การสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

ปริญญานิพนธ์

ของ

เทวฤทธิ์ ละมูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา

ตุลาคม 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

บทคัดย่อ

ของ

เทวฤทธิ์ ละมูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา

ตุลาคม 2547

เทวฤทธิ์ ละมูล. (2547). *การสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรคพล เพ็ญสุภา , ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพิ่มศักดิ์ สุริยะจันทร์

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมาย เพื่อศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักวิ่งระยะสั้น ในปีการศึกษา 2547 ที่เป็นตัวแทนของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก ตัวแทนของจังหวัดตากและตัวแทนนักเรียนนักศึกษาของจังหวัดตาก ที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬานักเรียนนักศึกษาของเขตการศึกษา 7 ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 60 คน มาทำการทดสอบการออกวิ่งกับเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทำการทดสอบ 2 ครั้ง ซึ่งเว้นช่วงการทดสอบ 1 ชั่วโมง หาค่าความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ (Face Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง (Concurrent Validity) โดยการทดสอบการทิ้งน้ำหนัก (Drop weight) และหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าด้วยวิธีการสอบซ้ำ (Test – retest method) กับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง หาความสัมพันธ์ด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation Coefficient)

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ (Face Validity) ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นอยู่ในระดับสูง ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง (Concurrent Validity) ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นอยู่ในระดับสูง มีค่า (r = .97) ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้ามีความเชื่อมั่นระดับสูง (r = .99) แรงที่ใช้ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของเท้าหลังมีมากกว่าแรงที่ใช้ในการออกวิ่งของเท้าหน้า มีค่าเฉลี่ย 39.79 กิโลกรัม และ 37.57 กิโลกรัม ตามลำดับ

A CONSTRUCTION OF AN IMPARTING FORCE PLATE INSTRUMENT FOR A STARTING BLOCK OF THE SPRINTER

AN ABSTRACT

BY

DHEVARIDDHI LAMOOL

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Physical Education

at Srinakharinwirot University

October 2004

Dhevariddhi Lamool. (2004). *A construction of an Imparting Force Plate Instrument for a Starting Block of the Sprinter.* Master thesis,M.Ed..(Physical Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Asst. prof. Dr. Ackaphon Pensupha, Asst. prof. Permsak Suriyachan.

This purpose of this study was to construct the instrument which measures the imparting force for a starting block of the sprinters.

Subject were 60 sprinter male students of Rajamangala Institute of Technology, Tak campus. Purposive sampling technique was employed to draw samples.

The instrument used in this study was an imparting force plate constructed by the researcher from extensive analysis of related lituature and consultation with 5 experts prior to pretest. Drop weight test was used for test –retest the dynamic calibration for reliability and validity of this instrument.

The data were then analyzed through use of mean, standard deviation, pearson's product moment corelation coefficient.

The results of this study indicated that the validity and reliability of this imparting force plate for a starting block of a sprinter were .97, and .99 respectively. It can be conclude that this instrument which constructed by the researcher possessed a satisfactory for appljcation to a starting block of the sprinter.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

ของ
นายเทวฤทธิ์ ละมูล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาพลศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรคพล เพ็ญสุภา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพิ่มศักดิ์ สุริยะจันทร์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ประพนธ์ ธนารักษ์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.วิวรรธน์ มุขดี)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรคพล เพ็ญสุภา ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพิ่มศักดิ์ สุริยะจันทร์ ประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการสร้างการตรวจสอบ แก้ไข ข้อบกพร่องของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณผู้ควบคุมทีมนักกีฬาวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก ตลอดจนกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือในการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

คุณประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอน และมีส่วนช่วยเหลือในการวางรากฐานการศึกษาให้กับผู้วิจัย ทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยความเรียบร้อย พร้อมกันนี้ ขออุทิศประโยชน์ที่พึงมีทั้งหมดนี้ให้กับคุณพ่อและคุณแม่ที่ล่วงลับไปแล้ว

เทวฤทธิ์ ละมูล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	4
	ตัวแปรที่ศึกษา	4
	ข้อตกลงเบื้องต้น	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการศึกษาค้นคว้า	4
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	พื้นฐานเบื้องต้นของการพัฒนาปรับปรุงความเร็ว	5
	สิ่งที่ส่งผลต่อความเร็ว	10
	ขั้นตอนการใช้ความเร็ว	14
	แรง	16
	กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	17
	ขั้นตอนการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องมือทดสอบ	20
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
	งานวิจัยในต่างประเทศ	25
	งานวิจัยในประเทศ	26
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	31
	การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	31
	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	31
	วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ	32
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	32
	การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	33
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	34
5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	38
	สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัย	38
	สรุปผลการวิจัย	39
	อภิปรายผล	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

5(ต่อ) ข้อเสนอแนะ 40

บรรณานุกรม..... 42

ภาคผนวก..... 45

ภาคผนวก ก. การเลือกและการติดตั้งสเตรนเกจ..... 46

ภาคผนวก ข. คุณลักษณะและอุปกรณ์ในการติดตั้งสเตรนเกจ..... 67

ภาคผนวก ค. รายนามผู้เชี่ยวชาญ..... 73

ประวัติย่อผู้วิจัย..... 76

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อขาวคิดเป็นร้อยละเปรียบเทียบกันระหว่างประเภทกิจกรรมกีฬาที่ใช้ความเร็วกับความทนทาน	9
2	ระยะเวลาของปฏิกิริยาในการตอบสนองของนักวิ่งระยะสั้นในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกในปี ค.ศ. 1972	12
3	ผลการวิเคราะห์ความเร็วในการแข่งขันวิ่ง 100 เมตร ในการแข่งขันกรีฑาชิงแชมป์โลกครั้งที่ 2 ณ กรุงโรม ประเทศอิตาลี เดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 1987	13
4	ขั้นตอนการใช้ความเร็วในการวิ่งแต่ละช่วงของระยะทางการแข่งขันวิ่ง 100 เมตร	14
5	แสดงค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเหมาะสมของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น	34
6	แสดงคะแนนเปรียบเทียบของการทิ้งน้ำหนัก (Drop Weight) 2 กลุ่ม ๆละจำนวน 10 ครั้ง	35
7	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแรงที่ได้จากการออกวิ่งจากเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นที่ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 60 คน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	36
8	เปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากการออกวิ่งจากเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นที่ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 60 คน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ระหว่างเท้าหน้ากับเท้าหลัง	37

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	ความยาวของขดเส้นโลหะ	47
2	รูปแบบของขดเส้นโลหะในสเตรนเกจ	48
3	แบบของขดเส้นโลหะแฉกหลายแกน	49
4	การเตรียมผิวหน้าชิ้นงาน	52
5	การเตรียมแผ่นสเตรนเกจ	52
6	การย้ายแผ่นสเตรนเกจ	52
7	การใช้สารช่วยผนึก	53
8	การใช้กาวผนึก	53
9	การลอกแผ่นเทปออก	54
10	การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า	54
11	การเคลือบแผ่นสเตรนเกจ	55
12	การต่อวงจรแบบ ควอเตอร์ บริดจ์ (Quarter Bridge)	55
13	การต่อวงจรแบบ ฮาล์ฟ พอยส์ซัน บริดจ์ (Half Poisson Bridge)	56
14	การต่อวงจรแบบ ฮาล์ฟ บริดจ์ (Half Bridge)	56
15	การต่อวงจรแบบ ฟูล บริดจ์ (Full Bridge)	57
16	การต่อวงจรแบบ ทู เกจ อิน ออพโพสิท อาร์ม (2 Gage in Opposite Arms)	57
17	การต่อวงจรแบบ ฟูล พอยส์ซัน บริดจ์ (Full Poisson Bridge)	58
18	บล๊อคไดอะแกรมการทำงานเครื่องวัดแรงออกวิ่ง	58
19	วงจรของชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 Vdc	59
20	วงจรของชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 12 Vdc	60
21	วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 Vac เป็น $\pm$ 5 Vdc	61
22	ชุดขยายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรบริดจ์	62
23	ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	63
24	ชุดแสดงผล 8 Segment	63
25	ส่วนประกอบของชุดที่ยันเท้า	64
26	ช่องสี่เหลี่ยมสำหรับใช้ในการติดสเตรนเกจ	64
27	ขนาดของอลูมิเนียมที่คำนวนได้เพื่อติดตั้งสเตรนเกจ	66
28	กล่องจอแสดงผลด้านหน้า	69
29	กล่องจอแสดงผลด้านหลัง	70
30	ที่ยันเท้าข้างซ้ายและขวา	71
31	แสดงอุปกรณ์ภายในกล่องจอแสดงผล	71

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ในการแข่งขันกีฬานานาชาติทุกครั้ง ไม่ว่าจะเป็นกีฬาโอลิมปิก เอเชี่ยนเกมส์ หรือกีฬาในภาคพื้นเอเชียอาคเนย์ กีฬาประเภทกรีฑาเป็นกีฬาบังคับที่ต้องจัดการแข่งขัน กรีฑาประเภทที่ได้รับความนิยมและผู้ชมให้ความสนใจมากที่สุด คือ กรีฑาประเภทวิ่งระยะ 100 เมตร โดยถือกันว่าผู้ชนะในการวิ่งจะได้รับการประกาศให้เป็นจ้าวแห่งความเร็ว สถิติของการวิ่งระยะสั้นในการแข่งขันกีฬาสำคัญๆ ดังกล่าวดีขึ้นเรื่อย ๆ ที่เป็นเช่นนี้มิใช่ว่ามนุษย์ในยุคปัจจุบัน มีสภาพร่างกายที่ดีวิเศษไปกว่ามนุษย์ในยุคก่อน ร่างกายยังคงประกอบไปด้วยระบบต่าง ๆ เหมือนเดิมอยู่ แต่สิ่งสำคัญที่ทำให้นักกีฬาในยุคปัจจุบันมีความสามารถดีขึ้นกว่าเดิมคือ การนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาสาขาต่าง ๆ อาทิเช่น สาขาสรีรวิทยาการ ออกกำลังกาย(Physiology of Exercise)ชีวกลศาสตร์การกีฬา(Sports Biomechanic) กีฬาเวชศาสตร์ (Sports Medicine)และด้านการแพทย์ มาประยุกต์ใช้ในด้านการออกกำลังกาย ตลอดจนประยุกต์วิธีการฝึกแบบต่างๆ นั่นเองจนทำให้การเคลื่อนไหวและการแข่งขันกรีฑาในแต่ละครั้งมีสถิติดีขึ้นตามลำดับไม่ว่าจะเป็นเรื่องด้านของเวลา ระยะทาง ความอดทน ความแข็งแรงตลอดจนทักษะต่างๆดีขึ้น(ธนิต ขำวัฒนพันธ์. 2517 : 39)

การศึกษาและการวิจัยเกี่ยวกับสรีระวิทยาการออกกำลังกายทำให้ทราบและเข้าใจกลไก กฎเกณฑ์ของธรรมชาติ และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาวิธีฝึกซ้อมเพื่อที่จะให้ได้ผลดีเกิดขึ้นหรือดีที่สุดเกี่ยวกับความเร็ว ความอดทน และทักษะ (อวย เกตุสิงห์. 2514 : 2)

การวิ่งทุกระยะตั้งแต่ระยะสั้นที่สุดจนถึงระยะไกลที่สุดมีหลักการเบื้องต้นเหมือนกัน ความรู้ในเรื่องทักษะของการวิ่งมีประโยชน์สำหรับการวิ่งทุกระยะ และยังมีประโยชน์สำหรับการฝึกกีฬาอื่นแทบทุกประเภท จุดมุ่งหมายของการวิ่งระยะสั้น คือ การทำความเร็วให้ดีที่สุดและถึงแม้ความเร็วจะเป็นคุณสมบัติที่ติดตัวมาโดยธรรมชาติ แต่การจะพัฒนาความเร็วให้ถึงระดับสูงสุด จำเป็นต้องได้รับการฝึกที่ถูกวิธี (Dyson. 964 : 99) โดเฮอที (Doherty. 1963 : 61) สมรรถภาพทางกายและความสามารถในการวิ่ง จะมีผลมาจากการฝึก เพราะการฝึกทำให้เหนื่อยช้าลง การใช้ออกซิเจนขณะทำงานไม่สิ้นเปลือง ทั้งยังเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มไกลโคเจน เม็ดโลหิตแดงและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน ตลอดทั้งการถ่ายเทออกซิเจนสูงขึ้น (Bresnahan. 1964 : 17 ; Citing Bovk and others : 25) การวิ่งที่ดีต้องมีการฝึกซ้อม โดยระยะแรกต้องเน้นในด้านความแข็งแรงและความเร็ว ความอดทน และพลังก็จะตามมาในที่สุด การวิ่งก็จะมีประสิทธิภาพสูง การฝึกวิ่งเพื่อให้ได้ผลดีนั้น นอกจากจะมีกล้ามเนื้อที่สมบูรณ์แข็งแรงทั้งร่างกายแล้วยังจะต้องคำนึงถึงหลักการทางกายภาพและสรีระวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการวิ่งอีกด้วย

การวิ่งเป็นการเคลื่อนไหวของร่างกายหลายส่วน การเคลื่อนไหวนี้จำเป็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ในการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ เป็นอย่างดีโดยไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดขัดกันเลย จนมีผู้เปรียบเทียบว่าการวิ่งคล้ายกับทำนองหรือจังหวะดนตรี ซึ่งมีการเรียบเรียงเสียงประสานไว้อย่างยอดเยี่ยม จึงกล่าวได้ว่า การวิ่งที่ดีต้องให้ร่างกายทุกส่วนทำงานผ่อนคลาย ไม่มีการเกร็งแต่อย่างใด (สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์. 2524 : 40) การวิ่งเป็นการเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายที่ดี โดยเฉพาะการเสริมสร้างสมรรถภาพของอวัยวะระบบไหลเวียน ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ ไขมันในหลอดเลือด และน้ำหนักตัวลดลง (ชุด อยู่สวัสดิ์. 2521 : 33)

การวิ่งเป็นที่นิยมกันมากเพราะกิจกรรมนี้ได้ทำการวิจัยแล้ว พบว่าเป็นกิจกรรมที่มีผลต่อการไหลเวียนโลหิตในร่างกายเป็นอย่างดี

นอกจากนี้แล้วการฝึกเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักกีฬาทุกประเภท เพราะการฝึกที่ได้กระทำจนบรรลุเป้าหมายแล้วจะทำให้บุคคลที่ได้รับการฝึกนั้นเกิดความพร้อมทั้งทางด้านร่างกาย และจิตใจก่อนจะลงมือทำการแข่งขัน นักพลศึกษาถือว่าการเคลื่อนไหวเป็นศาสตร์ทางการศึกษาอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยเนื้อหาและเป็นวิชาความรู้ที่มีหลักเกณฑ์และกฎต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติในอันที่จะช่วยให้การเคลื่อนไหว หรือการออกกำลังกายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพด้วยเหตุนี้ นักพลศึกษา ผู้ฝึกสอนกีฬาจึงจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีการใหม่ ๆ ที่จะช่วยให้เกิดผลดีต่อการออกกำลังกายหรือการเคลื่อนไหวอยู่เสมอ นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะขาดเสียมิได้คือการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการฝึก เพื่อหาทางช่วยให้นักกีฬามีความแข็งแกร่ง อดทนและมีทักษะต่าง ๆ ดีขึ้น

การนำเอาวิธีการต่าง ๆ ที่มีคุณค่า มีประโยชน์มาใช้ในการกระตุ้นร่างกายในขนาดที่เหมาะสม ทำให้ร่างกายเกิดการปรับตัวให้เข้ากับภาวะแวดล้อม การเพิ่มสมรรถภาพของร่างกายขึ้นอยู่กับความแรง ความนาน และจำนวนครั้งของการกระตุ้น หากกระตุ้นเบาเกินไป สั้นเกินไปและน้อยเกินไป ก็จะไม่เกิดการพัฒนา แต่ถ้าหากกระตุ้นหนักเกินไปก็อาจทำให้อวัยวะเสื่อมได้ (สมชาย ประเสริฐศิริพันธ์. 2528 : 35) มนุษย์จะปรับปรุงความสามารถของร่างกายที่มีอยู่ เพื่อที่จะเอาชนะข้อจำกัดต่างๆ ของร่างกายได้อีกหรือไม่ขึ้นอยู่กับการปรับปรุงด้านโภชนาการ เทคนิค วิธีการฝึก โดยเฉพาะความเร็วในการวิ่งยังสามารถที่จะพัฒนาความเร็วในการวิ่งไปได้อีก (อรรคพล เพ็ญสุภา. 2538 : 1-7)

การฝึกวิ่งนั้นสามารถแยกออกเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมชาติ(Natural Type)และแบบสลับช่วงพักหรือแบบระบบทำซ้ำ(Interval Type or Repetition System) การฝึกแบบธรรมชาติยังแบ่งเป็นการฝึกแบบความเร็วสม่ำเสมอ(Continuous Running) การฝึกแบบฟาร์ทเลค (Fartlek) ส่วนการฝึกแบบทำซ้ำแบ่งเป็นการฝึกแบบสลับช่วงพัก(Interval Training) การฝึกแบบความอดทนของความเร็ว(Speed Endurance) การฝึกแบบจังหวะ (Tempo) เป็นต้น ในการแข่งขันกีฬาแทบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นการแข่งขันในระดับใดก็ตาม หากนักกีฬาสามารถควบคุมการเคลื่อนไหว โดยใช้ความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพสัมพันธ์กับขั้นตอนของทักษะการเคลื่อนไหวในกิจการรรมนั้น ๆ ย่อมก่อให้เกิดผลดีทั้งต่อตนเองและเพื่อนร่วมทีม การปฏิบัติทักษะกิจกรรมการเคลื่อนไหว ความสามารถในการเคลื่อนที่ และการเปลี่ยนตำแหน่งได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับลักษณะของรูปแบบการเคลื่อนไหว ย่อมส่งผลให้เกิดความได้เปรียบในเกมการแข่งขันที่กำลังดำเนินอยู่ทุกโอกาส และทุกจังหวะที่นักกีฬาจะสามารถกระทำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วในการเคลื่อนที่ระยะทาง 20 – 40 เมตรแรกนั้น นับเป็นหัวใจสำคัญของกีฬาหลายชนิดอาทิเช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล แฮนด์บอล, ซอฟท์บอล ฮอกกี้ รักบี้ฟุตบอล เทนนิส และกรีฑาประเภทวิ่งระยะสั้น ข้อเท็จจริงที่สำคัญประการหนึ่งที่นักกีฬาพึงจะได้ตระหนักไว้คือ ความเร็วเป็นคุณสมบัติที่สามารถพัฒนาหรือสร้างเสริมปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ด้วยการจัดระบบการฝึกให้ถูกต้องเหมาะสมและต่อเนื่องสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าคุณลักษณะบางประการจะถูกถ่ายทอด และกำหนดไว้ด้วยศักยภาพสูงสุดทางด้าน พันธุกรรม (Genetic makeup) แล้วก็ตามการฝึกก็ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อการที่จะช่วย ส่งเสริมและพัฒนาความเร็วให้ได้ผลดียิ่งขึ้นเสมอ สิ่งเหล่านี้สามารถพิสูจน์ได้จากสถิติผลการแข่งขันกรีฑาประเภทวิ่งระยะสั้น ที่ได้มีการทำลายสถิติกันเรื่อยมานับแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ถึงแม้ว่าอัตราส่วนของช่วงการพัฒนาปรับปรุงสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาสถิติของการวิ่งระยะกลางและระยะไกลแล้ว จะมีอัตราส่วนของช่วงการพัฒนาหรือโอกาสของความเป็นไปได้ยากกว่าหรือน้อยกว่าก็ตาม ความทะเยอทะยานของมนุษย์ในการที่จะแข่งขันกันทางด้านความเร็ว เป็นแรง

กระตุ้นให้เกิดความพยายามในการคิดค้นหารูปแบบวิธีการฝึก เพื่อสร้างเสริมพัฒนาปรับปรุงความเร็วอย่างไม่หยุดยั้ง ด้วยการศึกษา ค้นคว้าวิจัย และทำการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญทุกสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวและการกีฬา โดยเฉพาะทางด้านชีวกลศาสตร์การกีฬา (Sport Biomechanics) ซึ่งมีผลงานการค้นคว้าทดลองใหม่ ๆ ปรากฏออกมาอยู่เสมอไม่ว่าจะเป็นทางด้านการปรับปรุงรูปแบบหรือเทคนิคการเคลื่อนไหว อุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน รวมทั้งการจัดระบบและวิธีการฝึกซ้อมให้เหมาะสมกับลักษณะการเคลื่อนไหวที่เป็นธรรมชาติของมนุษย์โดยให้สัมพันธ์และเหมาะสมกับรูปแบบของแต่ละชนิดกีฬา องค์ประกอบเหล่านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อการสร้างสรรค์ปรับปรุงให้ก้าวหน้าทันสมัย และได้มาตรฐานอยู่เสมอด้วยการอาศัยวิวัฒนาการความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

ในขณะเดียวกันกีฬาประเภทต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็น กฎระเบียบกติกาข้อบังคับ ตลอดจนนักกีฬาก็มีการแข่งขันเพื่อชิงความเป็นเลิศในกีฬาประเภทนั้น ๆ กรีฑาเป็นกีฬาอีกประเภทหนึ่งที่มีการแข่งขันกันมาก ในการที่จะชนะการแข่งขันและทำลายสถิติในเรื่องของเวลา นักกีฬาจึงหาวิธีการเพื่อให้ได้มาซึ่งชัยชนะภายใต้กฎกติกาที่ถูกต้อง จึงมีการเปลี่ยนแปลงในส่วนต่าง ๆเพื่อที่จะวิ่งให้ได้เร็วที่สุดโดยการลดแรงต้านทาน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องชุดแข่งขันที่เบาและกระชับ รองเท้าที่ใส่ ทรงผมที่สั้นตลอดจนรูปร่าง ดังจะเห็นได้จากนักกีฬาที่เข้าร่วมแข่งขันรายการต่าง ๆ นอกจากลดแรงต้านโดยวิธีการต่าง ๆ แล้วสิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้ซึ่งถือว่ามีความสำคัญอย่างมากคือร่างกายนั้นต้องมีความแข็งแรง มีความเร็วตั้งแต่เริ่มออกวิ่งซึ่งต้องแข่งกับเวลาถ้าสามารถออกวิ่งได้เร็ว โอกาสที่จะชนะการแข่งขันก็มีมากขึ้น ดังนั้นการที่จะออกวิ่งได้เร็วจึงต้องมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการออกแรงกระทำต่อที่ยันเท้า การที่จะทราบว่าแรงที่กระทำต่อที่ยันเท้านั้นมีมากเท่าไรนั้น จะต้องใช้เครื่องมือวัดแรงในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้า ผู้วิจัยเห็นความสำคัญจึงวิจัยการสร้างเครื่องมือวัดแรงในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้า เพื่อที่จะทำให้ทราบว่าแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้ามีมากหรือน้อยจะต้องพัฒนาอย่างไร เครื่องมือวัดแรงในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ มีความสะดวกต่อการใช้งาน ทุกคนสามารถใช้งานได้ด้วยตัวเองเมื่อได้อ่านคู่มือวิธีการใช้ การติดตั้งสามารถใช้กับที่ยันเท้าทั้งแบบใช้กับลู่วิ่งที่เป็นดิน และลู่วิ่งที่เป็นยางสังเคราะห์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น
2. เปรียบเทียบแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าระหว่างเท้าหน้าและเท้าหลังของนักวิ่งระยะสั้น

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้เมื่อสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าแล้วนำมาใช้วัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นในระยะทาง 100 เมตร เมื่อทราบแรงออกวิ่งแล้วเราสามารถนำค่าของแรงที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับลักษณะของท่าทางในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้า เพื่อจะได้พัฒนาการฝึกซ้อมและหาท่าทางที่เหมาะสมที่สามารถใช้แรงได้เต็มที่ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้า เพราะถ้าสามารถใช้แรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าได้มากและเหมาะสม ถือว่ามีโอกาสที่จะชนะในการแข่งขันได้

ในด้านของเศรษฐกิจเนื่องจากในปัจจุบันเศรษฐกิจของประเทศอยู่ในช่วงตกต่ำ การสร้างเครื่องมือต่าง ๆ ถ้าเราสามารถผลิตได้และปรับปรุงให้มีคุณภาพดี ก็สามารถส่งขายในต่างประเทศเพื่อนำรายได้เข้าประเทศ และยังสามารถปรับปรุงและพัฒนาให้มีความหลากหลายและใช้ได้อย่างคุ้มค่า

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางด้านกีฬามีความเจริญก้าวหน้าและทันสมัย มีอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีมากมายและยังมีการคิดค้นพัฒนาอยู่ตลอดเวลา เพื่อจะนำมาพัฒนาการกีฬาด้านต่าง ๆ ให้มีคุณภาพ เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ถือเป็นอุปกรณ์ทางเทคโนโลยีทางด้านกีฬาอีกชิ้นหนึ่งที่สามารถนำมาซึ่งการพัฒนาทางด้านกีฬาประเภทวิ่งระยะสั้น

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
2. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยการใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักวิ่งระยะสั้นซึ่งใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง(Purposive sampling)
3. ตัวแปรที่จะศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

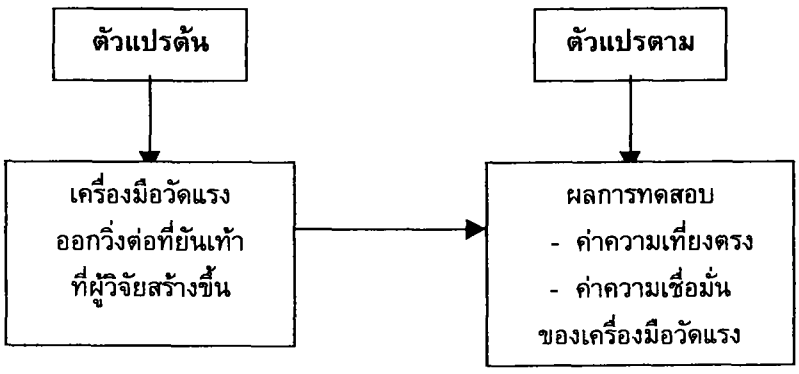
3.2 ตัวแปรตาม คือ ผลการทดสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าโดยการหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

นิยามศัพท์เฉพาะ

นักวิ่งระยะสั้น หมายถึง นักวิ่งในระยะทาง 100 เมตร ซึ่งเป็นนักกีฬาของจังหวัดตาก เป็นนักกีฬาที่กำลังศึกษาอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก และนักเรียนจังหวัดตาก

เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า หมายถึง เครื่องมือวัดแรงที่ติดอยู่กับที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

กรอบแนวคิด



ข้อจำกัดในการวิจัย

เนื่องจากความก้าวหน้าและทันสมัยของเทคโนโลยี ทำให้ผู้วิจัยมีข้อจำกัดในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่เป็นผลให้เครื่องวัดแรงที่สร้างขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพในการทำงานไม่เป็นไปตามที่ต้องการทั้งหมด มีความคลาดเคลื่อน แต่ยังเป็นที่ยอมรับได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. กรีฑา
   1.1 พื้นฐานเบื้องต้นในการพัฒนาปรับปรุงความเร็ว
   1.2 องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว
2. แรงที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย
   2.1 ความหมายของแรงและลักษณะของการเคลื่อนไหวของร่างกาย
   2.2 ลักษณะของการออกแรงวิ่งต่อที่ยันเท้า
3. เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า
   3.1 การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า
   3.2 การทดสอบเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า
4. รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ
   4.2 งานวิจัยในประเทศ

พื้นฐานเบื้องต้นของการพัฒนาปรับปรุงความเร็ว

ในการแข่งขันกีฬาแทบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นการแข่งขันในระดับใดก็ตาม หากนักกีฬาสามารถควบคุมการเคลื่อนไหว โดยใช้ความเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพสัมพันธ์กับขั้นตอนของทักษะการเคลื่อนไหวในกิจกรรมนั้น ๆ ย่อมก่อให้เกิดผลดีทั้งต่อตนเองและเพื่อนร่วมทีม การปฏิบัติทักษะกิจกรรมการเคลื่อนไหว ความสามารถในการเคลื่อนที่และการเปลี่ยนตำแหน่งได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับลักษณะของรูปแบบการเคลื่อนไหว ย่อมส่งผลให้เกิดความได้เปรียบในเกมการแข่งขันที่กำลังดำเนินอยู่ทุกโอกาส และทุกจังหวะที่นักกีฬาจะสามารถกระทำได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเร็วในการเคลื่อนที่ระยะทาง 20-40 เมตรแรกนั้น นับเป็นหัวใจสำคัญของกีฬาหลายชนิดอาทิเช่น ฟุตบอล บาสเกตบอล แฮนด์บอล, ซอฟบอล ฮอกกี้ รักบี้ เทนนิส และกรีฑา ประเภทวิ่งระยะสั้น ข้อเท็จจริงที่สำคัญประการหนึ่งที่นักกีฬาพึงจะได้ตระหนักไว้ คือ ความเร็วเป็นคุณสมบัติที่สามารถพัฒนาหรือสร้างเสริมปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ด้วยการจัดระบบการฝึกให้ถูกต้องเหมาะสมและต่อเนื่องสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าคุณลักษณะบางประการจะถูกถ่ายทอด และกำหนดไว้ด้วยศักยภาพสูงสุดทางด้านพันธุกรรม (Genetic make - up) แล้วก็ตาม การฝึกก็ยังคงมีบทบาทสำคัญต่อการที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความเร็วให้ได้ผลดียิ่งขึ้นเสมอ สิ่งเหล่านี้สามารถพิสูจน์ได้จากสถิติผลการแข่งขันกรีฑาประเภทวิ่งระยะสั้น ที่ได้มีการทำลายสถิติกันเรื่อยมานับแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ถึงแม้ว่าอัตราส่วนของช่วงการพัฒนาปรับปรุงสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการพัฒนาสถิติของการวิ่งระยะกลางและระยะไกลแล้ว จะมีอัตราส่วนของช่วงการพัฒนาหรือโอกาสของความเป็นไปได้ที่ยากกว่าหรือน้อยกว่าก็ตาม

