Cardiovascular Response of Paraplegics on Arm Cranking Exercise

Kulsomboon W, [*]
Khunphasee A, [**]
Teeranet K, [**]
Ing-Aram R, [**]
Khunadorn F, [***]

Rehabilitation Medicine Division, Pramongkutklao Hospital.

*แพทย์ประจำบ้านปีที่ 3 กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู ร.พ.พระมงกุฎเกล้า
**อาจารย์กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู ร.พ.พระมงกุฎเกล้า
***ผู้อำนวยการกองเวชศาสตร์ฟื้นฟู ร.พ.พระมงกุฎเกล้า

Kulsomboon W, Khunphasee A, Teeranet K, Ing-Aram R, Khunadorn F. Carciovascular response of paraplegics on arm cranking exercise. J Thai Rehabil 1993;3(2):12-17

Abstract Paraplegics cannot exercise simple methods such as running, walking or bicycling. Arm cranking on a modified bicycle ergometer was used as a means of exercise stress test and endurance training for paraplegics. The purpose of this study was to assess the cardiovascular response on arm cranking stress test between 10 normal persons and 10 paraplegics and the response after arm cranking training for three weeks in 5 paraplegics. Heart rate (H.R.), systolic blood pressure (S.B.P.), diastolic blood pressure (D.B.P.) and rate pressure product (R.P.P.) were evaluated at rest and at the peak point. Power(W) and rate of perceived exertion (R.P.E.) were evaluated at peak point. Normal persons' mean resting heart rate and mean resting rate pressure product were significantly lower than those of paraplegics, confirmed the hypothesis of deconditioning in paraplegics. After three weeks period of endurance exercise, post-training mean resting diastolic blood pressure was significantly higher than pre-training value and the other parameters were nonsignificant. Post-training mean peak systolic blood pressure was significantly lower than pre-training value which indicated paraplegics' ability to improve the cardiovascular response with arm cranking exercise.

บทคัดย่อ ผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนไม่สามารถที่จะออกกำลังโดยใช้วิธีธรรมดา เช่น การวิ่ง, การเดิน หรือการปั่นจักรยานได้ การออกกำลังกายโดยวิธี Arm Cranking โดยดัดแปลงจาก bicycle ergometer จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ผู้ป่วยเหล่านี้สามารถออกกำลังกายได้ ในการศึกษานี้ได้เปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหลอดเลือดและหัวใจของคนปกติ และของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนล่าง เมื่อทำการทดสอบ stress test โดยใช้วิธี arm cranking และเปรียบเทียบในผู้ป่วยก่อนและหลังการออกกำลังโดยใช้วิธี arm cranking ครบ 3 สัปดาห์ พบว่าชีพจรเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยของ rate pressure product ขณะพักในคนปกติมีค่าต่ำกว่าของผู้ป่วยอย่างมีนัยสำคัญ ยืนยันถึงสมมติฐานของ deconditioning ในผู้ป่วยเหล่านี้ และเมื่อผู้ป่วยออกกำลังครบ 3 สัปดาห์แล้วพบว่า ค่าความดัน diastolic เฉลี่ยขณะพักในช่วงหลังฝึกมีค่าสูงกว่าช่วงก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญ และค่าความดัน systolic เฉลี่ยในช่วงหลังฝึกมีค่าน้อยกว่าช่วงก่อนฝึก อย่างมีนัยสำคัญทั้งในขณะพักและขณะสูงสุด ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการตอบสนองของระบบหลอดเลือดและหัวใจของผู้ป่วยที่ดีขึ้นจากการออกกำลังโดยวิธี arm cranking

ผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนล่าง นอกจากจะประสบกับปัญหาอัมพาตของขาทั้ง 2 ข้าง และ/หรือลำตัวบางส่วนแล้ว การที่ต้องใช้ชีวิตประจำวันส่วนใหญ่ในรถเข็นหรือบนเตียง ยังทำให้มีปัญหาในด้านระบบหลอดเลือดและหัวใจ, กล้ามเนื้อขาที่ลีบลง, ภาวะกระดูกโปร่งบาง (osteoporosis) รวมถึงภาพลักษณ์ของตัวเองที่ลดลง, การเพิ่มการพึ่งพาผู้อื่น (dependency) และการลดการเข้าสู่สังคมอีกด้วย[5,9]

เพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถภาพทางร่างกาย จึงมีความจำเป็นที่ผู้ป่วยเหล่านี้ต้องมีการออกกำลังของแขนเป็นการทดแทน และเป็นการฝึกระบบหลอดเลือดและหัวใจด้วย และการเล่นกีฬาประเภทอื่น ๆ ให้เล่นด้วยรถเข็นได้ อันจะทำให้ผู้ป่วยมีสุขภาพทั้งทางกายและจิตใจที่ดีขึ้น[9]

อย่างไรก็ดี การแนะการออกกำลังกายใด ๆ ให้แก่ผู้ป่วย ก็ต้องมีการคำนึงถึง intensity, physiologic response รวมทั้งการเสี่ยงต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นด้วย[1,9] โดยเฉพาะในด้านระบบหลอดเลือดและหัวใจซึ่งผู้ป่วยเหล่านี้ อาจมีภาวะ sympathetic outflow ที่ลดลงได้ขึ้นกับระดับการบาดเจ็บของผู้ป่วย[4,5,9,12]

จากการศึกษาที่ผ่านมาในต่างประเทศมีรายงานเกี่ยวกับการตอบสนองทางระบบหลอดเลือดและหัวใจของผู้ป่วยเมื่อออกกำลัง โดยใช้วิธี arm cranking[2-8, 10-12,14] อันเป็นที่มาของการศึกษานี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์คือ

1. เปรียบเทียบการตอบสนองของระบบหลอดเลือดและหัวใจของคนปกติและของผู้ป่วย เมื่อทำการทดสอบ arm cranking stress test

2. เปรียบเทียบการตอบสนองทางระบบหลอดเลือดและหัวใจของผู้ป่วยก่อน และหลังการฝึก arm cranking endurance

วิธีการศึกษา

นำอาสาสมัครคนปกติ และผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน ที่รับไว้ในหอผู้ป่วยเวชศาสตร์ฟื้นฟู ร.พ.พระมงกุฎเกล้า ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงกันยายน 2535 มาทำการทดสอบโดยดัดแปลงจากวิธีของ G.F.Fletcher[7] (ตามตารางที่ 1) จัดให้หัวไหล่ของผู้ถูกทดสอบอยู่ในแนวเดียวกันกับจุดหมุนของเครื่อง bicycle ergometer และให้หมุนวงล้อในอัตราประมาณ 50 รอบต่อนาที วัดค่าตัวแปรต่าง ๆ เช่น ชีพจร, ความดันโลหิต, rate pressure product ในขณะพักเริ่มต้น (resting state : หลังจากการนั่งพักเฉย ๆ 5 นาที) ในขณะพักระหว่าง stage และในขณะสูงสุด (peak) โดย Rate pressure product เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการ

ตารางที่ 1. แสดง protocol arm cranking stress test (ดัดแปลงจากวิธีของ Fletcher) อัตราการปั่น 50 รอบต่อนาที, เพิ่ม workload stage ละ 10 watt ไปจนผู้ป่วยทำไม่ไหว

Stage	เวลา(นาที)	workload (watt)
I	3	0
	1	พัก
II	3	10
	1	พัก
III	3	20
	1	พัก

ตารางที่ 2. แสดงความเหนื่อย (Borg's Rate of Perceived Exertion = R.P.E.)

