

長距離選手の 運動強度가 心拍數의 變化에 미치는 影響

金鐵元, 任尚鎔

Effects on the Physical Working Capacity to Heart Rate of Long Distance Runners

Kim Chol-won, Im Sang-young

Summary

This study was to investigate the changes of heart rate, VO_2 max (ℓ /min.), VO_2 max ($m\ell$ /min./kg) and O_2 Pulse max ($m\ell$ /beat) according to gradual loading by bicycle ergometer and heart checker system.

The subjects were 8 long distance runners Che-Ju National University, whose physical characteristics and 5000m running records were similar to those of Japanese long distance runners.

Gradual loading by bicycle ergometer until physical work capacity 170 beats/min., the VO_2 max(ℓ /min.), VO_2 max ($m\ell$ /min./kg) and O_2 pulse max ($m\ell$ /beat) were decreasing tendency. These results seem to the training effects on the long distance running program.

序 論

全身持久性은 全身持久性的 Training에 의하여 作業成績이 向上된다. 作業成績의 要因으로서 身體的資源의 増大와 機械的效律의 改善을 들 수 있다.

全身持久性的 身體的資源으로서는 最大酸素攝取量, 呼吸, 循環機能이 무엇보다 좋은 指標라고 할 수 있으며 이들의 諸機能은 Training에 의하여 改善될 수 있다는 것은 Andrew (1966), Fox(1974), 山地(1974) 등에 의하여 認定되고 있다. 改善의 程度와 範圍는 運動의 強度, 時間, 頻度 등의 Training 條件에 의하여 左右된다는 것을 Klistensen(1969), Oskamm(1969), 山地(1974) 등이 報告한 바 있다.

Shephard(1968), Davies(1971) 등은 Training의 強度, 時間, 頻度の 組成效果에 의하여 運動의 強度, 時間, 頻도가 크면 클수록 最大酸素攝取量이 増

加하게 되며 呼吸, 循環機能의 活動水準도 높아지게 된다. 呼吸, 循環機能 中에서도 心拍數는 機械的 作業強度와 높은 相關關係를 나타내고 있음을 Andrew(1966), 山地(1974) 등이 報告한 바 있다.

本研究는 濟州大學校 長距離選手들의 體格과 體力 및 長距離(5000m) 記錄을 測定하고 運動強度(PWC:Physical Working Capacity)가 心拍數의 變化에 어떻게 影響을 미치는가를 間接法(Nomogram: Åstrand Ryhming, 1954)에 의하여 推定하여 最大運動能力의 評價尺度를 마련하고자 한다.

研究 方法

1. 研究對象

1985年度 晉釜驛轉競技大會에서 4位를 차지한 濟

州大學校 長距離選手 8名을 對象으로 하였으며 이들의 年令 및 身體의 特性과 5000m 달리기 記錄은 Table 1과 같으며 體力의 特性은 Table 2와 같다.

2. 測定方法

運動強度의 變化에 따라 連續的으로 心拍數를 測定하기 위하여 Heart-Check(Senoh-108)의 電極을 胸部 세곳에 附着시킨후 Bicycle Ergometer(Monark-868)에 태워 分當 60rpm의 速度로 Pedal을 밟게 하였다.

最初의 負荷를 720 kpm/min로 始作하였으며 180 kpm/min씩 漸增負荷시켜 900, 1080, 1260, 1440 kpm/min로 하여 各 漸增負荷 段階 사이에 5分間의 休息을 取하게 하였다.

被檢者의 心拍數가 170 beats/min에 근박할 때까지 이상과 같은 漸增負荷를 繼續하였으며 各段階別로는 心拍數가 一定한 水準에서 머무를 때에 5分間의 休息을 取한후 다음 段階의 負荷로 增加시켰다. 最後의 心拍數가 170 beats/min(165~175beats/min)될 때에 算出方法은 各運動負荷段階別 測定值의 最小自乘法에 의한 回歸方程式에 의하여 算出하였다.

各運動負荷段階別 最大脈搏數 Max beats/min, 各運動負荷段階別 最大酸素攝取量 Max $VO_2(L/min)$ 는 Astrand(1960)의 最大酸素攝取量의 間接法에 의하여 算出하였다.

各運動負荷段階別 體重 1kg當 最大酸素攝取量

Max $VO_2(ml/min. kg)$.

各運動負荷段階別 脈搏當 最大酸素攝取量 Max O_2 Pulse (ml/min)

$$\text{酸素} \cdot \text{脈}(ml/min) = \frac{\text{酸素攝取量}(ml/分)}{\text{心拍數}(拍/分)} \quad (\text{山地, 1981})$$

이상은 分當 最大運動負荷에 따르는 心拍數에 의해 各各 算出하였으며 平均值 및 標準偏差는 다음의 Table 3과 같다.