ความทะเยอทะยานของมนุษย์ในการที่จะแข่งขันกันทางด้านความเร็ว เป็นแรงกระตุ้นให้เกิดความพยายามในการคิดค้นหารูปแบบ วิธีการฝึกเพื่อสร้างเสริมพัฒนาปรับปรุงความเร็ว อย่างไม่หยุดยั้งด้วยการศึกษา ค้นคว้าวิจัย และทำการทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญทุกสาขาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวและการกีฬา โดยเฉพาะทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ซึ่งมีผลงานการค้นคว้าทดลองใหม่ ๆ ปรากฏออกมาอยู่เสมอไม่ว่าจะเป็นทางด้านการปรับปรุงรูปแบบหรือเทคนิคการเคลื่อนไหวอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน รวมทั้งการจัดระบบและวิธีการฝึกซ้อม ให้เหมาะสมกับลักษณะการเคลื่อนไหวที่เป็นธรรมชาติของมนุษย์โดยให้สัมพันธ์และเหมาะสมกับรูปแบบของแต่ละชนิดกีฬา องค์ประกอบเหล่านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อการสร้างสรรค์ปรับปรุงให้ก้าวหน้าทันสมัย และได้มาตรฐานอยู่เสมอ ด้วยการอาศัยวิวัฒนาการความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

รูปร่างสัดส่วน (Body Type)

จากสภาพความเป็นจริง และข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้จากการแข่งขันประเภทความเร็ว หรือการวิ่งระยะสั้นตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบันพบว่า รูปร่างสัดส่วนของนักกีฬาวิ่งระยะสั้น (Sprinters) ที่กำหนดไว้เป็นหลักการทางทฤษฎีนั้นคงเป็นแต่เพียงแนวความคิดที่คาดหวังไว้ตามหลักวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวทางกีฬา ถึงความน่าจะเป็นไปได้เท่านั้น ทั้งนี้ เพราะจากสภาพที่เป็นจริงในทางปฏิบัติจะพบว่านักกีฬาที่มีความสามารถทางด้านความเร็วหรือนักวิ่งเร็วส่วนมาก มีรูปร่างสัดส่วนแตกต่างกันไปจากรูปแบบที่กำหนดไว้ ทางทฤษฎี ไม่ว่าจะเป็นทางด้านอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง หรือแม้แต่สัดส่วนโครงร่างของร่างกาย เช่น ความยาวของช่วงขา เป็นต้น แม้ว่าในปัจจุบันสถิติผลการแข่งขันทางด้านความเร็วจะได้รับการพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นมากก็ตาม แต่รูปร่างสัดส่วนของนักกีฬาประเภทนี้ก็ยังคงมีความแตกต่างกันเหมือนเช่น ในอดีตที่ผ่านมาสิ่งนี้อาจจะเป็นข้อพิสูจน์ทางธรรมชาติหรือลักษณะทางพันธุกรรมได้อีกประการหนึ่งว่า ความเร็วเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติที่สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรม(Heredity)ได้ ขณะเดียวกันก็สามารถที่จะสร้างเสริมให้พัฒนาขึ้นได้ด้วยการฝึก อย่างไรก็ตาม นักกีฬาที่มีรูปร่างสัดส่วนหรือมนุษยมิติ (Anthropometry) ที่ได้มาตรฐานเหมาะสมกับชนิดหรือประเภทกีฬาตามที่กำหนดไว้ย่อมมีโอกาสพัฒนาขีดความสามารถได้ดีกว่าหรือสูงกว่า

การถ่ายทอดลักษณะทางด้านพันธุกรรม (Heredity)

ลักษณะตลอดจนคุณสมบัติทางด้านรูปพรรณสัณฐานนี้ เป็นสิ่งที่สามารถถ่ายทอดจากเซลสืบพันธุ์ของพ่อแม่ไปยังลูกได้ โดยอาศัยการวิเคราะห์ตรวจสอบผลทางเคมี (Chemical Analysis) จากเซลสืบพันธุ์ของพ่อแม่ ซึ่งความเร็วเป็นลักษณะหนึ่งในหลายลักษณะที่สามารถถ่ายทอดสืบต่อกันได้ทางพันธุกรรม นอกเหนือจากการตรวจสอบผลทางด้านเคมีแล้ว วิธีการศึกษาข้อมูลในอดีตหรือการเก็บรวบรวมประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับสถิติผลการแข่งขัน ความสนใจ ความถนัดในทักษะกีฬาของพ่อแม่เปรียบเทียบกับลูกในวัยเดียวกัน ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาประกอบเป็นแนวทางในการประเมินลักษณะทางพันธุกรรมเพื่อคัดเลือกหรือจัดเตรียมรูปแบบ ตลอดจนวิธีการฝึกให้ถูกต้องเหมาะสมและบังเกิดผลดีต่อนักกีฬามากที่สุด การถ่ายทอดลักษณะทางด้านพันธุกรรมที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ โครงสร้างของกล้ามเนื้อในร่างกายโดยเฉพาะกล้ามเนื้อลาย (Striated Muscle) ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของแรงที่ใช้ในการเคลื่อนไหว

โดยมีระบบประสาททำหน้าที่ควบคุมและสั่งงานให้เคลื่อนไหวตามต้องการ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ยึดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ประกอบเป็นโครงร่างให้มีรูปร่างทรวดทรงและคงสภาพอยู่ได้ กล้ามเนื้อลายแต่ละมัด (Muscle group)ประกอบด้วยเส้นใย(Fibers)ที่สำคัญคือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-Twitch Muscle Fiber) ซึ่งเป็นเส้นใยมีขนาดใหญ่แข็งแรงหดตัวได้เร็ว ทำงานประเภทที่ใช้กำลังความแข็งแรงและความเร็วได้ดี แต่ไม่ค่อยอดทน อีกชนิดหนึ่งคือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-Twitch Muscle Fiber) ขนาดของเส้นใยเล็กกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว แข็งแรงน้อยกว่าหดตัวได้ช้ากว่า แต่ทำงานประเภทใช้ความอดทนหรือทำงานที่ใช้เวลาติดต่อกันนานๆ ได้ดี เพราะมีมัยโอโกลบิน (Myoglobin) มาก

ในการเคลื่อนไหวส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายจำเป็นต้องอาศัยหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor Units) ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดประกอบด้วยระบบประสาทและกล้ามเนื้อ กล่าวคือ ในหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวแต่ละหน่วยจะมีเซลประสาท 1 ตัว(Motor Neuron) รวมกับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle Fibers) ที่แอกซอน(Axon) ของเซลล์ประสาทนั้นไปจับอยู่ 3 จำนวนเซลของกล้ามเนื้อในแต่ละหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวจะแตกต่างกัน เช่น หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อตา จะมีเซลกล้ามเนื้อเพียง 5-6 เซล ส่วนหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อน่องมีเซลกล้ามเนื้อถึง 2,000 เซล ในขณะที่กล้ามเนื้อต้นแขนด้านหน้า (Biceps Brachii) จะมีหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวอยู่ถึง 200 หน่วย ในการออกกำลังกายหรือการเคลื่อนไหว ร่างกายจะใช้หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวแตกต่างกันตามความหนักเบาของประเภทกิจกรรมและรูปแบบของการเคลื่อนไหว เช่น ในการวิ่งหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว ที่ใช้ควบคุมการทำงานจะมากกว่าที่ใช้ในการเดิน และถ้าหากการเคลื่อนไหวนั้นยังคงดำเนินอยู่ต่อไปจำนวนหน่วยควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการวิ่ง จะถูกเรียกใช้เป็นจำนวนมากขึ้น ยิ่งถ้าวิ่งเป็นเวลานาน จนกระทั่งเกิดอาการเมื่อยล้า อาจจะต้องเรียกใช้หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวที่มีอยู่ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแรงงานที่ได้จากแต่ละหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวจะค่อย ๆ ลดน้อยลงไป ในขณะที่การวิ่งเร็ว ยังคงดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ ทำให้ต้องเรียกใช้หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวที่เหลืออยู่เพิ่มขึ้น เพื่อให้การทำงานนั้นยังคงสามารถดำเนินอยู่ต่อไปได้ และเมื่อเรียกใช้หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องจนหมดแล้ว แต่การทำงานนั้นยังคงดำเนินอยู่ต่อไป แรงงานก็จะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งไม่สามารถทำงานหรือเคลื่อนไหวต่อไปได้อีก เมื่อถึงขั้นนี้ก็จะมีองค์ประกอบอื่น จำนวนมากที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับความเหน็ดเหนื่อยของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีรายละเอียดที่ควรศึกษากันต่อไป

ชาร์กี้(เจริญ กระบวนรัตน์. 2538 : 26 ; อ้างอิงจาก Sharkey. : n.d.) ได้กล่าวถึงหน่วยควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor Units) จำแนกออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมีลักษณะหดตัวได้เร็วและเหนื่อยเร็ว (Fast Contracting with Fast Fatique)

2. หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า มีลักษณะหดตัวได้เร็วแต่เหนื่อยช้า (Fast Contracting Butfatique Resistance)

3. หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวที่หดตัวช้ามาก (Slow Contracting)

บางครั้งเราจะเห็นว่าการเคลื่อนไหวบางทักษะเป็นไปอย่างละมุนละไมหรือมีความสัมพันธ์กันดีโดยไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกขัดแย้งหรืออาการเกร็งในการเคลื่อนไหวนั้น ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวในการทำงานเป็นไปอย่างสัมพันธ์กลมกลืนและต่อเนื่องกัน ซึ่งส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพ ในการเคลื่อนไหวมากยิ่งขึ้น เนื่องจากหน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว

(Fast-Twitch Units) มีขีดความสามารพในการควบคุมการหดตัวได้เร็วกว่าหน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า(Slow-Twitch Units) ประมาณ 2-4 เท่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือเส้นในกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-Twitch Fiber) มีขีดความสามารถในการหดตัวได้เร็วกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-Twitch Fiber) 3 เท่า ดังนั้นนักกีฬาที่ได้รับการถ่ายทอดลักษณะทางด้านพันธุกรรมเกี่ยวกับโครงสร้างของกล้ามเนื้อ โดยที่กล้ามเนื้อแต่ละมัดมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก ย่อมได้เปรียบเมื่อต้องการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจาก หน่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว มีขีดความสามารถจำกัดในการทำงาน โดยสามารถออกแรงเต็มที่ได้เพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ประมาณ 6-10 วินาที หลังจากนั้นหากการเคลื่อนไหวยังคงดำเนินอยู่ต่อไป หน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะถูกเรียกใช้ให้เข้ารับหน้าที่แทน เพื่อให้การเคลื่อนไหวสามารถดำเนินต่อไปได้ ยกเว้นในบางจังหวะของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็ว อาทิเช่น การเร่งความเร็วเพื่อแซงหนี หรือเข้าเส้นชัย ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนไหวดังกล่าวนี้ หน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จะถูกเรียกใช้ให้ทำหน้าที่แทน ชั่วขณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะระบุลงไปอย่างแน่ชัดว่าในการวิ่งเร็ว (Sprinting) หน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว จะถูกเรียกใช้ให้ทำหน้าที่เป็นจำนวนมากน้อยเท่าใด เว้นแต่จะตัดเอากล้ามเนื้อในร่างกายออกมาวิเคราะห์ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Muscle Biopsy)ทั้งนี้ เนื่องจากอัตราส่วนหรือสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วกับเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าในแต่ละคนมีความแตกต่างกันโดยกำเนิด ผลการศึกษาค้นคว้าทดลองพบว่า โครงสร้างกล้ามเนื้อของนักกีฬาประเภทวิ่งเร็วหรือนักวิ่งระยะสั้น ประกอบด้วยหน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเป็นจำนวนมาก ตรงกันข้ามพบว่านักกีฬาประเภทวิ่งระยะไกลมีโครงสร้างกล้ามเนื้อประกอบด้วยหน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใย กล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นจำนวนมาก สำหรับนักกีฬาประเภทวิ่งระยะกลาง อัตราส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดตลอดจนหน่วยควบคุมการหดตัวจะมีอัตราส่วนและปริมาณในการทำงานที่ใกล้เคียงกันมาก จะเห็นได้จากตาราง 1

การจัดโปรแกรมการฝึกที่มุ่งเน้นหนักทางด้านความแข็งแรงและความเร็วสูงสุดนั้น สามารถเปลี่ยนลักษณะตลอดจนคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าให้เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วได้ ในทำนองเดียวกันการฝึกทางด้านความทนทานจะมีผลทำให้หน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว มีความอดทนเพิ่มขึ้น จนใกล้เคียงกับหน่วยควบคุมการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า การเปลี่ยนแปลงอันเกิดจากการฝึกในลักษณะดังกล่าวนี้ จะมีผลไปถึงความเร็วและความอดทน ในการหดตัวของกล้ามเนื้อรวมทั้ง ความเร็วในการก้าวเท้าต่อวินาทีเพิ่มขึ้น ทำให้สถิติในการวิ่งดีขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวนี้ การจัดโปรแกรมการฝึกให้กับนักกีฬาประเภทวิ่งระยะสั้น จึงควรมุ่งฝึกโดยเน้นหนักทางด้านกำลังความแข็งแรงและความเร็วมากที่สุด เพื่อกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะหรือคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อจากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากขึ้น ด้วยการฝึกยกน้ำหนัก วิ่งลากยาง วิ่งเร็วลงจากเนินหรือทางลาดเอียง รวมทั้ง การฝึกกระโดดในรูปแบบต่าง ๆ กัน (Plyometrics)

ตาราง 1 แสดงการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วคิดเป็นร้อยละเปรียบเทียบกันระหว่างประเภทกิจกรรมกีฬาที่ใช้ความเร็วกับความอดทน

ประเภทของกิจกรรม	การทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว(คิดเป็นร้อยละ)	
	ชาย	หญิง
ประเภทกิจกรรมที่ใช้ความเร็ว		
- นักวิ่งเร็ว ระยะทาง 100-200 เมตร	48-80	72-75
- นักฮอกกี้น้ำแข็ง	44-62	-
- นักทุ่มน้ำหนัก, นักขว้างจักร	50-88	45-50
กิจกรรมประเภทที่ใช้ความอดทน		
- นักสกีข้ามภูเขา	25-45	25-50
- นักจักรยาน	25-50	35-65
- นักวิ่ง 800 เมตร	40-64	25-55
- คนธรรมดาทั่วไป	25-62	25-72

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการฝึกความเร็ว* : 6

ลักษณะการไหลเวียนเลือด (Circulatory Characteristics)

ระบบไหลเวียนเลือดนั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ หัวใจ หลอดเลือด เลือดและความดัน การออกกำลังทำให้หัวใจเต้นเร็วและแรงขึ้น เนื่องจากร่างกายต้องการเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อและอวัยวะ ที่ทำงานมากขึ้น ในการทำงานของระบบไหลเวียนเลือด หัวใจจะบีบและคลายตัวสลับกันเป็นจังหวะ เป็นเหตุให้หลอดเลือดยืดหยุ่นตัวเป็นจังหวะตามไปด้วย ทำให้เกิดคลื่นที่สามารถสัมผัสได้ เรียกว่า ชีพจร (Pulse) เกิดจากการหดและขยายตัวของหลอดเลือดแดง เนื่องจากการไหลผ่านของเลือด หัวใจของผู้ที่ออกกำลังกายอยู่เสมอ จะเต้นช้ากว่าผู้ที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย นักกีฬาประเภทวิ่งระยะสั้นหรือนักวิ่งเร็ว ขณะพักผ่อนชีพจรปกติหัวใจ จะเต้นสูงกว่านักวิ่งระยะไกล การฝึกซ้อมเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันระยะทางตั้งแต่1,500 เมตรขึ้นไป จนกระทั่งถึงการวิ่งมาราธอน จะค่อย ๆ ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ หรืออัตราการเต้นของชีพจรลดลง ขณะเดียวกันกลับเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของหัวใจให้ดียิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ในการฝึกความเร็วจึงทำให้เกิดผลของความเปลี่ยนแปลงทางด้านระบบไหลเวียนเลือดและอัตราการเต้นของชีพจรน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกความอดทนหรือการวิ่งระยะไกล

จะเห็นได้ว่าความเร็วเป็นคุณสมบัติที่สามารถพัฒนา สร้างเสริมหรือปรับปรุงให้ก้าวหน้าขึ้นได้ด้วยการจัดระบบการฝึกให้ถูกต้องและเป็นไปอย่างต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ไม่ว่านักกีฬาจะมีรูปร่างสัดส่วน อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง หรือแม้แต่การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันมาโดยกำเนิดก็ตาม ทุกคนสามารถที่จะสร้างความเร็วให้เกิดขึ้นกับตนเองได้ ด้วยการจัดโปรแกรมการฝึกให้เหมาะสมกับตนเอง แม้ว่าการถ่ายทอดคุณลักษณะบางประการที่เกี่ยวข้องกับพันธุกรรม เช่น โครงสร้างของกล้ามเนื้อ ซึ่งประกอบ

ด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล และมีผลต่อขีดความสามารถสูงสุด แต่ผลของการฝึกที่ได้สัดส่วนถูกต้องเหมาะสมก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและลักษณะเฉพาะด้านของเส้นใยกล้ามเนื้อได้เช่นกัน ดังนั้นการฝึกจึงนับได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญที่มีบทบาทและอิทธิพลต่อการพัฒนาปรับปรุงความเร็ว ขณะเดียวกันไขมันและน้ำหนักตัวที่มากเกินไป เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความเร็วและประสิทธิภาพในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง รวมทั้งเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายด้วย

สิ่งที่ส่งผลกับความเร็ว (Ergogenic Aids and Speed)

1. ในสภาวะปกติของคนโดยทั่วไป ค่าของความเป็นกรด - ด่างในเลือดแดง จะมีค่าประมาณ 7.2-7.5 หากความสมดุลของค่าความเป็นกรด - ด่าง ในร่างกายนี้เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อหรือร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และการที่ร่างกายมีด่างสำรองเพิ่มขึ้น จะทำให้การสะสมของกรดเกิดขึ้นได้ช้า อันเป็นผลดีต่อการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม ด่างสำรองที่เพิ่มขึ้นนี้ไม่มีผลโดยตรงต่อความเร็ว

2. การใช้ยากระตุ้นไม่มีผลต่อการเพิ่มความเร็วแต่ประการใดและผลจากการใช้ยาจะเป็นอันตรายต่อร่างกายทำให้เกิดการติดยา นอนไม่หลับ ความดันและระบบไหลเวียนเลือดผิดปกติ

3. บุหรี่มีผลเสียต่อความเร็วในการวิ่งระยะสั้นและเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ

4. สารจำพวกคาเฟอิน (Caffeine) ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อการกระต้อนร่างกายในรูปแบบต่างๆ กัน

5. ฮอร์โมนและสารประเภทสเตอร์รอยด์ (Hormones and Other Steroids) มีผลในทางเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ทำให้ได้เปรียบในด้านความแข็งแรงแต่ไม่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนไหว การใช้สารประเภทดังกล่าวต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน จะเป็นอันตรายต่ออวัยวะภายในและระบบการทำงานของร่างกาย ตลอดจนความยืดหยุ่นตัวของเอ็นและกล้ามเนื้อ

6. การพยายามหายใจเอาออกซิเจนเข้าไท ก่อนเริ่มการแข่งขันวิ่งระยะสั้น ไม่อาจช่วยให้ความเร็วในการวิ่งดีขึ้น เพราะการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะปฏิบัติการเคลื่อนไหวนั้น เป็นการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน การหายใจเอาออกซิเจนเข้าไปในช่วงก่อนหรือในระหว่างที่ปฏิบัติการเคลื่อนไหว จึงไม่มีผลต่อความเร็วในการวิ่งแต่ประการใด

7. สารฟอสเฟต (Phosphates) ที่มีปะปนอยู่ในอาหารที่รับประทานเข้าไปในแต่ละมื้อสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกาย และมีผลช่วยให้ร่างกายฟื้นตัวจากอาการเหน็ดเหนื่อยได้เร็วขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มความเร็วในการวิ่งให้กับนักกีฬา

กำลังระเบิด ความแข็งแรง และความเร็ว (Explosive power Strength and Speed)

1. ในการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าด้วยความเร็วจำเป็นต้องอาศัยกำลังและความแข็งแรงเป็นองค์ประกอบสำคัญ นักกรีฑาที่มีแต่ความแข็งแรงเพียงอย่างเดียว แต่ขาดกำลังระเบิด (Explosive Power) ที่จำเป็นต้องใช้ในการออกตัวหรือเปลี่ยนจังหวะในการปรับเร่งความเร็วในการเคลื่อนไหว ผลก็คือความเร็วต้นในการวิ่งระยะสั้นไม่ดีเท่าที่ควรดังนั้นในการฝึกเพื่อพัฒนาความเร็วในการวิ่งจึงจำเป็นต้องเน้นทั้งในด้านความแข็งแรงและกำลังกล้ามเนื้อควบคู่กันไป

2. การเพิ่มความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถทำได้ด้วยการพิจารณาเลือกใช้วิธีการและแบบฝึกให้เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละบุคคล

3. ความเร็วในการวิ่งระยะสั้น สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นด้วยการฝึกความแข็งแรงและกำลังขาตลอดจนความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Type of Muscle Fiber)

1. กล้ามเนื้อในร่างกายทุกคนประกอบด้วยเส้นใย 2 ชนิดคือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (White Fiber) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวได้เร็ว (Fast-Twitch Fiber) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Red Fiber) หรือเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-Twitch Fiber) ในการเคลื่อนไหวที่รวดเร็วจำเป็นต้องอาศัยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเป็นตัวออกแรงในการทำงาน

2. ในกรณีที่ส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าอีกชนิดหนึ่ง ประสิทธิภาพในการเคลื่อนไหวของร่างกาย ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะและคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนั้น เช่น ถ้าหากขามีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วมากกว่าที่แขน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ขาสามารถเคลื่อนไหวได้เร็วกว่าแขน

3. นักกีฬาคนใดที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วที่ขามากจะสามารถวิ่งระยะสั้นได้ดี แต่ถ้ามีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้ามาก ก็เหมาะสมที่จะเป็นนักวิ่งระยะไกลที่ดี

ระยะเวลาของปฏิกิริยาในการตอบสนองกับความเร็ว (Reaction Time and Speed)

ระยะเวลาของปฏิกิริยาในการตอบสนอง (Reaction Time) หรือระยะเวลาของการสะท้อนกลับ (Reflex Time) หมายถึง ระยะเวลาที่ระบบประสาทรับรู้การกระตุ้นจากสิ่งเร้า จนถึงกระแสประสาทสั่งงานไปถึงอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกลไกการเคลื่อนไหว(Effector) ซึ่งเปรียบเทียบได้กับการปล่อยตัวนักวิ่งในการวิ่งแข่งขัน ช่วงเวลาดังกล่าวนี้จะเริ่มนับจากจุดที่นักวิ่งได้ยินสัญญาณปืนปล่อยตัว จนกระทั่งถึงจุดที่นักวิ่งกำลังจะเริ่มต้นออกวิ่ง ระยะเวลาของปฏิกิริยาในการตอบสนองนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มของการกระตุ้น สภาพร่างกาย ระบบประสาทและอิทธิพลของยาบางชนิด อย่างไรก็ตาม นักวิ่งระยะสั้นที่ดีจะต้องสามารถสนองตอบหรือมีปฏิกิริยาตอบโต้ได้รวดเร็ว ซึ่งปฏิกิริยาการตอบสนองนี้ สามารถฝึกให้ดีขึ้นได้ด้วยการจัดระบบขั้นตอนของการฝึกให้สอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริงในการเคลื่อนไหว นักกีฬาที่มีปฏิกิริยาในการตอบสนองดี จะช่วยให้การเคลื่อนไหวเสียเวลาน้อยแต่ได้ระยะทางเพิ่มขึ้น ในการวิ่งเร็วระยะทางไม่เกิน 40 เมตร นักกีฬาที่มีปฏิกิริยาในการตอบสนองดีจะสามารถลดเวลาในการวิ่งของตนลงได้ประมาณร้อยละ 7-24

ตาราง 2 ระยะเวลาของปฏิกิริยาในการตอบสนองของนักวิ่งระยะสั้นในการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกในปี ค.ศ. 1972

ประเภทการแข่งขัน	ชาย	หญิง	ความแตกต่าง
วิ่ง 100 เมตร	0.16 วินาที	0.18 วินาที	0.02 วินาที
วิ่ง 100 เมตร/110 เมตร	0.16 วินาที	0.17 วินาที	0.01 วินาที
วิ่ง 200 เมตร	0.21 วินาที	0.25 วินาที	0.04 วินาที
วิ่ง 400 เมตร	0.26 วินาที	0.27 วินาที	0.01 วินาที

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการฝึกความเร็ว* : 13.

โดยปกติทั่วไประยะเวลาของปฏิกิริยาในการตอบสนองของนักวิ่งระยะสั้นชั้นนำของโลก ประมาณ 0.12 วินาที และจากการพิสูจน์โดยการทดลอง ไม่ปรากฏว่ามีนักวิ่งระยะสั้นคนใดสามารถใช้ระยะเวลาของปฏิกิริยาในตอบสนองได้ต่ำกว่า 0.10 วินาที

ช่วงก้าวกับความเร็ว (Stride and Speed)

1. ความเร็วสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการเพิ่มความยาวของช่วงก้าว และรักษาอัตราความเร็วสูงสุดในการก้าวเท้าไว้ให้นานที่สุด

2. การเพิ่มความยาวของช่วงก้าว สามารถทำได้โดยการฝึกกำลังความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา รวมทั้งความอ่อนตัวให้มากขึ้น ซึ่งองค์ประกอบทั้งสามนี้ คือ พื้นฐานสำคัญของการพัฒนาปรับปรุงความเร็วในการวิ่ง

3. การวิ่งเร็ว คือ การเคลื่อนไหวในลักษณะของการก้าวเท้ากึ่งกระโดดจากเท้าหนึ่งไปยังอีกเท้าหนึ่ง ดังนั้นการที่จะเพิ่มความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง จึงควรจัดแบบฝึกการกระโดดต่าง ๆ เข้าไว้ในโปรแกรมการฝึกของนักวิ่งระยะสั้นด้วย เพื่อเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อขาในการก้าวเท้าวิ่งให้กับนักกีฬา

อัตราความเร็วในการก้าวเท้ากับความเร็ว (Stride Rates and Speed)

ดังได้กล่าวไว้แล้วว่า ความเร็วสามารถพัฒนาเสริมสร้างขึ้นได้ด้วยการฝึกเพิ่มความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง และพยายามรักษาอัตราความเร็วสูงสุดในการก้าวเท้าให้คงที่นานที่สุด นอกจากนี้การจัดระบบการฝึกและการเลือกใช้วิธีการฝึกที่ถูกต้องเหมาะสมของผู้ฝึกสอนกีฬา ที่มีความรู้ความสามารถอย่างแท้จริง จะช่วยพัฒนาอัตราความเร็วในการก้าวเท้าวิ่งให้กับนักกีฬาได้เพิ่มขึ้น ดังเช่น การใช้วิธีการฝึกเสริมความเร็วโดยการลากดึง (Towing) ด้วยเครื่องฝึกความเร็วแบบอัตโนมัติ (The Sprint Master) หรือใช้รถยนต์ลาก สามารถเพิ่มอัตราความเร็วในการก้าวเท้าและลดเวลาในการวิ่งเร็วระยะทาง 40 เมตร ลงได้ประมาณ 4/10 วินาที การวิ่งเร็วลงเนิน-ขึ้นเนินต่อเนื่องกัน (Downhill – Uphill Sprinting)ช่วยเพิ่มอัตราความเร็วในการก้าวเท้าภายใน 1 วินาทีได้ดีกว่าการฝึกวิ่งเร็วบนพื้นราบ และการฝึกวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดบนลู่กล (Treadmill) โดยใช้อัตราความเร็วเฉลี่ยประมาณ 10.0-10.5 วินาที ต่อระยะทาง 100 เมตร จะช่วยพัฒนาทั้งอัตราความเร็วในการก้าวเท้าและความเร็วในการวิ่งระยะสั้นให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ความเร็วในการแข่งขันวิ่ง 100 เมตรชาย ในการแข่งขันกรีฑาชิงแชมป์โลก ครั้งที่ 2 ณ กรุงโรม ประเทศอิตาลี เดือนสิงหาคม ปี ค.ศ.1987

ระยะทาง	คาร์ล ลูอิส(Carl lewis)		เบน จอร์นสัน(Ben Johnson)	
เมตร	วินาที	กม./ชม.	วินาที	กม./ชม.
0-10	1.94	18.56	1.86	19.35
10-20	1.03	34.95	1.01	35.64
20-30	0.95	37.89	0.93	38.70
30-40	0.85	42.35	0.86	41.86
40-50	0.90	40.00	0.89	40.44
50-60	0.83	43.37	0.83	43.37
60-70	0.83	43.37	0.83	43.37
70-80	0.90	40.00	0.90	40.00
80-90	0.86	41.86	0.87	41.37
90-100	0.84	42.85	0.85	42.35
สรุปผล	9.93	36.25	9.83	36.62