Rating	Perceived exertion
6	
7	very very light
8	
9	very light
10	
11	fairly light
12	
13	somewhat hard
14	
15	hard
16	
17	very hard
18	
19	very very hard
20	

ตารางที่ 3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรในคนปกติ และผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน

	HR			SBP		DBP		RPP		Peak	Peak
	Rest*	Peak	%HRmax	Rest	Peak	Rest	Peak	Rest**	Peak	Work	RPE
คนปกติ (10)	73.5	121.4	63.46	111.3	121.5	70.5	72	81.8	147.6	40	14.7
ผู้ป่วย (10)	93.1	131.5	112	126.5	72.5	70		104.3	165.9	28	15.5

HR = ชีพจร, SBP = ความดัน, DBP = ความดัน diastolic,
RPP = rate pressure product, RPE = rate of perceived exertion

*P = 0.001
**P = 0.004

ตารางที่ 4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนก่อนและหลังการฝึก (n = 5)

	HR			SBP		DBP		RPP		Peak	Peak
	Rest	Peak	%HRmax	Rest	Peak*	Rest**	Peak***	Rest	Peak	Work	RPE
Pre-Train	98	134.6	71.14	103	1346	70	73	106.8	172	32	15.2
Post-Train	96.2	149.6	79.06	112	123	82	84	107.2	183.2	40	14.6

*P = 0.048
*P = 0.042
***P = 0.033

ใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ (หาได้จากค่าชีพจร× ความดันซิสโตลิค) วัดอัตราความเหนื่อย (Borg's Rate of Perceived Exertion : RPE (ตารางที่ 2) โดยถามจากผู้ป่วย และงานที่ได้โดยดูจาก stage ที่ผู้ป่วยทำได้ ซึ่งตัวแปร 2 ตัวหลังนี้ วัดที่ขณะสูงสุดเท่านั้น ระหว่างการทดสอบจะตรวจดูคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วยตลอดเวลา โดยมีหลักเกณฑ์ในการหยุดทดสอบดังนี้

1. เมื่อผู้ป่วยมีอาการผิดปกติ เช่น แน่นหน้าอก, หายใจไม่สะดวก
2. เมื่อผู้ป่วยรู้สึกเหนื่อยมาก (R.P.E. = 17)
3. มีอาการล้าของกล้ามเนื้อ
4. ถึงอัตราชีพจรสูงสุด (220-อายุ)
5. มีการตอบสนองของความดันโลหิตที่ผิดปกติ
6. มีคลื่นไฟฟ้าหัวใจผิดปกติ

ในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนจะได้รับการฝึก arm cranking endurance exercise ต่อจนครบ 3 สัปดาห์ โดยให้ออกกำลัง 3 ถึง 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 20 ถึง 30 นาที ให้ intensity ประมาณร้อยละ 70 ถึง 80 ของอัตราชีพจรสูงสุดและเมื่อครบ 3 สัปดาห์แล้ว ให้ผู้ป่วยรับการทดสอบตามวิธีเดิมอีกครั้ง

ผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนที่ได้รับการฝึก endurance จนครบ 3 สัปดาห์ มี 5 ราย เป็นเพศชาย 3 ราย เพศหญิง 2 ราย functional level T_8, T_{10} และ T_{11} level ละ 1 ราย, T_{12} = 2 ราย และเป็น Frankel's class A ทุกราย อีก 5 ราย เป็นเพศชาย 3 ราย และเพศหญิง 2 ราย ไม่ได้นำมาศึกษาเนื่องจากฝึกไม่ครบ และออกจากโรงพยาบาลก่อน

อาสาสมัครและผู้ป่วยทุกคนหยุดการทดสอบเนื่องจากการล้าของกล้ามเนื้อแขนและมือ ไม่มีรายใดที่มีปัญหาการตอบสนองทางระบบหลอดเลือดและหัวใจหรือคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ผิดปกติ จนทำให้ต้องหยุดการทดสอบ ตารางที่ 3 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของชีพจร ความดัน systolic, ความ

ดัน diastolic และ rate pressure product ขณะพักและขณะสูงสุด งานที่ได้และ rate of perceived exertion สูงสุดของอาสาสมัครปกติ และผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน ซึ่งพบว่า