結果 및 考察

1. 體格 및 5000m 最高記錄

體格과 5000m에 대한 測定結果 記錄과 表準偏差는 Table 1에서 알 수 있으며 이를 1974年度 우리나라의 Asian Game 陸上 代表選手(朴等, 1974)들과 日本의 大學長距離選手들보다는 뒤지는 成績을 보이고 있으나 日本의 大學選手들과 比較하면 身長에서 日本은 168.6cm에 비해 本測定 結果에서는 169.1cm이었고, 體重에서는 日本이 58.0kg에 비해 58.9kg으로 多少 優秀한 成績을 보이고 있으나 5000m 最高記錄에서는 日本이 5分35秒1인데 비해 5分41秒로 6秒 낮은 記錄을 나타내고 있어 體格과 5000m 記錄에서는 日本의 大學選手들과 거의 같은 水準임을

Table 1. Records of 5000m distance running and physical characteristics

Sampling nu	Age (years)	Standing height (cm)	Body weight (kg)	Girth of chest (cm)	Sitting height (cm)	Skinfold thickness (mm)	Best recorder of 5000m running
(1)	19.0	172.5	57.0	84.5	94.5	7.0	15'49"
(2)	24.0	167.5	60.0	84.0	89.5	6.0	15'56"
(3)	26.0	174.0	65.0	96.0	93.0	9.5	15'20"
(4)	19.0	170.0	61.0	83.0	93.0	7.0	15'52"
(5)	21.0	172.5	61.0	85.0	92.5	7.0	16'05"
(6)	20.0	167.0	51.0	86.0	89.0	5.0	15'18"
(7)	21.0	166.8	60.0	87.0	91.0	6.0	15'26"
(8)	23.0	162.5	56.0	87.0	86.0	7.0	15'38"
M	21.6	169.5	58.9	86.6	91.1	6.8	15'41"
S.D	2.3	3.6	3.9	3.8	2.6	1.2	0'17"

Table 2. Physical fitness of long distance runners.

Item	Sampling number								M ± S.D
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
Grip strength (kg)	R. 49.0	47.0	48.0	44.0	50.0	47.0	47.0	44.0	47.0 ± 2.0
	L. 47.0	51.0	50.0	44.0	50.0	46.0	46.0	47.0	47.6 ± 2.3
Back strength (kg)	124.0	157.0	145.0	150.0	155.0	150.0	150.0	140.0	146.4 ± 9.8
Pull-ups (times)	15.0	11.0	8.0	10.0	10.0	9.0	5.0	13.0	10.1 ± 2.9
Dipping (times)	10.0	15.0	11.0	10.0	19.0	20.0	10.0	11.0	13.3 ± 3.9
Sit-ups (times)	39.0	27.0	25.0	33.0	32.0	30.0	32.0	31.0	31.1 ± 3.9
Handball throw (m)	21.0	29.8	28.0	29.0	33.0	28.0	26.0	29.0	27.9 ± 3.2
100m run (sec.)	12.6	12.7	12.0	13.0	12.5	12.9	13.3	12.5	12.7 ± 0.4
Standing longjump (cm)	230.0	226.0	225.0	227.0	230.0	232.0	225.0	220.0	228.1 ± 5.6
Vertical jump (cm)	53.0	55.0	64.0	54.0	54.0	51.0	52.0	56.0	54.9 ± 3.8
Shuttle run (sec.)	10.6	10.5	11.0	10.5	10.3	10.4	10.4	10.0	10.5 ± 0.3
	21.5	14.0	15.0	15.0	25.0	14.5	22.0	13.0	17.5 ± 4.3
Trunk flexion(cm)	H. 110.0	120.0	120.0	115.0	115.0	130.0	115.0	120.0	118.1 ± 5.6
	L. 70.0	80.0	80.0	75.0	85.0	90.0	85.0	90.0	81.9 ± 6.6
Heart rate (beats/min)	54.0	59.0	51.0	62.0	55.0	53.0	6.0	52.0	54.0 ± 4.6
Harvard step test(PEI)	151.5	148.5	115.4	151.5	138.0	142.9	142.9	116.3	138.5 ± 13.7

Table 3. Change of HR max(beats/min), V_{O_2} max(ℓ /min), v_{O_2} max($\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$) and O_2 Pulse max(ml/beat) according to gradual loading.