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการใช้ความเร็ว* : 17

จากสภาพการปรับตัวในแต่ละช่วงของการวิ่งเร็ว 100 เมตร ที่นำมาแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 นี้ จะสังเกตเห็นว่า ช่วงที่นักกีฬาสามารถใช้ความเร็วสูงสุดในการวิ่งได้อย่างแท้จริงนั้นมีระยะทางเพียงช่วงสั้น ๆ ประมาณ 15-20 เมตรเท่านั้น ส่วนช่วงปรับเร่งอัตราความเร็วในการวิ่งนับจากได้ยินสัญญาณปืนปล่อยตัว จนกระทั่งถึงอัตราความเร็วสูงสุดนั้น ใช้ระยะทางประมาณ 45-60 เมตร ซึ่งจะแตกต่างกันไปในนักกีฬาแต่ละบุคคล สำหรับปฏิกิริยาในการตอบสนองสัญญาณปืน หากนักกีฬามีการตอบสนองสัญญาณปืนช้า จะทำให้สภาพของการปรับตัวในทุกขั้นตอนนับตั้งแต่การเริ่มต้นออกวิ่ง การเร่งอัตราความเร็วและช่วงการปรับตัวอื่น ๆ จะช้าตามไปด้วย เป็นผลให้เกิดความเสียเปรียบอย่างมากในการแข่งขันวิ่งระยะสั้น นอกจากนี้ถ้าหากความยาวของช่วงก้าวไม่สม่ำเสมอ ความถี่ในการก้าวเท้าไม่คงที่และการปรับตัวของระบบการทำงานของร่างกายไม่พร้อม โดยเฉพาะระบบการทำงานแบบไม่ใช้ออกซิเจน จะทำให้นักกีฬาไม่สามารถเร่งความเร็วและรักษาสภาพความเร็วสูงสุดในการวิ่งของตนเองให้คงสภาพไว้ได้นานเท่าที่ควร ส่วนนักกีฬาประเภททีมโอกาสของการใช้ความเร็วเกินกว่า 40 เมตร มีไม่บ่อยครั้งนัก ส่วนใหญ่จะเป็นการเร่งความเร็วต่อจากระดับของความเร็วที่กำลังเคลื่อนไหวเพื่อเพิ่มความเร็วขึ้นสู่ระดับสูงสุดในบางโอกาสหรือบางจังหวะของการเคลื่อนไหวเท่านั้น ดังนั้นกำลังกล้ามเนื้อ ความยาวของช่วงก้าวและความถี่ในการก้าวเท้า จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก

แอคค์แลนและบลูมฟิลด์(Ackland & Bloomfield 1996 : 2-30)ได้กล่าวถึงความเร็วไว้ว่า ในการเคลื่อนที่ของความเร็วจะประสบความสำเร็จนั้น ประกอบไปด้วยหลาย ๆอย่างที่ต้องสัมพันธ์กัน คือ

1. ชนิดเส้นใยของกล้ามเนื้อ
2. ทักษะ

3. กล้ามเนื้อที่แทรก
4. ความยาวของคาน
5. สภาพของกล้ามเนื้อ
6. การปรับตัวของส่วนประกอบต่าง ๆ ในการใช้พลังงานได้อย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนการใช้ความเร็ว (Sprinting Strategy)

รายละเอียดและความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการใช้ความเร็วในแต่ละช่วงของการวิ่งสำหรับนักวิ่งประเภทลู่ระยะสั้น เท่าที่มีอยู่ในปัจจุบันยังน้อยมาก เมื่อเทียบกับกีฬาประเภทอื่น และเป็นการยากที่จะสรุปลงไปว่า การเร่งความเร็วในช่วงใดจึงจะให้ผลดีต่อการวิ่งมากที่สุด อย่างไรก็ตาม การเร่งความเร็วในการวิ่งมีหลักเบื้องต้นที่คล้ายคลึงกัน พอเป็นแนวทางในการปฏิบัติได้ ดังที่นำมาแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตาราง 4 ขั้นตอนการใช้ความเร็วในการวิ่งแต่ละช่วงของระยะทางการแข่งขันวิ่ง 100 เมตร

ระยะทาง	แนวทางในการปฏิบัติ
1. จุดเริ่มต้นออกวิ่งถึง	ใช้อัตราความเร็วร้อยละ 95 ของความเร็วสูงสุดและอัตราความเร่งระยะ 30 เมตร จะถูกใช้มากที่สุดในช่วง 15 เมตรแรก ซึ่งช่วงนี้มุมของลำตัวยังคงต่ำ และโน้มไปข้างหน้ามาก
2. ระยะ 30-60 เมตร	ในช่วงนี้อัตราความเร่งจะถูกเพิ่มขึ้นทีละน้อยจนกระทั่งถึงจุดสูงสุด ขณะเดียวกันจะต้องพยายามควบคุมท่าทางการวิ่งให้มีความสัมพันธ์กลมกลืนและไม่มีอาการเกร็งเกิดขึ้นในขณะใช้ความเร็วสูงสุด ช่วงนี้ มุมของลำตัวนักกีฬาที่วิ่งจะอยู่ในมุมปกติของการวิ่ง ซึ่งไม่จำเป็นต้องโน้มตัวไปข้างหน้ามากเหมือนกับการเริ่มต้นออกวิ่งในช่วงแรก
3. ระยะ 60-85 เมตร	ช่วงคงความเร็วสูงสุดไว้ในช่วงนี้เป็นช่วงสำคัญที่นักกีฬาจะต้อง พยายามรักษาความเร็วสูงสุดของ ตนไว้ให้นานที่สุด และไม่สมควรที่จะพยายามเร่งความเร็วขึ้นไปอีก เพราะจะทำให้เกิดอาการเกร็งและอาการเมื่อยเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การควบคุมท่าทางการวิ่งกระทำได้ยากอันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความเร็วลดลงอย่างรวดเร็วนักกีฬาที่สามารถควบคุมท่าทางการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดีในช่วงนี้จะทำให้การวิ่งและการใช้กล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กลมกลืนกัน มีผลทำให้ลำตัวนิ่ง และไม่มีอาการเกร็งเกิดขึ้นมากจนเกินไป ดังนั้นเมื่อผ่านช่วง 15-20 เมตรของการใช้ความเร็วสูงสุดไป แล้วการลดลงของอัตราความเร็วในการวิ่งจะเป็นไป อย่างช้า ๆ
4. ระยะ 85-100 เมตร	ในช่วงนี้ความเร็วจะเริ่มลดลง ซึ่งอัตราการลดลงนี้ จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายและการฝึกซ้อมของนักกีฬาแต่ละคน การใช้ความเร็วในช่วงนี้จะยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องจน กระทั่งผ่านเลยเส้นชัยไป 4-5 เมตร มุมของลำตัวในขณะวิ่งยังคงไม่เปลี่ยนแปลง การเข้าเส้นชัยไม่ควรกระโดดพุ่งตัวเข้าไป เพราะจะทำให้ความเร็วในขณะวิ่งลดลง

ที่มา: เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการใช้ความเร็ว* : 19.

องค์ประกอบหลักของความเร็วที่สำคัญ(The Major Attack Points)

องค์ประกอบสำคัญอันดับแรกที่ควรได้รับการพิจารณาในการปรับปรุงความเร็วในการวิ่ง คือ นักวิ่งระยะสั้น (Sprinters) จะต้องสามารถก้าวเท้าได้ยาวและเร็วกว่านักกีฬาประเภทอื่น ด้วยเหตุนี้ จึงควรมุ่งปรับปรุงองค์ประกอบ 5 ประการดังกล่าวแก่นักวิ่งระยะสั้นเป็นสำคัญ ส่วนนักกีฬาประเภททีมควรพิจารณาองค์ประกอบดังต่อไปนี้ควบคู่ไปด้วยคือ

1. ปฏิกิริยาในการตอบสนอง และความสามารถในการเริ่มต้นออกวิ่ง
2. การเร่งอัตราความเร็วจนกระทั่งถึงความเร็วสูงสุด
3. ความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง
4. ความถี่หรืออัตราความเร็วในการก้าวเท้า
5. การทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ดังนั้น ในการจัดเตรียมโปรแกรมการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาปรับปรุงความเร็วให้กับนักกีฬา จึงต้องมีการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว เพื่อวางแผนจัดโปรแกรมการฝึกซ้อมให้ถูกต้องเหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละบุคคล การพัฒนาปรับปรุงความเร็วขั้นสูงสุด จำเป็นจะต้องอาศัยโปรมแรกมการฝึกเฉพาะเจาะจง ที่เหมาะกับนักกีฬาแต่ละบุคคล ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เราสามารถพัฒนาความเร็วให้ดีขึ้นได้ด้วยการเพิ่มความยาวของช่วงก้าว และอัตราความเร็วในการก้าวเท้าให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆที่สำคัญและจำเป็นจะต้องได้รับการปรับปรุงควบคู่ไปพร้อมกันคือ ความสามารถในการออกวิ่ง (Starting Ability)อย่างรวดเร็ว ความสามารถในการเพิ่มอัตราความเร็ว (Acceleration)ในการวิ่งตลอดจนประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายแบบไม่ใช้ออกซิเจน(Anaerobic Capacity)

แรงที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย

การเคลื่อนไหวของมนุษย์ต้องอาศัยกลไกการทำงานของร่างกายทุก ๆ ส่วน ที่ต้องมีความสัมพันธ์กัน การเคลื่อนไหวพื้นฐานของร่างกายจะต้องเป็นไปตามระนาบและรอบแกนต่าง ๆ การศึกษาการเคลื่อนไหวของมนุษย์ได้มีการศึกษา และมีการวิวัฒนาการตามลำดับตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน ซึ่งการศึกษาการเคลื่อนไหวของมนุษย์นั้น จะมีศาสตร์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องชัดเจน 2 แขนง คือ

1. วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว(Kinesiology) เป็นการศึกษาแขนงหนึ่งที่กล่าวถึงการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ที่อาศัยหลักพื้นฐานทางกายวิภาคศาสตร์ สรีรวิทยา และกลศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ชีวกลศาสตร์(Biomechanics) เป็นการศึกษากลศาสตร์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เพื่อปรับปรุงและพัฒนาความสามารถในการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมกับทักษะกีฬาและมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม โดยต้องอาศัยข้อความรู้ของศาสตร์แขนงอื่นมาประยุกต์ใช้ เช่น ชีววิทยา กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยา แพทย์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ กลศาสตร์ เป็นต้น

การเคลื่อนไหวทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนไหวของสิ่งที่เรียกว่าที่เล็กที่สุด เช่น อะตอม หรือการเคลื่อนไหวของสิ่งที่ใหญ่ที่สุด เช่น ดาวนพเคราะห์ หรือการเคลื่อนไหวใด ๆ ก็ตามก็จะสามารถอธิบายได้ โดยใช้หลักการทางกลศาสตร์(กานดา ใจภักดี. 2526 : 3)

การศึกษาทางกลศาสตร์แบ่งได้ 2 ส่วน

1.1 สแตติคส์ (Statics)เป็นการศึกษาวัตถุหรือส่วนของร่างกายในภาวะที่อยู่นิ่งมีความสมดุลย์

1.2 ไดนามิค (Dynamics) เป็นการศึกษาวัตถุหรือส่วนของร่างกายในภาวะที่ มีการเคลื่อนไหว ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1.2.1 คิเนเมติคส์ (Kinematics) ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึง ลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยไม่นำเรื่องแรง พลังงานและโมเมนตัมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น การวัดระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ การงอขา การเหยียดขา การกางขา เป็นต้น

1.2.2 คิเนติกส์ (Kinetics) ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือร่างกาย โดยคำนึงถึง ลักษณะและส่วนประกอบของการเคลื่อนไหวที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยคำนึงถึงแรงที่มาทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ซึ่งอาจเป็นแรงจากภายในกล้ามเนื้อ หรือแรงจากภายนอกร่างกาย เช่นการศึกษาการเดิน ก็จะศึกษาถึงแรงดึงของกล้ามเนื้อ แรงดึงดูดของโลกและแรงตอบโต้

สุวัตร สิทธิหล่อ(2542 : 173) ได้กล่าวถึงคิเนติกส์ไว้ว่า เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแรงอันเป็นสาเหตุของการเคลื่อนไหว ได้แก่ แรงดึงดูดของโลก(Gravitational Force) แรงปฏิกิริยา(Ground Reaction Force) และแรงของกล้ามเนื้อรวมถึงพังผืดและเอ็น(Muscular and Ligament Force) การศึกษาในสาขานี้ต้องอาศัยเครื่องมือที่ใช้วัดแรงจากภายนอกที่ร่างกายกระทำหรือมากระทำต่อร่างกายได้แก่ ทรานสดิวเซอร์ ต่าง ๆ (Force Transducers)

แรง(Force)

แรง คือ สิ่งซึ่งพยายามหรือกระทำให้มวลสารเกิดการเคลื่อนไหว หรือพยายามทำให้สิ่งที่เคลื่อนที่ให้หยุดลง แรงแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ดังนี้

1. แรงขับเคลื่อน (Propulsive Force) เป็นแรงที่พยายามทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนไหว
2. แรงต้านทาน (Resistive Force) เป็นแรงที่พยายามต้านไม่ให้วัตถุเกิดการเคลื่อนไหว

แรง เป็นปริมาณเวคเตอร์ (Vector) ต้องมีขนาด (Magnitude) วัดเป็นหน่วยน้ำหนัก และทิศทาง (Direction) ซึ่งเขียนแทนด้วยลูกศร(⟶) แล้วแต่ทิศทางของแรงนั้น ๆ

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า การเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ของมนุษย์เรานั้น เกิดจากการทำงานของระบบกล้ามเนื้อและประสาท การที่กล้ามเนื้อหดตัวย่อมทำให้เกิดแรง ซึ่งเป็นสาเหตุแห่งการเคลื่อนไหว ดังนั้น สาเหตุของการเคลื่อนไหวก็คือแรง (Force) นั่นเอง ซึ่งสาเหตุของการเกิดแรงมีอยู่ 2 ประการดังนี้

1. แรงภายนอก (External Force) เป็นแรงต้านต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมจากภายนอกที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ ประกอบไปด้วย

1.1 แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก

1.2 แรงที่เกิดจากลมพัด

1.3 แรงที่เกิดจากแรงดึงดูดของแม่เหล็ก

1.4 แรงที่เกิดจากแรงดึงหรือแรงผลักของสิ่งมีชีวิต

2. แรงภายใน (Internal Force)

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's law of Motion)

ฮอลล์(Hall. 1999 : 397-398) ได้กล่าวถึง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน(Newton's law of Motion) ดังนี้

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 กฎของความเฉื่อย(Law of Inertia) วัตถุต่าง ๆ จะมีสภาพอยู่นิ่งหรือมีแนวการเคลื่อนไหวเป็นเส้นตรง ยกเว้นจะมีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุนั้นและแรงกระทำนั้นต้องมากกว่า วัตถุจึงจะเคลื่อนที่

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 กฎของความเร่ง(Law of Acceleration) ความเร็วของวัตถุในการเคลื่อนที่จะเป็นสัดส่วนกับแรงที่มากระทำต่อวัตถุนั้นและจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ถูกแรงนั้นกระทำ

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 3 กฎของปฏิกิริยา(Law of Action-Reaction) วัตถุใดๆ ก็ตามถ้ามีแรงมากระทำต่อมันก็จะมีแรงปฏิกิริยาตอบสนอง(reaction)ในทิศทางตรงกันข้าม ในจำนวนเท่าๆ กัน

แรงที่สำคัญต่อการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์นั้นประกอบด้วยแรง 2 แรง คือ

1. แรงดึงดูดของโลก จะทำให้ร่างกายเกิดความมั่นคง โดยแรงนี้จะกระทำที่จุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย และส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2. แรงดึงของกล้ามเนื้อ เป็นแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายหรือส่วนของร่างกาย ซึ่งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หรือที่จะได้จากกล้ามเนื้อนั้นจะมากจะน้อยขันอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อนั้น ๆ ว่าจะมีมากหรือน้อย ถ้าพื้นที่หน้าตัดของมัดกล้ามเนื้อมีมาก แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อก็จะมากด้วย เนื่องจาก จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมีมากขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อมีความเกี่ยวพันกับความแข็งแรงกล้ามเนื้อเช่นกัน

แรงถีบยันเท้า

เจริญ กระบวนรัตน์ (2538 : 148)ได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการออกวิ่งจากที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นไว้ดังนี้

1. นักวิ่งชั้นนำของโลก(Top-class Sprinters) สามารถออกแรงถีบยันเท้าทั้ง 2 ข้างได้เกือบพร้อมกัน หรือพร้อมกันทำให้เกิดแรงส่งตัวในขณะที่ออกตัววิ่ง และขณะทำการเร่งอัตราความเร็วในการวิ่งเพิ่มมากยิ่งขึ้น

2. การวางเท้าในการเริ่มต้นออกวิ่ง ควรวางเท้าข้างที่แข็งแรงไว้ด้านหลังเพื่อให้การเริ่มต้นถีบยันเท้าในจังหวะแรก สามารถส่งตัวออกจากจุดเริ่มต้นได้แรงเต็มที่

3. แม้ว่าแรงส่งตัวในการออกวิ่งจะมาจากเท้าหลังเป็นส่วนใหญ่ แต่ความเร็วในการออกวิ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการถีบยันเท้าหน้าได้เร็วเพียงใด

4. เข่าหลังที่งอทำมุมแตกต่างกันในท่าระวังจะมีผลทำให้แรงถีบยันเท้าของขาแตกต่างกันด้วย

5. แรงถีบยันเท้าจะแตกต่างกันไปตามความแข็งแรงของขา น้ำหนักตัว ประสบการณ์ มุมการงอของเข่าหลัง และระยะห่างของที่ยันเท้าทั้งสอง

6. แรงถีบยันเท้าดังกล่าวนี้มิใช่เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้สามารถเริ่มต้นออกวิ่งได้เร็วเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น การโน้มตัวไปข้างหน้า การปรับระดับสูงต่ำของจุดศูนย์ถ่วง มุมการงอ

ของเข่าทั้งสองข้าง รวมทั้งระยะห่างของมือทั้งสองที่วางจรดพื้น ตลอดจนการประสานงานของกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง

ชุมพล ปานเกตุ(2540 : 268-271)ได้กล่าวถึงเทคนิคการออกวิ่งระยะสั้น(Sprint Start)แบ่งขั้นตอนการออกวิ่งเป็น 4 ขั้นตอน(Phase)คือ

1. การเข้าที่(On your mark)
2. การเตรียมออกวิ่ง(Set)
3. การพุ่งตัวออกจากที่ยันเท้า(Drive)
4. การเร่งความเร็วให้เพิ่มขึ้น(Acceleration)

1. การเข้าที่ (On your mark)

1.1 การจัดที่ยันเท้า(Starting Blocks)ให้วางที่ยันเท้าหน้า(Block)ห่างเส้นเริ่ม(Staring Line)ประมาณ 2 ก้าวของตนเองและจากส่วนหน้าของที่ยันเท้าหน้าวัดเท้าถอยหลังอีกประมาณหนึ่งเท้าครึ่งจึงตั้งที่ยันเท้าอันหลัง

1.2 ตั้งที่ยันเท้าหน้าให้ราบกว่าอันหลัง

1.3 วางมือทั้ง 2 บนพื้นห่างกันประมาณความกว้างของช่วงไหล่ ให้น้ำหนักตัวส่วนหนึ่งอยู่บนแขนทั้งสองข้าง(แขนตึง)

1.4 วางเท้าทั้งสองลงบนที่ยันเท้า เข่าหลังวางบนพื้นเข่าหน้ายกขัน น้ำหนังตัวส่วนหนึ่งอยู่บนเข่าที่วางบนพื้น

1.5 ตามองบนพื้น

2. การเตรียมออกวิ่ง(Set)

2.1 เคลื่อนน้ำหนักตัวไปข้างหน้าให้อยู่บนแขนทั้งสองข้าง ให้ไหล่สูงกว่าศีรษะและให้ล้ำมือทั้งสองไปข้างหน้าเล็กน้อย

2.2 ยกส่วนก้นให้สูงขึ้นจนกระทั่งมุมของขาหน้าประมาณ 90 องศาและให้ก้นสูงกว่าไหล่

3. การพุ่งตัวออกจากที่ยันเท้า(Drive)

3.1 ดันตัวไปข้างหน้าด้วยเท้าหน้า ระวังการเคลื่อนไหวของแขนให้ถูกต้อง

3.2 ขณะเดียวกันก็ยกมือทั้งสองขันจากพื้น

3.3 ดึงเท้าหลังอย่างเร็วและก้าวไปข้างหน้า

3.4 เหยียดเข่าและสะโพกขึ้น เมื่อดันตัวออกมาจากที่ยันเท้า

4. การเร่งความเร็วให้เพิ่มขึ้น(Acceleration)

4.1 เมื่อเท้าสัมผัสพื้นดันตัวไปข้างหน้าอย่างเร็วและแรง

4.2 รักษาท่าทางในการวิ่งให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

4.3 ค่อยๆ ยกลำตัวขึ้นทีละน้อย

ไบรม์เมอร์ (Brimmer. 2002 : unpaged) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบ ที่สามารถพัฒนาบุคคลเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จหรือจุดหมายได้ 9 ประการ

1. รูปแบบการอบอุ่นร่างกาย
2. รูปแบบการออกวิ่ง
3. รูปแบบอัตราการเร่งที่สม่ำเสมอ
4. รูปแบบการเปลี่ยนแปลง

5. รูปแบบของความเร็วสูงสุด
6. ลักษณะการรักษาความเร็วให้คงที่
7. ลักษณะการเข้าเส้นชัย
8. ระยะเวลาในการหยุด
9. ระยะเวลาในการคืนสภาพ

เฮย์(Hay. 2533 : unpaged) ได้กล่าวถึงรูปแบบในการออกวิ่งจากที่ยันเท้า ว่ารูปแบบใดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในการออกวิ่งจากจุดสตาร์ทของนักวิ่งระยะสั้น ซึ่งมี อยู่สามแบบ คือ

1. แบบ Bunch or Bullet Start
2. แบบ Medium Start
3. แบบ Elongated Start

โดยทั้ง 3 แบบนี้มีความแตกต่างกันด้านหลัก ๆ เมื่อดูตามแนวเส้นเริ่ม(Starts Line) ปลายนิ้วเท้าของเท้าหน้ากับปลายนิ้วเท้าผลักดัน เพื่อของเท้าหลัง ในขณะที่อยู่ในตำแหน่งเข้าที่ ระยะนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นระยะนิ้วเท้าต่อนิ้วเท้า หรือการปรับระยะระหว่างที่ยันเท้าแต่ละข้าง กล่าวคือ

1. เมื่อนักกรีฑาใช้การออกวิ่งแบบ สั้น หรือ (Bunch or Bullet Start) มาใช้ นักกรีฑาจะต้องวางปลายนิ้วเท้าของขาหลังจะอยู่ระดับเดียวกับส้นเท้าหน้า ซึ่งระยะห่างนิ้วเท้าต่อนิ้วเท้า จะอยู่ระหว่าง 25 เซนติเมตร ถึง 30 เซนติเมตร โดยที่เท้าทั้งสองข้างวางอยู่หลังเส้นเริ่ม
2. เมื่อนักกรีฑาใช้การออกวิ่งแบบยาว สตาร์ท (Elongated Start) มาใช้ นักกรีฑาจะต้องวางเข่าของขาหลังอยูระดับเดียวกันกับส้นเท้าหลังหรือเยื้องมาข้างหลังเล็กน้อย ระยะห่างระหว่างนิ้วเท้าต่อนิ้วเท้าอยู่ระหว่าง 60 เซนติเมตร 70 เซนติเมตร
3. เมื่อนักกรีฑาใช้การออกวิ่งแบบมีกลาง สตาร์ท (Medium Start) มาใช้ นักกรีฑาจะต้องวางเข่าของขาหลังตรงข้ามและเหนือจุดกึ่งกลางของเท้าหน้า ระยะห่างนิ้วเท้าต่อนิ้วเท้า จะอยู่ระหว่าง 40 เซนติเมตร ถึง 55 เซนติเมตร

แต่ละรูปแบบของท่าตั้งต้นจะให้ผลในการออกวิ่งที่แตกต่างกัน จำเป็นต้องตรวจสอบว่าอะไรที่มีผลต่อแรงที่จะออกจากที่ยันเท้า ในขณะที่ได้ยินคำสั่งว่า "ไป" นักกรีฑาจะต้องใช้แรงในการออกวิ่งให้มากที่สุด ผลิตผลของแรง(F) และเวลา(t) นี้จะทำให้รู้แรงผลักดันในการออกวิ่ง

แรงดล(Impulse) = F × t

ประโยชน์ของการทดสอบทักษะ

คลาร์ค(วิริยา บุญชัย. 2523 : 164 ; อ้างอิงจาก Clarke. 1967. Unpaged) แสดงให้เห็นว่าการวัดทักษะทางกีฬาเป็นไปเพื่อวัตถุประสงค์ อย่างน้อย 3 ประการในวิชาพลศึกษาคือ ดูสัมฤทธิ์ผลและความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละคนในกิจกรรมหลาย ๆ อย่าง การวัดและประเมินผลความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละคนยังเป็นการเพิ่มความสนใจในโปรแกรมพลศึกษาอีกด้วย

1. ผู้เรียนจะได้สามารถจำแนกระดับความสามารถของตนในกิจกรรมแต่ละอันในกลุ่มกีฬาเฉพาะอย่าง และจัดชั้นเรียนพลศึกษาหรือการแข่งขันกีฬาภายในให้มีกลุ่มเนื้อเดียวกัน
2. เพื่อดูว่ามีความก้าวหน้าไปตามจุดมุ่งหมายการศึกษาเพียงใดในเรื่องของทักษะที่วัด ซึ่งการวัดและการประเมินจะทำให้กิจกรรมพลศึกษาสิ้นสุดลงในตัวอีกด้วย

ขั้นตอนการออกแบบเพื่อสร้างเครื่องทดสอบ

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน (2521 : 4) ได้เสนอขั้นตอนการออกแบบในงานอุตสาหกรรมดังนี้

1. รับรู้ความต้องการ การออกแบบอาจเริ่มต้นขึ้นจากการที่วิศวกรได้รับรู้ความต้องการและตัดสินใจที่จะทำอะไรบางสิ่งบางอย่างขึ้น หรืออาจได้รับข้อมูลจากลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในด้านการใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้นได้ การแข่งขันกันทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการในการออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการและเครื่องจักรใหม่ ๆ สิ่งสำคัญก็คือ ต้องยอมรับรู้ว่าเกิดความต้องการขึ้นแล้ว ใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ทำความเข้าใจกับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

2. ลักษณะจำเพาะ รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งอาจประกอบไปด้วย คุณลักษณะ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิใช้งาน ความเชื่อถือได้ และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น น้ำหนัก ขนาดต่าง ๆ พร้อมทั้งบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่าง และการแข่งขันทางด้านตลาด เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามเกณฑ์ (Code) เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดัน ก็จำเป็นจะต้องศึกษาเกณฑ์นั้นให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่างๆ ที่เป็นข้อความควรระมัดระวังและปฏิบัติตาม

3. ศึกษารายละเอียด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่าง ๆ แล้วขั้นต่อไปก็คือศึกษารายละเอียดทั้งนี้ก็เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือความล้มเหลวทั้งทางด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์

โดยปกติแล้วผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียด มักจะเป็นวิศวกรที่ผ่านงานออกแบบมาแล้วอย่างมาก มีพื้นความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่าง ๆ เป็นอย่างดี รู้วิธีการเลือกใช้วัสดุรู้วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกขาย ผู้ที่ทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งหมด มีบ่อยครั้งที่ผลจากการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาะต้องเปลี่ยนไปเพื่อความสำเร็จของโครงการ จึงทำให้มีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ

4. สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เมื่อศึกษารายละเอียดแล้ว ต่อไปก็จะถึงขั้นการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการออกแบบ เพราะถ้าไม่มีสิ่งขีดจำกัดอันใดแล้วผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์ และจิตรกรในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขณะนี้เขาจะเป็นนักสร้างสรรค์

การสังเคราะห์ คือ การวิเคราะห์และทำให้อำนวยประโยชน์ที่สุดในขั้นนี้จะต้องสังเคราะห์ความคิดใหม่กับความคิดเก่าเพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ขึ้น ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สั่งสอนกันไม่ได้ แม้ว่าจะใช้วิธีกระตุ้นก็ตาม แต่ก็เชื่อได้ว่าการศึกษาที่เหมาะสมทำให้มนุษย์มีกระบวนการคิดสร้างสรรค์กว้างขวางขึ้น

5. การออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแล้ว อาจจะมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะ และความต้องการหลายวิธี จึงจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงต่อไป

ในขั้นนี้จำเป็นจะต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรกลหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของระบบทั้งหมด แบบควรมีขนาดสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบ รูปด้านข้างอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาทางด้านคิเนมาติก (Kinematic) ของระบบด้วย เพื่อความมั่นใจว่าจะทำงานได้

โดยปกติแล้วในขั้นนี้จะยังไม่ได้ผลสมบูรณ์ จึงต้องมีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะ เพื่อทำให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน พร้อมกันนั้นก็จะมีการปรับปรุง เพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงแนวความคิด เพื่อหาวัสดุที่มี

คุณสมบัติเหมาะสม เพื่อประเมินผลของอุปกรณ์ หรือค้นหาสิ่งที่ยังไม่แน่ชัดจากข้อมูลทางเทคนิคและประสบการณ์ที่ผ่านมา ดังนั้นช่วงการออกแบบเบื้องต้นนี้อาจจะช้าหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ได้ อันที่จริงแล้วการปรับปรุงจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไป

6. ออกแบบรายละเอียด การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริง และขนาดของส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมด ทั้งที่จะผลิตขึ้นเองหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่จะซื้อมาใช้ ซึ่งจะประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้น แสดงรูปด้านต่าง ๆ เท่าที่จำเป็น โดยต้องกำหนดทั้งขนาด พิกัดความเผื่อไว้ให้ครบถ้วน วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีทางความร้อน (ถ้ามี) จำนวนชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วน และบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นงานสำเร็จด้วย โดยปกติช่างเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกร เพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกรจะต้องให้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรควรจะร่างขึ้นมาก่อน จะต้องให้ขนาด ชนิดของวัสดุโดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ ความแข็งแรงของวัสดุ กลศาสตร์ของไหล การสั่นสะเทือน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยที่วิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญพิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

