

陸上競技 Sprinter의 推進力에 關한 研究

金升坤, 尹志洪, 李昌俊

A Study on the Propulsive Force of Sprinters

Kim Seong-gon, Yoon Ji-hong, Lee Chang-joon

Summary

Keller's model is applied to measure the sprinters' propulsive force and the rate of energy consumption. Sprinters in Cheju-do have notable value of propulsive parameter but they have large value of resistive parameter, and they have slow terminal velocity.

序 論

最近에 物理的인 model을 運動競技에 適用시키려는 研究가 많이 행해지고 있다. 운동현상을 分析하여 그 현상에 關聯되는 物理法則을 찾아내어 競技場에서 適用될 수 있도록 熟達하는 것은 coach나 選手에게 勝利를 가져다 줄 수 있는 열쇠가 되는 것이다. 物理學者와 體育學者들은 각 sports 種目別로 model을 設定하여 實際 競技에 適用, 成功的인 說明을 하고 있다.

Brancazio(1981)는 농구의 物理的인 技術에 關한 研究를하였고 Essen(1972)는 체조와 diving의 model을 고양이의 空中動作에 關한 物理的인 測面에서 얻으려고 研究하였다.

陸上競技에 있어서 sprinter에 關한 model도

Joseph B. Keller에 의하여 試圖되었으며 Alexandrov와 Lucht는 Keller의 model을 利用하여 200m separate course에서 世界記錄保有者의 記錄을 分析하는데 成功하였다.

本 研究는 濟州道代表 陸上競技 sprinter들을 Keller의 model을 適用시키고 각 選手와 指導者는 物理的인 因子를 理解하고 새로운 記錄에 挑戰할 수 있는 基礎資料를 提供하고자 한다.

研 究 方 法

1. 研究對象 및 期間

本 研究의 對象은 第67回 全國體育大會에 出戰하는 濟州道代表 陸上競技 短距離選手 男·女別 各 3 名씩 6名을 對象으로 하였고 研究期間은 1985년 4월

부터 1986년 3월까지 1年間に 걸쳐 實施하였다.

2. 測定方法

本 研究의 測定項目은 50m와 100m 달리기를 3회에 걸쳐 記錄測定하였으며 그 中에 가장 좋은 記錄을 選定하였고 測定器具는 SYSTEM PRINTER SP-11과 TYX-5000의 stop watch인 Japan SEIKO製品을 使用하였다.

陸上競技 短距離選手들을 50m와 100m 記錄을 Keller(1973)의 model을 適用시켜 推進力과 終速度(terminal velocity) 抵抗係數 및 energy 消費率을 算出하였다.

結果 및 考察

Keller의 model에서 陸上競技 sprinter의 운동방정식은

$$\frac{dv(t)}{dt} = f(t) - \sigma v(t) \dots\dots\dots (1)$$

로 주어지는데 여기서 $f(t)$ 는 단위질량당 추진력으로 sprinter의 개인적인 능력에 관계된 양이나 개인이 낼 수 있는 일정한 최대치가 존재하며 단위질량당 에너지 공급량과 f_v 는 비례한다.

σ 는 저항력의 계수로서 개인의 능력 sprinter의 속력 경기의 형태 공기의 저항 및 track의 성질 등의 인자를 통틀어 취급함으로써 model을 간단하게 만드는 것이다. (1)식을 $v(t)$ 에 관하여 풀이하면

$$v(t) = (f/\sigma)(1 - e^{-\sigma t}) + v_0 e^{-\sigma t} \dots\dots\dots (2)$$

가 되며 이것을 다시 거리에 관하여 풀이하면

$$x(t) = (f/\sigma)t + (f/\sigma^2 - v_0/\sigma)(e^{-\sigma t} - 1) \dots\dots\dots (3)$$

을 얻을 수 있는데 초기조건(initial condition)을 $r(0)=0, v(0)=0$ 로 두고 풀이한 것이다. 이 식들을 $x_1=50m, x_2=100m$ 인 경우의 시간을 t_1, t_2 로 두고

σ 와 f 에 관하여 풀이하면

$$\sigma = (1/t_1) / [2 - t_2/t_1] \dots\dots\dots (4)$$

$$f = \sigma^2 x_2 / (\sigma t_2 - 1) \dots\dots\dots (5)$$

를 얻을 수 있다.

(4)식과 (5)식의 결과에서 종속도(terminal velocity) $v_t = f/\sigma$ 를 얻을 수 있는데 이 경우의 추진력은 저항력과 같게 된다. Keller의 model에서는 전력질주를 계속할 수 있는 거리는 약 290m까지이며 Alexandrov등의 model에서는 최초 3초 이내에 종속도(terminal velocity) v_t 의 98%에 도달한다고 주장하고 있다.