Item	Sampling number								M \pm S.D
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
	19	24	26	19	21	20	21	23	21.6 \pm 2.3
	Age								
720									
kpm/min									
Max beats/min	117.0	105.0	107.0	113.0	127.0	107.0	118.0	119.0	114.1 \pm 2.3
Max V_{O_2} ℓ /min	4.6	6.0	5.7	5.0	3.8	5.7	4.5	4.4	5.0 \pm 0.7
Max V_{O_2} $\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$	80.7	100.0	87.7	82.0	62.3	111.8	75.0	78.6	84.8 \pm 14.3
Max O_2 Pulse ml/beat	39.3	57.1	53.3	44.2	29.9	53.3	38.1	37.0	44.0 \pm 9.0
900									
kpm/min									
Max beats/min	136	121	123	142	151	145	148	142	138.4 \pm 10.4
Max V_{O_2} ℓ /min	3.7	4.9	4.7	3.4	3.0	3.3	3.1	3.4	3.7 \pm 0.7
Max V_{O_2} $\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$	64.9	81.7	72.3	55.7	49.2	64.7	51.7	60.7	62.6 \pm 10.1
Max O_2 Pulse ml/beat	27.2	40.5	38.2	23.9	19.9	22.8	20.9	23.9	27.2 \pm 7.3
1060									
kpm/min									
Max beats/min	153	141	131	156	169	162	170	156	154.8 \pm 12.5
Max V_{O_2} ℓ /min	3.5	4.1	4.7	3.3	2.8	3.1	2.8	3.3	3.5 \pm 0.6
Max V_{O_2} $\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$	61.4	68.3	72.3	54.1	45.9	60.8	46.7	58.9	58.6 \pm 8.8
Max O_2 Pulse ml/beat	22.9	29.1	35.9	21.2	16.5	19.1	16.5	21.2	22.8 \pm 6.2
1260									
kpm/min									
Max beats/min	166	156	166	170	171	171	171	171	166.7 \pm 5.2
Max V_{O_2} ℓ /min	3.2	3.8	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3 \pm 0.2
Max V_{O_2} $\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$	56.1	63.3	49.2	52.5	62.7	62.7	62.7	57.1	56.8 \pm 5.1
Max O_2 Pulse ml/beat	18.8	24.4	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	19.7 \pm 2.1
1440									
kpm/min									
Max beats/min	165	165	165	165	165	165	165	165	165 \pm 0.0
Max V_{O_2} ℓ /min	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7 \pm 0.0
Max V_{O_2} $\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$	61.7	61.7	61.7	61.7	61.7	61.7	61.7	61.7	61.7 \pm 0.0
Max O_2 Pulse ml/beat	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8 \pm 0.0
PWC.170	1284.3	1450.6	1331.9	1221.7	1078.7	1175.9	1069.5	1230.1	1230.3 \pm 119.2
kpm/min/kg	22.5	24.2	20.5	20.0	17.7	23.1	17.8	22.0	21.9 \pm 2.2

PWC: Physical working capacity (170 beats/minute)

kpm/min: Kilopond metre/minute

kpm/min/kg: Kilopond metre/minute/Weight Kilogram

Max beats/min: Maximum beats/minute

Max V_{O_2} ℓ /min: Maximum oxygen intake liter/minuteMax V_{O_2} $\text{ml}/\text{min}/\text{kg}$: Maximum oxygen intake milliliter/minute/Weight KilogramMax O_2 Pulse ml/beat : Maximum oxygen pulse milliliter/beat

갈 수 있다.

被檢者들의 體格差는 거의 없었으며 5000m 記錄에서도 標準偏差 17秒로 差가 거의 없었다.

2. 體力

體力의 測定結果 및 平均과 標準偏差는 Table 2에서 보는 바와 같다.

體力의 測定結果를 濟州大學의 體育專攻學生(金, 1967)들과 比較하면, 筋力과 筋持久力 種目에서는 握力, 背筋力, 턱걸이, Dipping에서 體育專攻學生들보다 뒤지고 있으며 다만 腹筋持久力 種目인 윗몸 일으키기에서 약간 앞서고 있다. 瞬發力 種目에서는 垂直跳 1.8cm, 던지기 3.5cm, 세자리멀리뛰기 13cm 등이 각각 뒤지고 있으며 100m 달리기에서 2秒가 앞서 있다. 敏捷性 種目인 往復달리기에서는 平均 10.5秒로 專攻學生들과 같았다. 全身持久力 種目인 Harvard step test Index에서는 被檢者들이 34.9差로 월등히 높은 成績을 보이고 있고 安靜時 心拍數에서도 20才 前後에서 正常心拍數 72~73拍/分(山地, 1981) 보다 훨씬 적은 54拍/分을 보이고 있어, Training을 계속하고 있는 長距離選手들에 있어서는 安靜心拍數는 낮고 最高心拍數는 높다고 Pollock等(1974)에 의하여 報告된 바 있다.