7. สร้างต้นแบบและทดสอบ หลังจากที่มีรายละเอียดต่าง ๆสมบูรณ์ มีแบบแยกชิ้น แบบประกอบรวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้ว จึงส่งแบบที่สมบูรณ์ทั้งหมดไปยังโรงงานเพื่อสร้างต้นแบบ เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยก็เตรียมประเมินผลและทดสอบ ผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้น หรือแบบรายละเอียดบางประการ ซึ่งแสดงไว้เป็นวงป้อนกลับ หลังการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนแล้วจะทดสอบและประเมินผลใหม่อีกครั้ง หรืออาจต้องทำอีกหลายครั้ง จนกระทั่งวิศวกรผู้ออกแบบพึงพอใจที่งานของเขามีสมรรถนะตามต้องการ เมื่อถึงขั้นนี้แล้วจะส่งแบบชิ้นส่วนและรายการวัสดุไปยังแผนกวิศวกรรมการผลิตเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไป

8. ออกแบบสำหรับผลิต ในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสม (โดยมากจะพิจารณาจากหลักเศรษฐศาสตร์) ของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นงานน้อยชิ้นกับชิ้นงานมากชิ้น อาจต้องใช้วิธีการผลิตต่างกัน จึงต้องหาวิธีการผลิตที่ประหยัดที่สุด บางครั้งอาจรวมชิ้นงานหลายชิ้นเข้าเป็นชิ้นเดียวกัน หรือเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนที่มีในท้องตลาดแทน อีกประการหนึ่งวิศวกรการผลิตอาจเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ราคาถูกกว่าก็ได้ จากนั้นจึงเขียนแบบแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยแล้วจึงส่งฝ่ายผลิต เพื่อผลิตและส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

9. ส่งผลิตภัณฑ์ออก โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบแล้วทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีปัญหาแก้ไขไม่ได้ก็ส่งกลับไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หรืออาจเสนอแนะข้อคิดเห็นไปได้

สุวัตร สิทธิหล่อ(2542 : 180) ได้กล่าวถึงการวัดแรงด้านคิเนติกส์ไว้ว่า ต้องอาศัยเครื่องมือที่ใช้วัดแรงจากภายนอกที่ร่างกายกระทำหรือมากระทำต่อร่างกายได้แก่ ทรานสดิวเซอร์ ต่าง ๆ (Force Transducers) สำหรับการวัดแรงภายในร่างกายนั้นอาศัยการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยใช้ EMG นอกจากนี้การวัดแรงยังสามารถวัดโดยทางอ้อม โดยใช้เครื่องมือวัดความเร่ง (Accelerometer) อย่างไรก็ตามการที่จะวัดและคำนวณแรงของกล้ามเนื้อและโมเมนต์โดยตรงนั้นมีข้อจำกัด ดังนั้นการวัดและคำนวณแรงดังกล่าวจึงต้องอาศัยวิธีการทางอ้อม(Inverse Dynamic Technique)ซึ่งต้องอาศัยแหล่งข้อมูล 3 แหล่งประกอบกันคือ

1. ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนและข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกาย
2. ข้อมูลเกี่ยวกับแรงภายนอกโดยเฉพาะแรงปฏิกิริยา
3. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องแรง

การสร้างเครื่องวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า

หลักสำคัญในการสร้างเครื่องวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า จะต้องมีการวางแผนจัดขั้นตอนการจัดหาวัสดุและออกแบบชิ้นส่วนที่ผลิต พร้อมการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ให้สอดคล้องกับเวลาในการดำเนินโครงการเพื่อให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

หลักการทำงานของเครื่องวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า เป็นการวัดแรงจากการใช้ทักษะของการออกวิ่งจากที่ยันเท้าที่นักวิ่งระยะสั้นกระทำต่อที่ยันเท้า ที่ติดตั้งแผ่นวัดความเครียดของโลหะที่เรียกว่า สเตรนเกจ (Strain Gages) 4 ตัว ข้างละ 2 ตัว ประกอบเป็น วงจรบริดจ์ ด้วยวงจร Wheastone Bridge เมื่อสเตรนเกจได้รับแรงกระทำต่อที่ยันเท้า สเตรนเกจ จะแปลงแรงกระแทกซึ่งเป็นพลังงานกลให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยวงจรบริดจ์(Wheastone Bridge) แล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังเครื่องขยายสัญญาณ (Amplify) จากนั้นจึงส่งสัญญาณไปที่จอแสดงผล (Display) การส่งสัญญาณไฟฟ้านั้นจะใช้สายนำสัญญาณเป็นตัวนำในการส่งสัญญาณ ที่จอแสดงผลจะแสดง ผลของหน่วยของแรงเป็นนิวตัน N (แรง 1 นิวตัน คือแรงที่กระทำกับวัตถุมวล 1 กิโลกรัม แล้ววัตถุนั้นมีความเร่ง 1 เมตร/วินาที^{2} หรือ 1N = 1 Kg.m.s^2)

ข้อพิจารณาในการเลือกวัสดุทำชิ้นส่วนต่างๆ

1. เป็นวัสดุที่มีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด
2. มีคุณสมบัติและขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งาน
3. เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่หาได้ง่าย
4. สามารถปรับปรุงแก้ไขได้ง่าย เมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขและพัฒนา
5. ความยากง่ายในการขึ้นรูป
6. สเตรนเกจ เครื่องขยายสัญญาณ จอแสดงผล และคอมพิวเตอร์เป็นวัสดุสำเร็จรูปจากโรงงาน

การทดสอบเครื่องวัดแรงกระแทก (บุญยงค์ ภู่นันทพงษ์. 2531 : 14-16)

การปรับเทียบเครื่องมือวัด

เมื่อนำเครื่องมือวัดไปติดตั้งใช้ในงาน ปัญหาอย่างหนึ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ คือ ค่าที่วัดได้หรือบันทึกได้ขณะนั้นพบว่ามีค่าผิดจากความเป็นจริงไป นั่นคือ ระบบการวัดมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ดังนั้นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ควรคำนึกถึงก่อนที่จะนำเครื่องมือวัดไปใช้งาน คือจะต้องทำการปรับเทียบ (Calibration) เครื่องมือวัดเหล่านั้นก่อนเสมอ ซึ่งการปรับเทียบนี้จะเป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งในการกำหนดค่าความแม่นยำและความถูกต้องของเครื่องมือวัดต่อไป

การปรับเทียบมาตรฐาน

ในการผลิตเครื่องมือวัดแต่ละชิ้นนั้น เครื่องมือวัดที่ผลิตขึ้นจะต้องถูกวัดค่าผิดพลาดเทียบกับค่ามาตรฐานที่เรียกว่า "การเปรียบเทียบ" การปรับเทียบเครื่องมือวัดนั้น เราจะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ปรากฏบนเครื่องมือวัดชนิดนั้น ๆ กับเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน เช่น การปรับเทียบเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ปรอทเป็นตัวชี้บ่งค่าอุณหภูมิขณะนั้น ๆ ก่อนด้วยเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน (Bureau of Standard)

หากอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงระดับตามไปด้วย นั่นคือเราจึงสามารถกำหนดสเกลบนหลอดแก้วได้เช่นเดียวกัน ซึ่งค่ามาตรฐานนี้สามารถแบ่ง ได้ 4 กลุ่ม คือ

1. Instrument Standard (ค่ามาตรฐานสากล) ถูกกำหนดขึ้นโดยมตินานาชาติ ซึ่งค่ามาตรฐานนี้กำหนดได้ที่ The International Bureau of Weight and Measures ในกรุงปารีส โดยใช้ การทดลองที่สมบูรณ์แบบในการหาและตรวจสอบค่าต่าง ๆ ของหน่วยพื้นฐานในทางฟิสิกส์ ค่านี้ จะเป็นค่ามาตรฐานที่มีความถูกต้องมากที่สุดในทางวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีของการวัด

2. Primary Standard มาตรฐานนี้ถูกกำหนด ไว้ที่ห้องทดลองมาตรฐานของประเทศต่าง ๆ ค่า Primary Standard ในอเมริกาเหนือใช้ค่าจาก The National Bureau of Standard (NBS)ในกรุงวอชิงตันดีซี ค่า Primary Standard นี้จะไม่นำไปใช้ในห้องทดลองของประเทศ ต่าง ๆ ค่า Primary Standard นี้จะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบค่า Secondary Standards

3. Secondary Standard เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิงพื้นฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่ทำการวัดและแบ่งแยกค่าในโรงงานอุตสาหกรรมที่ห้องปฏิบัติการนั้นสังกัดอยู่ ห้องปฏิบัติการของโรงงานแต่ละที่จะอ้างอิงค่า Secondary Standards ของตัวเอง ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งจะส่งค่า Secondary Standards ของตัวเองไปยัง National Standards Laboratory เพื่อทำการ เปรียบเทียบค่ากับค่า Primary Standards หลังจากที่ได้ทำการเปรียบเทียบค่าแล้ว ค่า Secondary Standards ก็จะถูกส่งกลับมายังห้องปฏิบัติการของโรงงานพร้อมกับใบรับรอง ความถูกต้องในรูปของค่า Primary Standards

4. Working Standards เป็นเครื่องมือหลักการของการวัดในห้องปฏิบัติการใช้ในการตรวจสอบและปรับเทียบเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการหรือเปรียบเทียบการวัดที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม นิยามของค่าต่างๆ ในเรื่องการวัด การวัดคือกระบวนการเปรียบเทียบปริมาณที่ไม่ทราบค่ากับค่ามาตรฐานที่ยอมรับ

ค่าคาดหวัง (Expected Value) คือ ค่าที่ถูกคำนวณขึ้นมา ออกแบบขึ้น หรือค่าที่ควรจะเป็นไปได้มากที่สุดในการวัด

ค่าผิดพลาด (Error) คือค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าคาดหวัง (Expected Value) แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. Absolute Error คือ ผลต่างของค่าคาดหวังกับค่าที่วัดได้ซึ่งเท่ากับ Expected Value หักออกด้วย Measured Value

2. Percent Error คือเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาดซึ่งสามารถแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามสาเหตุการเกิดได้ดังนี้

2.1 Gross Error เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากผู้ทำการทดลองเอง เช่น การใช้เครื่องมือที่ไม่ถูกต้อง ฯลฯ

2.2 Systematic Error เป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องมือ หรือ อุปกรณ์ รวมทั้งผลที่เกิดจากสภาพแวดล้อมข้างเคียง และการสังเกตที่ผิดพลาดไป

2.3 Random Error เป็นค่าผิดพลาดที่มีสาเหตุนอกเหนือมาจาก ค่าผิดพลาดทั้งสองประเภทที่กล่าวไปแล้ว

รูปแบบการปรับเทียบ

วิธีการปรับเทียบเครื่องมือวัดส่วนใหญ่จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของค่าที่ต้องการวัดโดยเราจะต้องกำหนดค่าตัวแปรที่แน่นอนขณะทำการวัดด้วย ทั้งนี้ เพราะว่าการตอบสนองต่อการทำงานของเครื่องมือวัดแต่ละชนิดแตกต่างกัน สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรดังกล่าวที่นิยมใช้กันจะกำหนดเป็นเปอร์เซนต์ของพิสัยในเครื่องมือวัดนั้น ๆ ได้แก่ 10%, 50%, หรือ 90%เป็นต้น

1. การปรับความเป็นเชิงเส้น (Linearity Adjustment) เป็นการปรับเทียบที่ให้ปริมาณที่ต้องการวัดเข้ามาที่เครื่องมือวัดเพียง 50% แล้วจึงสังเกตระบบการวัดค่าต่าง ๆ ที่ทำงานถูกต้องหรือไม่ กล่าวคือ การชี้บ่งค่าด้วยเข็มชี้ของเครื่องมือวัดจะต้องเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับค่าตัวแปรที่เข้ามา ซึ่งความยาว และตำแหน่งจุดหมุนของเข็มชี้จะมีอิทธิพลอย่างมากต่อการกำหนดความเป็นเชิงเส้นของการวัด

2. การปรับช่วงการวัด (Span Adjustment) การปรับเทียบวิธีนี้จะให้ปริมาณที่ต้องการวัดเข้ามาที่เครื่องมือวัดเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในช่วง 10% ถึง 90% ของพิสัยบนเครื่องมือวัด แล้วจึงสังเกตการบ่ายเบนนของเข็มชี้ว่า สามารถทำงานและชี้บ่งค่าถูกต้องหรือไม่

3. การปรับช่วงตำแหน่งการวัด (Span location adjustment) ขณะทำการวัดเพื่อการปรับเทียบจะต้องให้ปริมาณที่ต้องการวัดเข้ามาที่เครื่องมือวัดเพียง 50% แล้วจึงสังเกตการบ่ายเบนของเข็มชี้ว่า หากมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณตัวแปรอยู่ระหว่าง 0-50% แล้ว เข็มชี้จะอยู่ในตำแหน่งเดิมคือ 0-50 หรือไม่ ซึ่งตำแหน่งจุดหมุนของเข็มชี้จะมีผลต่อการปรับเทียบดังกล่าว

ความแม่นยำของการปรับเทียบ

หลังจากที่มีการปรับเทียบเครื่องมือวัดต่าง ๆ แล้ว จะต้องมีการกำหนดค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดเหล่านั้นด้วย ซึ่งการกำหนดค่าดังกล่าว จะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ เช่น 100%,2.5%,1% ฯลฯ หากมีความแม่นยำ 100% ก็หมายความว่า เครื่องมือวัดนี้จะมีความผิดพลาดในการวัดค่าตัวแปรผิดพลาดจากความจริงไป 2.5% เป็นต้น

สาเหตุของความผิดพลาดเกี่ยวกับความแม่นยำ

เนื่องจากค่าความแม่นยำของเครื่องมือวัดทุกชนิดจะถูกกำหนดมาจากการปรับเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน และมาจากบริษัทผู้ผลิตที่กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามค่าความผิดพลาดในการวัดและอ่านค่าตัวแปรอาจมีสาเหตุจากคุณภาพของเครื่องมือเหล่านั้นเอง ได้แก่ ความไวในการวัดต่ำ ช่องว่างการบ่ายเบนของเข็มชี้มากเกินไป และความผิดของระบบการบ่ายเบนของเข็มชี้ เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในต่างประเทศ

มิจิโยชิ (Mijiyochi. 1993 : 18-19) ซึ่งเป็นหัวหน้าคณะโครงการวิจัยชีวกลศาสตร์ ในการแข่งขันกรีฑาชิงแชมป์โลก ปี1991 ที่กรุงโตเกียว ประเทศญี่ปุ่นได้ทำการศึกษาวิเคราะห์จังหวะการเคลื่อนไหวของนักกรีฑาทุกนัด ยกเว้นการเดินแข่งสำหรับกรีฑาประเภทลู่ การวิเคราะห์จะเน้นไปที่จังหวะการก้าววิ่ง ความเร็วของการวิ่ง ความถี่และความยาวของการก้าววิ่ง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้นั้นกลุ่มผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในความเร็วของ คาร์ล ลูอิส ความถี่ของช่วงก้าวจะพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อก้าววิ่งยาวขึ้นและเพิ่มอีกครั้งเมื่อก้าวสั้นลงก่อนจะลดความถี่อีกครั้ง เมื่อช่วงก้าวยาวขึ้นอีกในระยะสุดท้าย

ฮาร์โกเนน, ฮาร์จู และ อลารันตา (Harkonen, Harju and Alaranta. 1993 : 259-262) ได้ศึกษาความแม่นยำของเครื่องมือที่ใช้วัดแรง Jamar Dynamometer โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบ การแบ่งหน่วยวัด (Calibration) ของเครื่องมือวัด Jamar Dynamometer จำนวน 6 เครื่อง โดยทดสอบ 5 ระดับของการเลื่อนตำแหน่งด้ามจับ ของเครื่องวัดแต่ละเครื่อง โดยใช้แรงกระทำจากภายนอกที่แตกต่างกัน 7 แรง ตั้งแต่ 5 กิโลกรัมจนถึง 60 กิโลกรัม หาค่าโดยการกระทำซ้ำๆ ระหว่างผู้ทดสอบ 2 คน ไม่พบความแตกต่างที่สำคัญในการทดสอบความแม่นยำเมื่อพิจารณาตามส่วนกว้างที่ต่างกันของที่จับ การทดสอบความเที่ยงตรงแม่นยำที่กระทำซ้ำหลายๆ ครั้งระหว่างผู้ทดสอบ 2 คนค่อนข้างดี โดยมีความต่างเฉลี่ย เพียง 1.2 กิโลกรัมถึง 1.4 กิโลกรัมต่อหนึ่งการเลื่อนระดับของด้ามจับ ค่าความผิดพลาดของกิโลกรัมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักมากขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์ของความผิดจะลดลงเมื่อน้ำหนักลดลง ความเที่ยงตรงของค่าที่วัดได้ของเครื่องวัดแรงรุ่นเก่ามีน้อยกว่าเครื่องรุ่นใหม่ ค่าเกณฑ์มาตรฐานของมือจับซึ่งสัมพันธ์กับความต่างระดับของด้ามจับ ถูกนำมาพิจารณาด้วย

สตีเฟนส์, แพรทท์ และปาร์ค(Stephens, Pratt and Parks. 1996 : 10-17) ได้ทำการศึกษาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) และความเที่ยงตรง (Validity) ของเครื่องมือวัด Tekdyne Hand Dynamometer วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อวัดค่าความเที่ยงของเครื่องมือวัด Tekdyne Hand Dynamometer ในสภาวะที่มีการควบคุมน้ำหนัก โดยใช้ Instron 1331 ทำการศึกษาความเชื่อมั่นของการวัดด้วยการทดสอบซ้ำ ศึกษาความเชื่อมั่นระหว่างเครื่องมือ ด้วยเครื่องมือวัดที่ต่างกัน 3 เครื่อง (Intertool) และศึกษาถึงผลของแรงกระทำบนเครื่องมือวัดจากรูปทรงสันฐานและพื้นผิว นอกจากนี้ ได้คำนวณหาความเชื่อมั่นระหว่างเครื่องมือของเครื่อง Jamar Dynamometer ที่ใช้เบาะรองที่ทำด้วยโฟม (Foam) กับเครื่องมือวัดเครื่องเดิมแต่ไม่มีเบาะรองเพื่อสำรวจอุปกรณ์นี้ในฐานะที่เป็นอุปกรณ์เผื่อเลือก(Intratool) ได้ค่าความเชื่อมั่นภายในเครื่องมือวัดเครื่องเดียวกัน(Intratool) และความเชื่อมั่นระหว่างเครื่องมือวัดทั้งสามเครื่อง (Intertool) สูงที่ ค่า ICC = 0.993-10.998, ค่า SEM = 0.106-0.045 psi และ ค่า ICC = 0.995, SEM = 0.080 psi ตามลำดับ) เมื่อทดสอบบน Instron ทั้งรูปทรงสันฐานและพื้นผิว ของแรงที่ให้ลงไปบนเครื่องมือวัดมีผลต่อค่าที่อ่านได้ของอุปกรณ์นี้ ค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องวัด Tekdyne hand dynamometer มีความสัมพันธ์ที่ดีกับค่าที่ได้จาก Jamar Hand Dynamometer เมื่อมีการควบคุมน้ำหนักที่ใช้ ที่ค่า r = 0.988 เครื่องมือวัดแบบ Tekdyne Hand Dynamometer เป็นเครื่องมือที่มีความเชื่อมั่นในสภาวะที่มีการควบคุมน้ำหนัก แต่อย่างไรก็ตาม จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของเครื่อง Jamar Dynamometer ในการทดสอบแรงบีบมือของคน

อ๊อกเกโร และคณะ (Oggero, et al. 1999 : 3-8) ได้ศึกษาถึงขนาดของแผ่นวัดแรง (Force Plate) ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ของการได้มาซึ่งข้อมูลท่าทางการเดิน ที่เที่ยงตรงอย่างไร การที่จะทำให้ได้มาซึ่งข้อ

มูลที่เที่ยงตรงเป็นปัญหาหลักประการหนึ่งในการวิเคราะห์ท่าทางเดิน การศึกษาก่อนหน้านี้พิสูจน์ให้เห็นว่าจากการใช้แผ่นวัดแรง (Force Plate) ที่ซื้อมาใหม่ พบว่าความสำเร็จในการทดสอบจะมีความเป็นไปได้ต่ำและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจะต้องเปลี่ยนท่าทางการเดินเพื่อให้การทดลองประสบความสำเร็จ ในการศึกษาครั้งนี้ต้องการสำรวจความเป็นไปได้ในการใช้พื้นที่มีเครื่องมือที่ประกอบด้วยแผ่นวัดแรง (Force Plate) ขนาดเล็ก 2 แผ่น ซึ่งดูเหมือนจะเป็นทางออกที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาความต้องการที่ต่างกันไปพร้อมๆ กับในการหลีกเลี่ยงการสัมผัสสองครั้งบนส่วนประกอบแต่ละส่วนของเครื่องวัดแรงในขณะที่ต้องการได้ท่าทางการเดินที่สมบูรณ์ครบรอบ ในการทดลองครั้งนี้ได้ขยายสมการคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาก่อนนี้แล้วเพื่อนำมาพิจารณาแผ่นวัดแรง (Force Plate) โดยใช้ข้อมูลท่าทางการเดินจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 280 ข้อมูล ที่ได้มาจากห้องทดลองท่าเดินของมหาวิทยาลัยแห่งรัฐโอไฮโอ (Ohio State University) มีการพัฒนาและจำลองแบบในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เพื่อวิเคราะห์การรวมกันในรูปแบบต่างๆ ของความรู้ และ ขนาดของระบบ เพื่อคำนวณความเป็นไปได้ในความสำเร็จของการทดลองวิเคราะห์ท่าทางการเดิน

งานวิจัยในประเทศ

วิสุทธิ์ วัฒนสิน (2534 : บทคัดย่อ) ได้วิเคราะห์ลักษณะการวิ่งระยะสั้นในช่วงความเร็วต้น ได้แก่ มุมเข่า ลำตัว และศรีษะ เมื่ออยู่ในท่าที่พร้อมจะออกวิ่ง มุมของลำตัวในขณะวิ่ง ความเร็วในการวิ่ง และกำลังกล้ามเนื้อขา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบได้แก่นักกรีฑาชายประเภทวิ่งระยะสั้นทีมชาติไทย จำนวน 10 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง มาดำเนินการทดสอบกำลังกล้ามเนื้อขา บันทึกภาพการวิ่งและจับเวลาในการวิ่ง

ผลการศึกษาพบว่า

1. เมื่ออยู่ในท่าที่พร้อมจะออกวิ่ง มุมเข่าของเท้านำอยู่ในช่วง 86-98 องศา มุมเข่าของเท้าตามอยู่ในช่วง 110- 120 องศา มุมของลำตัวอยู่ในช่วง 201-210 องศา มุมศรีษะเป็นมุมก้ม

2. มุมลำตัวขณะพุ่งออกจากแป้นวางเท้า มุมของลำตัวขณะวิ่งที่ระยะทาง 1,3,5,7,9,15,20,25, และ 30 เมตร มีมุมอยู่ในช่วง 41-45,41-45,46-50,51-55,56-60,61-70,71-75,71-75,และ71-75 องศา ตามลำดับ

3. จำนวนก้าวที่ใช้ในการวิ่งระยะทาง 30 เมตร อยู่ในจำนวน 18 ก้าว

4. ความเร็วในการวิ่งระยะทาง 30 เมตร อยู่ในช่วงเวลา 3.50-4.00 วินาที

5. กำลังกล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการกระโดดไกลอยู่ในช่วงระยะ 2.41-2.60 เมตร

การกีฬาแห่งประเทศไทย (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเวลาในการเริ่มออกวิ่ง และความเร็วของนักกรีฑาวิ่งระยะสั้นกับผลการแข่งขันในกีฬาเยาวชนแห่งชาติ ครั้งที่ 7 กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าคือ นักกรีฑาชายและหญิง ประเภท 100,200 และ 400 เมตร จำนวน 51 คน ที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติครั้งที่ 7

ผลการศึกษาพบว่า

1. นักกรีฑาชายมีอายุเฉลี่ย 16-17 ปีซึ่งมากกว่านักกรีฑาหญิงประมาณ 1 ปี ดั้งนั้นส่วนสูงของนักกรีฑาชายจะมากกว่านักกรีฑาหญิงโดยเฉลี่ย 10 ซม. และน้ำหนักตัวของนักกรีฑาชายมากกว่านักกรีฑาหญิงเฉลี่ย 10 กิโลกรัม

2. เปอร์เซ็นต์ไขมันของนักกรีฑาหญิงมีค่ามากกว่านักกรีฑาชายในกลุ่มที่มีระยะเท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p< 0.001 ในทางตรงกันข้าม น้ำหนักไม่รวมไขมันของนักกรีฑาชายมากกว่านักกรีฑาหญิงอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ p<0.001

3. ค่าเฉลี่ยในการเริ่มออกวิ่งของเท้าขวา(เท้าหลัง)ของกลุ่มนักวิ่ง 100 เมตร(ค่าเฉลี่ยในชายและหญิง = 0.274 และ 0.263 วินาที ตามลำดับ)และมีค่าน้อยกว่ากลุ่มนักวิ่ง 200 เมตร (0.290 และ 0.268 วินที) แต่กลุ่มวิ่ง 400 เมตร จะใช้เวลาน้อยที่สุด(0.262 และ 0.247) ทั้งนักกรีฑาชายและหญิง อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลาในการเริ่มออกวิ่งของแต่ละกลุ่มในเพศเดียวกันส่วนเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าซ้าย(เท้าหน้า)ของทุกกลุ่ม พบว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับเท้าขวา

4. อัตราการเต้นหัวใจหลังการอบอุ่นร่างกายเพื่อเตรียมทดสอบมีค่าเฉลี่ย 150 ครั้งต่อนาทีในเพศชาย และ155 ครั้งต่อนาทีในเพศหญิง แต่เมื่อนั่งอยู่บนแท่นปล่อยตัวอัตราการเต้นของหัวใจขณะเริ่มออกวิ่งจะลดลงทุกกลุ่มทั้งเพศชายและเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ P< 0.05

5. เฉพาะผู้ที่มีสถิติดีที่สุด 5 คนแรก พบว่า เวลาในการเริ่มออกวิ่งในเท้าขวาของนักกรีฑาชายใกล้เคียงกันทั้ง 3 กลุ่ม ส่วนค่าความแตกต่างของเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าซ้ายและเท้าขวาของกลุ่มนักวิ่ง 100 เมตร จะมีค่ามากกว่ากลุ่ม 200 เมตร แต่เมื่อเปรียบเทียบผู้ที่เข้าเส้นชัย ลำดับที่ 6 – 10 พบว่า ค่าความแตกต่างของเวลาในการเริ่มออกวิ่งดังกล่าวของนักวิ่ง 100 เมตร มีค่าน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติและในนักกรีฑาหญิงข้อมูลที่พบมีลักษณะเดียวกันกับเพศชาย

6. ความเร็วต้นที่ระยะ 10 และ 30 เมตรแรกของนักวิ่งชาย ไม่มีความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่ม (เฉพาะผู้ที่มีสถิติดี 5 คนแรก) และความเร็วต้นที่ระยะทาง 10 แรกของนักวิ่งหญิงก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน แต่พบว่าความเร็วต้นที่ระยะทาง 30 เมตรแรกของกลุ่มนักวิ่ง 100 เมตรหญิงสูงกว่ากลุ่มนักวิ่ง 400 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p<0.05

7. ความเร็วระยะ 50 เมตรแรกของผู้ชนะเลิศชาย จะมีค่าสูงที่สุด (11.976 เมตร/วินาที) ในกลุ่มที่เข้าเส้นชัย 5 คนแรก โดยเข้าเส้นชัยด้วยเวลา 11.12 วินาที และผู้ชนะที่ 2 , 3 ใช้เวลา 11.20 และ 11.24 วินาทีตามลำดับ ส่วนนักกรีฑาหญิงพบว่า ผู้ที่ชนะเลิศจะมีความเร็วที่ระยะ 50 เมตร มีค่าสูงสุดในกลุ่ม (10.82 เมตร/วินาที) เช่นเดียวกันและเข้าเส้นชัยด้วยเวลา 12.36 วินาที ผู้ชนะที่ 2 , 3 ประเภทหญิงใช้เวลา 12.62 และ 12.67 วินาที ตามลำดับ

การกีฬาแห่งประเทศไทย(2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเวลาในการเริ่มออกวิ่งและความเร็วของนักกรีฑาวิ่งระยะสั้น ของนักกรีฑาเยาวชนชาย-หญิง ที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติครั้งที่ 7 ในประเภทวิ่งระยะสั้น

จุดมุ่งหมายการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนรูปร่างของนักกรีฑาวิ่งระยะสั้นกับผลการวิ่งแข่งขัน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการเริ่มออกวิ่ง และความเร็วต้นของการวิ่งในระยะทาง 10,30 และ 50 เมตรแรกตามลำดับกับสถิติเวลาของการวิ่งในการแข่งขัน

3. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแบบทดสอบมาตรฐานสำหรับนักวิ่งระยะสั้นต่อไป

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้

เป็นนักวิ่งระยะสั้น ในระยะ 100 200 และ 400เมตร ของเยาวชนที่เข้าร่วมการแข่งขันกีฬาเยาวชนแห่งชาติครั้งที่ 7 ทั้งชายและหญิงรวม 6 กลุ่ม จำนวน 51 คน โดยทดสอบเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าซ้าย

และขวา ความเร็วต้นที่ระยะ 10 และ 30 เมตร ก่อนการแข่งขัน 1-3 วัน เพื่อเปรียบเทียบสถิติเวลาของการแข่งขันในกีฬาเยาวชนแห่งชาติที่จังหวัดตรัง พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ระยะ 50 เมตรแรกในนักวิ่ง 100 เมตร

จากผลการวิจัยพบว่า

1. นักกีฬาชายมีอายุเฉลี่ย 16-17 ปี ซึ่งมากกว่านักกีฬาหญิงประมาณ 1 ปี ดังนั้น นักกีฬาชายจึงมีส่วนสูงโดยเฉลี่ยมากกว่านักกีฬาหญิง 10 ซม. และน้ำหนักตัวมากกว่า 10 กิโลกรัม แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันของนักกีฬาชายมีน้อยกว่านักกีฬาหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$

