

ผลของ CU-763-10-01 ต่อหน้าที่ทางชีวพลังงานของไมโทคอนเดรียที่แยกจากตับหนูขาว

นางสาว สุธาทิพ เกษตรลักษมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สหสาขาวิชาเภสัชวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-348-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17196097

EFFECT OF CU-763-10-01 ON THE BIOENERGETIC FUNCTIONS
OF ISOLATED RAT LIVER MITOCHONDRIA

MISS SUTATIP KASETLAKSAME

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Inter - Department of Pharmacology

Graduate School

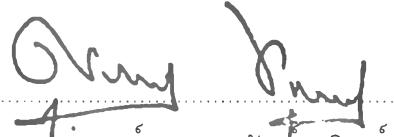
Chulalongkorn University

Academic Year 1996

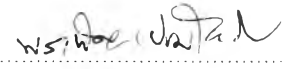
ISBN 974-636-348-4

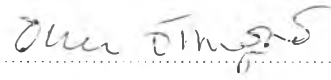
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของ CU-763-10-01 ต่อหน้าที่ทางชีวพลังงานของไมโทคอนเดรีย
ที่แยกจากตับหนูขาว
โดย นางสาว สุธาทิพ เกษตรลักษณ์
ภาควิชา สหสาขาวิชาเภสัชวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสุตร
อาจารย์ที่ปรึกษารวม รองศาสตราจารย์ ดร. ประกร จุฑะพงษ์


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นพ. ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรเพ็ญ เปรมโยธิน)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสุตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษารวม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกร จุฑะพงษ์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชำนาญ ภัทรพานิช)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จันทนี อธิพานิชพงศ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สุทธาทิพ เกษตรลักษมี : ผลของ CU-763-10-01 ต่อหน้าที่ทางชีวพลังงานของไมโทคอนเดรียที่แยก
จากตับหนูขาว (EFFECT OF CU-763-10-01 ON THE BIOENERGETIC FUNCTIONS OF
ISOLATED RAT LIVER MITOCHONDRIA) อที่ปรึกษา : ผศ. วิทยา จันทสูตร,
อที่ปรึกษารวม : รศ.ดร. ประกร จุฑะพงษ์, 108 หน้า. ISBN 974-636-348-4

ผลการศึกษาสารสังเคราะห์ CU-763-10-01 ต่อหน้าที่ทางชีวพลังงานของไมโทคอนเดรียที่แยกจากตับ
หนูขาว พบว่า CU-763-10-01 มีผลทำให้อัตราหายใจใน state 3 และ state 3u ของไมโทคอนเดรียลดลง เมื่อใช้
NAD⁺-linked substrates (glutamate + malate, α -ketoglutarate และ β -hydroxybutyrate) เป็นสับสเตรท
แต่เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท CU-763-10-01 จะทำให้อัตราการหายใจใน state 3 และ state 3u ลดลงเพียง
เล็กน้อย ดังนั้นสาร CU-763-10-01 จะออกฤทธิ์ยับยั้งการขนส่งอิเล็กตรอนในลูกโซ่การหายใจที่ complex I มากกว่า
complex II ซึ่งเป็นผลให้กระบวนการออกซิเดทีฟ ฟอสฟอริลเลชัน และความสามารถในการสังเคราะห์ ATP
ของไมโทคอนเดรียลดลง CU-763-10-01 มีผลยับยั้งการออกซิไดซ์ NADH ใน osmotic-shocked
mitochondria CU-763-10-01 มีแนวโน้มที่จะออกฤทธิ์ยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรียได้มากขึ้น เมื่อ pH ของ
incubation medium เป็นกรด bovine serum albumin สามารถทำให้ฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ต่อการยับยั้ง
การหายใจของไมโทคอนเดรียลดลง แต่ dithiothreitol ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ในการ
ยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรีย CU-763-10-01 ไม่มีผลต่อ ATPase activity ในขณะที่สามารถยับยั้งการ
ทำงานของเอนไซม์ monoamine oxidase และการกระตุ้นการหายใจของไมโทคอนเดรียด้วยแคลเซียมจะถูกยับยั้งได้
ด้วย CU-763-10-01