3. 段階別 運動負荷에 따르는 心拍數의 變化, 最大酸素攝取量, 體重 1kg當 最大酸素攝取量 및 酸素脈

長距離選手들에게 있어서는 무엇보다도 全身持久성이 要求되며 全身持久性의 合理的인 育成을 위해서는 全身持久性 向上을 위한 效果的인 運動負荷를 必要로 하게 된다. 猪飼等(1971)이 全身持久성을 위한 Training 負荷強度의 指標로서 心拍數를 들고 있으며 心拍數의 增加는 酸素攝取量을 增加한다고 報告한 바 있다.

Åstrand의 Nomogram에 의한 推定은 各段階別 運動負荷의 增加에 따라서 最大酸素攝取量, 體重 1kg當 最大酸素攝取量, 酸素脈과 心拍數 170 beats/min에 이르기까지의 段階別 變化는 Table 3에서 보는 바와 같다.

各 段階別로 作業量을 180 kpm/min으로 漸增負荷하였을 때, 720 kpm/min에서는 114.1 Max beats/min에서는 138.5 Max beats/min, 1080 kpm/min에서는 154.8 Max beats/min, 1260 kpm/min에서는 166.7 Max beats/min beats/min으로 心拍數는 漸次 增加를 나타내고 있으나 各段階別 最大酸素攝取量은 720 kpm/min에서 5.0 Max VO₂/ℓ/min이었던 것이 900 kpm/min에서는 3.7 Max VO₂/ℓ/min, 1080 kpm/min에서는 3.5 Max VO₂/ℓ/min, 1260kpm/min에서는 3.3 Max VO₂/ℓ/min, 1440 kpm/min에서는 3.7 Max VO₂/ℓ/min으로 段階別 作業量이 增加함에 따라 最大酸素攝取量은 減少現象을 나타내고 있으며 그에 따라 體重 1kg當 最大酸素攝取量과 酸素·脈도 漸次 減少되고 있음을 보여주고 있다. 그러나 根本적으로는 心拍數의 增加는 酸素攝取量을 增加한다고 報告된 바 있어 이와는 서로 相反되는 現象을 보이고 있는데 이는 鍛練者와 非鍛練者의 關係가 아닌가 思料되나 Koeslag와 Sloan(1976)는 最高心拍數와 最大酸素攝取量의 關係에 持久性의 Training에 의하여 最高心拍數의 最大酸素攝取量과는 反比例의 關係가 있다고 報告하고 있어 本研究와 一致하는 바 있다. 또한 最大酸素攝取量에서 作業量의 增加가 어느 程度에 이르면 安靜되어 감을 알 수 있다.

4. PWC₁₇₀

PWC₁₇₀이란 170 beats/min일때 行하여지는 作業量(Physical Working Capacity)으로 個人的 全身持久性能力을 알아 보고자하는 것으로 Sjöstrand (1947)와 Wahlund(1948)에 의해 考案되어 Åstrand와 Rhyning(1954) 등에 의하여 研究 發表되었다.

Table 3에서 보는 바와 같이 本研究에서의 測定値는 姜(1983)의 平均 938.5 kpm/min, 標準偏差 189,3 kpm/min으로 넓은 範圍에 分散되어 있는데 반하여 平均 1230.3 kpm/min, 標準偏差 119.2 kpm/min으로 測定값이 월등히 높으며 範圍分散도 좁음을 알 수 있다. 이것은 前者가 一般成人인데 비하여 後者は 大學의 長距離選手로서 Training을 계속한 때문이라고 思料된다. Table 4에 제시된 PWC₁₇₀의 先行研究의 값을 보면 本研究과 同一한

Table 4. PWC₁₇₀ values of other researchers (Male).