2. ในกลุ่มที่มีระยะทางวิ่งเท่ากัน เวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าขวาและซ้ายของกลุ่มวิ่ง 100 เมตรชาย ($\overline{X}$ ± SEM = 0.274 ± 0.004 และ 0.431 ± 0.012 วินาทีตามลำดับ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับกลุ่มนักวิ่ง 100 เมตรหญิง (0.263 ± 0.027 และ 0.441 ± 0.035 วินาทีและพบข้อมูลในลักษณะเดียวกันในกลุ่มนักวิ่ง 200 และ 400 เมตร

3. อัตราการเต้นหัวใจหลังการอบอุ่นร่างกาย มีค่าเฉลี่ย 150 ครั้ง/ นาที ในชาย และ 155 ครั้ง/นาที ในหญิง ซึ่งมีค่าลดลงขณะเมื่อเริ่มออกวิ่ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ทั้ง 6 กลุ่ม

4. เปรียบเทียบเฉพาะผู้ที่มีสถิติเวลาดีที่สุด 5 คนแรกของ 6 กลุ่ม พบว่าเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าขวาของนักกีฬาชายทั้ง 3 กลุ่ม (100,200และ 400 เมตร) ใกล้เคียงกัน ส่วนค่าความแตกต่างของเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าซ้ายและขวาของนักวิ่ง 100 เมตร มีค่ามากกว่ากลุ่ม 200 เมตร แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าดังกล่าวกับผู้ที่เข้าเส้นชัยลำดับที่ 6-10 ของนักวิ่ง 100 เมตรชาย พบว่าผู้ที่มีสถิติเวลาดี 5 คนแรกมีค่าความแตกต่างของเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าซ้ายและขวาน้อยกว่าอย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของสถิติระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งพบลักษณะเดียวกันในกลุ่มนักกีฬาหญิงเช่นกัน

5. ในความเร็วต้นที่ระยะ 30 เมตรแรกของกลุ่มนักวิ่งหญิง 100 เมตร มีค่าสูงกว่ากลุ่มวิ่ง 400 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ แต่ไม่พบในนักกีฬาชาย

6. เมื่อศึกษาถึงผู้ที่มีสถิติดีที่สุด 3 คนแรก เฉพาะในนักวิ่ง 10 เมตร พบว่าเวลาในการเริ่มออกวิ่งของเท้าขวาของผู้ชนะเลิศชาย(0.271 วินาที)เป็นลำดับที่ 2ส่วนผู้ชนะเลิศหญิง(0.221 วินาที)เป็นลำดับที่ 1

7. พบข้อมูลที่น่าสนใจที่สำคัญคือ ความเร็วต้นที่ระยะ 50 เมตรแรกเป็นความเร็วสูงสุดของผู้ชนะเลิศ ในการวิ่ง 100 เมตรทั้งชาย(11.976 เมตร/วินาที)และหญิง(10.822 เมตร/วินาที) จะมีค่ามากว่าผู้ที่เข้าเส้นชัยลำดับที่ 2 และ 3 โดยผู้ที่ชนะเลิศวิ่ง 100 เมตรชายเข้าเส้นชัยด้วยเวลา 11.12 วินาที ผู้ชนะเลิศวิ่ง 100 เมตรหญิงมีสถิติ 12.36 วินาที ซึ่งทั้งสองสามารถทำสถิติดีกว่าเดิม

สรุปผลการวิจัย

ในการแข่งขันวิ่งระยะสั้นโดยเฉพาะ 100 เมตร ที่มีการแพ้ชนะกันในเศษส่วนของวินาที ดังนั้น ตั้งแต่การเริ่มออกวิ่งจนกระทั่งเข้าเส้นชัย นับว่ามีความสำคัญโดยเฉพาะความเร็วที่ระยะทาง 50 เมตรแรก เป็นความเร็วที่สูงสุด น่าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการประสบความสำเร็จในการแข่งขัน อย่างไรก็ตาม ควรมีการดำเนินการทดสอบปฏิกิริยาตอบสนองในการเริ่มออกวิ่งและความเร็วทุก ๆระยะ 10 เมตร จนถึงเส้นชัย เพื่อนำผลทดสอบมาประเมินและปรับปรุงด้านสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาแต่ละบุคคลซึ่งมีความแตกต่างกันไป

อภิวันท์ โอนสูงเนิน(2537 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความถี่และความยาวของก้าวในการวิ่ง 100 เมตรของนักกรีฑาทีมชาติไทย จุดมุ่งหมายของการศึกษาเพื่อศึกษาความถี่และความยาวของก้าวในการวิ่ง 100 เมตร และความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการวิ่งกับความถี่ของการก้าว เวลาที่ใช้ในการวิ่งกับความยาวของก้าว และความถี่ของก้าวกับความยาวของก้าว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าคือ นักกรีฑาประเภทวิ่งระยะสั้นทีมชาติไทย ประเภทชายและประเภทหญิง กลุ่มละ 8 คน

ผลการศึกษาพบว่า

1. ความถี่ของก้าวในการวิ่ง 100 เมตร ของนักกรีฑาชายอยู่ในช่วง 3.69-4.62 ก้าว/วินาที โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.28 ก้าว/วินาที และนักกรีฑาหญิงอยู่ในช่วง 4.07-4.19 ก้าว/วินาที โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ4.53 ก้าว/วินาที

2. ความยาวของก้าวในการวิ่ง 100 เมตร ของนักกรีฑาชายอยู่ในช่วง 2.00-2.50 เมตร โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ2.17 เมตร และนักกรีฑาหญิงอยู่ในช่วง 1.56-1.88 เมตร โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.75 เมตร

3. ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการวิ่งกับความถี่ของก้าวของนักกรีฑาชายและหญิงมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายในระดับปานกลาง (-0.35 และ – 0.31)

4. ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการวิ่งกับความยาวของช่วงก้าวของนักกรีฑาชายและหญิง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายในระดับต่ำ (0.26 และ – 0.10)

5. ความสัมพันธ์ของความถี่ของก้าวกับความยาวของช่วงก้าวของนักกรีฑาชายและหญิง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายในระดับสูง (-0.99 และ – 0.91)

กิจฑพงศ์ นาคเขียว และคณะ (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมี แนวทางมาจากความต้องการที่จะศึกษา เกี่ยวกับอุปกรณ์วัดความเครียดตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งาน ได้นำสเตรนเกจชนิด KFF-S-120-C1-11L5M3S จำนวนสี่ตัว ประกอบเป็น วงจรบริดจ์และติดตั้งเข้ากับอลูมิเนียมรูปตัวเอส ก็จะได้เซนเซอร์ที่สามารถเปลี่ยนปริมาณทาง ฟิสิกส์เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นนำสัญญาณทางไฟฟ้าที่วัดได้มาขยายด้วยวงจรอินสตรู เมนเตชั่น โดยใช้ IC741 ส่วนภาคแสดงผลจะใช้ ICL7107 แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล และยังมีส่วนของภาคแรงดันเอาต์พุต0-10 โวลต์ เป็นสัญญาณมาตรฐานอีกด้วย เครื่องชั่งนี้ สามารถปรับออโต้ซีโรได้โดยใช้วงจรแลทช์ค่าค้างไว้ด้วย IC7475 สองตัวต่อเป็นแปดบิตแลทช์ ซึ่งเราเรียกเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์นี้ว่า "โหลดเซล"

ดวงจันทร์ พันธ์ยุทธ(2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับคิเนเมติกส์ของนักวิ่งระยะสั้นในนักกีฬาเยาวชนทีมชาติและทีมชาติ ประเภททีมชาย

วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อศึกษาความแตกต่างของคิเนเมติกส์ระหว่างนักวิ่งระยะสั้นเยาวชนทีมชาติกับทีมชาติ ในประเภททีมชาย ประกอบไปด้วยเยาวชนทีมชาติ 7 คน ทีมชาติ 6 คน ทำการทดสอบวิ่ง 3 ครั้งแล้วบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพความเร็วสูง แล้วนำผลการทดสอบที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ 2 ทาง วิเคราะห์ตัวแปรและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ สถิติที่ใช้ในการทดสอบตัวแปรอิสระ คือ t - test และมีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ผลการศึกษาพบว่า

1. ในท่าระวัง (Set) พบว่าปัจจัยส่วนมากของนักวิ่งระยะสั้นเยาวชนทีมชาติและทีมชาติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. อัตราเร่งของจุดศูนย์ถ่วง ช่วงเวลาในการออกวิ่งจากที่ยันเท้าของเท้าหน้า ในนักวิ่งทีมชาติสูงกว่านักวิ่งเยาวชนทีมชาติ ในทางตรงกันข้ามความเร็วของข้อเข่าหน้าในแนวระดับตั้งฉากของการออกวิ่งจากที่ยันเท้าของนักวิ่งทีมชาติมีน้อยกว่านักวิ่งเยาวชนทีมชาติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ในช่วงอัตราเร่ง ทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปรคิเนเมติกส์

สรุปผล

จากการศึกษาในนักกีฬาทั้ง 2 กลุ่มพบว่า คิเนเมติกส์ในการออกวิ่งจากที่ยันเท้า ถือเป็นปัจจัยซึ่งสามารถใช้ประเมิณ แก้ไขจุดด้อย ปรับปรุงให้เหมาะสม เพื่อที่จะให้นักวิ่งระยะสั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เทอดทูล โตคีรี(2547 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดแรงกระสำหรับทักษะกีฬามวยไทย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาชาย ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก ปีการศึกษา 2546 ที่ผ่านการเรียนวิชามวยไทย รหัสวิชา 01-610-020 มาแล้ว ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบง่าย(Simple Random Sampling method) จำนวน 60 คน แยกเป็น 4 กลุ่มตามการใช้ทักษะกีฬามวยไทยทดสอบคือ กลุ่มทักษะการชก กลุ่มทักษะการเตะ กลุ่มทักษะการเข่า และกลุ่มทักษะการศอก ทำการทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์(Face Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง(Concurrent Validity) โดยการทดสอบแบบทิ้งน้ำหนัก (Drop weight) และหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงกระแทกด้วยวิธีการสอบซ้ำ (Test - retest Method) แล้วนำผลการทดสอบทั้งสองครั้งมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation Coefficient)

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือวัดแรงกระแทกสำหรับทักษะกีฬามวยไทยที่ผู้วิจัยสร้าขึ้น มีค่าความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์(Face Validity) ในระดับสูง มีความเชื่อมั่นตามสภาพที่เป็นจริง(Concurrent Validity) ในระดับสูง r = 7.68 และค่าความเชื่อมั่น(Reliability) ซึ่งนับว่าเครื่องวัดแรงกระแทกสำหรับนักกีฬามวยไทยนี้มีความเชื่อมั่นในระดับสูง r = .96

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว พอสรุปได้ว่า เครื่องวัดแรงมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ท่าทางต่าง ๆ ในการเคลื่อนไหว และการออกกำลังกายในทักษะกีฬา เพราะทำให้สามารถทราบค่าของผลการกระทำแต่ละท่าทาง แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันเพื่อหาท่าทางที่ดีที่สุดและให้แรงในการกระทำสูงสุด มาประยุกต์ใช้ หรือฝึกซ้อมนักกีฬาได้อย่างเหมาะสมและพัฒนาขีดความสามารถของนักกีฬาให้สูงขึ้นต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักวิ่งระยะสั้น ในปีการศึกษา 2547 ที่เป็นตัวแทนของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก เป็นตัวแทนของจังหวัดตาก และเป็นตัวแทนนักเรียนนักศึกษาของจังหวัดตากเข้าร่วมการแข่งขันกีฬานักเรียนนักศึกษาของเขตการศึกษา 8

กลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยทำการเลือกจากนักวิ่งระยะสั้น รวม 60 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เป็นเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขั้นตอนการดำเนินโครงการสร้างเครื่องวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับสัมภาษณ์สอบถามแบบไม่เป็นทางการกับผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการผลิต และวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อรวบรวมประสบการณ์และข้อคิดเห็นต่าง ๆ นำมาใช้ในการออกแบบการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า
2. วางแผนออกแบบเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า และเขียนแบบตามขั้นตอน
3. นำแบบของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า เสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์เพื่อขอความเห็นชอบ และเพื่อตรวจความถูกต้อง
4. นำแบบการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผ่านคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ มาปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำ
5. จัดซื้อวัสดุ อุปกรณ์และดัดแปลงอุปกรณ์ที่ใช้
6. ดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า
7. ทดลองการทำงานและทดสอบคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ค่าอ่านละเอียด (Resolution) และค่าซ้ำ(Repeatability)
8. แก้ไขปรับปรุงปัญหาที่พบ

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้ามาหาความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ (Face Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้เกณฑ์ประมาณค่าดังนี้

ค่าของคะแนนระหว่าง	4.50 - 5.00	มีค่าเท่ากับ	ดีมาก
ค่าของคะแนนระหว่าง	3.50 - 4.49	มีค่าเท่ากับ	ดี
ค่าของคะแนนระหว่าง	2.50 - 3.49	มีค่าเท่ากับ	พอใช้
ค่าของคะแนนระหว่าง	1.50 - 2.49	มีค่าเท่ากับ	ต่ำ
ค่าของคะแนนระหว่าง	1.00 - 1.49	มีค่าเท่ากับ	ควรปรับปรุง

2. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้ามาทดสอบคุณภาพของเครื่อง ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง(Concurrent Validity)หาค่าอ่านละเอียด(Resolution) และค่าซ้ำซ้ำ (Repeatability) โดยการใช้การทดสอบแบบทิ้งน้ำหนัก(Drop Weight) ทำการทดสอบโดยผู้วิจัยใช้มือปล่อยลูกตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม สูงจากที่ยันเท้า 1 เมตร (ซึ่งการปล่อยน้ำหนักด้วยมือนี้มีโอกาสที่ทำให้จุดตกคลาดเคลื่อนได้ถ้าใช้เครื่องมือทำการปล่อยน้ำหนักจะได้จุดตกที่แน่นอนและแม่นยำ)และทำการปล่อยให้ตรงจุดที่กำหนดแล้วนำค่าที่ได้ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณของสมการ $F = mgh$ เมื่อ F = ค่าของแรง ที่มีหน่วยเป็นนิวตัน m = มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม g = ค่าของแรงดึงดูดของโลกมีค่า 9.82 m/s^2 h = ความสูงที่ปล่อยน้ำหนัก และเปรียบเทียบค่า 1 กิโลกรัม เท่ากับ 1 นิวตัน และทำการ ปรับปรุงแก้ไข

3. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าไปทำการทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บข้อมูลจริง จำนวน 10 คน ทำการทดลอง 2 ครั้ง ห่างกัน 1 ชั่วโมง เพื่อความสะดวก และปฏิบัติตามขั้นตอนของการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง

4. หาค่าความเชื่อมั่น ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ด้วยวิธีการสอบซ้ำ (Test-retest method) โดยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ซึ่งเว้นช่วงการทดสอบ 1 ชั่วโมง ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก จำนวน 60 คน (ถ้ากลุ่มตัวอย่างวางเท้าไม่ตรงจุดที่กำหนดค่าที่ได้ก็อาจคลาดเคลื่อนได้)ไปหาค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน(Pearson's product moment correlation Coefficient) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543 : 144) ได้กำหนดระดับความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ ตามเกณฑ์กว้าง ๆ ดังนี้

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่า .80	ถือว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูงหรือสูงมาก
ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .60-.80	ถือว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับค่อนข้างสูง
ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .40-.60	ถือว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .20-.40	ถือว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับค่อนข้างต่ำ
ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าต่ำกว่า .20	ถือว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ขอหนังสือจากสถาบันราชภัฏอุตรดิตถ์ ถึงผู้ควบคุมนักวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อขอความร่วมมือและให้การสนับสนุน ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องและกลุ่มตัวอย่างเพื่อความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล โดยผู้วิจัยดำเนินการติดต่อประสานงาน ตลอดจนการอธิบายวิธีการและขั้นตอนในการปฏิบัติ ด้วยตนเอง

3. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบ แล้วบันทึกข้อมูลด้วยตนเอง

4. นำผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบกับเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทั้ง 2 ครั้ง มาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

กรอกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS – PC^{+}

1. การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการดังนี้

2.1 นำข้อมูลผลการทดสอบ มาหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.2 นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้ามาหาความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ (Face Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

2.3 หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง(Concurrent Validity)ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้การทดสอบแบบทิ้งน้ำหนัก(Drop Weight) 1 กิโลกรัม2 ชุด ๆละ 10 ครั้ง นำคะแนนที่ได้ของการทดสอบทั้ง 2 ครั้งไปหาค่าความเที่ยงตรงของสเปียร์แมน แร็งค์(Spearman Rank)

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยวิธีการสอบซ้ำ (Test-retest method) กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก จำนวน 60 คน ซึ่งเว้นช่วงการทดสอบ 1 ชั่วโมง และนำผลการทดสอบทั้งสองครั้งมาหาค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation Coefficient) โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นำผลที่ได้รวบรวมแล้วสรุป นำเสนอในรูปตารางและความเรียง

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

4.2 สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน(Pearson's product moment correlation Coefficien)

5. กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นทั้ง 2 ครั้ง ของกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติและนำเสนอผลการวิเคราะห์ ในรูปตารางและความเรียงดังต่อไปนี้

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเหมาะสมของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

ข้อ	รายการ	ระดับความคิดเห็น		การแปลผล
		$\overline{X}$	S.D.	
1.	ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องมือ	5.00	.00	ดีมาก
2.	ความเหมาะสมของโครงสร้าง	4.80	.45	ดีมาก
3.	ความแข็งแรงของเครื่องมือ	4.80	.45	ดีมาก
4.	สะดวกในการบำรุงและรักษา	5.00	.00	ดีมาก
5.	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.80	.45	ดีมาก
6.	สามารถใช้งานและจัดเก็บสะดวก	4.60	.55	ดีมาก
7.	ขนาดและรูปร่างมีความเหมาะสมในการใช้งาน	4.80	.45	ดีมาก
8.	ต้นทุนในการสร้างคุ้มค่ากับประโยชน์ที่นำไปใช้	4.80	.45	ดีมาก
9.	สามารถอ่านค่าได้ชัดเจน	5.00	.00	ดีมาก
10.	สามารถใช้ประโยชน์กับนักวิ่งระยะสั้นได้จริง	5.00	.00	ดีมาก
11.	สะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย	5.00	.00	ดีมาก
12.	คุณค่าของเครื่องมือที่มีต่อการวิ่งระยะสั้น	5.00	.00	ดีมาก
13.	ความเที่ยงตรงในการทดสอบวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า	5.00	.00	ดีมาก
	รวม	4.89	.22	ดีมาก

จากคะแนนความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ที่ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.89 ($\overline{X}$ = 4.98) ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องมือ สะดวกในการบำรุงและรักษา สามารถอ่านค่าได้ชัดเจนสามารถ ใช้ประโยชน์กับนักวิ่งระยะสั้นได้จริง สะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย คุณค่าของเครื่องมือที่มีต่อการวิ่งระยะสั้นและความเที่ยงตรงในการทดสอบวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า มีค่าสูงสุด($\overline{X}$ = 5.00)

ตาราง 6 การเปรียบเทียบแรงที่ได้จากเครื่องวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าทำการทดสอบด้วยการทิ้งน้ำหนัก (Drop Weight)โดยใช้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ทดสอบ 2 ชุด ๆ ละ 10 ครั้ง

รายการเปรียบเทียบ	$\overline{X}$	S.D.	r
ทดสอบชุดที่ 1 (กิโลกรัม)	0.991	0.014	.97
ทดสอบชุดที่ 2 (กิโลกรัม)	0.991	0.010	

จากตารางแรงที่ได้จากการทิ้งน้ำหนัก (Drop Weight)โดยใช้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ทดสอบ 2 ชุด ๆ ละ 10 ครั้ง กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 0.991 กิโลกรัม และ มีค่าเฉลี่ย 0.991 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีค่า 0.014 และ 0.010 ตามลำดับ จากการทดสอบทั้งสองชุดพบว่ามีความสัมพันธ์ในระดับสูง (r = .97)

ตาราง 7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแรงในการออกวิ่งที่ได้จากเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จากกลุ่มตัวอย่าง 60 คน

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	r
แรงในการออกวิ่งจากการวัดด้วยเครื่องวัดแรงครั้งที่ 1 (กิโลกรัม)	38.69	6.20	.99
แรงในการออกวิ่งจากการวัดด้วยเครื่องวัดแรงครั้งที่ 2 (กิโลกรัม)	38.65	6.23	

จากตารางค่าเฉลี่ยของแรงที่ใช้ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้า ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่า38.69 และ 38.65 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของแรงในการออกวิ่งที่ได้จากเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่า = .99 อยู่ในระดับสูง

ตาราง 8 เปรียบเทียบแรงที่ได้จากการออกวิ่งจากเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นที่ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 60 คน ระหว่างเท้าหน้ากับเท้าหลัง

รายการ	$\overline{X}$	S.D	t
แรงที่ใช้ในการออกวิ่งของเท้าหน้า(กิโลกรัม)	37.57	6.17	10.28
แรงที่ใช้ในการออกวิ่งของเท้าหลัง(กิโลกรัม)	39.79	6.43	

จากตารางการเปรียบเทียบแรงที่ได้จากการออกวิ่งจากเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าระหว่างเท้าหลัง (39.79) และเท้าหน้า (37.57) แสดงว่า แรงที่ใช้ในการออกวิ่งของเท้าหลังมีค่ามากกว่าเท้าหน้า

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักวิ่งระยะสั้น ในปีการศึกษา 2546 ที่เป็นตัวแทนของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก เป็นตัวแทนของจังหวัดตาก และเป็นตัวแทนจังหวัดตากเข้าร่วมการแข่งขันกีฬานักเรียนนักศึกษาของเขตการศึกษา 8

กลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยทำการเลือกจากนักวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก 60 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ เป็นเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

วิธีการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้ามาทดสอบคุณภาพของเครื่อง ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ค่าอ่านละเอียด(Resolution) และค่าซ้ำ(Repeatability) โดยการใช้เครื่องทดสอบแบบทิ้งน้ำหนัก (Drop Weight) ทำการทดสอบ และทำการปรับปรุงแก้ไข

2. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าไปทำการทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บข้อมูลจริง จำนวน 10 คน ทำการทดลอง 2 ครั้ง ห่างกัน 1 ชั่วโมง เพื่อความสะดวก และปฏิบัติตามขั้นตอนของการใช้เครื่องมืออย่าง ถูกต้อง

3. หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง(Concurrent Validity)ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้การทดสอบแบบทิ้งน้ำหนัก(Drop Weight) 1 กิลกรัม กับเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 2 ชุดๆละ10 ครั้งนำคะแนนที่ได้ของการทดสอบทั้ง 2 ครั้งไปหาค่าความเที่ยงตรงของสเปียร์แมน แร็งค์(Spearman Rank)

4. นำเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ เป็นนักวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก จำนวน 60 คน เพื่อหา ค่าความเที่ยงตรง และ ความเชื่อมั่น ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ซึ่งเว้นช่วงการทดสอบ 1 ชั่วโมง ไปหาค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน(Pearson's product moment correlation Coefficient) ที่วัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. กรอกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS – PC^{+}

2. การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการดังนี้

2.1 นำข้อมูลผลการทดสอบ หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.2 หาค่าความเที่ยงตรงและค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.2.1 หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง โดยนำคะแนนที่ได้จากการทิ้งน้ำหนัก (Drop Weight) 1 กิลกรัม กับเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งจากที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 2 ชุด ๆ ละ 10 ครั้งไปหาค่าความเที่ยงตรงของสเปียร์แมน แร็งค์(Spearman Rank)

2.2.2 หาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยวิธีการสอบซ้ำ (Test-retest method) กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักวิ่งระยะสั้นของจังหวัดตาก จำนวน 60 คน ซึ่งเว้นช่วงการทดสอบ 1 ชั่วโมง และนำผลการทดสอบทั้งสองครั้งมาหาค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน(Pearson's product moment correlation Coefficient) โดยกำหนดค่าความมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

3. นำผลที่ได้รวบรวมและสรุปเป็นรายข้อ นำเสนอในรูปตารางและความเรียง

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการวิจัยและค้นคว้า สรุปได้ดังนี้

1 คะแนนความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ที่ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.98) ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องมือ สะดวกในการบำรุงและรักษา สามารถอ่านค่าได้ชัดเจนสามารถ ใช้ประโยชน์กับนักวิ่งระยะสั้นได้จริง สะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย คุณค่าของเครื่องมือที่มีต่อการวิ่งระยะสั้นและความเที่ยงตรงในการทดสอบวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า มีค่าสูงสุด($\overline{X}$ = 5.00)

2. ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพที่เป็นจริง(Concurrent Validity) ของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นโดยการทิ้งน้ำหนัก(Drop Weight) โดยใช้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม ทำการทิ้ง 2 ชุด ๆ ละ 10 ครั้ง กับการคำนวณน้ำหนัก 1 กิโลกรัม พบว่ามีความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = .97)

3. คะแนนจากการทดสอบค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าม ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีค่าความเชื่อมั่นระดับสูง (r = .99)

4. แรงที่ใช้ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของเท้าหลังมีมากกว่าแรงที่ใช้ในการออกวิ่งของเท้าหน้า มีค่าเฉลี่ย 39.79 กิโลกรัม และ 37.57 กิโลกรัม ตามลำดับ

อภิปรายผล

การทำงานของสเตรนเกจ(Strain gage) ผู้วิจัยได้ออกแบบและติดตั้งลักษณะเหมือนกับการทำงานของคาน กล่าวคือ แรงกระทำต่อที่ยันเท้าจะทำให้อลูมิเนียมที่สเตรนเกจ(Strain gage)เกิดการบิดหรืองอตัว สเตรนเกจ(Strain gage)จึงทำงาน และต้องออกแรงบริเวณที่กำหนดจึงได้ค่าความเที่ยงตรงและได้ค่าที่เป็นจริง การทดสอบเครื่องมือโดยการทิ้งน้ำหนัก(Drop Weight) พบว่าการทิ้งน้ำหนักค่าที่ได้บางครั้ง

มีค่าที่ได้แตกต่างจากค่าความเป็นจริง ทั้งนี้เกิดจาก จุดที่ตกกระแทกต่อที่ยันเท้าของลูกตุ้มไม่ตรงบริเวณที่กำหนด

ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นในการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ซึ่งพบว่า แรงในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นแต่ละคนในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งเกิดจากการที่กลุ่มตัวอย่างใช้เท้าสัมผัสที่ยันเท้าไม่ตรงเป้าหมายจุดเดิมในการออกวิ่งของครั้งที่ 1 จึงทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกัน แต่เมื่อนำค่าไปเปรียบเทียบแล้วผลไม่แตกต่างกันซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไม่สามารถวัดแรงได้เท่ากันทุกจุด แต่ถ้าผู้ทดสอบวางเท้าตรงจุดที่กำหนดทั้ง 2 ครั้ง ค่าที่ได้จะเท่ากันทั้ง 2 ครั้ง

อนึ่งในการทดสอบครั้งที่ 2 ของแต่ละคนเฉลี่ยส่วนมากจะมีค่ามากกว่าครั้งที่ 1 สาเหตุอาจมาจาก การที่อุณหภูมิในขณะทดสอบมีค่าสูงขึ้น ทำให้อลูมิเนียมเกิดการขยายตัวซึ่งส่งผลทำให้สเตรนเกจ (Strain gage) เกิดการงอหรือบิดตัวทำให้ส่งผลต่อแรงที่ผู้ทดสอบใช้ในการออกวิ่ง ในขณะทำการทดสอบผู้วิจัยวางกล่องที่อ่านค่าไว้ในร่มเพื่อที่จะสามารถอ่านค่าได้ชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่ออุณหภูมิมีความแตกต่าง 3 - 5 องศาเซลเซียส จะต้องมีการปิดเครื่องและเปิดเครื่องใหม่แล้วทำการปรับปุ่มปรับตั้งค่าเพื่อรองรับกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

ในการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างยังแรงที่ใช้ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าระหว่างเท้าหน้ากับเท้าหลัง พบว่าแรงที่ใช้ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของเท้าหลังมีค่ามากกว่าแรงที่ใช้ในการออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของเท้าหน้า

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ได้เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าที่มีประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับสูง มีราคาถูกกว่าต่างประเทศ สามารถนำไปทดสอบได้ทั้งสนามพื้นยางสังเคราะห์และพื้นดินได้ อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกีฬาประเภทอื่นเพื่อวัดแรงได้อย่างมีประสิทธิ์ภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาความรู้ทางด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นเรื่องใหม่ เช่น ความรู้เกี่ยวกับสเตรนเกจ(Strain gage) จงจรไฟฟ้า การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การออกแบบและหล่อที่ยันเท้า ซึ่งเป็นเรื่องทางวิศวกรรมศาสตร์ ที่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเฉพาะและศึกษาให้ดีพอ

2. การทิ้งน้ำหนัก(Drop Weight) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือทำการทิ้งน้ำหนักโดยการใช้มือปล่อยลูกตุ้มน้ำหนัก ให้ตกกระแทกที่ยันเท้าบริเวณที่กำหนดจึงจะได้เที่ยงตรง

3. ความเชื่อมั่นของเครื่องมือเป็นสิ่งสำคัญโดยเฉพาระสเตรนเกจ(Strain gage) จึงควรมีการปรับเทียบ(Calibration)โดยใช้ปุ่มปรับตั้งค่าและปุ่มหมุนเพื่อปรับระดับค่าตัวเลข

4. การทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างควรแนะนำให้ผู้ทดสอบวางเท้าให้ตรงจุดบริเวณที่กำหนดเพื่อที่จะได้แรงเท่าเดิมหรือใกล้เคียงกันทั้งครั้งที่ 1และครั้งที่ 2

5. การออกแบบเพื่อติดตั้งสเตรนเกจ (Strain gage)ยังไม่สามารถวัดแรงได้เท่ากันทุกจุดที่เท้าออกแรงยันที่ยันเท้า

6. เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นยังไม่สามารถทำงานในทุกสภาพของอุณหภูมิจึงต้องมีการปรับปุ่มปรับตั้งค่าเพื่อให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะต้องมีการปรับตั้งค่าทุกครั้งที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 3 - 5 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรพัฒนาชุดเครื่องมือให้สามารถวัดเวลาปฏิกิริยา วัดมุมในการออกวิ่ง วัดมุมของเท้าหน้าและเท้าหลังที่กระทำต่อที่ยันเท้าแต่ละข้าง

2. ควรพัฒนาชุดเครื่องมือให้สามารถปรับใช้ในการวัดแรงในกีฬาประเภทอื่นได้ เช่น กระโดดสูง กระโดดไกล วอลเลย์บอล และอื่น ๆ

3. ควรปรับปรุงและออกแบบที่ติดตั้งสเตรนเกจ(Strain gage) บริเวณที่ยันเท้าหน้าและหลังให้สามารถวัดแรงได้เท่ากันทุกจุดเมื่อออกวิ่งต่อที่ยันเท้า

4. ควรพัฒนาชุดเครื่องมือให้สามารถวัดได้ในทุกสภาพของอุณหภูมิ โดยไม่ต้องมีการปรับปุ่มปรับตั้งค่าของอุณหภูมิ

5. ควรพัฒนาชุดเครื่องมือให้สามารถวัดค่าแรงในรูปของกราฟ ต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และบันทึกค่าของการวัดได้และแปลงค่าของแรงให้ได้หลาย ๆ หน่วยการวัด เช่น กิโลกรัม นิวตัน ปอนด์

6. ควรศึกษาความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ เพิ่มเติมเพื่อที่จะได้พัฒนาเครื่องมือได้อย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กานดา ใจภักดี. (2526). *วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว.* กรุงเทพฯ : โรงเรียนกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล.