1. ชีพจรเฉลี่ยขณะพัก (resting) ของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนมีค่าสูงกว่า อาสาสมัครปกติอย่างมีนัยสำคัญ (93.1 และ 73.5 ครั้งต่อนาทีตามลำดับ) ส่วนที่ขณะสูงสุด (peak) ไม่มีความแตกต่างกัน (112 ครั้งต่อนาที ในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนและ 111.3 ครั้งต่อนาทีในอาสาสมัครปกติ) และชีพจรขณะสูงสุด (Peak) มีค่าถึงร้อยละ 63.46 และร้อยละ 70.28 ของอัตราชีพจรสูงสุด ในอาสาสมัครปกติและในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนตามลำดับ

2. ความดัน systolic เฉลี่ย ขณะพักและขณะสูงสุดในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน (112 และ 126.5 มม.ปรอท ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าค่าเดียวกันของอาสาสมัครปกติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความดัน diastolic ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนและอาสาสมัครปกติ (ขณะพัก * 72.5 และ 70.5 มม.ปรอท ตามลำดับ, ค่าขณะสูงสุด * 79 และ 72 มม.ปรอท ตามลำดับ)

3. rate pressure product เฉลี่ย R.P.P. = ชีพจร x ความดัน systolic)/100 ในขณะพักของผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนมีค่าสูงกว่าคนปกติอย่างมีนัยสำคัญ (104.3 และ 81.8 ตามลำดับ) ส่วนที่ขณะสูงสุดไม่มีความแตกต่างกัน (165.9 และ 147.6 ตามลำดับ) ซึ่งค่า R.P.P. จะแสดงถึงการใช้ออกซิเจนของกล้ามเนื้อหัวใจ

4. งานที่ได้สูงสุดเฉลี่ยในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนมีค่าน้อยกว่าในคนปกติ (28 และ 40 วัตต์ตามลำดับ) แต่ไม่มีนัยสำคัญ

5. rate of perceived exertion เฉลี่ยในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนมีค่าสูงกว่าในคนปกติ (15.5 และ 14.7 ตามลำดับ)

และเมื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรเช่นเดิม ในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนก่อนและหลังการฝึก endurance ตามตารางที่ 4 พบว่า

1. ชีพจรเฉลี่ยขณะพักในช่วงหลังฝึกมีค่าน้อยกว่าช่วงก่อนฝึก (98 และ 96.2 ครั้งต่อนาที ตามลำดับ) แต่ไม่มีนัยสำคัญ

2. ความดัน systolic เฉลี่ยขณะสูงสุดในช่วงหลังฝึกมีค่าน้อยกว่าช่วงก่อนฝึก อย่างมีนัยสำคัญ ใน

3. ความดัน diastolic เฉลี่ย ในช่วงหลังฝึกมีค่าสูงกว่าช่วงก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในขณะพัก (82 และ 70 มม.ปรอทตามลำดับ) และขณะสูงสุด (84 และ 73 มม.ปรอท ตามลำดับ)

4. rate pressure product เฉลี่ยขณะพัก และขณะสูงสุดในช่วงก่อน (106.8 และ 107.2 ตามลำดับ) และหลังฝึก (172 และ 183.2 ตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกัน

5. งานที่ได้สูงสุดเฉลี่ย ในช่วงหลังฝึกมีค่าสูงกว่าช่วงก่อนฝึก (40 และ 32 วัตต์ ตามลำดับ) แต่ไม่มีนัยสำคัญ

6. rate of perceived exertion เฉลี่ย ในช่วงหลังฝึก มีค่าน้อยกว่าช่วงก่อนฝึก (14.6 และ 15.5 ตามลำดับ) แต่ไม่มีนัยสำคัญ

วิจารณ์

วิธีการทดลองที่ใช้ในการศึกษานี้ ใช้แบบ discontinuous protocol เพื่อที่จะได้สามารถวัดตัวแปรต่าง ๆ ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น(6), ปลอดภัย(9) และลดภาวะกล้ามเนื้ออ่อนล้าเร็วเกินไประหว่างการทดสอบ(7,8,15)