Table 1에서 濟州道代表 sprinter의 記錄은 1985년부터 1986년 동계훈련시까지 測定한 것으로서 최고의 condition이라고 판단하기는 어려우나 研究 및 訓練의 資料로 使用할 수 있으며 다음 測定과의 比較를 위해서도 重要하다.

Table 1. records of sprinters in Cheju-do.

| Sex | Sprinter | 50M run (sec) | 100M run (sec) |
|--------|----------|---------------|----------------|
| Female | H.S.H. | 7" 08 | 13" 31 |
| | H.Y.H. | 7" 05 | 13" 31 |
| | L.M.H. | 6" 89 | 13" 18 |
| Male | K.M.S. | 6" 03 | 11" 10 |
| | L.Y.J. | 6" 28 | 11" 89 |
| | K.B.K. | 6" 23 | 11" 85 |

Table 1의 測定值들을 식 (4), (5)에 代入하여 각각 f, σ, v_t 를 Table 2에 나타내었으며 Table 2에서 世界記錄 保有者였던 Jim Hines와 Tommie Smith의 f, σ, v_t 도 함께 나타내어 比較하였다.

Table 2에서 볼 때 濟州道代表 陸上競技 sprinter들은 아직 成長하고 있는 選手들이지만 全體의으로 世界記錄保有者에 비해 종속도가 v_t 가 매우 작은 것으로 나타났다. 추진력 f 의 경우 L. M. J 選手와 K. B. K 選手는 매우 優秀하게 나타났으나 저항계수 σ 가 너무 크기 때문에 記錄이 매우 낮은 것으로 나타났다.

Table 2. Computed values of the parameters f , σ and v_t for each sprinters.

| Runner | $\sigma(\text{sec}^{-1})$ | $f(\text{N/kg})$ | $V_t(\text{m/sec})$ |
|----------|---------------------------|------------------|---------------------|
| J. Hines | 0.581 | 7.10 | 12.22 |
| T. Smith | 1.252 | 13.46 | 10.75 |
| H. S. H. | 1.100 | 8.87 | 8.06 |
| H. Y. H. | 1.265 | 10.10 | 7.98 |
| L. M. J. | 1.660 | 13.17 | 7.93 |
| K. M. S. | 1.040 | 9.86 | 9.48 |
| L. Y. J. | 1.400 | 12.52 | 8.94 |
| K. B. K. | 1.600 | 14.25 | 8.90 |

Table 3에서는 推進力과 走行중의 energy 消費率을 算出해 내었다.

Table 3의 算出 結果를 利用하여 選手가 使用하는 Energy의 經濟性을 판단할 수 있는 것으로 思料된다.

摘 要

本 研究는 第67回 全國體育大會에 出戰하는 濟州道代表 陸上競技 短距離選手 男·女 各 3名씩 6名을

Table 3. Computed values of propulsive force and rate of energy consumption.

| Sprinter | Propulsive force (newton) | Rate of energy consumption (watts) |
|----------|---------------------------|------------------------------------|
| H. S. H. | 567 | 4,570 |
| H. Y. H. | 505 | 4,032 |
| L. M. J. | 711 | 5,641 |
| K. M. S. | 660 | 6,257 |
| L. Y. J. | 826 | 7,137 |
| K. B. K. | 840 | 7,476 |

對象으로 推進力을 算出 比較 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 世界記錄保有者들과 濟州道代表選手의 경우 推進力에 있어서는 비슷하나 終速度(terminal velocity)를 크게 하기 위해서는 抵抗係數를 줄여야 한다.
2. 濟州道代表選手들은 energy의 使用도 매우 效率이 낮은 것으로 나타났다.
3. 濟州道代表選手들은 世界的인 選手들에 比하여 終速度는 매우 떨어져고 있다.

좋은 記錄을 내기 위한 窮極의인 手段은 매우 큰 終速度를 가지도록 해야 하며 이 점을 有意하여 記錄向上에 基礎資料가 될 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

Alexandrov, I. P. Lucht, 1981. Physics of sprinting. *American Journal of Physics*, 49(3) : 254-257.

Auerbach, A. 1976. Basketball for the player the fan and the coach. p.80-81. Pocket. New York.

Brancazio, P. J. 1981. Physics of basketball. *American Journal of Physics*, 49(4) : 356-364.

Essen, H. 1981. The cat landing on its feet revisited or angular momentum conservation and torque-free rotations of nonrigid mechanical systems. *American Journal of Physics* 49(8) : 756-758.

Keller, J. B. 1973. A theory of competitive running. *Physics today* : 43-47.

林鎬根, 金泰完, 1985. 陸上競技指導論, p.129-145. 大田文化社.

John W. Bunn著, 李緬世譯, 1978. 코우치의 科學的原理, p.122-144. 同和文化社.