การกีฬาแห่งประเทศไทย. (2535). *การศึกษาเวลาในการออกวิ่งและความเร็วของนักกรีฑาวิ่งระยะสั้นกับผลการแข่งขันในกีฬาเยาวชนแห่งชาติ ครั้งที่ 7.* กรุงเทพฯ : ไทยมิตรการพิมพ์.

กิจฑพงศ์ นาคเขียว, ธวัช จีระพงษ์ และ ผดุงศักดิ์ โทธรรม. (2541). *การศึกษาเครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์.* วิทยานิพนธ์ วศ.ม.(อิเล็กทรอนิก). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ, ถ่ายเอกสาร.

ครองจักร งามมีศรี. (2530). *แบบทดสอบทักษะกีฬามวยไทยสำหรับนักศึกษาชายวิทยาลัยพลศึกษา.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, อัดสำเนา.

ค็อฟลิน และคณะ. (2521). *การใช้งานออปแอมป์.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เจริญ กระบวนรัตน์. (2538). *เทคนิคการฝึกความเร็ว.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุมพล ปานเกตุ. (2540). *การฝึกสอนกรีฑาเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ : โอ.เอส. ปริ้นติ้ง เฮาส์.

ดวงจันทร์ พันธ์ยุทธ. (2545). *คิเนเมติกส์ของนักวิ่งระยะสั้นในนักกีฬาเยาวชนทีมชาติและทีมชาติประเภททีมชาย.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์การกีฬา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, ถ่ายเอกสาร.

เทอดทูล โตคีรี. (2547). *การสร้างเครื่องมือวัดแรงกระแทกสำหรับทักษะกีฬามวยไทย.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ถ่ายเอกสาร.

บุญยงค์ ภู่นันทพงษ์. (2531). *การวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มงคล ทองสงคราม. (2535). *เครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้า.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ วี เจ พริ้นติ้ง.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, และชาญ ถนัดงาน. (2521). *การออกแบบเครื่องจักรกล.* กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วิริยา บุญชัย. (2523). *การทดสอบและวัดผลทางพลศึกษา.* กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

วิสุทธิ์ วัฒนสิน. (2534). *การวิเคราะห์ลักษณะการวิ่งระยะสั้นในช่วงความเร็วต้น.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ถ่ายเอกสาร.

สุวัตร สิทธิหล่อ. (2542). *การพัฒนาวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ : บางกอกบล็อก.

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. (2540). *หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม.* พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ส. เอเซียเพรส.

อภิวันท์ โอนสูงเนิน. (2537). *การศึกษาความถี่และความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง 100 เมตรของนักกรีฑาทีมชาติไทย.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (พลศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ถ่ายเอกสาร.

อุดม จีนประดับ. (2541). *ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

อรรคพล เพ็ญสุภา. (2538). *การออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาพลศึกษาและนันทนาการ สถาบันราชภัฏเชียงราย.

อรรคพล เพ็ญสุภา. (2541,มกราคม-มิถุนายน). "มนุษย์สามารถเอาชนะข้อจำกัดความเร็วในการวิ่งได้หรือไม่," *สุขศึกษา-พลศึกษา-นันทนาการ.* 24(1-2) : 53.

Brimmer, Rose. (2003). *Block placement for the start.* (Online). Available Telnet : nikeindoor. nationals.

Davidson. (2003). *Tec Tips.* (Online). Available : HTTP : Davidson.com ; Directory ; Produc/strain/ Mg/Technology ; file : Tec Tips.

Engineering fundamentals. (2003). *Strain Gages.* (Online). Available : HTTP : Efunda.com ; Directory : Desingnstandards/ Measurement ; file : Strain Gages.com.

Hay. (2003, June). *Types of Sprint Start: Which is the Most Effective.* (Online). Available Telnet.

Harkonen, R., Harju, R. and Alaranta, H. (1993, October). *"Accuracy of the Jamar Dynamometer" Journal Hand Therapy.* ; 6(4) : 259-262.

Hall, Susan, J. (1999). *Basic Biomechanics.* 3rd ed. Pp. 397-398. Texas : McGraw – Hill.

Japan J. physical Education. (1990). *Biomechanical study on the running form of start dash and Muscle strain.* Tokyo 34 : 359-376.

Measurement group. (2003). *Force and Torque Measurement.* (Online). Available : HTTP : Measurement group. Com ; Directory : Force and Torque Measurement ; file : Bending Beam.

Mijiyochi Ae. (1993). "Japan J. physical Education," *Tokyo.* 45 : 265-270.

Oggero, E., Pagnacco, D.R., Morr, G. and Berme, N. (1999). "How Force Plate Size Influences the Probability of Valid Gait Data Acquisition" *Biomedical Science Instrument.* 1999 ; 35 : 3-8.

Sharkey, Brain J. (1975). *Physiological and Physical Activity.* New York : Harper & Row.

Sidthilaw, Suwat. (1997). *Impact Force and Kinematic Analysis of Roundhouse Kicks in Thai Boxing.* Biomechanics Laboratory : Oregon State University.

Stephens, J.L., Pratt, N. and Parks, B. (1996,January). "The Reliability and Validity of the Tekdyne Hand Dynamometer : Part I" *Journal Hand Therapy* ; 9(1) : 10-17.

ภาคผนวก

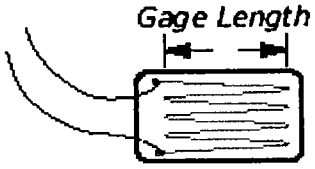
ภาคผนวก ก
การเลือกและการติดตั้งสเตรนเกจ

หลักการเลือกสเตรนเกจ

เอ็นจิเนียริ่ง ฟันดาเมนทัลส์ (Engineering fundamentals. 2003 : *StrainGages* : Online) ได้เสนอข้อพิจารณาในการเลือกใช้สเตรนเกจดังนี้

1. ความยาวของขดเส้นโลหะในแผ่นสเตรนเกจ

ความยาวของขดเส้นโลหะ คือความไวต่อความเครียดตามความยาวของขดเส้นโลหะของ สเตรนเกจ (strain gage) ความยาวของขดเส้นโลหะมีระยะตั้งแต่ 0.2 มม. ถึง 100 มม. (0.008 – 4 นิ้ว) แต่ที่นิยมใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ขนาดความยาว 3 มม. ถึง 6 มม. (0.125 – 0.25 นิ้ว)



ภาพประกอบ 1 ความยาวของขดเส้นโลหะ

การเลือกใช้สเตรนเกจที่มีขดเส้นโลหะที่มีความยาว 3 มม. หรือ 0.125 นิ้ว หรือสั้นกว่าเมื่อ

- พื้นที่ที่จะติดแผ่นสเตรนเกจ มีน้อย
- พื้นที่ที่จะติดแผ่นสเตรนเกจ มีความลาดเอียง เช่น อยู่ในหลุม หรือรอยบุ่มขนาดเล็กที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 25 มม. หรือ 1 นิ้ว
- ไม่ต้องการความแม่นละเอียดในการวัด

การเลือกใช้สเตรนเกจที่มีขดเส้นโลหะที่มีความยาว 6 มม. หรือ 0.25 นิ้ว หรือยาวกว่าเมื่อ

- จะต้องติดแผ่นสเตรนเกจที่ชิ้นงานอย่างรวดเร็ว แผ่นสเตรนเกจที่มีขดเส้นโลหะยาว จะสะดวกในการหยิบจับเพื่อติดที่ชิ้นงาน
- ประโยชน์ในการกระจายความร้อน เช่นในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง หรือภายใต้แรงกดดันที่เกิดจากการหมุน แผ่นสเตรนเกจที่มีขดเส้นโลหะยาวกว่าจะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อความร้อนไวน้อยกว่าแผ่นสเตรนเกจที่มีขดเส้นโลหะสั้น
- ชิ้นงานที่จะวัดเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติไม่เป็นเนื้อเดียวกัน เช่น คอนกรีต
- ประโยชน์ในด้านราคา แผ่นสเตรนเกจที่มีขดเส้นโลหะยาว 5.0 – 12.5 มม. (0.2 – 0.5 นิ้ว) จะมีราคาถูกกว่าความยาวขนาดอื่น

2. รูปแบบของขดเส้นโลหะ

รูปแบบของขดเส้นโลหะโดยทั่วไปหมายถึง จำนวนของขดเส้นโลหะ (แกนเดียว/หลายแกน) และรูปแบบของขดเส้นโลหะ (แนวราบ/เป็นแท่งหรือกระโจม) (Engineering fundamentals. 2003 : *StrainGages* : Online)

เลือกใช้สเตรนเกจแบบแกนเดียวเมื่อ

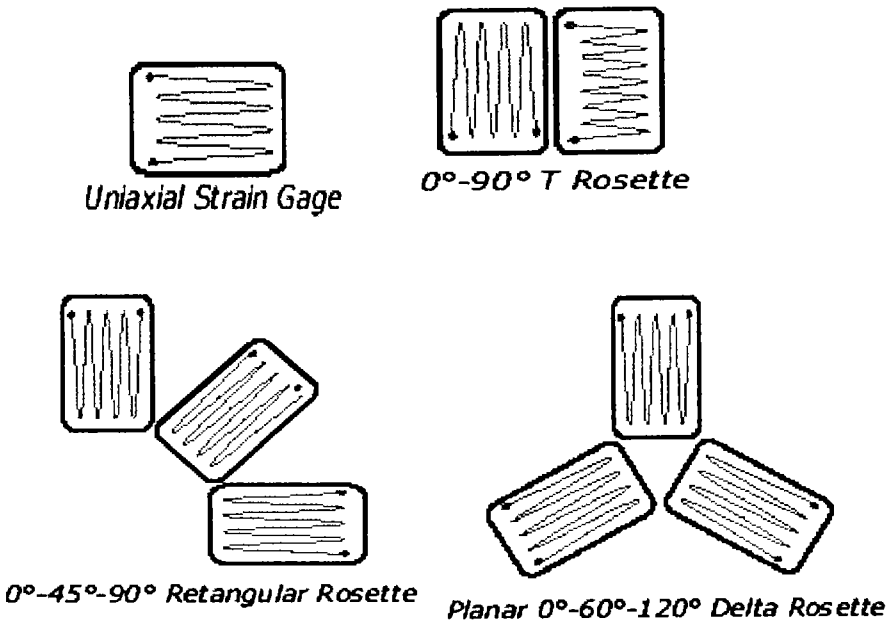
- ทิศทางของแรงที่มากระทำให้ชิ้นงานเกิดความเครียด มีเพียงทิศทางเดียว
- ประโยชน์ในด้านราคา สเตรนเกจ แกนเดียวจำนวน 2 หรือ 3 ชิ้น มีราคาถูกกว่า สเตรนเกจ แบบสองแกน และสามแกน

เลือกใช้สเตรนเกจแบบสองแกน(เป็นแฉก 0^{0} - 90^{0}) เมื่อ

- ต้องการทราบความเค้นของชิ้นงานและทราบแนวแกนของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงาน

เลือกใช้สเตรนเกจแบบสามแกน(รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือเป็นฉาก 0^{0} - 45^{0} - 90^{0} หรือเป็นแฉกรูปสามเหลี่ยม 0^{0} - 60^{0} -120^{0}) เมื่อ

- ต้องการทราบความเค้นของชิ้นงานแต่ไม่ทราบแนวแกนของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงาน



ภาพประกอบ 2 รูปแบบของขดเส้นโลหะในสเตรนเกจ

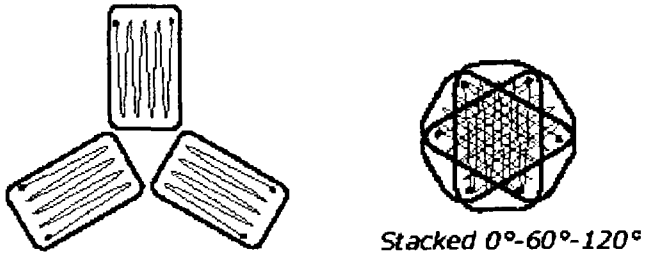
นอกจากนี้ในการเลือกใช้สเตรนเกจแบบขดเส้นโลหะแฉกหลายแกน ยังมีข้อต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมคือ(Engineering fundamentals. 2003 : *StrainGages* : Online)

เลือกใช้แบบของขดเส้นโลหะแฉกหลายแกน ที่เป็นแนวราบเมื่อ

- ใช้ประโยชน์จากการกระจายความร้อน
- เมื่อต้องการความแม่นละเอียดในการวัดค่า แบบของขดเส้นโลหะที่เป็นแนวราบ พื้นที่หน้าตัดของขดเส้นโลหะจะสัมผัสผิวงานมากกว่า และไม่มีคลื่นรบกวนกันเอง

เลือกใช้แบบของขดเส้นโลหะแฉกหลายแกน ที่เป็นแท่งหรือกระโจมเมื่อ

- ความลาดเอียงของงานที่จะวัดความเครียดมีมาก
- พื้นที่ที่จะติดสเตรนเกจกับชิ้นงานมีน้อยหรือจำกัด



ภาพประกอบ 3 แบบของขดเส้นโลหะแฉกหลายแกน

3. ค่าความต้านทานของขดเส้นโลหะ

ความต้านทานกระแสไฟฟ้าเป็นความสัมพันธ์โดยตรงกับความไวต่อปฏิกิริยาตอบสนองของสเตรนเกจ ความต้านทานสูง ย่อมมีความไวต่อปฏิกิริยาตอบสนองสูง

เลือกใช้ขดเส้นโลหะที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง เช่น 350 หรือ 1000 Ω เมื่อ

- ต้องการความไวต่อปฏิกิริยาตอบสนองสูง
- ต้องการให้ตรง หรือสามารถใช้ได้กับเครื่องมือที่มีอยู่

เลือกใช้ขดเส้นโลหะที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ เช่น 120 Ω เมื่อ

- ลดความล้าของขดเส้นโลหะ เส้นโลหะที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า ย่อมมีความต้านทานความล้ามากกว่า
- ด้านราคา เส้นโลหะที่มีความต้านทานกรแสไฟฟ้าที่ 120 Ω มีราคาถูกกว่า เส้นโลหะที่มีความต้านทานกรแสไฟฟ้าที่ 350 Ω

การติดแผ่นสเตรนเกจ

เดวิสสัน(Davidson. 2003 : *Tech Tips* : Online) ได้เสนอหลักในการติดแผ่นสเตรนเกจไว้ว่า มีองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง คือ

1. เส้นโลหะ (Wire) โครงสร้างของวัสดุที่เป็นเส้นโลหะ มีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาตอบสนองของสเตรนเกจ

เลือกใช้เส้นโลหะที่เป็น คอนสแตนแตน อัลลอย(Constantan Alloy) เมื่อ

- ใช้วัดความเครียดที่คงที่ (Static) หรือกึ่งคงที่ (Quasi-Static) ของชิ้นงาน
- ใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่คงที่ (เปลี่ยนได้มาก เช่น พลาสติก)
- ไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น อุณหภูมิสูง
- ด้านราคา คอนสแตนแตน (Constantan) ได้รับความนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง จึงเป็นที่น่าเชื่อได้ว่าจะมีราคาถูกกว่าเส้นโลหะชนิดอื่น
- ชดเชยอุณหภูมิในตัวได้
- เมื่อไม่รู้ว่าจะเลือกแบบไหน

เลือกใช้เส้นโลหะที่เป็น ไอโซอีลาสติก อัลลอย (Isoelastic Alloy) เมื่อ

- ต้องการสัดส่วน สัญญาณ – เสียง สูง
- มีจุดมุ่งหมายที่จะวัดความเครียดที่ไม่คงที่ของชิ้นงาน
- ชิ้นงานที่จะวัดอยู่ภายใต้ความล้าที่ต่อเนื่อง เช่นแรงที่เกิดจากการหมุน
- สามารถควบคุมอุณหภูมิ เช่น สภาพอุณหภูมิในห้องทดลอง

เลือกใช้เส้นโลหะที่เป็น กามา อัลลอย (Karma Alloy) เมื่อ

- อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำ เท่าหรือต่ำกว่า -269 ^{0}C / -452 ^{0}F หรืออุณหภูมิมีความผันผวนระหว่างทำการวัดค่า
- การเชื่อมประสานไม่เป็นประเด็น กามา(Karma) ค่อนข้างมีความยุ่งยากในการเชื่อมประสาน
- ชดเชยอุณหภูมิในตัวได้

เลือกใช้เส้นโลหะที่เป็น พลาตินัม เบส อัลลอย (Platinum Based Alloy) เมื่อ

- การวัดค่ากระทำที่อุณหภูมิสูง (>230 ^{0}C / 450 ^{0}F)

2. แผ่นรองด้านหลัง (Backing) วัสดุที่รองด้านหลังแผ่นสเตรนเกจ มีความจำเป็นมาก เพราะขดเส้นโลหะในสเตรนเกจมีความเปราะบาง อยากต่อการหยิบจับ แผ่นรองด้านหลังทำจากฉนวน (โดยทั่วไปเป็นพลาสติก) ซึ่งสามารถป้องกันกระแสไฟฟ้าระหว่าง ขดเส้นโลหะในสเตรนเกจกับชิ้นงานได้เป็นอย่างดี โพลีอิไมด์ (Polyimide) นับเป็นวัสดุที่ใช้เป็นแผ่นรองดด้านหลังที่แพร่หลาย และได้มาตรฐาน

เลือกแผ่นรองด้านหลังที่เป็น โพลีอิไมด์ (Polyimide) โดยเฉพาะที่มีความหนา 0.025 มม. (0.001 นิ้ว) หรือบางกว่า เมื่อ

- ไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น อุณหภูมิสูง
- วัดค่าความเครียดค่อนข้างคงที่ของชิ้นงาน
- ไม่มีความจำเป็นต้องใช้วัสดุอื่น โพลีอิไมด์ (Polyimide) เป็นแผ่นรองด้านหลังที่ได้มาตรฐาน

เลือกแผ่นรองด้านหลังที่เป็น อีพ็อกซี่ (Epoxy) เมื่อ

- ต้องการให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากแผ่นรองด้านหลังน้อยที่สุด
- การติดตั้งและการหยิบจับเป็นที่เข้าใจอย่างดี แผ่นรองด้านหลังที่ทำจากอีพ็อกซี่ (Epoxy) มีความเปราะ ต้องใช้ทักษะระดับฝีมือช่างในการติดตั้ง

เลือกแผ่นรองด้านหลังที่เป็น ไฟเบอร์ กลาส เสริมแรงด้วยอีพ็อกซี่ (Glass Fiber Reinforced Epoxy) เมื่อ

- ชิ้นงานที่จะวัดอยู่ภายใต้ความล้าที่ต่อเนื่อง เช่นแรงที่เกิดจากการหมุน
- จุดที่วัดค่าเป็นที่เปิด สภาพอุณหภูมิไม่รุนแรง (~400 ^{0}C / 750 ^{0}F)

เลือกแผ่นรองด้านหลังที่เป็น สตริพเพเบิ้ล (Strippable) ซึ่งมีการเคลื่อนย้ายระหว่างทำการติดตั้งและกาวที่ใช้เป็นฉนวนป้องกันไฟฟ้า เมื่อ

- จุดที่วัดค่าเป็นที่เปิด มีสภาพอุณหภูมิสูง

3. กาวที่ใช้ผนึกสเตรนเกจกับชิ้นงาน (Adhesives) กาวที่ใช้จะช่วยให้แผ่นสเตรนเกจผนึกติดกับชิ้นงานได้อย่างมั่นคง

เลือกใช้กาวที่ทำจาก ไซยาโนอคริเลท (Cyanoacrylate Cement) เมื่อ

- ต้องการใช้งานให้เร็วที่สุด ประมาณ 10 นาที หลังทำการผนึก (การใช้ปากกาหนีบสเตรนเกจกับชิ้นงานด้วยแรงกดพอประมาณ ต้องใช้เวลา 1 – 2 นาที)
- งานที่จะวัดไม่ต้องการวัดเป็นช่วงเวลายาว (เดือน)
- ไม่รู้ว่าจะเลือกกาวชนิดใด

เลือกใช้กาวที่ทำจาก อีพ้อกซี่ (Epoxy) เมื่อ

- การผนึกต้องการความแข็งแรงสูง
- ต้องการวัดความเครียดของชิ้นงานที่เสียไป
- ใช้แรงกดในการบีบจับแผ่นสเตรนเกจกับชิ้นงานที่ 50 ปอนด์/ตารางนิ้ว สำหรับการผนึกกาวบาง และ 5 – 20 ปอนด์/ตารางนิ้ว สำหรับการผนึกกาวที่ทาหนาปานกลาง
- มีเวลาพอที่จะทำการผึ่งให้กาวแห้งอย่างสมบูรณ์

เลือกใช้กาวที่ทำจาก เซรามิก (Ceramic Cement) เมื่อ

- อยู่ในสภาพแวดล้อมที่คาดว่ามีอุณหภูมิสูงถึง 980 ^{0} C/1800 ^{0} F

เลือกใช้กาวที่ทำจาก เซลลูโลส ไนเตรท (Cellulose Nitrate Cement) เมื่อ

- ต้องการใช้กระดาษรองด้านหลังแผ่นสเตรนเกจด้วย
- ใช้เครื่องเป่าอากาศที่มีอุณหภูมิ 54 ^{0} C/130 ^{0} F ในช่วงที่เอาสารทำละลายออกและผึ่งให้แห้ง
- อยู่ในสภาพแวดล้อมที่แห้ง

การผนึกแผ่นสเตรนเกจกับชิ้นงาน

การผนึกแผ่นสเตรนเกจกับชิ้นงาน มีขั้นตอนปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. การเตรียมผิวหน้าชิ้นงาน

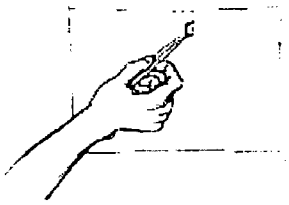
- ทำความสะอาดผิวหน้าชิ้นงาน เพื่อขจัดคราบน้ำมันต่างๆ ด้วยสารทำละลายที่สามารถขจัดน้ำมันได้ เช่น แอลกอฮอล์ หรือ อซิโตน
- ขัดและเช็ด ใช้กระดาษทราย ซิลิโคน คาไบด์ (silicon-carbide) ขัดผิวหน้าชิ้นงานที่ไม่เรียบ เพื่อขจัด สีและสนิม ให้ผิวหน้าชิ้นงานเรียบและสะอาด โดยทั่วไปใช้กระดาษทรายเบอร์ 320 ลงขัดก่อนแล้ว ตามด้วยเบอร์ 400
- วางแนวที่จะติดแผ่นสเตรนเกจบนชิ้นงาน โดยใช้บรรทัดที่สะอาด และดินสอดำ (2H หรือมากว่า) หรือปากกาลากเส้นเป็นแนวตัดกันบริเวณที่จะติดแผ่นสเตรนเกจ
- ปรับสภาพ ด้วยการทำความสะอาดพื้นผิวที่จะติดแผ่นสเตรนเกจอีกครั้ง
- การปรับค่าความเป็น กรด/ด่าง ขั้นนี้เป็นการเตรียมชิ้นงานให้มีค่าความเป็น กรด/ด่างให้ถูกต้อง เพื่อให้เหมาะกับกาว และสามารถผนึกงานได้แนบแน่นมากขึ้น

Cleaning Surface Abrading Surface

ภาพประกอบ 4 การเตรียมผิวหน้าชิ้นงาน

2. การผนึกแผ่นสเตรนเกจ

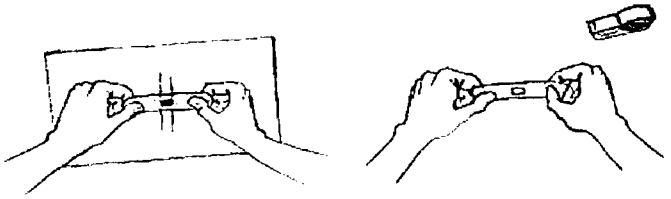
- การเตรียม ล้างมือด้วยน้ำและสบู่ ทำความสะอาด โต๊ะ บริเวณที่จะทำงาน และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องด้วยสารละลายที่ขจัดคราบน้ำมัน
- การเตรียมแผ่นสเตรนเกจ ค่อยๆ เปิดห่อบรรจุแผ่นสเตรนเกจด้วยความระมัดระวัง ใช้แหนบคีบแผ่นสเตรนเกจแทนมือเปล่า หลีกเลี่ยงการสัมผัสขดเส้นโลหะ แล้วนำแผ่นสเตรนเกจ ไปวางในที่ที่สะอาดบนโต๊ะปฏิบัติงาน โดยวางด้านที่จะติดกับชิ้นงานลงด้านล่าง



Preparing Gage

ภาพประกอบ 5 การเตรียมแผ่นสเตรนเกจ

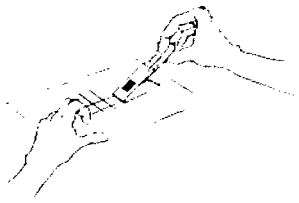
- การย้ายแผ่นสเตรนเกจ ใช้เซลโลเพน เทป ความยาวประมาณ 15 ซม. (6 นิ้ว) ติดที่แผ่นสเตรนเกจ เพื่อเคลื่อนย้ายแผ่นสเตรนเกจไปยังบริเวณที่จะติดแผ่นสเตรนเกจที่ชิ้นงาน วางแผ่นสเตรนเกจลงบนแนวที่ขีดเอาไว้ โดยกดปลายด้านหนึ่งบนชิ้นงานแล้วจึงค่อยรูดเทปทั้งหมดอย่างเบาๆ ลงบนตำแหน่งที่ต้องการในชิ้นงาน



Transferring Gage

ภาพประกอบ 6 การย้ายแผ่นสเตรนเกจ

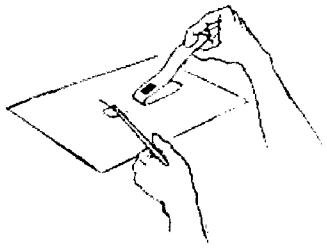
- การใช้สารช่วยผนึก ยกปลายด้านหนึ่งของเทปขึ้นพอที่ให้แผ่นสเตรนเกจลอยพันแนวบริเวณที่จะติดแผ่นสเตรนเกจโดยให้ส่วนที่จะผนึกกาวเปิดออก ทาสารช่วยผนึกอย่างเบาๆ และสม่ำเสมอบนแผ่นสเตรนเกจ



Applying Catalyst

ภาพประกอบ 7 การใช้สารช่วยผนึก

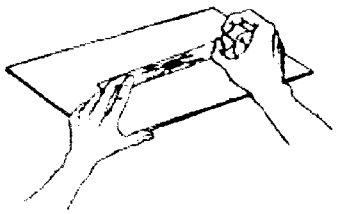
- การใช้กาวผนึก ทากาวในปริมาณที่เพียงพอให้ครอบคลุมที่ใต้แผ่นสเตรนเกจเพื่อการผนึกที่ติดแน่น วางเทปและแผ่นสเตรนเกจกลับเข้าที่ที่ชิ้นงานอย่างเรียบและเบา แล้วใช้นิ้วหัวแม่มือกดลงบนแผ่นสเตรนเกจ โดยกดลงตรงๆและใช้แรงกดที่สม่ำเสมอ ค้างไว้อย่างน้อย 1 นาที



Applying Adhesive

ภาพประกอบ 8 การใช้กาวผนึก

- การลอกแผ่นเทปออก ทิ้งเทปติดอยู่บนชิ้นงานอย่างน้อยมากกว่า 2 นาทีหลังจากหยุดใช้นิ้วหัวแม่มือกดบนแผ่นสเตรนเกจ จากนั้นค่อยลอกเอาเทปออกจากชิ้นงานอย่างช้าๆ โดยลอกจากปลายด้านหนึ่งสู่ปลายอีกด้านหนึ่ง