ภาควิชา สหสาขาวิชาเภสัชวิทยา
สาขาวิชา เภสัชวิทยา
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิสิต อรุณทิพ เกษตรลักษมี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อรุณทิพ เกษตรลักษมี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม อรุณทิพ เกษตรลักษมี

C845758
KEY WORD:

: MAJOR PHARMACOLOGY

CU-763-10-01/ BIOENERGETIC/RAT LIVER MITOCHONDRIA

SUTATIP KASETLAKSAME : EFFECT OF CU-763-10-01 ON THE BIOENERGETIC FUNCTIONS OF ISOLATED RAT LIVER MITOCHONDRIA.

THESIS ADVISOR : ASSIS. PROF. WITHAYA JANTHASOOT,

THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. PRAKORN CHUDAPONGSE, ph.D. 108 pp.

ISBN 974-636-348-4

The effects of CU-763-10-01 on the bioenergetic functions of isolated rat liver mitochondria have been studied. CU-763-10-01 decreased rate of state 3 and state 3u respiration with NAD⁺-linked substrates (glutamate + malate, α -ketoglutarate and β -hydroxybutyrate). When succinate was used as a substrate, state 3 and state 3u respiration rates were only slightly altered by CU-763-10-01. CU-763-10-01 also inhibited NADH oxidation with osmotic-shocked mitochondria. These results showed that CU-763-10-01 inhibited complex I of respiratory chain stronger than complex II which led to decreased oxidative phosphorylation and ATP synthesis. The inhibitory effect of CU-763-10-01 on respiratory chain of the mitochondria increased when the incubation medium pH was acidic. Bovine serum albumin attenuated the inhibitory action of CU-763-10-01 but dithiothreitol could not influence the inhibition of CU-763-10-01. No effect on ATPase activity was observed while CU-763-10-01 could suppress monoamine oxidase activity. CU-763-10-01 expressed inhibitory effect on calcium-stimulated respiration.

ภาควิชา..... สหสาขาวิชาเภสัชวิทยา

สาขาวิชา..... เภสัชวิทยา

ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต..... สุวิมล ชูดำรง

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อ.วิมล จันทาสูต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม..... อ.พร ชูดำรง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยา จันทสูตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือทุกๆ ด้าน ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประกร จุฑะพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมซึ่งกรุณาให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พรเพ็ญ เปรมโยธิน หัวหน้าภาควิชาเภสัชวิทยา ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ของภาควิชาในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชำนาญ ภัทรพานิช และ คุณเฉลิมเกียรติ สงคราม ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ส่งเคราะห์สารเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาน ธรรมอุปกรณ์ และ รองศาสตราจารย์ จันทนี อธิพานิชพงศ์ ที่กรุณาชี้แนวทางให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย และ ให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์บัณฑิตศึกษา สหสาขาวิชาเภสัชวิทยาทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้ตลอดการศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต ตลอดจนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ท่านได้ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา และขอขอบคุณบุคคลอื่นๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุธาทิพ เกษตรลักษมี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฒ

บทที่

1 บทนำ	
CU-763-10-01	1
การหายใจของไมโทคอนเดรียและออกซิเดทีฟฟอสฟอริลเลชัน	7
2 อุปกรณ์และวิธีทำการวิจัย	
สัตว์ทดลอง	31
การเตรียมไมโทคอนเดรียจากตับหนูขาว	31
การเตรียม incubation medium ที่ใช้ในการทดลอง	33
การวัดอัตราการใช้ออกซิเจนของไมโทคอนเดรียในสภาวะต่างๆ	34
การคำนวณค่าดัชนีควบคุมการหายใจ (RCI) อัตราส่วน ADP/O และ อัตราการใช้ออกซิเจนของไมโทคอนเดรียในระยะต่าง ๆ	38
การวัด ATPase activity ของไมโทคอนเดรีย	43
การหาปริมาณโปรตีนของไมโทคอนเดรีย	45
การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลองและแหล่งที่มาของสารเคมี	47
การแสดงผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3 ผลการวิจัย

ผลของ CU-763-10-01 ที่มีต่อการหายใจและกระบวนการออกซิเดทีฟฟอสฟอริลเลชัน
ของไมโทคอนเดรียที่เตรียมจากตับหนูขาว

1. ผลของ CU-763-10-01 ในขนาดต่างๆ ที่มีต่ออัตราการใช้ออกซิเจน
ของไมโทคอนเดรีย
 - 1.1 เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท 49
 - 1.2 เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท 51
 - 1.3 เมื่อใช้ α -ketoglutarate เป็นสับสเตรท 52
 - 1.4 เมื่อใช้ β -hydroxybutyrate เป็นสับสเตรท 53
2. ผลของ CU-763-10-01 ต่ออัตราการใช้ออกซิเจนใน
osmotic-shocked mitochondria 54
3. ผลของสารบางตัวหรือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบบางประการใน
incubation medium ต่อการออกฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ที่มีต่อ
อัตราการใช้ออกซิเจนของไมโทคอนเดรียเมื่อใช้ glutamate + malate
เป็นสับสเตรท
 - 3.1 ผลของ rotenone 54
 - 3.2 ผลของการเปลี่ยนแปลง pH ของ incubation medium
ที่ pH 6.8, 7.2 และ 7.6 55
 - 3.3 ผลของ bovine serum albumin (BSA) 56
 - 3.4 ผลของ dithiothreitol (DTT) 57
4. ผลของ CU-763-10-01 ต่อการกระตุ้นการหายใจของไมโทคอนเดรีย
ด้วยแคลเซียม (calcium-stimulated respiration) เมื่อให้
glutamate + malate เป็นสับสเตรท 58
5. ผลของ CU-763-10-01 ต่อ ATPase activity ของไมโทคอนเดรีย 58
6. ผลของ CU-763-10-01 ต่อ monoamine oxidase activity 59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รูปและตารางประกอบผลการวิจัย	60
4 อภิปรายและสรุปผลการทดลอง	96
รายการอ้างอิง	103
ประวัติผู้เขียน	108

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงถึงเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในแต่ละส่วนของไมโทคอนเดรีย	9
2. แสดงส่วนประกอบของลูกโซ่การหายใจทั้ง 4 complexes ที่อยู่ในผนังชั้นในของไมโทคอนเดรีย	17
3. ผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ต่อ state 3u respiration ของ osmotic-shocked mitochondria เมื่อใช้ NADH เป็นสับสเตรท	79
4. ผลการออกฤทธิ์ร่วมกันของ rotenone และ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ในการยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท	80
5. ผลการเปลี่ยนแปลง pH ของ incubation medium ที่มีต่อการออกฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ในการยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท	82
6. ผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ที่มีผลต่อ ATPase activity ของไมโทคอนเดรีย	92
7. ผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ต่อ monoamine oxidase activity ของไมโทคอนเดรีย	95

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แสดงสูตรโครงสร้างของ valproic acid (VPA)	2
2. แสดงสูตรโครงสร้างของ 2-propylpentanol acetal	3
3. แสดงสูตรโครงสร้างของ pyridoxine	4
4. แสดงสูตรโครงสร้างของ pyridoxal-5-phosphate (PLP)	4
5. แสดงสูตรโครงสร้างของ CU-763-10-01	5
6. แสดงลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของไมโทคอนเดรีย	8
7. แสดงโครงสร้างและองค์ประกอบของเอนไซม์ ATP synthase (F_0F_1 -ATPase)	11
8. แสดง F_0F_1 -ATPase ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการสลายและการสังเคราะห์ ATP	12
9. แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Krebs' cycle respiration	15
10. แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานอิสระ ในขณะที่ยูนิฟอร์มิทอน ถูกส่งผ่านลูกโซ่การหายใจ	18
11. แสดงการสังเคราะห์ ATP ซึ่งคำนวณได้จาก ADP/O หรือ P/O ratio	18
12. แสดงการเข้า-ออกของสารหรืออออนผ่านผนังชั้นในของไมโทคอนเดรีย	20
13. แสดงการควบคุมระหว่างการส่งผ่านอิเล็กตรอนในลูกโซ่การหายใจกับ ปฏิกิริยาออกซิเดทีฟฟอสฟอริเลชัน ที่อธิบายโดย chemiosmotic coupling hypothesis	21
14. แสดงถึงตำแหน่งที่มีการยับยั้งการหายใจ โดยสารยับยั้งการส่งผ่านอิเล็กตรอน ในลูกโซ่การหายใจ	25
15. แสดงความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่ ไมโทคอนเดรียสามารถสงวนไว้ (high energy electrochemical gradient) และ ตำแหน่งต่างๆ ที่ตัวยับยั้งการทำงานของไมโทคอนเดรียไปออกฤทธิ์	29
16. แสดงขั้นตอนการปั่นแยกไมโทคอนเดรียจาก rat liver homogenate โดยวิธี differential centrifugation	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

17. แสดง incubation chamber ที่ใช้ในการทดลองเพื่อวัดอัตราการหายใจของ ไมโตคอนเดรียในสภาวะต่างๆ ซึ่งจะมี oxygen electrode คอยติดตาม oxygen tension ใน reaction chamber แล้วอ่านบันทึกผลด้วย oxygraph apparatus (oxygen monitor + recorder)	35
18. แสดงลักษณะของ Clark oxygen electrode ซึ่งมี Ag/AgCl electrode เป็นขั้ว anode และมี platinum electrode เป็นขั้ว cathode	36
19. ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาค่า RCI	40
20. ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาค่าอัตราส่วน ADP/O	40
21. ตัวอย่าง oxygraph tracing เพื่อแสดงวิธีการหาอัตราใช้ ออกซิเจนของไมโตคอนเดรียในระยะต่างๆ	40
22. Tracing แสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 µg ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโตคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ glutamate+malate เป็นสับสเตรท	62
23. Dose-response curve ของ CU-763-10-01 ในขนาดต่างๆ ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโตคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท (A) และ เมื่อคำนวณเป็น เปอร์เซ็นต์ (% Respiration) (B)	64
24. Tracing แสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 µg ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโตคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท	66
25. Dose-response curve ของ CU-763-10-01 ในขนาดต่างๆ ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโตคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ succinate เป็นสับสเตรท (A) และ เมื่อคำนวณเป็น เปอร์เซ็นต์ (% Respiration) (B)	68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

26. Tracing แสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ α -ketoglutarate เป็นสับสเตรท	70
27. กราฟแสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ α -ketoglutarate เป็นสับสเตรท	72
28. Tracing แสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ β -hydroxybutyrate เป็นสับสเตรท	74
29. กราฟแสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ที่มีต่ออัตราการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ β -hydroxybutyrate เป็นสับสเตรท	76
30. Tracing แสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 50 μg ต่อ state 3u respiration ของ osmotic-shocked mitochondria เมื่อใช้ NADH เป็นสับสเตรท	78
31. กราฟแสดงผลของ Bovine serum albumin (BSA) ที่มีต่อการออกฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ในขนาด 5 μg ในการยับยั้ง state 3 respiration ของไมโทคอนเดรีย เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท	85
32. Tracing แสดงผลของ dithiothreitol (DTT) ที่มีต่อการออกฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ในขนาด 50 μg ในการยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท	87
33. กราฟแสดงผลของ dithiothreitol (DTT) ที่มีต่อการออกฤทธิ์ของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ในการยับยั้งการหายใจของไมโทคอนเดรีย ทั้ง state 3 และ state 3u เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท	89

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

34	กราฟแสดงผลของ CU-763-10-01 ในขนาด 5, 25 และ 50 μg ต่อการกระตุ้นการหายใจของไมโทคอนเดรียด้วยแคลเซียม (calcium-stimulated respiration) เมื่อใช้ glutamate + malate เป็นสับสเตรท	91
35	Tracing แสดงผลของ CU-763-10-01 ขนาด 50 μg ที่มีผลต่อ monoamine oxidase activity ของไมโทคอนเดรีย	94

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ACh	= acetylcholine
ADP	= adenosine 5'-diphosphate
ATP	= adenosine 5'-triphosphate
BaCl ₂	= barium chloride
BSA	= bovine serum albumin
Ca ²⁺	= calcium ion
CaCl ₂	= calcium chloride
CCCP	= carbonyl cyanide
CoQ	= coenzyme Q, ubiquinone
CuSO ₄	= copper sulfate
Cyt.	= cytochrome
°C	= degree Celsius
DCCD	= dicyclohexyl-carbodiimide
DNA	= deoxyribonucleic acid
DNP	= 2,4-dinitrophenol
DNTB	= 5,5'-dithio-bis-2-nitrobenzoate
DTT	= dithiothreitol
ED ₅₀	= median effective dose
EGTA	= ethyleneglycol-bis-(β-aminoethyl ether)N,N,N',N'-tetraacetic acid
FAD	= flavin adenine dinucleotide
FADH ₂	= reduced flavin adenine dinucleotide
FCCP	= trifluoromethoxyphenylhydrazine
FMN	= flavin mononucleotide
Fe-S	= iron-sulfur center
GABA	= gamma-aminobutyric acid
g	= centrifugal force unit (gravity)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

H^+	= proton
HCl	= hydrochloric acid
5-HT	= 5-hydroxytryptamine (serotonin)
HEPES	= N-2-hydroxyethylpiperazine-N'-2-ethane-sulfonic acid
H_2SO_4	= sulfuric acid
IC_{50}	= median inhibitory concentration
IP_3	= inositol-1,4,5-triphosphate
K^+	= potassium ion
KCl	= potassium chloride
KH_2PO_4	= potassium dihydrogen phosphate
KOH	= potassium hydroxide
M	= molar
MAO	= monoamine oxidase
MAOI	= monoamine oxidase inhibitor
μg	= microgram
μl	= microlitre
μM	= micromolar
$\mu mole$	= micromole
mg	= milligram
Mg^{2+}	= magnesium ion
$MgCl_2$	= magnesium chloride
min	= minute
ml	= millilitre
mM	= millimolar
mOsm	= milliosmolar
Na^+	= sodium ion
NAD^+	= nicotinamide adenine dinucleotide

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

NADH	= reduced nicotinamide adenine dinucleotide
NADPH	= reduced nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
Na_2CO_3	= sodium carbonate
NaOH	= sodium hydroxide
n atom	= nanoatom
NE	= noradrenaline
ng	= nanogram
n mole	= nanomole
O	= oxygen
OH^-	= hydroxyl ion
OSCP	= oligomycin-sensitivity conferring protein
Pi	= inorganic phosphate
POC	= potential-operated calcium channel
RCI	= respiratory control index
ROC	= receptor-operated calcium channel
RNA	= ribonucleic acid
RPM	= revolution per minute
SE	= standard error of mean
TD_{50}	= median neurotoxic dose
TMPD	= N,N,N',N'-tetramethyl-p-phenylenediamine
VPA	= valproic acid
w/v	= weight by volume
/	= per
%	= percent