จากผลการศึกษานี้จะเห็นว่าชีพจรเฉลี่ยขณะพักในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน สูงกว่าในคนปกติอย่างมีนัยสำคัญ และงานที่ได้สูงสุดเฉลี่ยก็ต่ำกว่าในคนปกติ ผลที่ได้นี้ก็น่ายืนยันถึงภาวะ deconditioning ในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน(5,8,9,14) ซึ่งมีบางรายงานกล่าวว่า ภาวะดังกล่าวเกิดขึ้นภายในเวลาเพียง 2 สัปดาห์หลังบาดเจ็บ(5)

ผู้ป่วยกลุ่มที่ศึกษานี้เป็น lower thoracic level ทั้งหมด การตอบสนองทางระบบหลอดเลือดและหัวใจขณะที่ออกกำลังยังคงมีผลของ sympathetic activity อยู่ ซึ่งต่างจากในพวก upper thoracic level หรือ cer-

vical level ดังนั้น อัตราชีพจรจึงสามารถนำมาใช้เป็นตัวบอกถึงผลของการฝึก endurance exercise ในผู้ป่วยกลุ่ม lower thoracic level ได้[3,9]

เมื่อศึกษาในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนก่อนและหลังการฝึก endurance นาน 3 สัปดาห์ พบว่า ชีพจรเฉลี่ยขณะพักในช่วงหลังฝึกมีค่าน้อยกว่าช่วงก่อนฝึก ความดัน systolic เฉลี่ยในขณะสูงสุดในช่วงหลังฝึกก็มีค่าลดลงกว่าช่วงก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงการปรับตัวของระบบหลอดเลือดและหัวใจของผู้ป่วยซึ่งมีการตอบสนองที่ดีขึ้น[4,0,12,14]

ความดัน Systolic เฉลี่ย ในช่วงหลังฝึกที่มีค่าสูงกว่าช่วงก่อนฝึกทั้งในขณะพักและในขณะสูงสุดน่าจะเป็นผลเนื่องจากความดันส่วนปลายที่เพิ่มขึ้น เพราะการออกกำลังโดยการใช้แขน ผู้ป่วยจำเป็นที่จะต้องจับ handle และต้อง stabilize ลำตัว อันทำให้เกิดภาวะ isometric contraction ในกล้ามเนื้อมือ แขน และลำตัว ทำให้ความดันส่วนปลายสูงขึ้น[10-14,16] แต่อย่างไรก็ดีค่าที่เพิ่มขึ้นนี้ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ในเรื่องของ rate pressure product ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึง myocardial oxygen consumption ในช่วงก่อนฝึก มีค่าน้อยกว่าในช่วงหลังฝึก ทั้งในขณะพักและขณะสูงสุด แต่ก็ไม่มีนัยสำคัญ

งานที่ได้เฉลี่ย ในช่วงหลังฝึก มีค่าสูงกว่าช่วงก่อนฝึก และอัตราความเหนื่อย (R.P.E.) ก็ลดลง ถึงแม้ว่าจะไม่มีนัยสำคัญ แต่ก็ชี้ให้เห็นว่า work perfermance ของผู้ป่วยดีขึ้น อาจเนื่องจากการมี peripheral adaptation ที่กล้ามเนื้อ[9] (เช่นการเพิ่ม mitochondrial activity, hypertrophy, การเพิ่ม vascularity, การเพิ่ม oxidation enzyme)