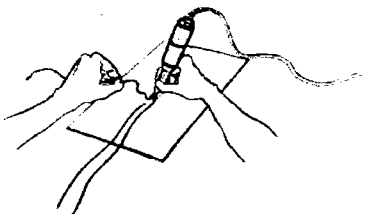


Removing Tape

ภาพประกอบ 9 การลอกแผ่นเทปออก

3. การเชื่อมต่อสายไฟฟ้านำสัญญาณ

- การปอกสายไฟฟ้า ตัดสายไฟให้ได้ความยาวตามที่ต้องการ จากนั้นทำการปอกฉนวนสายไฟออกให้ได้ความยาวประมาณ 2 – 3 ซม. (1 นิ้ว) เพื่อทำการเชื่อมต่อ บิดปลายแต่ละสายให้รวบเข้าหากันโดยไม่ทำให้สายเสียหายจากการบิดมากเกิน หรือทำให้เกิดรอยแหว่งขาด
- การเคลือบสายไฟฟ้า ควรใช้ชุดเครื่องมือบัดกรีเพื่อทำการเชื่อมบัดกรี ใช้หัวแร้งบัดกรีหลอมตัวเชื่อมประสานบัดกรีให้ละลายรวมกันเป็นก้อน แล้วเคลือบส่วนที่ไม่มีฉนวนหุ้มของสายไฟฟ้าด้วยตัวเชื่อมประสานบัดกรี
- การบัดกรีสายไฟฟ้า วางตัวเชื่อมประสานบัดกรีบนแถบทองแดงของแผ่นสเตรนเกจ ใช้หัวแร้งบัดกรีจี้ที่ตัวเชื่อมประสานให้ละลายเป็นก้อนเรียบอยู่บนแถบทองแดง โดยจะต้องไม่ให้หัวแร้งบัดกรีสัมผัสแถบทองแดงของแผ่นสเตรนเกจนานเกิน 2 วินาที ต่อครั้ง
- การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า วางส่วนที่ไม่ได้หุ้มฉนวนของสายไฟฟ้าลงบนก้อนตัวเชื่อมประสานบัดกรีที่แถบทองแดงให้ได้ตำแหน่งที่พอดี ใช้เทปยึดที่ปลายสุดของฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าไม่ให้สายเคลื่อนที่และอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ ใช้คอแร้งบัดกรีเชื่อมปลายสายไฟฟ้าเข้ากับก้อนตัวเชื่อมประสานบัดกรีที่แถบทองแดงของแผ่นสเตรนเกจ
- การขจัดยางสน ใช้สารละลายเพื่อทำความสะอาดแผ่นสเตรนเกจ และแกะเทปที่ยึดสายไฟฟ้าออก
- การยึดสายไฟฟ้า ตรวจดูให้แน่ใจว่าไม่มีส่วนที่ไม่ได้หุ้มฉนวนของสายไฟฟ้าสัมผัสกับชิ้นงาน ยึดสายไฟฟ้าให้ติดกับชิ้นงานอย่างมั่นคงด้วย ดูเรเบิ้ล เทป (durable tape)

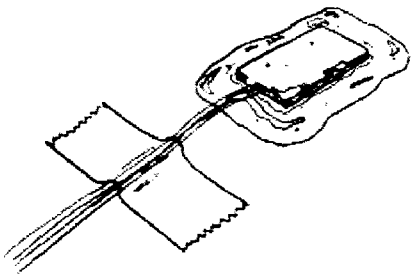


Attaching Leadwire

ภาพประกอบ 10 การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า

4. การเคลือบแผ่นสเตรนเกจ มีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันแผ่นสเตรนเกจจากความชื้น หรือสิ่งปนเปื้อนอย่างอื่นที่มีผลทำให้เสถียรของสเตรนเกจเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการใช้งานสเตรนเกจในภาคสนาม และใช้ทำการวัดค่าในช่วงเวลายาว

- การเตรียม โดยทำความสะอาดบริเวณที่ติดแผ่นเตรนเกจ
- การทำการเคลือบ ทา ซิลิโคน รับเบอร์ (Silicon Rubber) โพลียูรีเทน (Polyurethane) หรืออาครีลิก แล็คเคอร์ (Acrylic Lacquer) บริเวณที่ติดแผ่นเตรนเกจ หากต้องการป้องกันให้ได้นานกว่า อาจใช้ แผ่น พีทีเอฟอี (PTFE Film) และแผ่นยางนีโอเพรน (Neoprene Rubber) ปิดทับแผ่นเตรนเกจ และสายไฟฟ้าที่อยู่ใกล้ๆ ได้



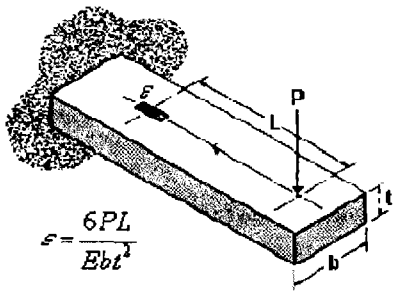
Applying Coating

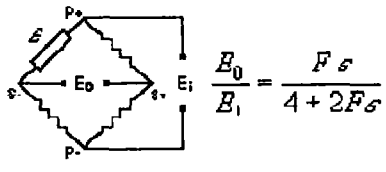
ภาพประกอบ 11 การเคลือบแผ่นสเตรนเกจ

วงจรปฏิบัติการ

มีชัวร์เม็นท์กรุ๊ป (Measurementsgroup. 2003 : *Force andTorqueMeasurement* : Online) ได้เสนอการต่อวงจรกับสเตรนเกจ รูปแบบต่างๆ ดังนี้

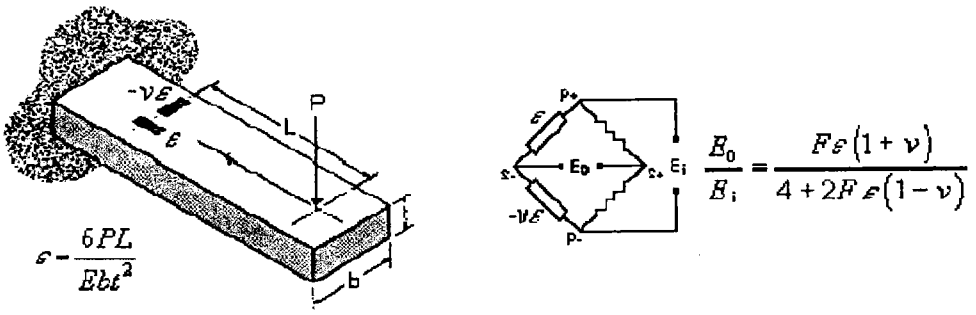
การต่อวงจรแบบ ควอเตอร์ บริดจ์ (Quarter Bridge) การติดสเตรนเกจแผ่นเดียวบนเส้นกึ่งกลางตามแนวยาว จะตอบสนองต่อแรงที่มากระทำให้เกิดการโก่งงอ แต่ไม่ตอบสนองต่อแรงบิดหมุน ต้องดูแลเรื่องแรงที่มากระทำเป็นพิเศษเพราะรูปแบบการติดสเตรนเกจแบบนี้จะตอบสนองเฉพาะแรงที่มากระทำดังภาพ ให้แรงดันที่ไม่เป็นเส้นตรง(nonlinearity) ออกมาน้อย (0.1%/1000 ไมโครสเตรน) มีปฏิกริยาต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ดังนั้นหากจำเป็นต้องใช้วิธีการติดสเตรนเกจตัวเดียวแบบนี้ จึงควรเลือกใช้สเตรนเกจที่มีการชดเชยอุณหภูมิในตัว ดังภาพประกอบ 12





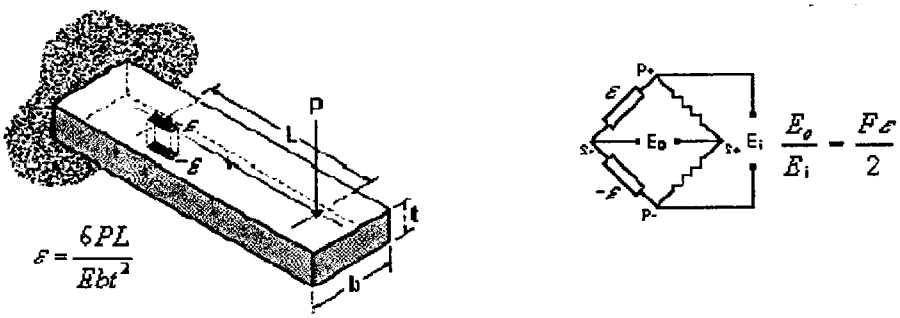
ภาพประกอบ 12 การต่อวงจรแบบ ควอเตอร์ บริดจ์ (Quarter Bridge)

การต่อวงจรแบบ ฮาล์ฟ พอยส์ซัน บริดจ์ (Half Poisson Bridge) เนื่องจากแผ่นเกจที่ติดตามความยาวและแนวขวางถูกต่อแขนติดต่อกันในวงจร ถึงแม้ว่าชิ้นงาน และแผ่นเกจจะเป็นชนิดที่มีปฏิกริยาต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะไม่มีผลต่อการติดเกจแบบนี้ กระแสที่ออกจากวงจรจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกประมาณ $(1+\nu)$ และได้แรงดันที่ไม่เป็นเส้นตรง(nonlinearity)ประมาณ $[(1-\nu)/10]\%$ ต่อ1000 ไมโครสเตรน ของความเครียดตามแนวยาว ดังภาพประกอบ 13



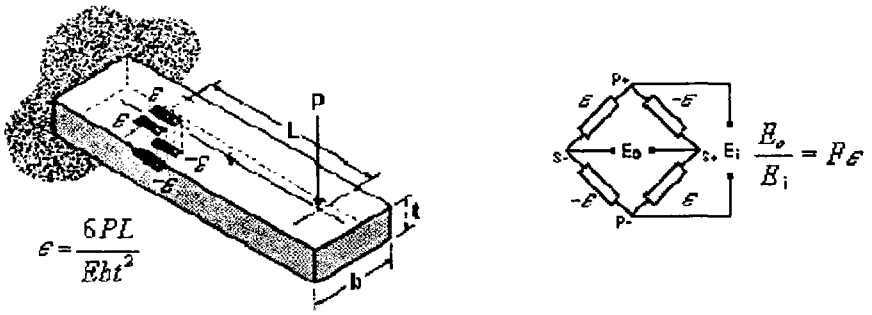
ภาพประกอบ 13 การต่อวงจรแบบ ฮาล์ฟ พอยส์ซัน บริดจ์ (Half Poisson Bridge)

การต่อวงจรแบบ ฮาล์ฟ บริดจ์ (Half Bridge) รูปแบบนี้แผ่นเกจ 2 แผ่นจะถูกติดในแนวเดียวกันและตรงกันที่ผิวชิ้นงานด้านบนและด้านล่าง ซึ่งจะทำหน้าที่วัดความเครียดจากการโก่งงอที่มีขนาดเท่ากัน แต่เป็นสัญญาณตรงข้ามกัน การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานที่เป็นผลจากความเครียดที่เกิดกับแผ่นเกจที่ติดแบบแผ่นเดียวจะไม่เกิดกับการติดเกจแบบนี้ เพราะแขนของเกจในวงจร วีทสโตน บริดจ์ ต่อติดกัน และจากการที่แผ่นเกจทั้งสองวัดความเครียดจากการโก่งงอที่มีขนาดเท่ากัน แต่เป็นสัญญาณตรงข้ามกัน ไม่เพียงจะได้ค่าออกจากวงจรเป็นแบบเส้นตรง(linear)เท่านั้น ยังมีค่าเป็นสองเท่าของกระแสที่ได้จากการติดเกจแบบแผ่นเดียว ภายใต้สภาวะเดียวกัน ดังภาพประกอบ 14



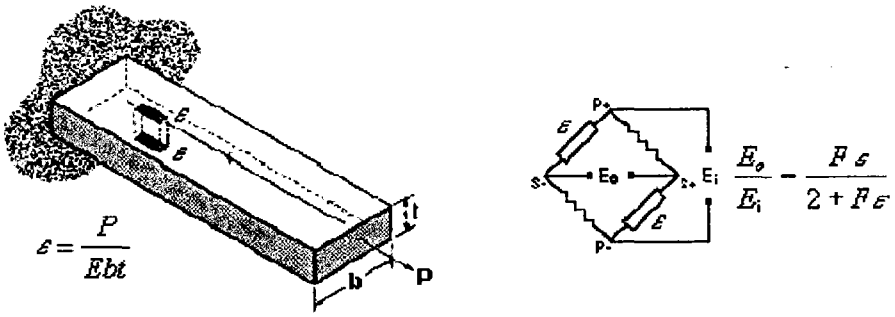
ภาพประกอบ 14 การต่อวงจรแบบ ฮาล์ฟ บริดจ์ (Half Bridge)

การต่อวงจรแบบ ฟูล บริดจ์ (Full Bridge) การติดเกจ 4 แผ่น แบบนี้เป็นที่นิยมที่สุดในการวัดค่าจากการโก่งงอแบบคาน กระแสที่เป็นแบบเส้นตรง(linear) จะมีค่าเป็นสองเท่าจากที่ได้จากการติดแบบ ฮาล์ฟ บริดจ์ (Half Bridge) ข้อสำคัญแผ่นเกจ 2 แผ่นที่ติดบนผิวหน้าชิ้นงานจะต้องต่อในแขนที่อยู่ตรงข้ามกันในวงจร วีทสโตน บริดจ์ และ 2 แผ่นที่อยู่ด้านล่างก็ต่อแขนตรงข้ามกันเหมือนด้านบน ดังภาพประกอบ 15



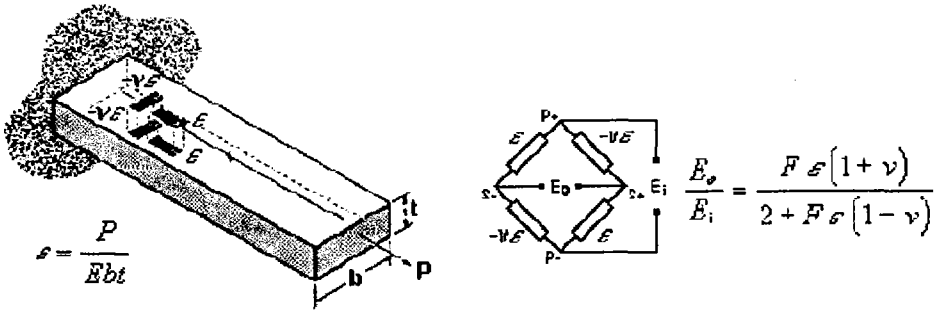
ภาพประกอบ 15 การต่อวงจรแบบ ฟูล บริดจ์ (Full Bridge)

การต่อวงจรแบบ ทู เกจ อิน ออพโพสิท อาร์ม (2 Gage in Opposite Arms) รูปแบบการติดแผ่นเกจจะเหมือนกับการติดแบบ Hฟสด Bridge แต่การต่อเกจในวงจร วีทสโตน บริดจ์จะอยู่ตรงข้ามกัน การติดรูปแบบนี้จะไม่ตอบสนองความเครียดที่เกิดจากการโก่งงอ เพราะใช้ในการวัดแรงตามแนวแกน ความเครียดที่วัดได้จะมีขนาดเท่ากัน แต่เป็นสัญญาณตรงข้ามกัน ขนาดของสัญญาณที่ออกจากวงจรมีค่าค่อนข้าสูงเมื่อเทียบกับการติดแบบแผ่นเดียว (Quarter Bridge) เนื่องจากผลจากการติดเกจ 2 แผ่น แต่ค่าที่ได้เป็นแบบไม่เป็นเส้นตรง(nonlinearity) ประมาณ 0.1%/1000 ไมโครสเตรน ต่อเกจ 1 แผ่น ความร้อนที่เกิดจากการทำงานของแผ่นเกจจะมีเป็น 2 เท่า ดังนั้นการชดเชยอุณหภูมิของการติดแบบนี้จึงมีข้อเสียมากที่สุด ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 การต่อวงจรแบบ ทู เกจ อิน ออพโพสิท อาร์ม (2 Gage in Opposite Arms)

การต่อวงจรแบบ ฟูล พอยส์ซัน บริดจ์ (Full Poisson Bridge) การต่อเต็มวงจรที่มีแผ่นเกจติดตามแนวยาวและแนวขวาง (Poisson Bridge) ทั้งด้านบนและด้านล่างของผิวหน้าชิ้นงาน เป็นแบบที่นิยมมากที่สุด ในการวัดแรงตามแนวแกน ค่าที่ได้ออกมาไม่เพียงแต่จะมากกว่าแบบ 2 Gage in Opposite Arms เท่านั้น (ประมาณ $[(1-\nu)/10]$% ต่อ1000 ไมโครสเตรน ของแรงตามแนวแกน) ยังมีการชดเชยอุณหภูมิที่ดีเนื่องจากการต่อแขนเกจติดกันในวงจร ข้อสำคัญ เกจทั้ง 2 แผ่นที่ติดบนผิวชิ้นงานทั้งด้านบนและล่างจะต้องต่อให้แขนเกจติดกันทั้งคู่ ดังภาพประกอบ 17

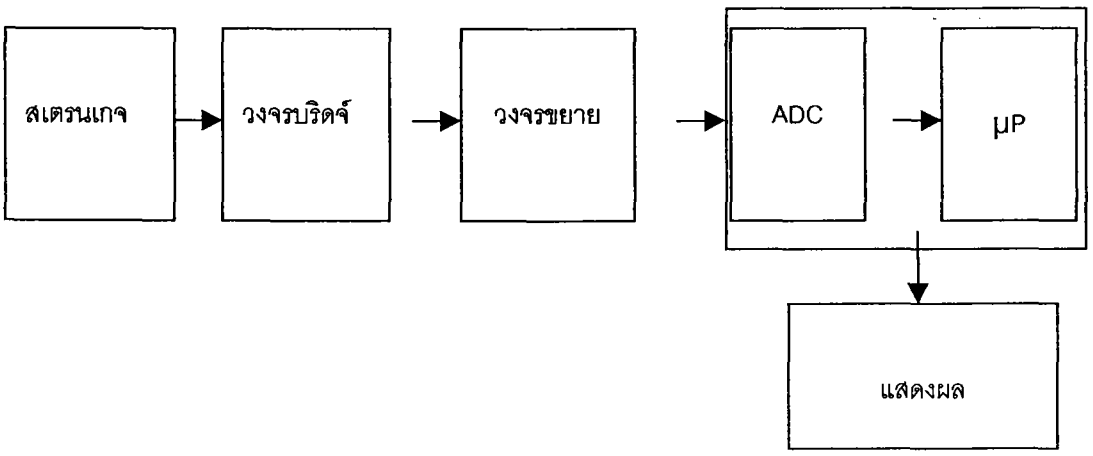


ภาพประกอบ 17 การต่อวงจรแบบ ฟูล พอยส์ซัน บริดจ์ (Full Poisson Bridge)

การออกแบบและสร้าง

1. ข้อมูลทั่วไป

ในการออกแบบเครื่องวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น สามารถแบ่งขั้นตอนการออกแบบและการดำเนินการสร้างได้โดยเป็นขั้นตอน ดังนี้



ภาพประกอบ 18 บล็อคไดอะแกรมการทำงานเครื่องวัดแรงออกวิ่ง

2. ชุดควบคุมและแสดงผลประกอบด้วยดังนี้

2.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 Vdc. และ 12 Vdc. และชุดขยายแรงดันไฟฟ้า

2.2 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ ชุดแสดงผล 7 Segment

3. ชุดที่ยันเท้าพร้อมติดสเตรนเกจ

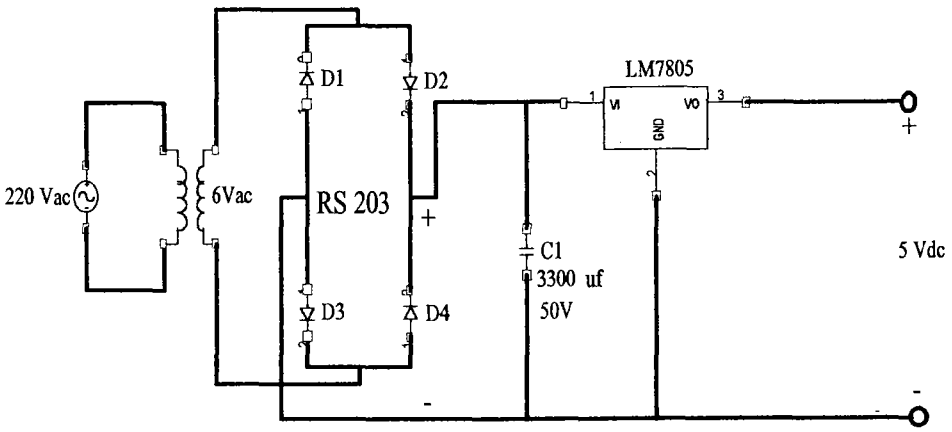
3.1 การสร้างที่ยันเท้า

3.2 การติดสเตรนเกจบนที่ยันเท้า

4. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 Vdc. (มงคล ทองสงคราม. 2535 : 48)

4.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

4.1.1	ฟิวส์ขนาด 5 A.	จำนวน	1	ตัว
4.1.2	หม้อแปลงไฟฟ้าลดแรงดันไฟฟ้า (สำเร็จรูป) แรงดันไฟฟ้าเข้า 220 V. แรงดันไฟฟ้าออก 6 , 9 , 12 , 24 V.	จำนวน	1	ตัว
4.1.3	วงจรบริดจ์เร็กติไฟเออร์ (สำเร็จรูป) เบอร์ RS 203	จำนวน	1	ตัว
4.1.4	คาปาซิเตอร์ขนาด 3300 μF 50 V.	จำนวน	1	ตัว
4.1.5	IC เบอร์ 7805	จำนวน	1	ตัว



ภาพประกอบ 19 วงจรของชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 Vdc.

4.2 ขั้นตอนการทำวงจร

4.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ

4.2.2 จัดเตรียมและจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

4.2.3 ทดลองต่อวงจรบนบอร์ดทดลอง

4.2.4 เมื่อผลการทดลองตรงตามทฤษฎี

4.2.5 จัดเตรียมแผ่นปริ้น

4.2.6 จัดวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้น

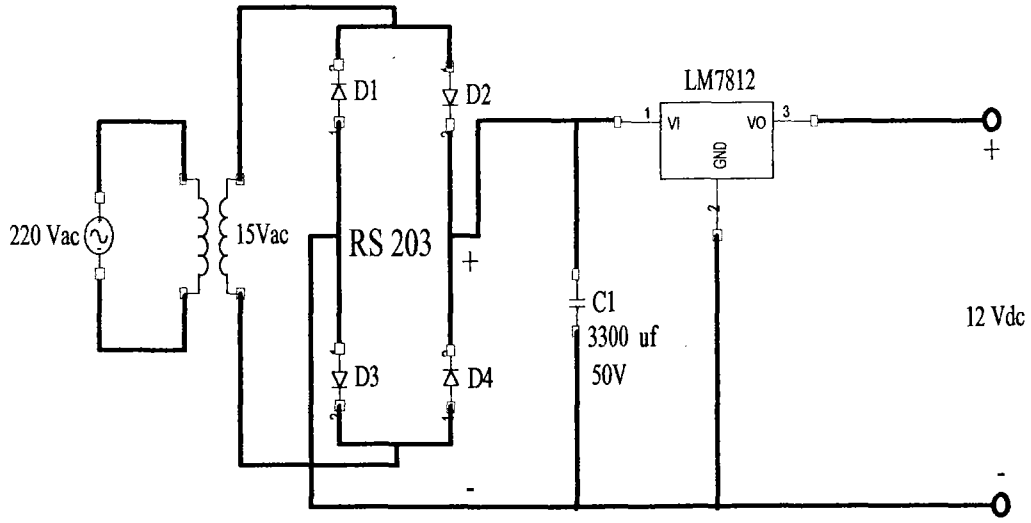
4.2.7 บัดกรีติดแผ่นปริ้นให้เรียบร้อย

4.2.8 ทดลองการทำงานของวงจร

5. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 12 Vdc.

5.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

5.1.1	ฟิวส์ขนาด 5 A.	จำนวน	1	ตัว
5.1.2	หม้อแปลงไฟฟ้าลดแรงดันไฟฟ้า (สำเร็จรูป)	จำนวน	1	ตัว
	แรงดันไฟฟ้าเข้า 220 V.			
	แรงดันไฟฟ้าออก 6 , 9 , 12 , 24 V.			
5.1.3	วงจรบริดจ์เร็กติไฟเออร์ (สำเร็จรูป) เบอร์ RS 203	จำนวน	1	ตัว
5.1.4	คาปาซิเตอร์ขนาด 3300 µF 50 V.	จำนวน	1	ตัว
5.1.5	IC เบอร์ 7812	จำนวน	1	ตัว



ภาพประกอบ 20 วงจรของชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 12 Vdc.

5.2 ขั้นตอนการทำวงจร

5.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ

5.2.2 จัดเตรียมและจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

5.2.3 ทดลองต่อวงจรบนบอร์ดทดลอง

5.2.4 เมื่อผลการทดลองตรงตามทฤษฎี

5.2.5 จัดเตรียมแผ่นปริ้น

5.2.6 จัดวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้น

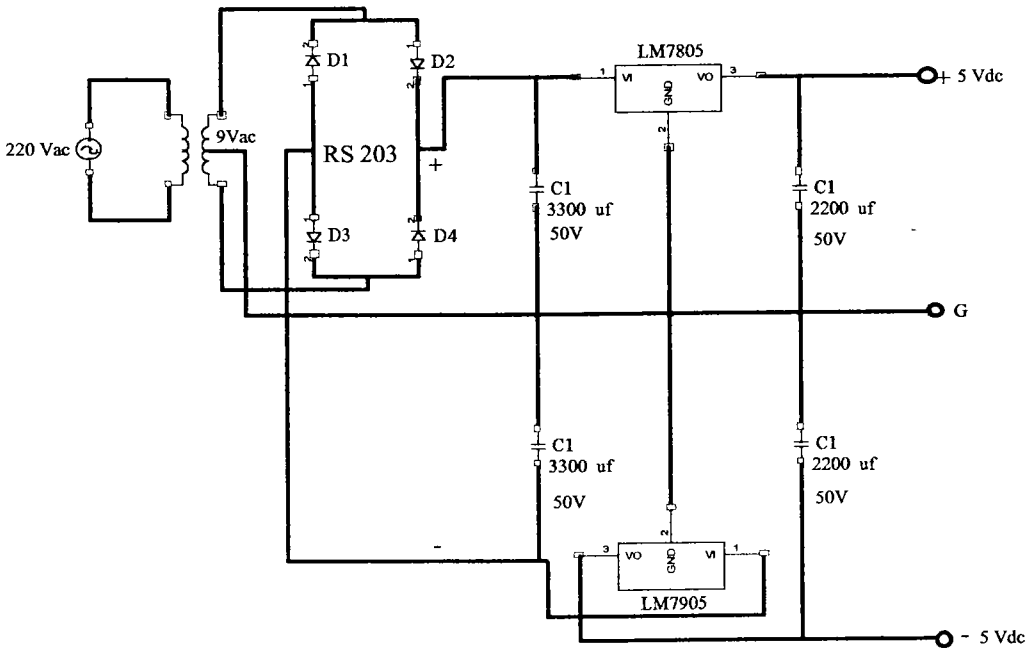
5.2.7 บัดกรีติดแผ่นปริ้นให้เรียบร้อย

5.2.8 ทดลองการทำงานของวงจร

6. ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับออปแอมป์ 741 (ค็อฟลิน และคณะ. 2521 : 65)

6.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

6.1.1	ฟิวส์ขนาด 5 A.	จำนวน	1	ตัว
6.1.2	หม้อแปลงไฟฟ้าลดแรงดันไฟฟ้า (สำเร็จรูป)	จำนวน	1	ตัว
	แรงดันไฟฟ้าเข้า 220 V.			
	แรงดันไฟฟ้าออก 6 , 9 , 12 , 24 V.			
6.1.3	วงจรบริดจ์เร็กติไฟเออร์ (สำเร็จรูป) เบอร์ RS 203	จำนวน	1	ตัว
6.1.4	คาปาซิเตอร์ ขนาด 3300 µF 50 V.	จำนวน	1	ตัว
	คาปาซิเตอร์ ขนาด 2200 µF 50 V.	จำนวน	1	ตัว
6.1.5	IC เบอร์ 7805	จำนวน	1	ตัว
6.1.6	IC เบอร์ 7905	จำนวน	1	ตัว



ภาพประกอบ 21 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 Vac เป็น ± 5 Vdc

6.2 ขั้นตอนการทำวงจร

6.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ

6.2.2 จัดเตรียมและจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

6.2.3 ทดลองต่อวงจรบนบอร์ดทดลอง

6.2.4 เมื่อผลการทดลองตรงตามทฤษฎี

6.2.5 จัดเตรียมแผ่นปริ้น

6.2.6 จัดวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้น

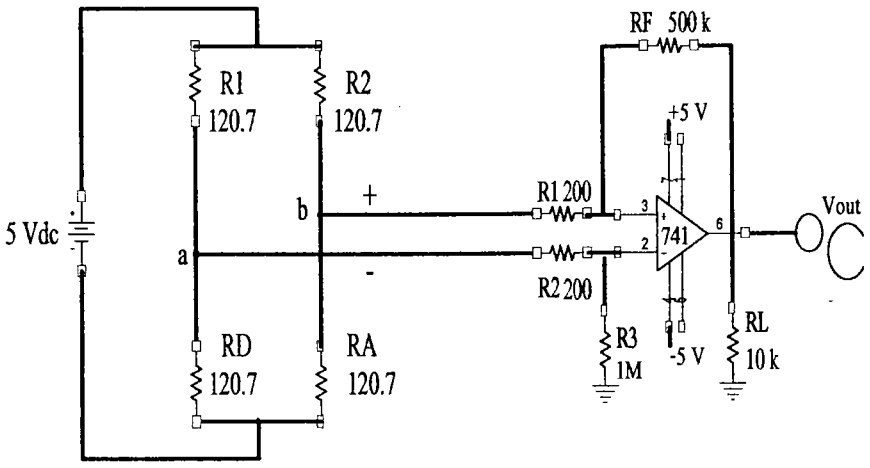
6.2.7 บัดกรีติดแผ่นปริ้นให้เรียบร้อย

6.2.8 ทดลองการทำงานของวงจร

7. ชุดขยายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรบริดจ์จำนวน 2 ชุด

7.1ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

7.1.1	ฟิวส์ขนาด 5 A.	จำนวน	1	ตัว
7.1.2	แหล่งจ่ายไฟฟ้าขนาด 5 Vdc.	จำนวน	1	ชุด
7.1.3	ชุดวงจรบริดจ์ของสเตรนเกจ	จำนวน	1	ชุด
7.1.4	ความต้านทาน 200 Ω	จำนวน	2	ตัว
7.1.5	ความต้านทาน 1M Ω	จำนวน	1	ตัว
7.1.6	ความต้านทานปรับค่าได้ 500 KΩ	จำนวน	1	ตัว
7.1.7	ออปแอมป์ 741	จำนวน	1	ตัว



