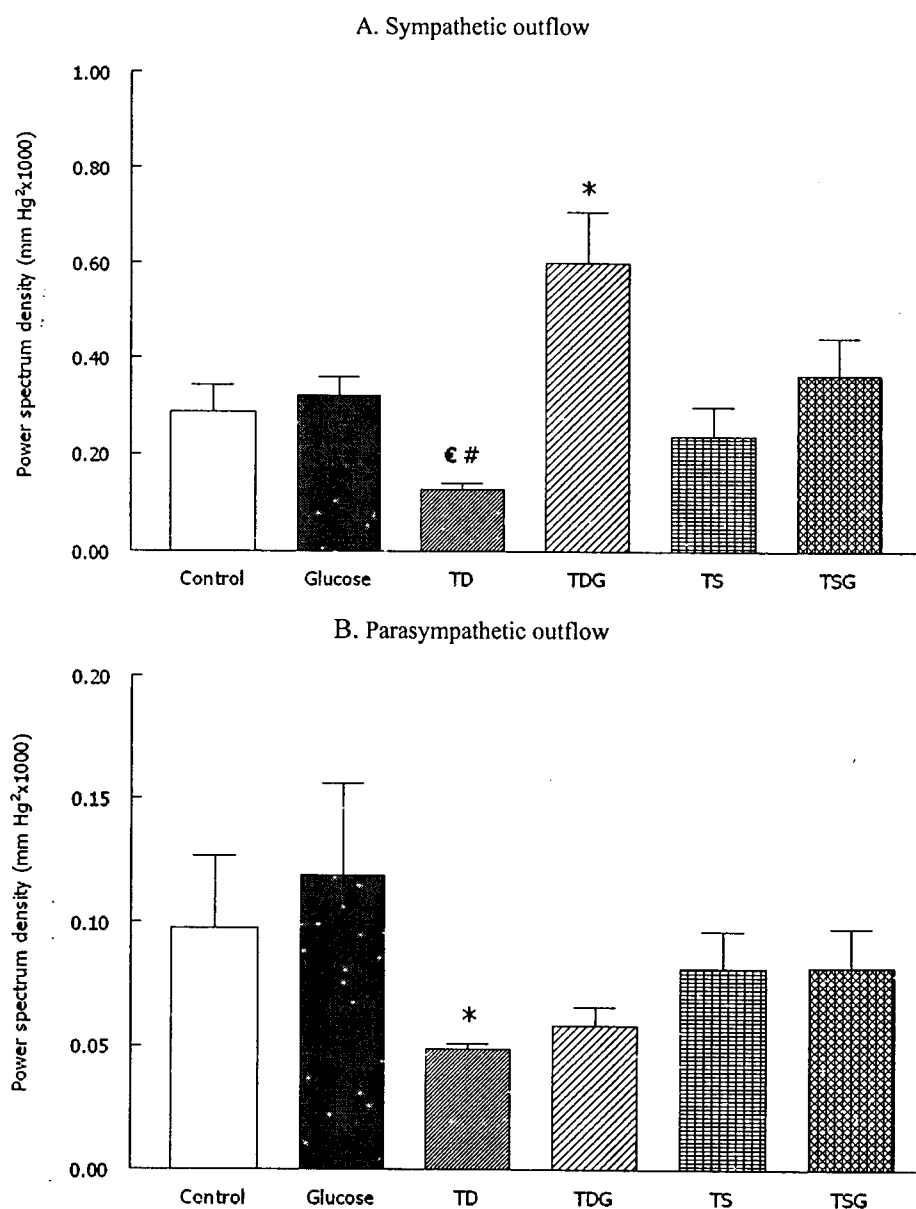
การเปลี่ยนแปลงความดันเลือดแดง (Arterial pressure variability, APV)