สรุป

ผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อน จะมีภาวะ deconditioning จากสภาพที่ผู้ป่วยต้องนอนพักอยู่บนเตียงเกือบตลอดเวลา และจากโรคของผู้ป่วยเอง การทำ arm exercise program อย่างสม่ำเสมอ จะทำให้ผู้ป่วยมีการตอบสนองทางระบบหลอดเลือดและหัวใจที่ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ดี การศึกษานี้มีจำนวนผู้ป่วยอัมพาตครึ่งท่อนที่ฝึกจนครบ 3 สัปดาห์เพียง 5 ราย (เนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษานี้ค่อนข้างสั้น) จึงอาจไม่เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน จึงควรมีการศึกษาต่อไป โดยใช้จำนวนผู้ป่วยที่มากขึ้น ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกนานขึ้น และควรมีอาสาสมัครปกติมาทำการฝึก เช่นเดียวกันกับผู้ป่วยด้วยเพื่อเปรียบเทียบผล ระหว่างกลุ่มผู้ป่วยและคนปกติ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการศึกษานี้มาตลอด ผู้ร่วมงานที่ได้ช่วยในการเก็บข้อมูล คุณอังศินันท์ บุปผาสุวรรณ ที่ช่วยเหลือในการทำสถิติ และ นพ.วิศาล ศันธรัตกุล ที่ได้ช่วยเหลือในการทำ slide

เอกสารอ้างอิง

1. American College of Sports MEdicine. Principle of exercise prescription. In : Pate RR, ed. Guidelines for exercise testing and prescription. Pensylvania : Lea and Febiger, 1991 : 93-95.
2. Balady GJ, Weiner DA., McCabe CH, Ryan JJ. Value of arm exercise testing in detecting coronary artery disease. Am J Cardiol 1985; 55 37-39.
3. Bar-On ZH, Nene AV, Orth D, Orth M. Relationship between heart rate and oxygen uptake in thoracic level paraplegics. Paraplegia 1990; 28 : 87-95.
4. Drony Y, Ohry A, Brocks ME, Dolphin D, Kellermann JJ. Arm crank ergometer in chronic spinal cord injured patients. ARch Phys Med Rehabil 1990; 72 : 389-392.
5. Ellenberg M, MacRitchie M, Franklin B. Johnson S, Wnsley D. Aerobic capacity in early paraplegia, implication for rehabilitation. J paraplegia 1989; 27 : 261-68.
6. Finestone HM, Lampman RM, Davidoff GN, Westbury L, Islam S, Schultz JS. Arm ergometer exercise testing in patients with dysvascualr amputations. Arch Phys Med Rehabil 1991; 72 : 15-19.
7. Fletcher GF, Lloyd A, Waling GF, Fletcher BJ. Exercise testing in patients with musculoskeletal handicaps. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69 : 123-127.
8. Gangelhoff J, Cerdain L, Rucker A, Sockker J. Metabolic and heart rate response to submaxinal arm lever and arm crank ergometer. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69 : 101-105.

9. Glaser RM, Davis GM. Wheelchair-Dependent individual. In Franklin BA, Gardan S, Timmis GC, eds. Exercise in modern medicine Baltimore : Williams and Wilkins, 1989 : 237-67.

10. Keyser RE, Andres FF, Wejta DM, Gullett SL. Variations in cardiovascular response accompanying differences in arm cranking rate. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69 : 941-5.

11. Keyser RF, Mor D, EF. Cardiovascular response and anaerobic threshold for bicycle and arm ergometer exercise. Arch Phys Med Rehabil 1989; 70 : 687-691.

12. Martel G, Noreau L, Jobin J. Physiological responses to maximal exercise on arm cranking and wheelchair ergometer with paraplegics. Paraplegia 1991; 29 : 447-456.

13. Mc Ardle WD, Katch FI, RAtch VL. The cardiovascular system. In Mc Ardle WD, Ratch FI, Ratch VL, eds. Exercise physiology. Philadelphia : Lea and Febiger, 1986 : 251-253.

14. Pollock ML, Miller HS, et al. Arm pedaling as an endurance training regimen for the disabled. Arch Phys Med Rehabil 1974; 77 : 418-424.

15. Sawka MV, faley ME, Pimental NA, Tower MM, Pandolf KS. Determination of maximal aerobic power during upper-body exercise. J Apply Physiol 1983; 54 : 113-117.

16. Sternberg I, Astrund PU, Ekblam B, Royce J, Saltin B. Haemodynamic response to walk with differences muscle groups, sitting and supine. J Apply Physiol 1967; 22 : 61-70.