Researcher	Subjects(Nation)	Number	Age	Height	Weight	PWC ₁₇₀ (kpm/min)	PWC ₁₇₀ (kpm/min.kg)
Cumming	Medical students(Canada)	10	20~30	179	78	964	12.3
Bouchard	Sedentarists(Canada)	270	18~30	—	70.5	972	13.9
Ekelund	Young Adults(Sweden)	6	20~28	185	76.1	1108	14.5
Yoshida	Young Adults(Japan)	19	21.6	170.8	64.3	946	14.7
Tornvall	Military(Sweden)	58	19~20	178.5	67.3	1058	15.7
Ikai	Yong Adults(Japan)	8	27.9	165.3	60.9	954	15.8
Frick	Young Adults(Finland)	20	18~19	176.1	65.0	1044	16.0
Deuries	Students of P.E.(U.S.A.)	16	20~26	177.1	78.5	1266	16.6
Kapiiman	College man(Soviet)	51	24.9	175.7	69.6	1027	15.50

年令層의 一般成人을 對象으로 하여 Sjöstrand (1967)의 報告에 의하면 1185 kpm/min, Millahn (1965)은 1100 kpm/min, Bevegard (1963)는 1069 kpm/min으로 유럽의 一般成人의 PWC₁₇₀ 約 970~1200 kpm/min 程度인데 比하여 本研究에서는 유럽의 一般成人의 값보다 월등히 높음을 알 수 있다. 이는 非鍛練者間의 差라고 볼 수 있으며 Training을 통하여 PWC₁₇₀은 向上된다는 것을 立證하고 있다.

摘 要

長距離選手들의 運動強度가 心拍數에 미치는 影響을 알아 보고자 濟州大學校 長距離選手 8名을 對象으로 體格, 體力 및 5000m 最高記錄을 測定하고 PWC₁₇₀에 이르는 各段階別 運動負荷에 따르는 心拍數의 變化와 最大酸素攝取量의 間接法에 의하여

最大酸素攝取量을 推定하여 體重 1kg當 最大酸素攝取量 및 酸素脈을 推定 한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 日本의 大學長距離選手들과 比較하여 體格이나 5000m 記錄의 差는 거의 없었다.

2. 體力에 있어서는 濟州大學 體育專攻學生들과 거의 같은 成績이었으나 Harvard step test index에서 월등히 優秀한 成績을 보이고 있으며 安靜時心拍數는 一般成人, 72~73 beats/min보다 훨씬 적은 54beats/min을 나타내고 있어 長距離選手들의 Training에 의한 全身持久性이 월등히 優秀하였다.

3. 心拍數 170 beats/min에 이르기까지 各段階別 漸增負荷의 結果, 心拍數의 增加에 따라 最大酸素攝取量이 減少하며 體重 1kg當 最大酸素攝取量 및 酸素脈도 減少되고 있다.

이와 같은 結論에서 全身持久性의 Training된 者와 Training이 되지 않은 者 間에는 현저한 差를 나타내고 있다.

參 考 文 獻

Andrew, G. M., C. A. Guzman, M. R. Becklake, 1966. Effect of athletic training on exercise cardiac output. *J. Apple. Physiol.*, 21; 603-608.
Åstrand, P. O., I. Rhyming, 1954. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fit-

ness) from pulse rate during submaximal work. *J. Apple. Physiol.*, 1; 218-221.

村瀬豐, 發育期にある 陸上競技中・長距離優秀選手の有酸素的作業能および 長距離走行中の酸素攝取水準. 體育學研究, 17(5): 269-275.

- 姜信福, 金振元, 林繁藏, 李愛珠, 1983. 대학생의 身體運動能力(PWC₁₇₀)에 관한 研究. 서울大學校 體育研究所論集, 4(1); 121-128.
- 金鐵元, 1976. 體育專攻大學生の 體力에 관한 基礎 研究. 濟州大學論文集, 8: 137-152.
- 金光會, 1983. PWC₁₇₀과 體格 및 運動能力 檢査成績의 相關 關係研究. 서울大學校體育研究所論集, 4(1); 109-118.
- Klistonsen. P., Interval of continuous training. *FIEP-Bulletin*. 39: 3-8.
- 朴岳斌, 1974. 韓國優秀選手의 體力과 體力發達推移에 관한 研究, 11(1); 55-77.
- 朴薄斌, 1979. 優秀選手의 競技種目別 體力比較研究. 스포츠 科學研究報告書, 16(1); 5-13.
- 山地啓司, 1973. 最大作業時の日本人 一般成人の中・長距離選手の呼吸・循環機能. 體育學研究, 18(5) 277-286.
- 山地啓司, 1976. 3年間 全身持久性トレーニング陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響. 體育學研究, 21: 86-189.
- 山地啓司, 1981. 運動處方のための心拍數の科學 大修館書店.
- 山地啓司, 1976. 心臟とスポーツ, 心拍數による健康法. 共立出版.
- Shephard, R. J., 1968. Intensity, duration an frequency of exercise toa training regine. *Int. Z. anger. Physiol. einsch. Arbeits Physiol.* 26: 272-278.
- 淺見俊雄, 1973. 全身持久性のトレーニング處方に関する研究(1) 頻度の違いによるトレーニング效果について. 體育科學 1: 35-40.