การวิเคราะห์ APV แบ่งเป็น low frequency component of arterial pressure pulse (LF-APV) ใช้ปริมาณองค์ประกอบของคลื่น (power spectrum density, LF-APV²) ในช่วง 0.3-0.5 Hz เป็นตัวบ่งชี้ sympathetic outflow ที่ควบคุมความดันเลือด และ high frequency component of arterial pressure pulse (HF-APV) ใช้ช่วง 0.5-4.0 Hz (HF-APV²) เป็นตัวบ่งชี้ parasympathetic outflow ที่ควบคุมความดันเลือด การศึกษาพบว่า หนูกลุ่ม Glucose, TS และ TSG มีค่า LF-APV² และ HF-APV² ไม่แตกต่างกันทางด้านสถิติและมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 4-7) ส่วนหนูที่ขาดทอรีนในช่วงก่อนและหลังคลอด (TD) มีค่า power spectrum ทั้งสองช่วงต่ำกว่ากลุ่มอื่น และต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เมื่อหนูที่ขาดทอรีนนี้ได้รับกลูโคสเสริมตั้งแต่หลังหย่านม (TDG) LF-APV² กลับมีค่าสูงขึ้นอย่างมาก เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ประมาณสองเท่าของกลุ่มควบคุม, $P < 0.05$) โดยเพิ่มค่า HF-APV² ขึ้นเพียงเล็กน้อย และค่านี้ยังคงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 4-5)

ตารางที่ 4-7 power spectrum density of arterial pressure variability ในช่วงความถี่ต่ำ (LF-APV², sympathetic outflow) และ และความถี่สูง (HF-APV², parasympathetic outflow)

Treatment	Power spectrum density of arterial pressure variability (mm Hg ² X1000)	
	LF-APV ²	HF-APV ²
Control (n=6)	0.29±0.06	0.97±0.29
Glucose (n=5)	0.32±0.04	1.18±0.37
TD (n=5)	0.13±0.01 * #	0.49±0.02 *
TDG (n=5)	0.60±0.11 *	0.58±0.08 *
TS (n=6)	0.24±0.06	0.81±0.15
TSG (n=6)	0.36±0.08	0.82±0.16

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกัน Control, # คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกัน TSG



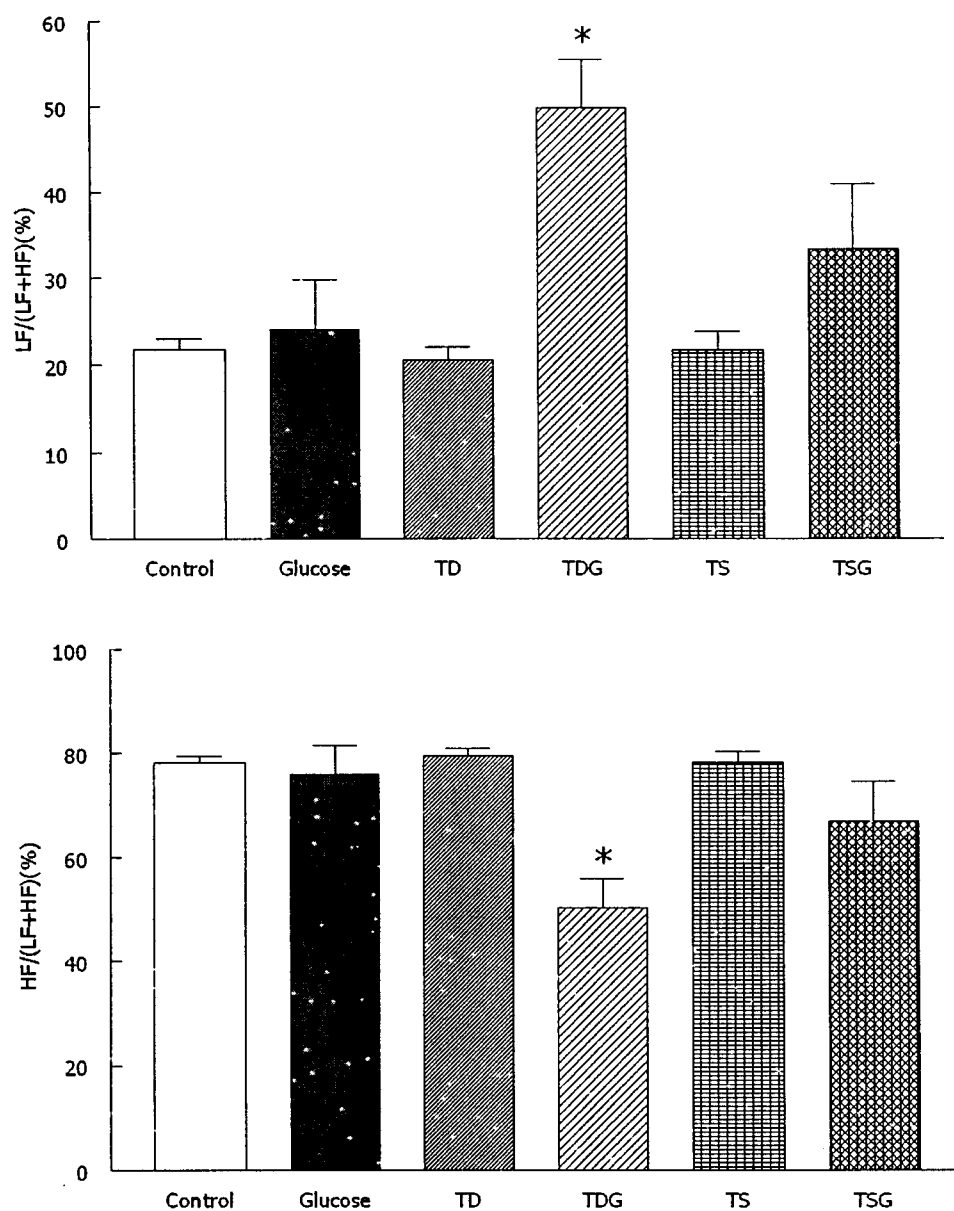
รูปที่ 4-5 power spectrum density of arterial pressure variability ในช่วงความถี่ต่ำ (LF-APV², sympathetic outflow) และความถี่สูง (HF-APV², parasympathetic outflow) (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, € คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Glucose, # คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ TSG)

เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงประสาทซิมพาเทติกและประสาทซิมพาเทติก โดยใช้ค่า power spectrum ที่ได้แต่ละช่วงความถี่ คิดเป็นร้อยละของ power spectrum ที่อ่านได้ทั้งสองช่วงความถี่ ค่าที่ได้เป็นตัวบ่งชี้การเพิ่มหรือลดของประสาทซิมพาเทติก (%LH-APV) ที่สัมพันธ์กับการลดหรือเพิ่มประสาทพาราซิมพาเทติก (%HF-APV) พบว่า หนูที่ขาดทอรีนในช่วงก่อนและหลังคลอด (TDG) เมื่อโตเต็มที่มีค่า %LH-APV สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-8) โดยสูงกว่าประมาณสองเท่าคล้ายกับการวัดด้วย LF-APV² (ตารางที่ 4-7 และรูปที่ 4-5) ในทางกลับกัน หนูกลุ่มนี้มีค่า %HF-APV ต่ำกว่ากลุ่มอื่นและต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic interaction) โดยดูจากค่า LH/HF พบว่า การให้กลูโคสเสริมในหนูที่ขาดทอรีน ทำให้ประสาทซิมพาเทติกเด่นขึ้นมากเกือบสามเท่า (รูปที่ 4-7) ส่วนหนูปกติที่ได้รับกลูโคสเสริมตั้งแต่หลังหย่านม และหนูที่ได้รับทอรีนทั้งที่ได้รับและไม่ได้รับกลูโคสเสริม มีค่า %LH-APV, %HF-APV และ LH-APV/HF-APV ไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่า autonomic interaction มีแนวโน้มสูงขึ้นในกลุ่ม TSG

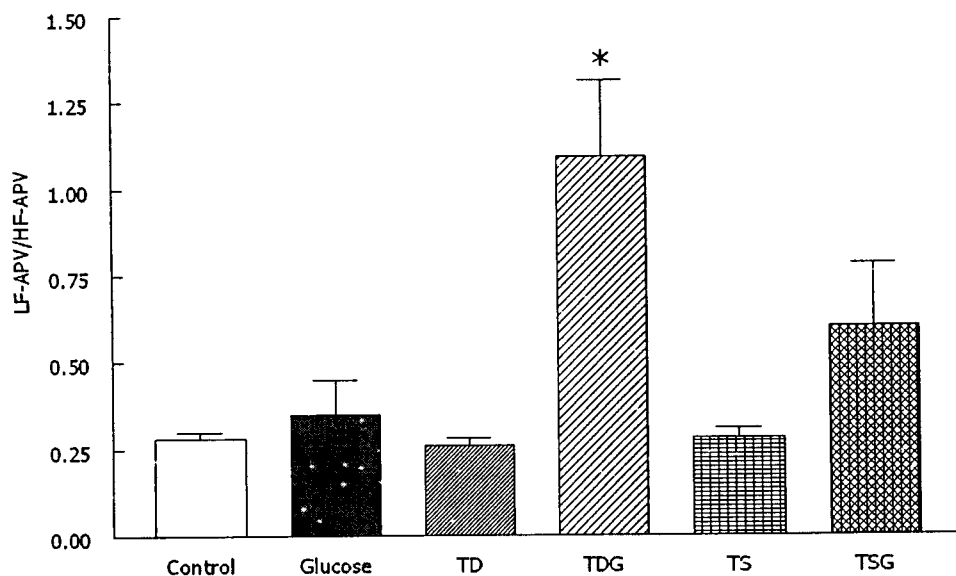
ตารางที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงของประสาทซิมพาเทติก (%LF-APV) ที่สัมพันธ์กับประสาทพาราซิมพาเทติก (%HF-APV) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทอัตโนมัติ (LF-APV/HF-APV, autonomic interaction)

Treatment	Power spectrum density of arterial pressure variability		
	%LF-APV	%HF-APV	LF-APV/HF-APV
Control (n=6)	21.75±1.28	78.25±1.28	0.28±0.02
Glucose (n=5)	24.08±5.64	75.92±5.64	0.35±0.10
TD (n=5)	20.56±1.49	79.44±1.49	0.26±0.02
TDG (n=5)	49.78±5.56 *	50.22±5.56 *	1.09±0.22 *
TS (n=6)	21.72±2.08	78.28±2.08	0.28±0.03
TSG (n=6)	33.21±7.67	66.78±7.67	0.60±0.18

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, %LF-APV = ร้อยละของปริมาณ power spectrum ในช่วงความถี่ต่ำ, %HF-APV = ร้อยละของปริมาณของ power spectrum ในช่วงความถี่ต่ำ, * คือ P < 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับ Control



รูปที่ 4-6 ร้อยละของ power spectrum density ในช่วงความถี่ต่ำ (%LF) (ภาพบน) และช่วงความถี่สูง (%HF) (ภาพล่าง) (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control)



รูปที่ 4-7 สัดส่วนระหว่าง power spectrum density ของคลื่นความดันเลือดแดง ในช่วงความถี่ต่ำ (LF-APV) ต่อช่วงความถี่สูง (HF-APV) (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม หลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control)

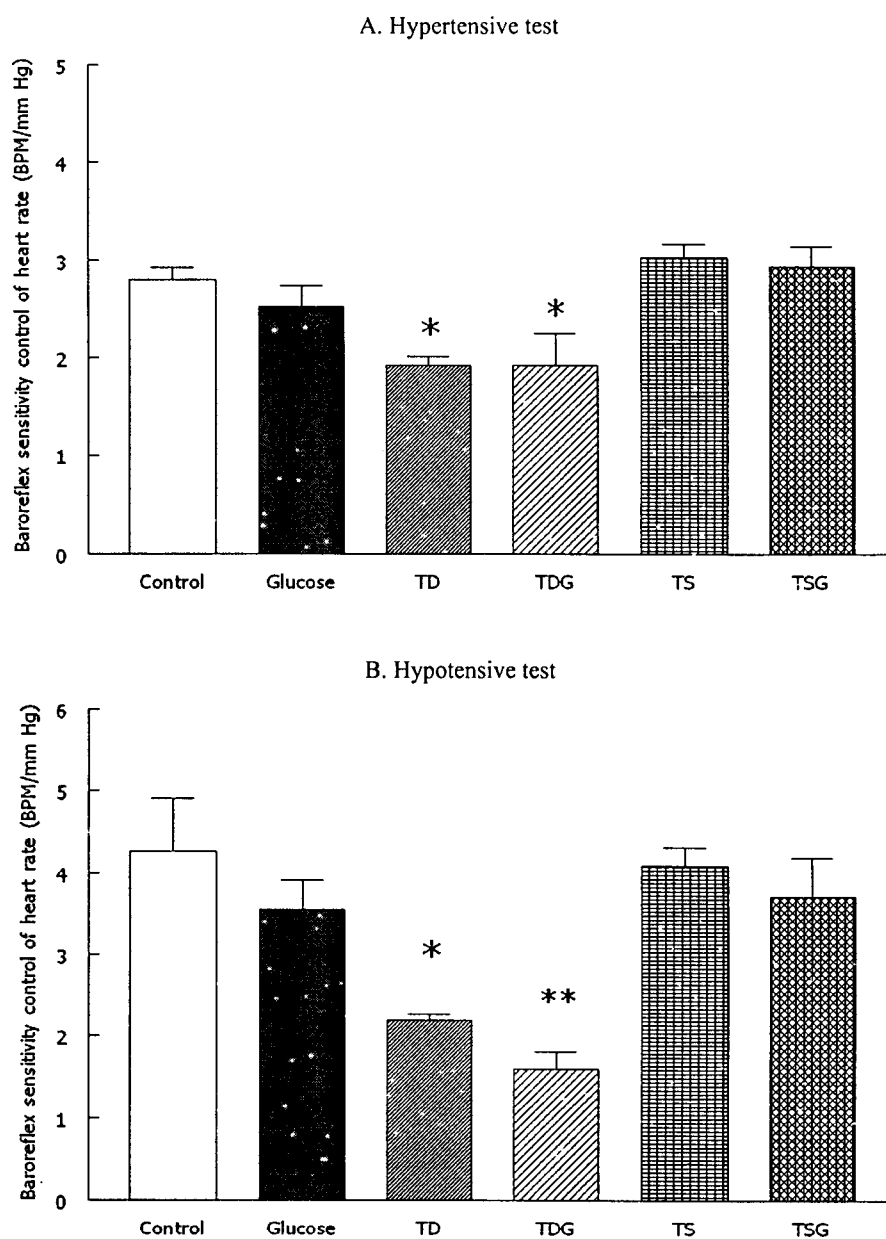
ความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ (baroreflex sensitivity control of heart rate, BSR)

ความไวของบาโรรีเซพเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อวัดด้วยการเพิ่มความดันเลือดแดงโดยใช้ phenylephrine (100 mg/ml in saline) และการลดความดันเลือดแดงโดยใช้ sodium nitroprusside (25 mg/ml in saline) แล้ววัดส่วนอัตราการเต้นของหัวใจต่อความดันเลือดที่เปลี่ยนไปประมาณ 20 มม.ปรอท พบว่าหนูปกติที่ได้รับกลูโคสเสริมหลังหย่านมและหนูที่ได้รับทอรีนในช่วงก่อนและหลังคลอดมีความไวของรีเฟล็กซ์ไม่แตกต่างไปจากกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 4-9 และรูปที่ 4-9) การให้กลูโคสเสริมในกลุ่มที่ให้ทอรีนเสริมนี้ก็ไม่มีผลต่อความไวของรีเฟล็กซ์ในระยะยาว ส่วนหนูกลุ่ม TD และ TDG มีความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจต่ำกว่ากลุ่มอื่นและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยเฉพาะการให้กลูโคสเสริมตั้งแต่หลังหย่านมในหนูที่ขาดทอรีนในช่วงแรกของชีวิต ทำให้ความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่วัดโดยการลดความดันเลือด มีค่าลดลงมากขึ้นกว่าการขาดทอรีนอย่างเดียว (ลดลงประมาณ 27% จากเดิม และประมาณ 62% เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม, $P < 0.01$) โดยไม่มีผลต่อความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ เมื่อวัดด้วยการเพิ่มความดันเลือด มีข้อสังเกตคือ ความดันเลือดแดงเฉลี่ยที่ความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ลดลงมากนี้อยู่ในช่วง 80-110 มม.ปรอท อันเป็นความดันเลือดแดงเฉลี่ยของหนูปกติหรือกลุ่มควบคุม โดยกลุ่ม TDG มีค่าความดันเลือดเฉลี่ยขณะพักก่อนการทดสอบรีเฟล็กซ์อยู่ที่ประมาณ 110 มม.ปรอท (ดูตารางที่ 4-6)

ตารางที่ 4-9 ความไวของบาโรรีเซฟเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจ เมื่อวัดด้วยการเพิ่ม (BSR-PE) หรือลด (BSR-SN) ความดันเลือดแดง

Treatment	Baroreflex sensitivity control of heart rate	
	BSR-PE	BSR-SN
Control (n=6)	2.81±0.12	4.26±0.64
Glucose (n=5)	2.52±0.21	3.55±0.36
TD (n=5)	1.91±0.09 *	2.19±0.08 *
TDG (n=5)	1.92±0.34 *	1.60±0.20 **
TS (n=6)	3.02±0.13	4.09±0.22
TSG (n=6)	2.94±0.20	3.70±0.48

ค่าในตารางคือ mean ± SEM, BSR-PE = ความไวของบาโรรีเซฟเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อวัดด้วยการเพิ่มความดันเลือด, BSR-SN = ความไวของบาโรรีเซฟเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อวัดด้วยการลดความดันเลือด, Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, ** คือ $P < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control



รูปที่ 4-8 ความไวของบาโรรีเซฟเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อวัดด้วยการเพิ่ม (ภาพบน) หรือลด (ภาพล่าง) ความดันเลือดแดง (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, ** คือ $P < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control)

ความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่ควบคุมเส้นประสาทไต (baroreflex sensitivity control of renal sympathetic nerve activity, BSN)

ความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไต วัดโดยการเปลี่ยนแปลงของ multiunit recording of renal nerve activity ที่ตอบสนองต่อความดันเลือดแดงเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นโดยฉีด phenylephrine (100 mg/ml in saline) (BSN-PE) หรือลดลงโดยฉีด sodium nitroprusside (25 mg/ml in saline) (BSN-SN) ซึ่งทำให้ความดันเลือดแดงเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปจากค่าขณะพักประมาณ 20 มม.ปรอท คล้ายกับการวัด BSR ผลการศึกษาพบว่า หนูที่ขาดทอรินในช่วงก่อนและหลังคลอดแล้วได้รับกลูโคสเสริมตั้งแต่หลังหย่านม (TDG) มีความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไตต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยเฉพาะค่า BSN-SN ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4-10 และรูปที่ 4-11) ส่วนกลุ่ม Glucose, TD, TS และ TSD มีค่าความไวของรีเฟล็กซ์บาโรรีเซพเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไตไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในทำนองเดียวกันกับ BSR-SN ค่า BSN-SN ที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆนี้ อยู่ในช่วงความดันเลือด 80-110 มม.ปรอท ซึ่งเป็นความดันเลือดปกติหรือของกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 4-6)

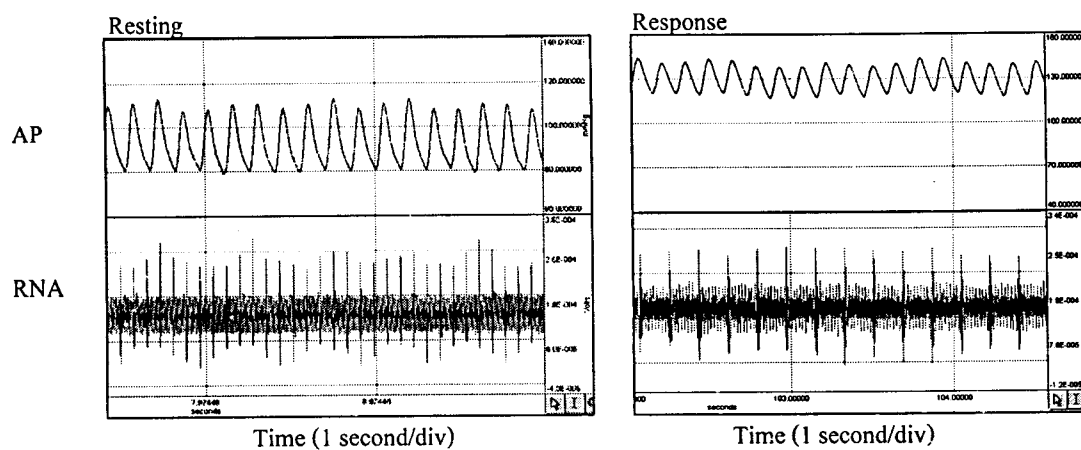
ตารางที่ 4-10 ความไวของบาโรรีเซพเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไต เมื่อวัดด้วยการเพิ่ม (BSN-PE) หรือลดความดันเลือดแดง (BSN-SN)

Treatment	Baroreflex sensitivity control of renal sympathetic nerve activity (Spikes/mm Hg)	
	BSN-PE	BSN-SN
Control (n=6)	10.42±1.69	11.20±2.38
Glucose (n=5)	7.90±2.25	10.73±2.43
TD (n=5)	7.65±2.10	6.79±1.38
TDG (n=5)	6.19±1.10	4.42±0.97 * €
TS (n=6)	11.25±2.51	11.75±2.26
TSG (n=6)	8.56±0.99	9.17±1.30

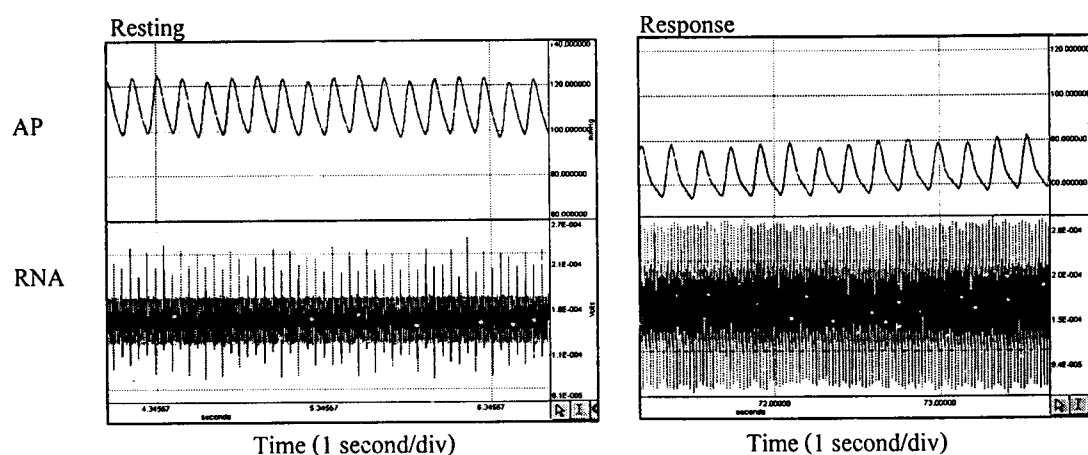
ค่าในตารางคือ mean ± SEM, BSN-PE = ความไวของบาโรรีเซพเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไตต่อการเพิ่มความดันเลือด, BSN-SN = ความไวของบาโรรีเซพเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไตต่อการลดความดันเลือด,

* คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, € คือ $P < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับ TS

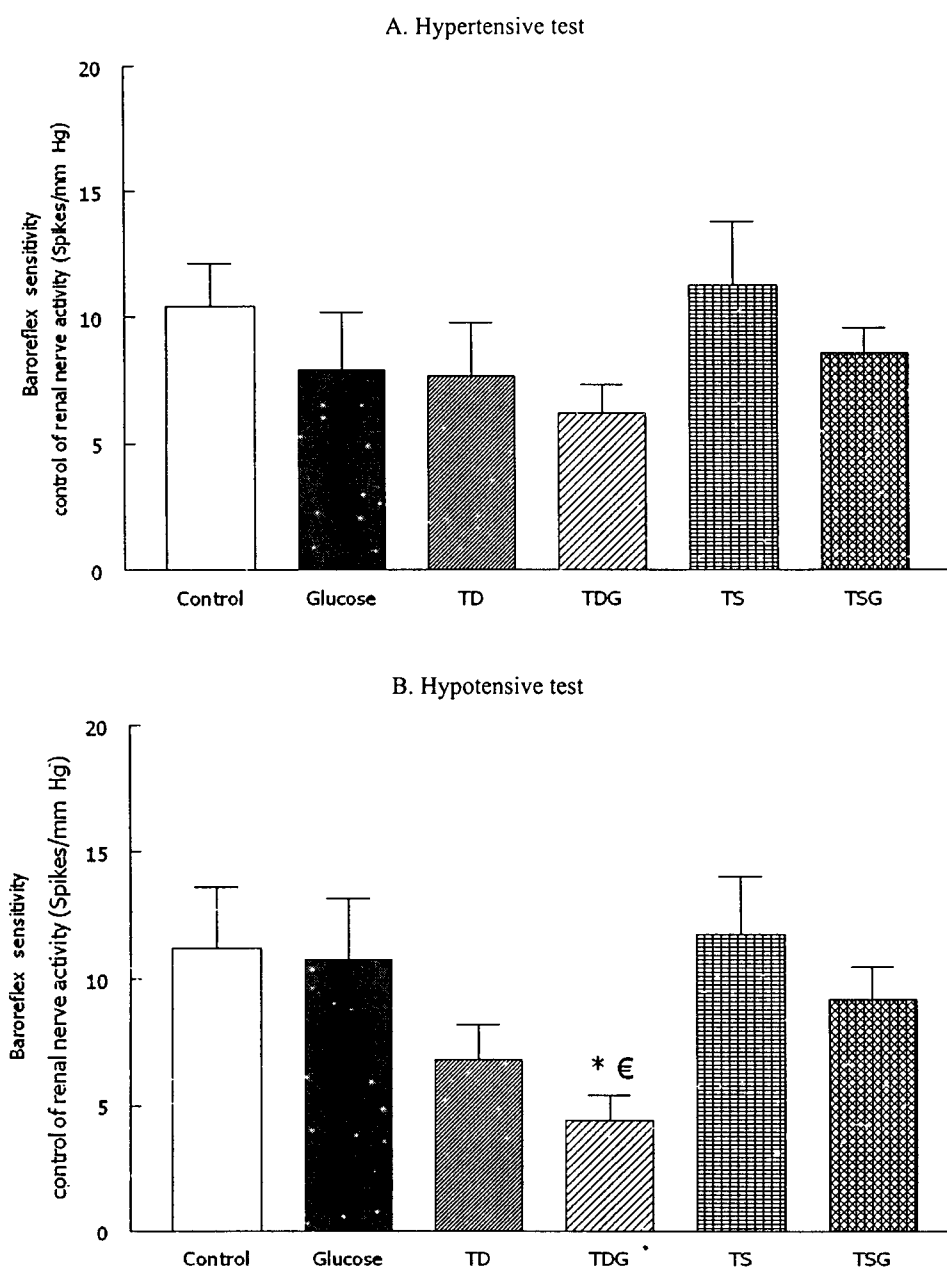
A. Renal nerve activity at resting state and renal nerve activity responded to increase blood pressure by phenylephrine



B. Renal nerve activity at resting state and renal nerve activity responded to decrease blood pressure by Sodium nitroprusside



รูปที่ 4-9 การตอบสนองของอัตราการทำงานของประสาทต่อการเพิ่ม (ภาพบน) และการลด (ภาพล่าง) ความดันเลือด (AP = arterial pressure, RNA = renal nerve activity)



รูปที่ 4.10 ความไวของบาโรรีเซพเตอร์รีเฟล็กซ์ที่ควบคุมการทำงานของเส้นประสาทไต เมื่อวัดด้วยการเพิ่ม (ภาพบน) หรือลดความดันเลือดแดง (ภาพล่าง) (Control = หนูกลุ่มควบคุม, Glucose = หนูที่ได้รับกลูโคสในน้ำดื่มหลังจากหย่านม, TD (Taurine Depletion) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TDG (Taurine Depletion + Glucose) = หนูที่ขาดทอรีนตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, TS (Taurine Supplement) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม, TSG (Taurine Supplement + Glucose) = หนูที่ได้รับทอรีนเสริมตั้งแต่อยู่ในครรภ์จนกระทั่งหย่านม และได้รับกลูโคสในน้ำดื่ม, * คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ Control, € คือ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับ TS)