ภาพประกอบ 22 ชุดขยายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรบริดจ์

7.2 ขั้นตอนการทำวงจร

7.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ

7.2.2 จัดเตรียมและจัดหาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

7.2.3 ทดลองต่อวงจรบนบอร์ดทดลอง

7.2.4 เมื่อผลการทดลองตรงตามทฤษฎี

7.2.5 จัดเตรียมแผ่นปริ้น

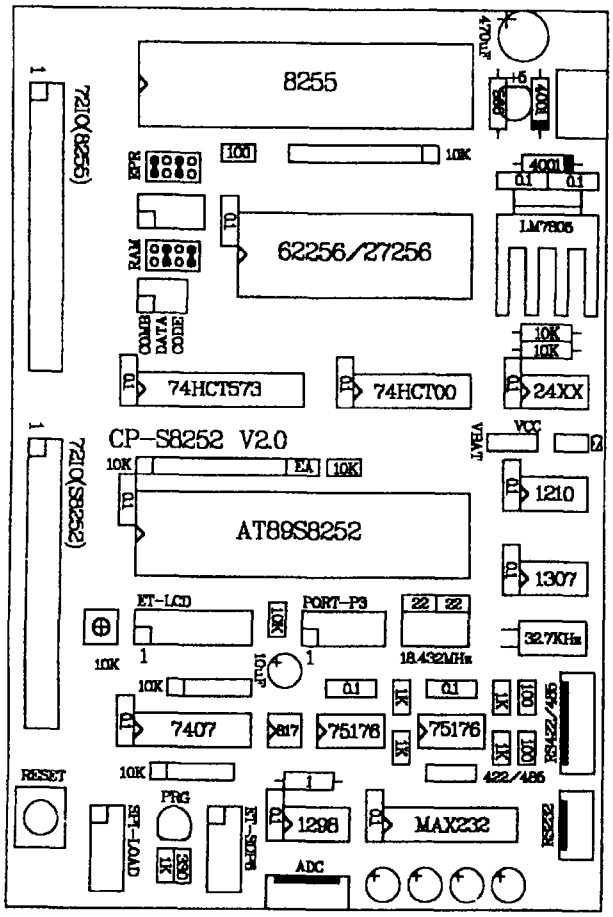
7.2.6 จัดวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้น

7.2.7 บัดกรีติดแผ่นปริ้นให้เรียบร้อย

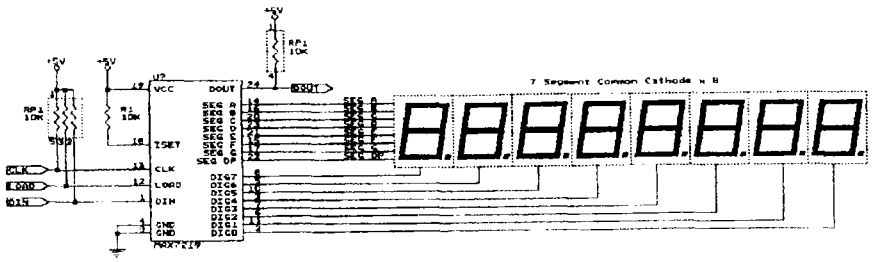
7.2.8 ทดลองการทำงานของวงจร

8. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 และ ชุดแสดงผล (อุดม จีนประดับ. 2541 : 38)

ชุดพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และชุดแสดงผล 7 Segment จำนวน 8 หลัก



ภาพประกอบ 23 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



ภาพประกอบ 24 ชุดแสดงผล 8 Segment

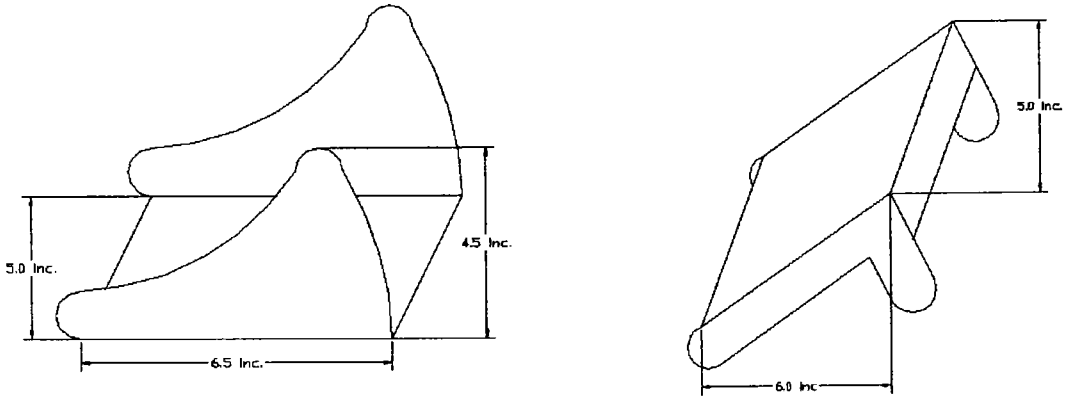
9. ชุดบล็อกสตาร์ท

ชุดบล็อกสตาร์ทจะประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ชิ้น คือ

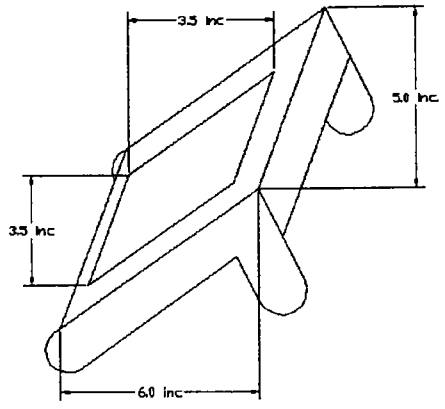
9.1 ที่ยันเท้าของนักวิ่งจำนวน 2 ชิ้น

9.2 เหล็กสำหรับปรับระยะวางที่ยันเท้า

โดยบล็อกสตาร์ทนั้นทำมาจากอลูมิเนียมหล่อ แล้วนำมาประกอบกัน ซึ่งจะมีลักษณะดังนี้



ภาพประกอบ 25 ส่วนประกอบของชุดบล็อกสตาร์ท



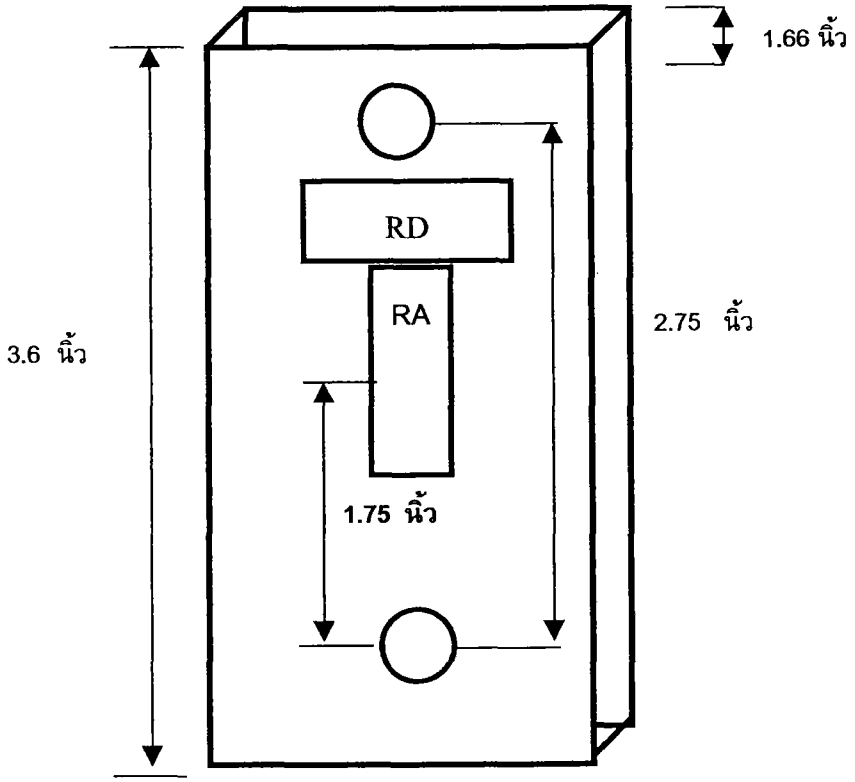
ภาพประกอบ 26 ช่องสี่เหลี่ยมสำหรับใช้ในการติดสเตรนเกจ

10. ขั้นตอนการติดสเตรนเกจบนบล็อกสตาร์ท

บล็อกสตาร์ทจะมีช่องสี่เหลี่ยม ขนาดพอดีกับฝาเท้าเพื่อให้เท้าเหยียบลงไป ซึ่งมีเหล็ก 2 ชิ้น ที่ติดกันอยู่ คือ อลูมิเนียมที่ใช้เท้าเหยียบกับอลูมิเนียมที่ใช้ในการติดสเตรนเกจ จะใช้ตารางการคำนวณหาขนาด

Bending Bar Load Cell Calculator

	Calculate Bar Width		Calculate Gage Location	Calculate Strain Value	Circuit Variables	
Maximum Load Lbs	250	Pounds	20	20	Reference voltage	6.00
Distance from force to Support for Bar	2.75	Inches	1.137	1.137	Amp Gain	1000.00
Distance from force to center of gage	1.75	Inches	**0.977**	1	Offset Voltage	3.00
Thickness of Bar	1.66	Inches	0.125	0.125	Output voltage	**9.14**
Target Strain Value	1.00E-03		1.00E-03	**1.02E-03**	6.14E-01	
Youngs Modulus	1.00E+07	Aluminum	1.00E+07	1.00E+07		
Width of BAR	**0.375**	Inches	0.750	0.750		
Maximum Stress	3992	Pounds	11638	11643		
Youngs Modulus for Aluminum	1.00E+07					
Youngs Modulus for 316 Stainless	2.80E+07					
Youngs Modulus for Hot Rolled Steel	3.00E+07					
Youngs Modulus for Brass	1.60E+07					
Youngs Modulus for Titanium	1.57E+07					
Material	**Maximum Recommended Stress**					
T6061-T0 Aluminum	8000	lb/in2	55	N/mm2 (mPa)		
T6061-T6 Aluminum	20000	lb/in2	140	N/mm2 (mPa)		
Hot Rolled Steel	13000	lb/in2	90	N/mm2 (mPa)		
Cold Rolled Steel	20000	lb/in2	140	N/mm2 (mPa)		
Brass, yellow Hard	20000	lb/in2	140	N/mm2 (mPa)		
316 Stainless	30000	lb/in2	210	N/mm2 (mPa)		
Titanium	35000	lb/in2	245	N/mm2 (mPa)		
Copyright © 2002 Electro Technical Products, Inc.						



ภาพประกอบ 27 ขนาดของอลูมิเนียมที่คำนวณได้แล้ว

10.1ขั้นตอนการติดสเตรนเกจลงบนอลูมิเนียม

10.1.1 คำนวณหาขนาดอลูมิเนียมจากตาราง

10.1.2 คำนวณหาระยะติดสเตรนเกจลงบนอลูมิเนียม

10.1.3 นำสเตรนเกจมาวัดหาค่าความต้านทานของตัวมัน

10.1.4 นำอลูมิเนียมที่คำนวณได้นำมาขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 240-310 จนอลูมิเนียมเรียบและสะอาด

10.1.5 วัดระยะที่จะติดสเตรนเกจ

10.1.6 นำสเตรนเกจมาทากาว CN แล้วติดลงบนอลูมิเนียม

10.1.7 ใช้พลาสติกใสกดสเตรนเกจเอาไว้จนกาวแห้งและติดดีแล้ว

10.1.8 นำ W-1 มาทาลงบนสเตรนเกจเพื่อกันความชื้น โดยการต้มน้ำในหม้อให้เดือด แล้วนำ W-1 ใส่ในถ้วยแล้ววางในหม้อที่มีน้ำเดือด จน W-1 ละลาย หลังจากนั้นนำออกจากหม้อต้ม รอให้ W-1 ที่ละลายเย็นลง (จะมีลักษณะข้น) แล้วนำพู่กันไปจุ่มใน W-1 แล้วทาทับลงบนสเตรนเกจให้หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

10.1.9 นำตัวป้องกันอุณหภูมิไปติดทับอีกครั้งหนึ่งเพื่อป้องกันอุณหภูมิจากภายนอก

10.1.10 แล้วนำไปทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปกับวงจรบริดจ์ไม่สมดุล เมื่อออกแรงลงบนที่ยันเท้า สเตรนเกจที่ติดบนบล็อกสตาร์ทนั้นจะมีอยู่ 2 ตัว

ตัวที่ 1 จะติดตามความยาวของอลูมิเนียมเพื่อเป็นตัวรับ (RA)

ตัวที่ 2 จะติดตามความกว้างของอลูมิเนียมเพื่อเป็นตัวชดเชยอุณหภูมิ (RD)

ภาคผนวก ข

คุณลักษณะของ Strain Gauges ที่ใช้ (TML)

สารที่ใช้ติดรักษาอุณหภูมิ (W- 1)

และกาวที่ใช้ติด Strain Gauges (CN)

คุณลักษณะของ Strain Gauges ที่ใช้

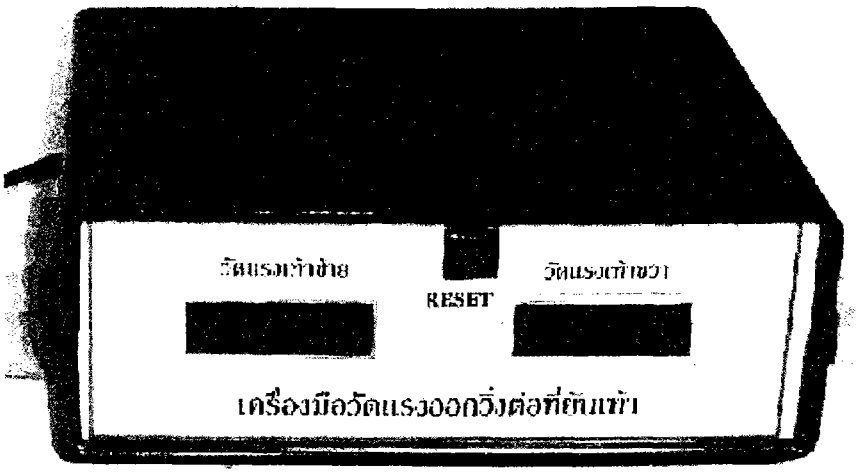
TYPE	FLA - 5 - 23 - 3L		
LOT NO. C505611		**GAUGE LENGTH**	5 mm
GAUGE FACTOR	2.16	□ 1 %	
GAUGE RESISTANCE	120.4□ 0.5 □	**QUANTITY**	10
TEMP. COMPENSATION FOR	23X 10^{-6} / □C	**TES CONDITION**	23□C 50 % RH
TRANSVERSE SENSITIVITY	- 0.1 %	**BATCH NO.** CD09T	
LEAD WIRES	10 / 0.12	3 m	

คุณลักษณะของสาร W-1 ที่ใช้ติด Strain Gauges

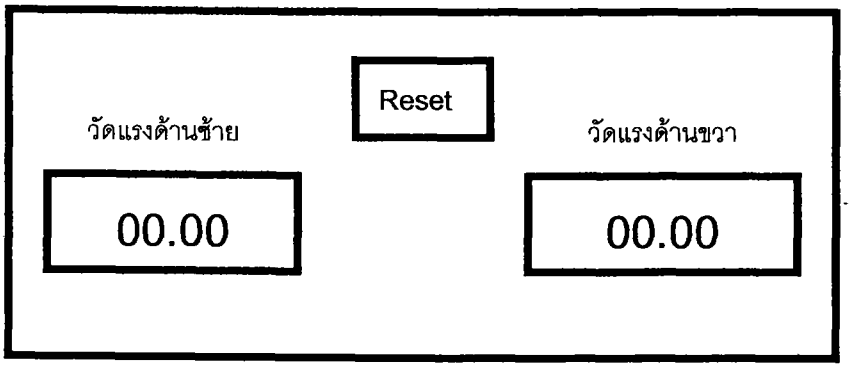
CONTENTS	**500 g**
COMPONENTS	MICROCRYSTALINE WAX (100 %)
OPERATING TEMPERATURE	0 ~ + 50□C
STORING CONDITION	A DARK COOL PLACE ROOM TEMPERATURE

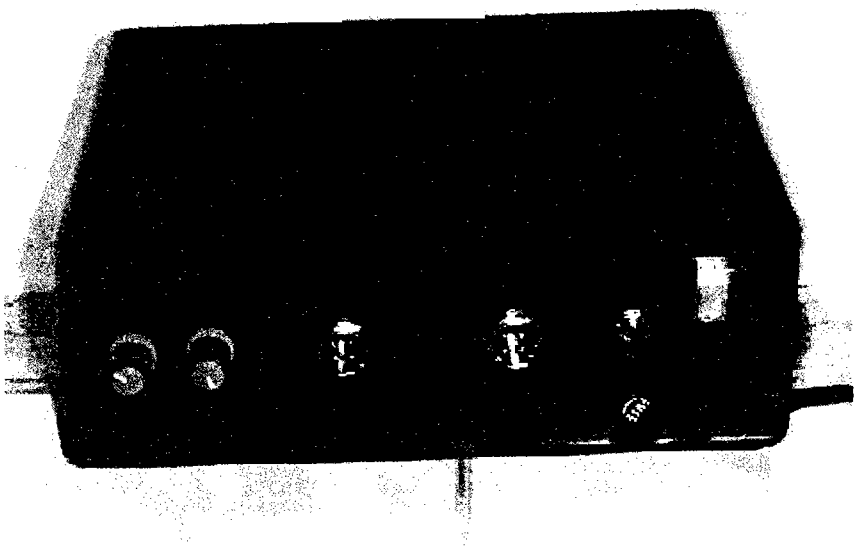
กาวที่ใช้ติดสเตรนเกจ (CN)

Contents	2 g x 5
Components	Synthetic resin(100 %) Cyanoacrylate
Operating temperature	-30 ~ + 120□C
Self life	6 months in a cool, dry and dark place such as refrigerator
	(5 ~ 10□C, freezer prohibited)

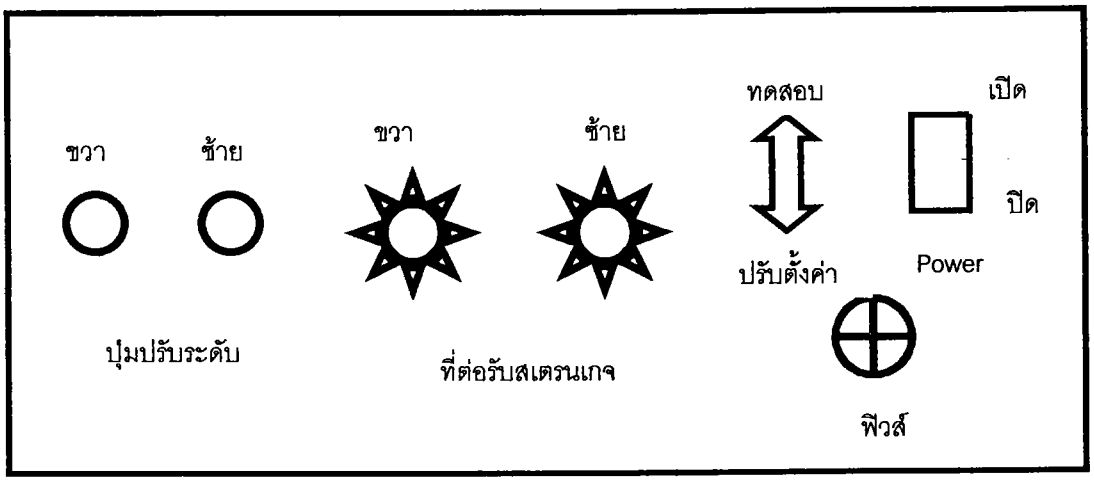


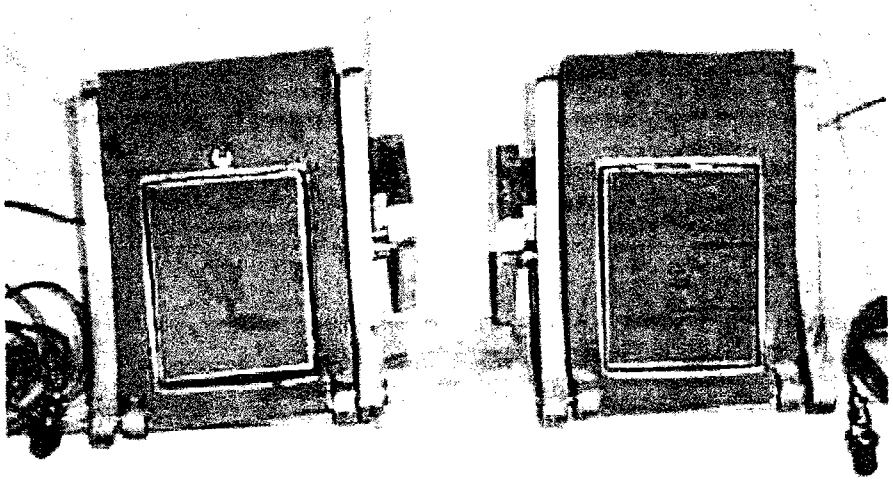
ภาพประกอบ 28 ด้านหน้าของจอแสดงผล



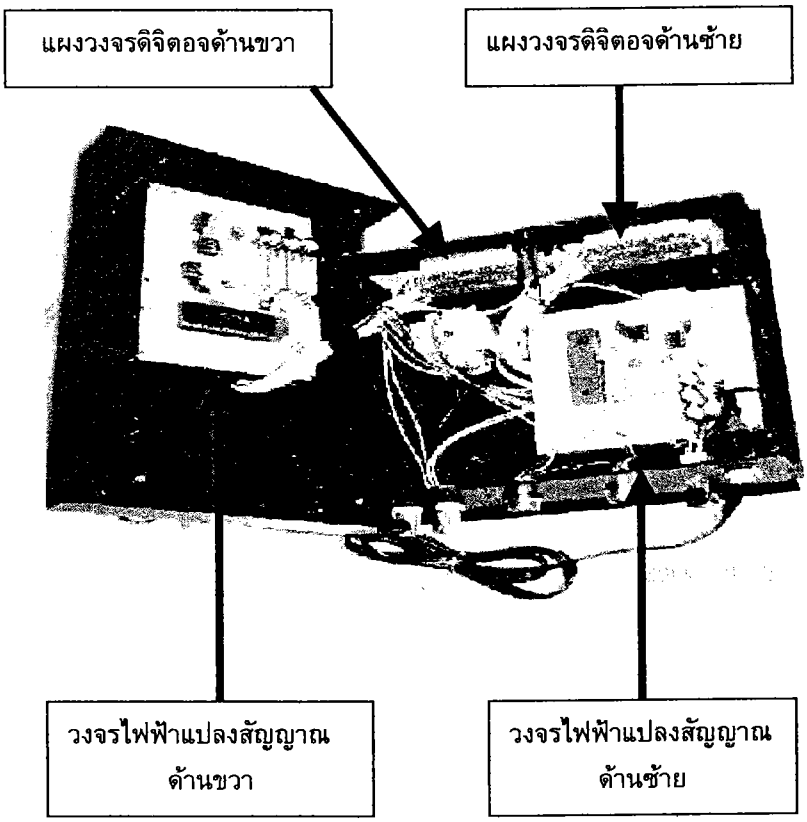


ภาพประกอบ 29 แสดงปุ่มควบคุมด้านหลัง





ภาพประกอบ 30 ที่ยันเท้าซ้าย และขวาและติดตั้งสเตรนเกจ



ภาพประกอบ 31 วงจรภายในจอแสดงผล

ข้อแนะนำในการใช้เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า

เพื่อการใช้เครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้นให้มีประสิทธิภาพควรปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. อุปกรณ์ประกอบด้วย
   - 1.1 รางใส่ที่ยันเท้า 1 อัน
   - 1.2 ที่ยันเท้า 2 ข้าง(ข้างซ้าย 1 อันและขวา 1 อัน)
   - 1.3 หมุดสำหรับตอกยึดรางกับพื้น 2 อัน
   - 1.4 กล่องจอแสดงผล
   - 1.5 ที่วัดอุณหภูมิ 1 อัน
2. ติดตั้งอุปกรณ์
   - 2.1 ยึดรางที่ยันเท้าไว้กับพื้นโดยใช้หมุดตอกยึดกับพื้น
   - 2.2 จัดที่ยันเท้าให้ได้ระยะตามความต้องการแล้วยึดติดกับราง
   - 2.3 ต่อสายสเตรนเกจ จากที่ยันเท้ากับกล่องจอแสดงผลตามสัญลักษณ์(ต้องต่อทั้งสองข้าง)
   - 2.4 เสียบสายไฟของจอแสดงผลแล้วเปิดสวิตซ์ไฟ
   - 2.5 ปรับตั้งค่าโดยใช้ปุ่มมาอยู่ที่ปรับตั้งค่า
   - 2.6 ปรับตั้งค่าให้ตัวเลขวิ่งแล้วค่อย ๆ ปรับให้เหลือศูนย์ 4 ตัว(0000)ทั้งสองข้าง
   - 2.7 ปรับปุ่มปรับตั้งค่าให้อยู่ตำแหน่งทดสอบแล้วกดปุ่ม Reset หน้าจอจะแสดงค่าเป็น 0.00 ทั้งสองข้าง
3. เมื่อทำการทดสอบในแต่ละครั้งก็ Reset ให้ค่าเริ่มที่ 0.00
4. ในขณะทำการทดสอบเมื่อ Reset แล้วไม่ได้ค่า 0.00 ให้ปรับสวิตซ์ปรับตั้งค่าแล้วปฏิบัติตามข้อ 2.5 - 2.7 ตามลำดับ
5. เมื่อทดสอบเสร็จให้ปิด Power ถอดสายไฟ สายสเตรนเกจออกจากที่ยันเท้าและถอดที่ยันเท้า
6. เก็บอุปกรณ์และแยกอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามข้อ 1

<u>หมายเหตุ</u> ในการทดสอบเพื่อให้ได้ผลตามที่เป็นจริงควรปฏิบัติดังนี้

1. ผู้ทดสอบควรอบอุ่นร่างกายให้พร้อมก่อนทดสอบ
2. ติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆให้ถูกตังและเหมาะสมโดยเฉพาะที่ยันเท้าทั้งสองข้าง
3. เมื่อทำการทดสอบให้เท้าสัมผัสให้ตรงเป้าหมาย
4. ออกวิ่งอย่างเต็มที่

ประมาณราคาอุปกรณ์

1.	อลูมิเนียมหล่อที่ยันเท้า 10 กิโลกรัม	500	บาท
2.	สเตรนเกจ 4 ตัว ๆ ละ 200 บาท	800	บาท
3.	กาวติดสเตรนเกจ(CN) 1 หลอด	200	บาท
4.	สาร W - 1 เคลือบสเตรนเกจ	500	บาท
5.	ชุดจอแสดงผล	1,700	บาท
6.	แผ่นยางและกาวติดแผ่นยางของที่ยันเท้า	100	บาท
	รวม	3,800	บาท

ภาคผนวก ค
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชียวชาญ

ชื่อ	นายสุวันชัย สินโพธ์
วุฒิทางการศึกษา	กศ.ม. อุตสาหกรรมศึกษา
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 3 ระดับ 8 ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิจัยและพัฒนา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก

ชื่อ	นายสมนึก เครือสอน
วุฒิทางการศึกษา	วศ.ม. ไฟฟ้ากำลัง
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 5 หัวหน้าศูนย์เครื่องเย็น
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก

ชื่อ	นายสุรสิทธิ์ แสนทอน
วุฒิทางการศึกษา	คอ.ม. ไฟฟ้ากำลัง
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 5 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก

ชื่อ	นายชนินทร์ ชุ่มเชื้อ
วุฒิทางการศึกษา	คอ.บ. วิศวกรรมไฟฟ้า
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 7 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคลำปาง

ชื่อ	นายพิบูลย์ เครือคำอ้าย
วุฒิทางการศึกษา	วศ.ม. อุตสาหการ
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 2 ระดับ 5 แผนกวิชาช่างโลหะ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการออกแบบและประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้าของนักวิ่งระยะสั้น

กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยในแต่ละช่องมีค่าระดับคะแนนดังนี้

5 = ดีมาก
4 = ดี
3 = ปานกลาง
2 = พอใช้
1 = ปรับปรุง หรือแก้ไข

ข้อที่	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องมือ					
2	ความเหมาะสมของโครงสร้าง					
3	ความแข็งแรงของเครื่องมือ					
4	สะดวกในการบำรุงและรักษา					
5	มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
6	สามารถใช้งานและจัดเก็บสะดวก					
7	ขนาดและรูปร่างมีความเหมาะสมในการใช้งาน					
8	ต้นทุนในการสร้างคุ้มค่ากับประโยชน์ที่นำไปใช้					
9	สามารถอ่านค่าได้ชัดเจน					
10	สามารถใช้ประโยชน์กับนักวิ่งระยะสั้นได้จริง					
11	สะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย					
12	คุณค่าของเครื่องมือที่มีต่อการวิ่งระยะสั้น					
13	ความเที่ยงตรงในการทดสอบวัดแรงออกวิ่งต่อที่ยันเท้า					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นายเทวฤทธิ์ ละมูล
วันเดือนปีเกิด	9 ตุลาคม 2511
สถานที่เกิด	ทรายทองวัฒนา กำแพงเพชร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	41/50 ม. 7 ต. ไม้งาม อ. เมือง จ. ตาก 63000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	อาจารย์ 2 ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตตาก
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2523	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านถนนน้อย
พ.ศ. 2526	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนทุ่งทรายวิทยาคม
พ.ศ. 2529	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม
พ.ศ. 2531	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ป.กศ.สูง) จากวิทยาลัยพลศึกษาจังหวัดลำปาง
พ.ศ. 2533	กศ.บ.(พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก
พ.ศ. 2547	กศ.ม.(พลศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร