

Journal of
E*xercise*
S*cience*

Vol. 21

Research Institute of Physical Fitness
Japan Women's College of Physical Education

日本女子体育大学附属
基礎体力研究所紀要

2011

日本女子体育大学基礎体力研究所紀要

Journal of Exercise Science

Vol. 21 2011

目次

〈研究報告〉

- Influence of prolonged tendon vibration on perceived effort during submaximal fatiguing contraction
……………Mifuyu Kamo, Manami Iwasa, Ayaka Hinataya, Sayaka Hayashi, Chiaki Maruyama, Yuki Sato, Sachiko Sunagare, and Hikari Yonebayashi …… 1
- Central command and vertebral artery blood flow during static arm exercise in women
……………Kohei Sato, Ai Hirasawa, Anna Ooue, Marina Yoneya, and Tomoko Sadamoto …… 6
- Relationship between superficial venous and arterial blood flow in the resting limb during static handgrip exercise in women
……………Anna Ooue, Ai Hirasawa Kohei Sato, and Tomoko Sadamoto …… 14

〈第21回研究フォーラム報告〉

基調講演

- アスリート育成システムから体力を考える – 長期競技者育成計画とおばあさん仮説–
……………伊藤 静夫 …… 23
- シンポジウム：専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力
- 日本人遺伝子からみたアスリートの体力
……………福 典之 …… 29
- 競泳のトレーニング現場からみたアスリートの体力
……………森山進一郎 …… 32
- サッカーにおける日本人の体力特性
……………安松 幹展 …… 34
- 月経周期からみた女性アスリートの体力
……………鈴木なつ未 …… 37

〈セミナー報告〉

呼吸・循環系のシステム同定とその応用

.....宮本 忠吉..... 40

〈特集 東京都競技力向上医・科学サポート事業〉

東京都競技力向上医・科学サポート事業における本学の取り組み

.....定本 朋子..... 42

施設をもたないスポーツ医・科学サポート事業のメディカルチェックについて

.....高橋 由美..... 46

東京都スポーツ医・科学サポート報告- コントロールテストと

コンディショニングサポートに関して-佐藤 耕平..... 51

パフォーマンスサポートとトレーニングサポートに関する報告

.....石塚 浩..... 60

医・科学サポート事業における栄養サポート

.....田口 素子..... 64

〈平成 22 年度事業報告〉

平成 22 年度事業報告 66

平成 22 年度研究業績 68

〈Journal of Exercise Science 寄稿規程〉 74

〈日本女子体育大学附属基礎体力研究所規程〉 75

〈研究報告〉

Influence of prolonged tendon vibration on perceived effort during submaximal fatiguing contraction

MIFUYU KAMO, MANAMI IWASA, AYAKA HINATAYA, SAYAKA HAYASHI, CHIAKI MARUYAMA,
YUKI SATO, SACHIKO SUNAGARE, and HIKARI YONEBAYASHI

Abstract

The purpose of the study was to determine the influence of prolonged tendon vibration on ratings of perceived exertion (RPE) during submaximal fatiguing contraction with knee extensor muscles. Five healthy subjects performed isometric contractions at 20% of the maximum voluntary contraction force with knee extensor muscles until the limit of endurance with (VOLVIB) and without (VOL) vibration applied to the patella tendon. The RPE, heart rate (HR), and endurance time were measured during the fatiguing contractions. Prolonged vibration altered the time course of the linear increase in RPE during VOL. The RPE of VOLVIB was significantly lower than that of VOL from 40% to 80 % of the endurance time, but it subsequently increased more rapidly to the end point of the contraction. The endurance time and HR during the fatiguing contraction were not influenced by prolonged vibration. It is speculated that exponential increase in RPE may have resulted from changes in excitatory input from prolonged vibration with time during submaximal fatiguing contraction.

Key words: Isometric fatiguing contraction, Afferent input, Motor drive, Vibration

Introduction

It is well established that ratings of perceived exertion (RPE) increase linearly to exhaustion during fatiguing submaximal contractions (*e.g. Taylor and Gandevia 2008*), even though a perception of effort represents a very complex interaction involving multiple feedback signals (*Williamson 2011*). During submaximal contraction at 30-35% MVC with tendon vibration, RPE is lower at 2 and 3 min than that without vibration,

(*Ogoh et al. 2002; Ueda et al. 2008; Sato et al. 2009; Shibuya et al. 2009, Ooue et al. 2011*). Goodwin et al. (1972) showed that an activated force fell when vibration was removed during a submaximal contraction with vibration. This finding directly suggests that an α motoneuron receives excitatory input from the vibration in the presence of central drive. Therefore, the RPE-lowering effect of vibration during contraction might reflect the excitatory input from the vibration. Nevertheless, it remains unclear how the RPE change with time when the vibration is

sustained in presence of central drive.

The purpose of the study was to determine the influence of prolonged tendon vibration on RPE throughout a submaximal fatiguing contraction.

Methods

Subjects

Five healthy female subjects (20.4 ± 0.5 years, mean \pm SD) participated in the present study. All studies were approved by the Japan Women's College of Physical Education ethics committee (approval number, 2009-1) and conformed to the Declaration of Helsinki. Written consent was obtained from each of the participants.

Experimental set-up

Subjects were seated with their hip and knee joint at 90 deg. To record the force of knee extension isometrically, a metallic plate was fastened to the lower leg and connected to a strain gauge (9E-L33; NEC San-ei Instruments, Ltd., Tokyo, Japan) at the ankle. The strain gauge output was fed into an amplifier (6M84; NEC San-ei Instruments, Ltd., Tokyo, Japan). The developing and the target force were displayed on an oscilloscope for subject feedback. The heart rate (HR) was measured using a II lead and an electrocardiogram monitor (BSM-7105; Nihon Kohden Corp., Tokyo, Japan).

Experimental procedures

Each subject participated in one familiarization session and two experimental sessions. The experimental sessions were performed in random order on separate days. Before the experimental sessions, each subject visited the laboratory for an intro-

ductory session to become familiar with the equipment and procedures and to perform three MVC trials. The MVC consisted of a gradual increase in force from zero to a maximum about 3 s. Subjects were given a 60-s rest between trials. The greatest force achieved by the subject was defined as the MVC.

After a two-minute rest in the seated position, subjects were requested to sustain contraction at 20% of MVC force until task failure, with (VOLVIB) or without vibration (VOL). Visual feedback of the knee extensor force was provided throughout the contraction. Subjects were reminded to maintain their feedback signal as nearly as possible to the target force line. The HR was measured every 30 s during rest for 2 min and contraction. And subjects were instructed to focus the assessment of effort on the knee extensor muscles performing the task. The rating of perceived exertion (RPE) was assessed with the Borg 10-point scale (*Borg 1982*) every 30 s throughout the contraction. The criterion for terminating the force task was 3 s of not being able to sustain the force within 5% of the target value. The order of two contractions was counterbalanced across subjects.

Vibratory stimulation was applied perpendicularly to the patella tendon at 100 Hz frequency with displacement of 0.5-0.8 mm and a force of 5 N (DPS-380, Diamedical System, Co. Ltd., Tokyo, Japan).

Data analysis and statistics

The endurance times of the sustained contractions were normalized to 100%. The mean values of HR and RPE were calculated every 10% of endurance time. Student's *t* test was used to compare the

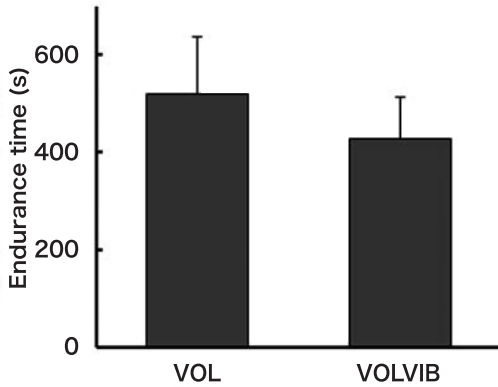


Fig. 1 Endurance times for VOL and VOLVIB. Values are means \pm SD.

endurance time between two sessions. Two-way repeated- measures ANOVAs with time as one factor and session as the other were used to compare the dependent variables of HR and RPE. When ANOVAs yielded significant interactions, post hoc comparisons were performed using the Bonferroni adjustment for multiple comparisons and *t* test to identify the source of differences between the two tasks. All data are reported in the text as the mean \pm SD. The significance level was $P < 0.05$.

Results

The mean MVC was 332.0 ± 70.5 N. The endurance time during VOLVIB was not significant but show a slight short compared to that during VOL (Fig. 1, VOL: 518.4 ± 118.8 s; VOLVIB: 427.5 ± 86.1 s). RPE increased during both fatiguing contractions but exhibited a different time course (Fig. 2). During VOL, increase in RPE was almost linear with time, although it was slight (not significant) during the first half of the VOLVIB and became steeper

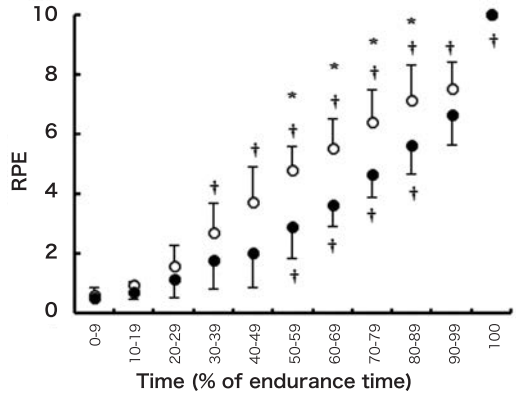


Fig. 2 RPE changes during VOL (○) and VOLVIB (●). Values are mean \pm SD. Significant difference from value for 0-9 s: †, $P < 0.05$, and between VOL and VOLVIB: *, $P < 0.05$

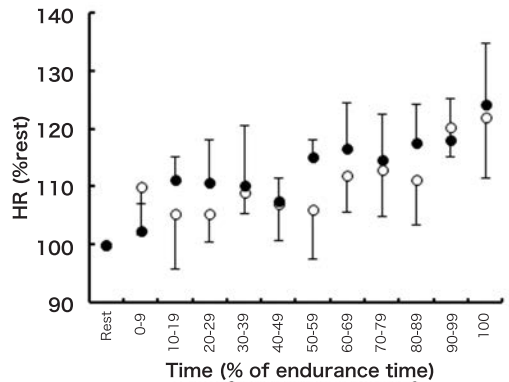


Fig. 3 Changes in HR during VOL (○) and VOLVIB (●). Change in HR is expressed as a percentage of the value measured at rest. Values are mean \pm SD.

thereafter. The RPE at the beginning of contraction was similar for VOL (0.6 ± 0.2) and VOLVIB (0.5 ± 0), but RPE of VOLVIB was significantly lower than that of VOL from 40% to 80 % of the endurance time and after 80% increased more rapidly to the end point of the contraction. In contrast, no significant difference in HR at rest was found between the two contractions (VOL: 74.7 ± 5.7 bpm; VOLVIB: 72.8 ± 5.6 bpm) and the rate of increase was also similar (Fig. 3).

Discussion

This investigation showed that prolonged vibration increased nonlinearly RPE throughout a submaximal fatiguing contraction with knee extensor muscles.

Up through the initial 30% of the endurance time (about 2 min), no significant difference in RPE was found between VOLVIB and VOL. Previously it was shown that the vibration-induced reduction of force developed slowly during prolonged vibration applied to a sustained MVC (Bongiovanni et al. 1990). Consequently, these findings might indicate that it takes time for the nervous system to process peripheral inputs from prolonged vibration properly during voluntary contraction.

During VOLVIB, RPE was significantly lower than that of VOL through 40 to 80 % of the endurance time. Perception of effort represents a very complex interaction involving multiple feedback signals (Williamson 2011). However, McNeil et al. (2011) reported that an increase in RPE during a submaximal fatiguing contraction reflects that voluntary output from the cortex increases to overcome the reduction in motoneurone excitability. According to this suggestion, the vibration-induced modification of RPE would be associated with higher afferent excitatory input and lower central command. If so, the prolonged vibration could provide excitatory input to motoneuron to 80 % of the endurance time during submaximal contractions. Under no central drive, an increase in excitatory input to α motoneurons by brief vibration turns into a decrease in excitatory input when

the vibration is sustained for more than 10-20 s (e.g. Shinohara 2005). Thus, the lasting excitatory input in presence of central drive is very long compared with that under no central drive. Therefore, other factors may also contribute to maintain a low RPE during VOLVIB. Further investigation would be needed to explore the long-lasting effect of vibration on RPE during voluntary contraction.

In this study, the endurance time during VOLVIB was slightly shorter than that VOL, but it was not significantly different. Generally, great individual differences exist in the endurance time of even submaximal contraction without vibration. For example 1405 ± 728 s was found for in elbow flexion at 15 %MVC (Hunter et al. 2002), 300 ± 132 s was found for in elbow flexion at 20%MVC (Mottram et al. 2006), 528 ± 216 s was found for in elbow flexion at 20%MVC (Rudroff et al. 2007), 450 ± 97 s was found for in planter flexion at 30 %MVC (Cresswell and Löscher 2000), and 518.4 ± 118.8 s was found for in knee extension at 20 %MVC in this study. Additionally, during VOLVIB, individual variation in changes of input to the motoneuron from vibration occurred with time. Therefore we infer that no great difference exists in the endurance time between VOL and VOLVIB in this study.

During the fatiguing contraction, HR was not influenced by prolonged vibration. To date, prolonged vibration has been found to reduce HR (Ogoh et al. 2002; Sato et al. 2009; Ooue et al. 2011) or to not affect HR (Shibuya et al. 2009; Ueda et al. 2008) during submaximal contraction at the 30-35% MVC level, although RPE was significantly less than it was without vibration in all

these studies. The cause of the difference in the effect of vibration between RPE and HR remains unclear. We verified that prolonged vibration has a stronger influence on RPE than HR, which is similar to findings in some of the previous studies.

References

- Bongiovanni, L.G., Hagbarth, K.E. and Stjernberg, L.:* Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *J. Physiol.*, **423**: 15-26, 1990.
- Borg, G.A.:* Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **14**: 377-381, 1982.
- Cresswell, A.G. and Löscher, W.N.:* Significant of peripheral afferent input to the α -motoneurone pool for enhancement of tremor during an isometric fatiguing contraction. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **82**: 129-136, 2000.
- Goodwin, G.M., McCloskey, D.I. and Mitchell, J.H.:* Cardiovascular and respiratory responses to changes in central command during isometric exercise at constant muscle tension. *J. Physiol.*, **226**: 173-190, 1972.
- Hunter, S.K., Ryan, D.L., Ortega, J.D. and Enoka, R.M.:* Task differences with the same load torque alter the endurance time of submaximal fatiguing contractions in humans. *J. Neurophysiol.*, **88**: 3087-3096, 2002.
- McNeil, C.J., Giesebrecht, S., Gandevia, S.C. and Taylor, J.L.:* Behavior of the motoneurone pool in a fatiguing submaximal contraction. *J. Physiol.*, **589**: 3533-3544, 2011.
- Mottram, C.J., Mauluf, K.S., Stephenson, J.L., Anderson, M.K. and Enoka, R.M.:* Prolonged vibration of the biceps brachii tendon reduces time to failure when maintaining arm position with a submaximal load. *J. Neurophysiol.*, **95**: 1185-1193, 2006.
- Ogoh, S., Wasmund, W.L., Keller, D.M., O-Yurvati, A., Gallagher, K.M., Mitchell, J.H. and Raven, P.B.:* Role of central command in carotid baroreflex resetting in humans during static exercise. *J. Physiol.*, **543**: 349-364, 2002.
- Ooue, A., Hirasawa, A. and Sato, K.:* Effect of central command on the conduit venoconstriction of the inactive limb during static exercise in humans. Research-aid report, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare. **26**: 32-40, 2011.
- Rudroff, T., Barry, B.K., Stone, A.L., Barry, C.J. and Enoka, R.M.:* Accessory muscle activity contributes to the variation in time to task failure for different arm postures and loads. *J. Appl. Physiol.*, **102**: 1000-1006, 2007.
- Sato, K., Sadamoto, T., Ueda-Sasahara, C., Shibuya, K., Shimizu-Okuyama, S., Osada, T., Kamo, M., Saito, M., Kagaya, A.:* Central command and the increase in middle cerebral artery blood flow velocity during static arm exercise in women. *Exp. Physiol.*, **94**: 1132-1138, 2009.
- Shibuya, K., Ueda, C., Sato, K., Shimizu-Okuyama, S., Saito, M., Kagaya, A., Kamo, M., Osada, T. and Sadamoto, T.:* Perceived exertion is not necessarily associated with altered brain activity during exercise. *J. Physiol. Anthropol.*, **28**: 63-69, 2009.
- Shinohara, M.:* Effects of prolonged vibration on motor unit activity and motor performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **37**: 2120-2125, 2005.
- Taylor, J.L. and Gandevia, S.C.:* A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J. Appl. Physiol.*, **104**: 542-550, 2008.
- Ueda, C., Kamo, M., Saito, M., Kagaya, A., Osada, T., Sato, K., Shibuya, K., Okuyama, S. and Sadamoto, T.:* Effect of tendon vibration during submaximal static elbow flexion exercise on muscle oxygenation. Proc. 13th ECSS, Portugal, p. 654, 2008.
- Williamson, J.W.:* The relevance of central command for the neural cardiovascular control of exercise. *Exp. Physiol.*, **95**: 1043-1048, 2011.

〈研究報告〉

Central command and vertebral artery blood flow during static arm exercise in women

KOHEI SATO, AI HIRASAWA, ANNA OOUÉ, MARINA YONEYA, AND TOMOKO SADAMOTO

Abstract

We examined the influence of central command on static exercise-induced increase in vertebral artery blood flow (\dot{Q}_{VA}). Ten young women performed static elbow flexion for two minutes at 30% of maximal voluntary contraction without (control exercise; CONT) and with vibrations to the biceps brachii tendon (EX+VIB) in order to reduce the effort needed to maintain the set contraction intensity while \dot{Q}_{VA} and cardiorespiratory responses were recorded. The rating of perceived exertion for the exercising muscle (Arm RPE) at the end of EX+VIB was lower than that of CONT (mean \pm SD; 4.9 ± 1.2 for CONT vs. 3.7 ± 1.4 for EX+VIB; $P < 0.05$). The increases in mean arterial pressure, heart rate, and cardiac output during EX+VIB were also lower than those developed during CONT, while the end-tidal CO_2 tension was unchanged in both conditions. The increase in the \dot{Q}_{VA} during EX+VIB was lower than that during CONT (42 ± 10 vs. $24 \pm 13\%$; $P < 0.01$). These results demonstrate an increase in vertebral artery blood flow during static exercise and suggest an influence of central command on vertebral blood flow regulation.

Key words: Cerebral blood flow, Neural activity, Ultrasonography

Introduction

Cerebral blood flow (CBF) increases along with other cardiovascular variables upon the transition from rest to exercise (Jørgensen 1995). Although overwhelming evidence supports an increase in regional CBF as a result of an increase in brain metabolism (Secher et al. 2008; Ogoh and Ainslie 2009), many factors influence CBF during exercise, such as cerebral autoregu-

lation, the arterial carbon dioxide ($PaCO_2$) tension, cardiac output, muscle mechanoreflex and sympathetic nerve activity (Querido and Sheel 2007; Ogoh and Ainslie 2009). In addition, central modulation of the cardiovascular system via descending signals from higher brain centers (central command) contribute to CBF regulation during exercise (Sato et al. 2009a, b; Vianna et al. 2009).

In previous, we applied the model introduced by Goodwin et al. (1972) of carrying

out static arm flexion at 30% of maximal voluntary contraction with or without vibration of the biceps tendon to study the influence of central command on CBF regulation during exercise. When the arm was flexed with concomitant vibration of the biceps tendon, a reflex generate approximately $\sim 8\%$ of the maximal voluntary force and the effort of carrying out the contraction is reduced accordingly (i.e., attenuated central command) (Goodwin *et al.* 1972; Ogo *et al.* 2002; Sato *et al.* 2009b). In the original work by Goodwin *et al.* (1972), the lowering of central command was paralleled by reduced heart rate and blood pressure responses. We confirmed these observations and further report an attenuated increase in the middle cerebral artery mean flow velocity (MCA V_{mean}), indicating reduced demand for brain neuronal activity during static arm exercise with concomitant vibration of the agonist tendon (Sato *et al.* 2009b).

Neural activity in human brain is supported by the blood via bilateral internal carotid arteries (ICA) and the bilateral vertebral arteries (VA) (Querido and Sheel 2007). The ICA and its branches (e.g., MCA and anterior cerebral artery) mainly supply to the cerebral cortex while the bilateral VA and its branches (e.g., basilar artery and posterior cerebral artery) mainly supply to the posterior part of diencephalon, brain stem, cerebellum, and spinal cord. Studies investigating the functional anatomy of central command-related changes in regional CBF have identified a network of structures activated in the human brain (Williamson *et al.* 2006). Activity of the cerebral anterior cingulate cortex and a part of

the insular cortex in humans, measured with single-photon emission computed tomography, increased during voluntary static handgrip exercise but was unaffected during postexercise muscle ischemia (Williamson *et al.* 2003), suggesting that these cortical structures may be involved in the generation of central command. On the other hand, renal sympathetic nerve activity and heart rate abruptly increased before or at the onset of spontaneous body movement or locomotion in decerebrate cats (Sadamoto and Matsukawa 1997; Matsukawa *et al.* 1998). Since decerebration disconnects the cerebral cortex and rostral diencephalon from the lower brain stem, this suggests that central command may be generated in the caudal part of the diencephalon and/or regions within the brain stem, which may be triggered by descending output from the cortical structures (Matsukawa 2001; Nakamoto *et al.* 2011). Thus, it seems reasonable to hypothesize that central command also influences the VA blood flow response to exercise as seen in the MCA V_{mean} (Sato *et al.* 2009b). The purpose of the present study was to determine the influence of central command on static exercise-induced increase in VA blood flow.

Methods

Ten young women (mean \pm SD: 21.4 \pm 1.7 years, 161.1 \pm 5.3 cm, 56.5 \pm 4.6 kg) participated in this study. Written, informed consent was obtained according to the Ethics Committee of the Japan Women's College of Physical Education and the study was conducted in accor-

dance with the Declaration of Helsinki.

Maximal voluntary contraction

On the first day, the subjects performed three maximal static elbow flexions of the right arm to determine their strength (maximal voluntary contraction; MVC), defined as the highest of three trials. After the MVC measurement, the subjects were familiarized with the exercise protocol involving two-minute arm flexion exercise with and without vibration of the agonist tendon.

Exercise protocol

On the second day, subjects performed static elbow flexion at 30% MVC with and without vibration of the biceps tendon using a computer-based multifunctional dynamometer (VINE, Tokyo, Japan). The subjects were seated in a chair in which body position could be maintained, while the right elbow was kept flexed 90° and supported on a padded armrest and the wrist was attached to an arm lever by a Velcro strap.

After three minutes of rest in the seated position, each subject performed the two exercise protocols: elbow flexion (CONT) and elbow flexion with biceps tendon vibration (EX+VIB). Before exercise, subjects were read instructions of the 6-20 rating of perceived exertion (Overall RPE) category scale developed by Borg (1973) and these ratings were obtained immediately after exercise. In addition, a rating of muscle fatigue (Arm RPE) was obtained after exercise by a 1-10 category scale (Saito *et al.* 1989; Sato *et al.* 2009b).

Muscle spindle vibration

A custom-made vibrator was used to

induce right biceps muscle contraction by reflex stimulation of the distal tendon while the subjects performed sustained isometric elbow flexion. The oscillating frequency of the vibrator was 100 Hz and its amplitude was 0.8 mm. The tendon vibration reflexively induced $7.7 \pm 3.0\%$ of MVC. Vibration of the biceps tendon at rest did not cause significant effects on the resting cardiovascular and cerebrovascular responses (Sato *et al.* 2009b).

Vertebral blood flow

Left VA blood flow (\dot{Q}_{VA}) was measured with a high-resolution ultrasound system (VIVID7pro, GE Yokogawa Medical Systems, Tokyo, Japan) equipped with a 10 MHz linear transducer while the subject's head was slightly elevated. The systolic and diastolic diameters of the VA were measured and the mean VA diameter (D_{VA}) was calculated in relation to the blood pressure curve: $D_{VA} = [(systolic\ diameter \times 1/3)] + [(diastolic\ diameter \times 2/3)]$ in the ultrasound B-mode. Each diameter was measured at at least 3 points and the values were averaged. The time-averaged mean flow velocity obtained in the automatic-calculation mode (PW-mode) was defined as the mean blood flow velocity (V_{VA} ; $cm \cdot s^{-1}$) and \dot{Q}_{VA} was calculated by multiplying the cross-sectional area of the VA [$area = \pi \times (D_{VA} / 2)^2$] with V_{VA} : $\dot{Q}_{VA} = V_{VA} \times area \times 60$ ($ml \cdot min^{-1}$) (Sato *et al.* 2009a). In all VA measurements, care was taken to ensure that the probe position was stable, that the insonation angle did not vary, and that sample volume was positioned in the center of the vessel and it was adjusted to cover the width of the vessel diameter.

Table 1 Cardiorespiratory and cerebrovascular variables at rest, recovery and during static arm exercise

		Rest	End of exercise	Recovery
MAP (mmHg)	CONT	78 ± 4	106 ± 8*	79 ± 6
	EX + VIB	77 ± 5	96 ± 8* †	75 ± 7
HR (beats/min)	CONT	68 ± 7	95 ± 12*	67 ± 8
	EX + VIB	67 ± 6	86 ± 10* †	66 ± 8
CO (L/min)	CONT	4.6 ± 0.6	6.9 ± 1.3*	5.0 ± 0.8
	EX + VIB	4.6 ± 0.8	6.1 ± 0.8* †	4.9 ± 0.7
PETCO ₂ (mmHg)	CONT	37.3 ± 2.5	37.4 ± 4.5	41.6 ± 3.7*
	EX + VIB	37.3 ± 3.1	36.9 ± 5.7	40.7 ± 3.3*
\dot{Q}_{VA} (cm/s)	CONT	93 ± 11	131 ± 17*	110 ± 18*
	EX + VIB	97 ± 14	118 ± 17* †	106 ± 16
CVCi (cm·s ⁻¹ /mmHg)	CONT	1.20 ± 0.47	1.25 ± 0.53	1.40 ± 0.22*
	EX + VIB	1.24 ± 0.53	1.23 ± 0.64	1.41 ± 0.25*

Data are mean ± SD. CONT, exercise without vibration (control exercise); EX + VIB, exercise with vibration; MAP, mean arterial pressure; HR, heart rate; CO, cardiac output; PETCO₂, end-tidal CO₂; \dot{Q}_{VA} , vertebral artery blood flow; CVCi, cerebrovascular conductance index. Different from rest: * $P < 0.05$, Different from CONT: † $P < 0.05$.

Cardiorespiratory responses

Mean arterial pressure (MAP) was measured non-invasively by photoelectric plethysmography with a Finometer (Finapres Medical Systems BV, Arnhem, Netherlands). Furthermore, heart rate (HR), stroke volume (SV) and thus cardiac output (CO) were determined from the blood pressure wave form using the Modelflow software program, incorporating gender, age, height, and weight (Beat Scope 1.1; Finapres Medical Systems BV, Arnhem, Netherlands). Ventilatory parameters were determined breath-by-breath with expiratory gas sampled from a face mask and gas fractions analyzed by a mass spectrometer (ARCO-1000; Arco System, Chiba, Japan) that was calibrated before each test. Data were analyzed using customized software and the end-tidal partial pressure for CO₂ (PETCO₂) was recorded.

Data processing and statistics

All variables were averaged over 30-s

intervals and the ratio \dot{Q}_{VA} to MAP was taken as an index of cerebrovascular conductance (CVCi). To calculate change from resting values, resting parameters were obtained during the 2-min resting period 30 sec before the beginning of exercise.

Differences in the cardiorespiratory and cerebrovascular responses between the two exercise conditions (CONT or EX+VIB) were evaluated by a two-way ANOVA with repeated measures. If a significant F -value was present in the main effect and/or the interaction effect, the mean value at a given time point was compared by Wilcoxon's signed rank test (SPSS12.0, Tokyo, Japan). The level of statistical significance was defined as $P < 0.05$ and data are expressed as mean ± SD.

Results

The Overall RPE after EX+VIB tended to

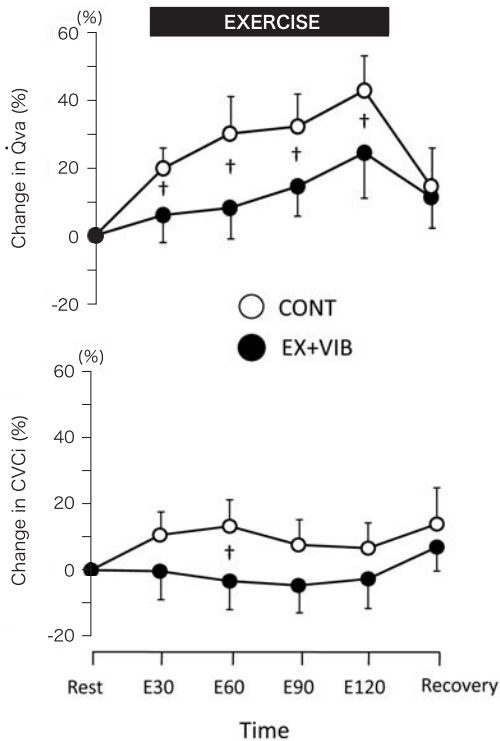


Fig. 1 Changes in vertebral blood flow (\dot{Q}_{VA}) and an index of cerebrovascular conductance (CVCi) during static arm exercise.

Values are mean \pm SD. † Difference between CONT and EX+VIB, $P < 0.05$.

be lower than that for CONT ($P = 0.067$; 13.9 ± 1.3 for CONT vs. 13.0 ± 1.6 for EX+VIB) and the Arm RPE was lower than that for CONT ($P < 0.05$; 4.9 ± 1.2 vs. 3.7 ± 1.4). In **Table 1**, the cardiorespiratory and cerebrovascular responses at rest, at the end of exercise, and in the recovery are summarized. There was a difference in MAP, HR, CO, and \dot{Q}_{VA} between CONT and EX+VIB at the end of exercise ($P < 0.05$), whereas P_{ETCO_2} and CVCi did not differ significantly between CONT and EX+VIB. The increase in cerebrovascular variables during static exercise were compared between CONT and EX+VIB in **Fig. 1** demonstrating that the increase in \dot{Q}_{VA}

during EX+VIB was lower than that in CONT ($P < 0.05$). EX+VIB attenuated the CVCi in the 60 s after the onset of static exercise as compared with CONT ($P < 0.05$).

Discussion

The purpose of the present study was to determine the role of central command for the static exercise-induced increase in vertebral artery blood flow. We found that \dot{Q}_{VA} was elevated by $\sim 40\%$ at the end of control exercise, while the increase in the \dot{Q}_{VA} with tendon vibration (i.e., attenuated central command) was only by $\sim 20\%$. These findings demonstrate an increase in \dot{Q}_{VA} during static exercise and support the hypothesis that central command contributes to regulation of \dot{Q}_{VA} during static exercise.

Vibration is a powerful stimulus to the primary muscle spindle afferents when applied to the biceps tendon during static exercise. When the biceps brachii was contracting (arm flexion), activation of its muscle spindle primary afferents provided reflex muscle activation, so that a lower effort (decreased central command) was required to achieve a given force without altering the muscle force (Goodwin *et al.* 1972; Ogoh *et al.* 2002; Sato *et al.* 2009b). However, we did not also use that model to record the CBF response to arm extension with or without vibration of the biceps tendon to study the influence of increasing central command on CBF regulation during exercise (Goodwin *et al.* 1972; Ogoh *et al.* 2002). In addition, our subjects did not performed exercise at a workload that elicited

the same RPE (an index of central command activity) as those obtained during EX+VIB (Goodwin *et al.* 1972; Ogoh *et al.* 2002). These facts are major methodological limitations of the present study. In an effort to determine the selectivity of the tendon vibration technique in activating central command, subjects should repeat the arm extension and flexion exercise at the same RPE (Goodwin *et al.* 1972; Ogoh *et al.* 2002). Williamson *et al.* (2001) have demonstrated that the individual's RPE or 'effort sense' during physical activity, independent of the force production, appears to dictate the magnitude of central command. Hence, by comparing exercise with vibration to the exercise without vibration at the same RPE (or effort sense), we might account for activation of the central command in CBF responses during exercise. Even though these limitations remain to be solved, it is meaningful to discuss the new insight drawn from the present finding into the regulation of CBF during static exercise.

The increase in CBF in response to hand-grip exercise is eliminated after the arm is blocked by regional anesthesia (Friedman *et al.* 1991; Friedman *et al.* 1992; Jørgensen *et al.* 1993) suggesting that the increase in CBF during exercise is dominated by the exercise pressor reflex (muscle mechanoreflex) and that central command plays only a minor role (Jørgensen *et al.* 1992b; Jørgensen *et al.* 1993). However, our previous and present data suggest that central command, reflected in "effort sense", contributes to the increase in CBF during static exercise (Sato *et al.* 2009b). Support comes from the study of Williamson *et al.* (2002)

that reported an increase in blood flow of the insular and anterior cingulate cortex during imagined exercise with no afferent input from exercising muscles. In addition, we find that the increase in MCA V_{mean} at the beginning of dynamic exercise with no load is mediated by central command activation (Sato *et al.* 2009a). Furthermore, Vianna *et al.* (2009) report that selective activation of skeletal muscle afferents (muscle mechano- and metaboreceptors) does not increase anterior cerebral artery mean blood velocity (ACA V_{mean}) and they suggest that the increase in ACA V_{mean} during voluntary calf exercise depends on central command. Taken together these findings argue for an effect of central command on CBF during exercise.

We considered that a central command-mediated decrease in \dot{Q}_{VA} during EX+VIB is linked to changes in regional cerebral activity and metabolism. Although central command from higher brain centers plays an important role in the control of the cardiovascular system during voluntary exercise, little is known about the central nerve system origin and pathways responsible for the central command (Williamson *et al.* 2006; Green *et al.* 2007). Previous studies reported that the diencephalon and/or brain stem region (including mid brain) contains neural circuits crucial for generating central command and linking the autonomic nervous and motor systems, which may be triggered by descending output from the cerebral cortex (Matsukawa 2001; Nakamoto *et al.* 2011). Since VA supplies diencephalon and brain stem, it is possible that attenuated activation of these regions might be related to the reduced \dot{Q}_{VA} during

EX+VIB. However, due to the inherent limitation of the Doppler ultrasound technique, we are unable to distinguish between regional differences in blood flow within these areas. Interestingly, we observed that the increase in CVCi at 60 s after the onset of exercise was larger during CONT than that EX+VIB, indicating that local vasodilator influences result from increase in regional metabolism related to central command and cardiovascular responses during exercise.

In conclusion, this study supports that

central command influences cerebral blood flow during static exercise and that a central command-mediated decrease in vertebral blood flow during exercise is linked to changes in regional cerebral activity and metabolism.

Acknowledgement : We thank the subjects for their cooperation and would also like to acknowledge the expert technical assistance of Hiroyuki Yamamoto (GE healthcare). This study was supported by a grant-in-aid for scientific research from the

References

- Borg, G.:* Perceived exertion: a note on history and methods. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **5**: 90-93, 1973.
- Friedman, D.B., Friberg, L., Mitchell, J.H. and Secher, N.H.:* Effect of axillary blockade on regional cerebral blood flow during static handgrip. *J. Appl. Physiol.*, **71**: 651-656, 1991.
- Friedman, D.B., Friberg, L., Payne, G., Mitchell, J.H. and Secher, N.H.:* Effects of axillary blockade on regional cerebral blood flow during dynamic hand contractions. *J. Appl. Physiol.*, **73**: 2120-2125, 1992.
- Goodwin, G.M., McCloskey, D.J. and Mitchell, J.H.:* Cardiovascular and respiratory responses to changes in central command during isometric exercise at constant muscle tension. *J. Physiol.*, **226**:173-190, 1972.
- Green, A.L., Wang, S., Purvis, S., Owen, S.L., Bain, P.G., Stein, J.F., Guz, A., Aziz, T.Z. and Paterson, D.J.:* Identifying cardiorespiratory neurocircuitry involved in central command during exercise in humans. *J. Physiol.*, **578**: 605-612, 2007.
- Jørgensen, L.G.:* Transcranial Doppler ultrasound for cerebral perfusion. *Acta Physiol. Scand.*, **625**: 1-44, 1995.
- Jørgensen, L.G., Perko, M., Hanel, B., Schroeder, T.V. and Secher, N.H.:* Middle cerebral artery flow velocity and blood flow during exercise and muscle ischemia in humans. *J. Appl. Physiol.*, **72**: 1123-1132, 1992a.
- Jørgensen, L.G., Perko, G. and Secher, N.H.:* Regional cerebral artery mean flow velocity and blood flow during dynamic exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, **73**: 1825-1830, 1992b.
- Jørgensen, L.G., Perko, G., Payne, G. and Secher, N.H.:* Effect of limb anesthesia on middle cerebral response to handgrip. *Am. J. Physiol.*, **264**: H553-H559, 1993.
- Matsukawa, K.:* Central control of the cardiovascular system during exercise. *In: Exercise, Nutrition, and Environmental Stress*, edited by Nose, H., Gisolfi, C.V., Inamizu, K. and Traverse City, M.I.: Cooper, **vol. 1**, pp. 39-64, 2001.
- Matsukawa, K., Murata, J. and Wada, T.:* Augmented renal sympathetic nerve activity by central command during overground locomotion in decerebrate cats. *Am. J. Physiol.*, **275**: H1115-H1121, 1998.
- Nakamoto, T., Matsukawa, K., Liang, N., Wakasugi, R., Wilson, L.B. and Horiuchi J.:* Coactivation of

- renal sympathetic neurons and somatic motor neurons by chemical stimulation of the midbrain ventral tegmental area. *J. Appl. Physiol.*, **110**: 1342-1353, 2011.
- Ogoh, S. and Ainslie, P.N.: Cerebral blood flow during exercise; mechanisms of regulation. *J. Appl. Physiol.*, **107**: 1370-1380, 2009.
- Ogoh, S., Wasmund, W.L., Keller, D.M., O-Yurvati, A., Gallagher, K.M., Mitchell, J.H. and Raven, P.B.: Role of central command in carotid baroreflex resetting in humans during static exercise. *J. Physiol.*, **543**: 349-364, 2002.
- Querido, J.S., and Sheel, A.W.: Regulation of cerebral blood flow during exercise. *Sports Med.*, **37**: 765-782, 2007.
- Sadamoto, T. and Matsukawa, K.: Cardiovascular responses during spontaneous overground locomotion in freely moving decerebrate cats. *J. Appl. Physiol.*, **83**: 1454-1460, 1997.
- Sato, K., Moriyama, M., and Sadamoto, T.: Influence of central command on cerebral blood flow at the onset of exercise in women. *Exp. Physiol.*, **93**: 1139-1146, 2009a.
- Sato, K., Sadamoto, T., Ueda-Sasahara, C., Shibuya, K., Shimizu-Okuyama, S., Osada, T., Kamo, M., Saito, M. and Kagaya, A.: Central command and the increase in middle cerebral artery blood flow velocity during static arm exercise in women. *Exp. Physiol.*, **94**: 1132-1138, 2009b.
- Saito, M., Mano, T. and Iwase, S.: Sympathetic nerve activity related to local fatigue sensation during static contraction. *J. Appl. Physiol.*, **67**: 980-984, 1989.
- Secher, N.H., Seifert, T. and Van Lieshout, J.J.: Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue. *J. Appl. Physiol.*, **104**: 306-314, 2008.
- Vianna, L.C., Araujo, C.G. and Fisher, J.P.: Influence of central command and muscle afferent activation on anterior cerebral artery blood velocity responses to calf exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, **107**: 1113-1120, 2009.
- Williamson, J.W., Fadel, P.J. and Mitchell, J.H.: New insights into central cardiovascular control during exercise in humans: a central command update. *Exp. Physiol.*, **91**: 51-58, 2006.
- Williamson, J.W., McColl, R. and Mathews, D.: Evidence for central command activation of the human insular cortex during exercise. *J. Appl. Physiol.*, **94**: 1726-1734, 2003.
- Williamson, J.W., McColl, R., Mathews, D., Mitchell, J.H., Raven, P.B. and Morgan, W.P.: Brain activation by central command during actual and imagined handgrip under hypnosis. *J. Appl. Physiol.*, **92**: 1317-1324, 2002.
- Williamson, J.W., McColl, R., Mathews, D., Mitchell, J.H., Raven, P.B. and Morgan, W.P.: Hypnotic manipulation of effort sense during dynamic exercise: cardiovascular responses and brain activation. *J. Appl. Physiol.*, **90**: 1392-1399, 2001.

〈研究報告〉

Relationship between superficial venous and arterial blood flow in the resting limb during static handgrip exercise in women

ANNA OOUE, AI HIRASAWA, KOHEI SATO, AND TOMOKO SADAMOTO

Abstract

The purpose of this study was to investigate whether blood flow (BF) of the conduit superficial vein in the resting limb depends on the change in arterial blood flow during static exercise. Ten females performed static handgrip exercise at 15%, 30% and 50% of maximal voluntary contraction (MVC) for 1 min, randomly. Heart rate and mean arterial pressure were continuously measured. Cross-sectional area, blood velocity and blood flow (BF_{vein}) of the basilic vein and blood flow (BF_{artery}) of the brachial artery in the resting arm were measured by ultrasound technique. Arterial vascular resistance (AVR) was calculated from BF_{artery} and mean arterial pressure. There was a significant positive relationship between BF_{artery} and BF_{vein} and a negative relationship between AVR and BF_{vein} during static exercise. However, the averages of BF_{vein} , BF_{artery} and AVR during exercise were similar among exercise intensities. These results indicated that the changes in superficial venous BF during static exercise are probably dependent of the changed in arterial blood flow.

Key words: Cross-sectional area, Ultrasound technique, Arterial vascular resistance

Introduction

Venous system has been considered to play an important role in hemodynamic control during exercise because veins contain a large part of blood volume in body. There is, however, little information about the adjustments in venous vessels and venous blood flow (BF) during exercise. Ooue et al. (2008) reported that the superficial venous BF in the resting limb changed with increasing in arterial BF dur-

ing prolonged dynamic exercise, suggesting that the superficial venous BF was passively controlled by the changes in arterial inflow. However, since the increases in core and skin temperatures during prolonged dynamic exercise can alter the superficial venous BF directly, the previous report could not exclude the possibility that the change in venous BF was caused by a by-product induced by the changes in body temperature. Indeed, during passive heating, the superficial venous BF increased with the arterial BF and skin

blood flow (Abraham *et al.* 1994a, b; Detry *et al.* 1972; Ooue *et al.* 2007; Roddie *et al.* 1956). Accordingly, it is necessary to clarify the relationship between the superficial venous BF and arterial BF during exercise without concomitant changes in the core temperature.

On the other hand, Mellander (1960) reported that veins were not merely passive conduits of blood and stimulation of sympathetic nerve supplying the cat's hindquarters resulted in a decrease in regional blood volume, indicating a contribution of active veno-constriction. Anatomical studies also showed a rich supply of sympathetic nerves to the superficial veins. Naturally, a question is arisen whether the superficial venous BF during exercise changes dependently on the activation of the sympathetic nerve activity (SNA). Since a short time static exercise had no effects on the core and skin temperatures (Kondo *et al.* 2000) but a significant effect on the SNA (Saito *et al.* 1986; Seals 1989), the static exercise was useful to assess the venous BF adjustments during exercise. Based on these considerations, the present study examined whether the superficial venous BF in resting limb was correlated with the arterial BF and/or dependent on the exercise intensity of static exercise.

Methods

Subject

Healthy 10 women volunteered to participate in this study. Their mean age, height and weight were 21.4 ± 2.2 (SD) years, 161.9 ± 7.8 cm and 52.6 ± 3.5 kg, respectively. The purpose, procedures, and risks

of the study were explained to the subjects, and their informed consent was obtained. The study was approved by the Human Ethics Committee of the Japan Women's College of Physical Education (2009-5).

Procedures

Entering the room maintained at 25 °C, each subject assumed a supine position. First, they performed maximal voluntary contraction (MVC) of left hand using a handgrip dynamometer. The subjects had a rest period at least 20 min before data collection began. After the recording of baseline data for 5 min, each subject performed static handgrip exercise of the left arm at 15, 30 and 50 %MVC for 1 min in a random order. During the sustained static exercise, the subject used a visual feedback system to maintain the force of the handgrip. A rest at least 15 min was allowed between trials. During this time, circulatory parameters [heart rate (HR) and blood pressure (BP)] returned to pre-exercise levels. In all trials, subjects controlled the respiratory frequency at 15 breaths/min by using a metronome, because the movements of respiration influence the venous BF and/or sympathetic nerve activity.

Measurements

HR and mean arterial pressure (MAP) was measured noninvasively by photoelectric plethysmography with a Finometer (Finapres Medical Systems BV, Arnhem, The Netherlands). Furthermore, HR was determined from blood pressure waveform using the Modelflow software program, incorporating sex, age, height and weight (BeatScope 1.1; Finapres Medical Systems BV).

Ultrasound imaging of the basilic vein

was performed 5-6 cm proximal cubitus using 8.7 MHz linear array transducer (Vivid e, GE Healthcare Japan, Tokyo, Japan). A large quantity of ultrasound transmission gel was used allowing no direct contact with the skin to avoid compression of the vein. Because blood velocity and cross sectional area of vein could be interacted, these variables were simultaneously studied on a transversal scan of the vein with the transducer tilted to an angle of 60° . The positioning of the transducer were determined at the beginning of the each experiment and remained unchanged limiting the errors in the Doppler angle. The measured blood velocity of the basilic vein (V_{vein}) was the result of the mean velocities during 12s of spectral Doppler recording. Csa was determined three points per 12 s, when is as same as the measurement of V_{vein} , and csa was measured by manually tracing the edge of transversal venous image. Then, these three values of csa were averaged. Because csa was obtained from the image which was measured with the transducer tilted to an angle of 60° , accurate cross sectional area (CSA_{vein}) was calculated by the following formula; $CSA_{vein} = csa \times \sin 60^\circ$. Thereafter, BF in the basilic vein (BF_{vein}) was calculated; $V_{vein} \times CSA_{vein}$.

In separated day, blood velocity (V_{artery}) and diameter (D_{artery}) in the brachial artery of the resting upper arm were acquired during same trial as well as measurement of BF_{vein} variables. These parameters were measured from longitudinal image of brachial arterial vessel using pulse wave ultrasound and B-mode ultrasound with same transducer which was used to measure BF_{vein} variables. Then, BF in the

brachial artery (BF_{artery}) was calculated by the following formula; $V_{artery} \times (D_{artery}/2)^2 \times \pi$. Arterial vascular resistance (AVR) was calculated as MAP/BF_{artery} .

Data analysis and statistics

HR, MAP, BF_{artery} , AVR and BF_{vein} variables (CSA_{vein} , V_{vein} and BF_{vein}) were averaged for 60-240 s before exercise as baseline value. The relative change in these variables during exercise from baseline was calculated. To assess the relationships between BF_{artery} or AVR and BF_{vein} , the value at 12 s, 24 s, 36 s, 48 s and 60s of exercise was plotted and Pearson correlation coefficient was calculated between BF_{artery} or AVR and BF_{vein} . Data are expressed as the mean \pm standard error (SE).

Two-way ANOVA with repeated measures was applied to the absolute values of HR, MAP, BF_{artery} , and BF_{vein} variables among exercise intensities. Main factors were time (before and during exercise) and exercise intensities (15, 30 and 50%MVC). When F values were significant, Bonferroni's tests were applied. A value of $P < 0.05$ was considered significant.

Results

Table 1 shows the HR, MAP, BF_{vein} variables (CSA_{vein} , V_{vein} and BF_{vein}), BF_{artery} and AVR before and during static exercise at 15, 30 and 50%MVC. HR and MAP increased significantly from baseline with exercise intensities. These variables showed significant differences among exercise intensities. BF_{artery} and AVR did not change during exercise significantly from baseline and there were no significant difference among exercise intensities. CSA_{vein} at 30%

Table 1 Heart rate (HR), mean arterial pressure (MAP), cross-sectional area (CSA_{vein}), blood velocity (V_{vein}) and blood flow (BF_{vein}) of the basilic vein, blood flow (BF_{artery}) and vascular resistance (AVR) of the brachial artery before and during static handgrip exercise.

	15%MVC		30%MVC		50%MVC	
	Before exercise	During exercise	Before exercise	During exercise	Before exercise	During exercise
HR (bpm)	64 ± 3	66 ± 4	65 ± 4	73 ± 4 * †	63 ± 4	80 ± 5 * † §
MAP (mmHg)	82 ± 2	86 ± 2	83 ± 2	93 ± 2 * †	81 ± 2	98 ± 3 * †
CSA _{vein} (cm ²)	0.18 ± 0.03	0.16 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.14 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.12 ± 0.02 * †
V _{vein} (cm/sec)	3.0 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.9 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.9 ± 0.2	3.7 ± 0.4 §
BF _{vein} (ml/min)	32.6 ± 6.1	27.9 ± 4.6	32.0 ± 5.5	24.4 ± 5.0 *	32.5 ± 5.1	29.0 ± 6.0
BF _{artery} (ml/min)	44.8 ± 8.9	35.0 ± 5.5	47.2 ± 9.2	41.2 ± 6.6	48.1 ± 7.1	45.6 ± 6.4
AVR [mmHg/(ml/min)]	2.4 ± 0.3	3.0 ± 0.4	2.3 ± 0.4	2.7 ± 0.4	2.0 ± 0.2	2.5 ± 0.3

Values are mean ± SE. *: P < 0.05, significant difference from the value before exercise. †: P < 0.05, significant difference between 15% and 50%MVC. ‡: P < 0.05, significant difference between 15% and 30%MVC. §: P < 0.05, significant difference between 30% and 50%MVC.

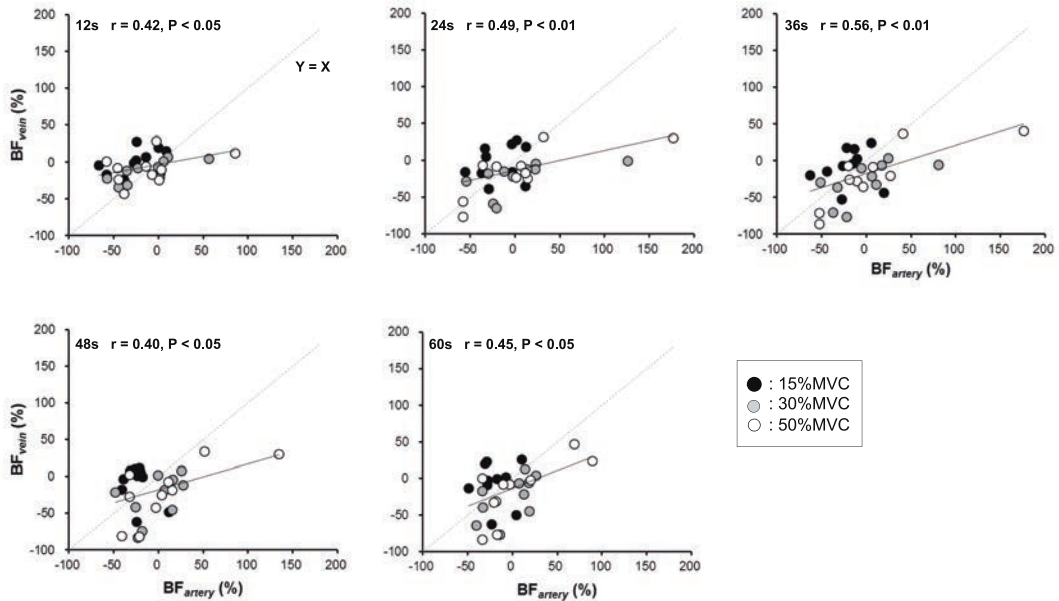


Fig. 1 The relationship between brachial arterial blood flow (BF_{artery}) and basilic venous blood flow (BF_{vein}) at 12s, 24s, 36s, 48s and 60s of static exercise.

and 50%MVC decreased significantly from baseline level, but that at 15%MVC did not change. V_{vein} had no significant difference among exercise intensities. BF_{vein} during exercise at only 30%MVC decreased significantly from baseline, although there was no significant difference among exercise intensities.

Fig. 1 and 2 shows the relationship between BF_{artery} or AVR and BF_{vein} at 12s, 24s, 36s, 48s and 60s of static exercise. Through exercise, the change in BF_{vein} depended on the changes in BF_{artery} and AVR. There was significant correlation between BF_{artery} and BF_{vein} , and between AVR and BF_{vein} .

Discussion

Major findings in the present study were that the BF_{vein} in the resting limb was similar among graded static exercises but the

changes in the BF_{vein} were closely correlated with changes in BF_{artery} and AVR in the resting limb during static exercise. These findings suggested that the resting superficial venous BF was probably independent of the active venoconstriction via SNA but probably mediated by the passive changes in arterial BF and arterial vascular resistance during static exercise.

Changes in the venous BF have been regarded as a result from both active constriction of venous vessel (active changes) and passive changes in transmural distending pressure (Öberg 1967). These active and passive changes are interlinked. For instance, the increase in SNA not only constricts veins but also constricts arterioles. This reduces flow of blood into veins, resulting in less venous BF. In the present study, these active and passive effects are difficult to separate, but it seems reasonable to assume that the active venocon-

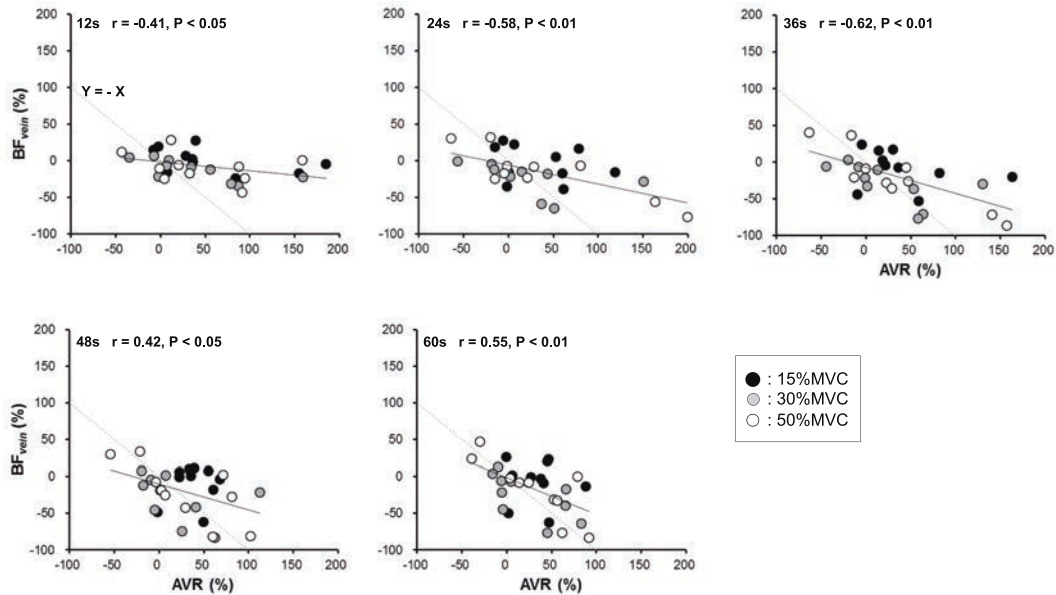


Fig. 2 The relationship between brachial arterial vascular resistance (AVR) and basilic venous blood flow (BF_{vein}) at 12s, 24s, 36s, 48s and 60s of static exercise.

striction mediated by SNA was not an essential determinant for the BF in the superficial vein. In the present study, the significant increase in HR and MAP during static exercise, used as an indication of SNA activation (Seals *et al.* 1988), showed the graded increase in HR and MAP during exercise at 15%, 30% and 50%MVC despite similar the changes in BF_{vein} during exercise. In addition, if the venoconstriction via SNA played an important role, the magnitude of change in CSA during exercise would led intensity-dependent changes but our data showed only a significant difference between 15% and 50%MVC. Taken together, we inferred that the active venoconstriction via SNA had a minor contribution to the changes in superficial venous BF of the resting limb during static exercise in our study.

Alternatively, it was suggested that the changes in arterial BF and the arterial vas-

cular resistance have an important role to change the BF_{vein} from the data that close relationships of BF_{vein} - BF_{artery} and BF_{vein} -AVR were consistently observed during exercise. Our present study showed the change in superficial venous BF of the resting limb depended on that in arterial BF during static exercise which does not cause the elevation of body temperature. This agreed with our previous study that superficial venous BF increased with the change in arterial BF during prolonged leg exercise which caused the increase in body temperature (Ooue *et al.* 2008). The present study and previous report indicated that superficial venous BF in the resting limb was passively determined by the change in arterial inflow during exercise. This explanation is in line with the study observed by Brooksby and Donald (1972).

Limitation of Study. We did not measure the venous pressure in the superficial vein.

The contribution of active constriction and passive change to venous response is different among venous pressure at baseline level. However, because the purpose of our study was not to separate active and passive control of venous response, the lack of venous pressure measurement affects scarcely our results.

In conclusion, there was significant correlation between arterial vascular resistance and superficial venous blood flow,

and between arterial blood flow and superficial venous blood flow during static exercise, although the changes of superficial venous blood flow did not differ among exercise intensities. These findings suggest that the superficial venous blood flow in the resting limb is probably controlled by passive change in arterial blood flow rather than active venoconstriction via SNA during static exercise during static exercise in our study.

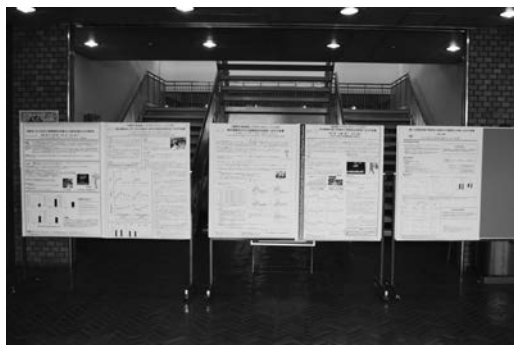
References

- Abraham, P., Leftheriotis, G., Desvaux, B., Saumet M. and Saumet, J.L.:* Diameter and blood velocity changes in the saphenous vein during thermal stress. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **69**: 305-308, 1994a.
- Abraham, P., Leftheriotis, G., Desvaux, B., Saumet, M. and Saumet, J.L.:* Venous return in lower limb during heat stress. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, **267**: H1337-H1440, 1994b.
- Brooksby, G.A. and Donald, D.E.:* Release of blood from the splanchnic circulation in dogs. *Circ. Res.*, **31**: 105-118, 1972.
- Detry, J.M.R., Brengelmann, G.L., Rowell, L.B. and Wyss, C.:* Skin and muscle components of blood flow in directly heated resting man. *J. Appl. Physiol.*, **32**: 506-511, 1972.
- Kondo, N., Tominaga, H., Shibasaki, M., Aoki, K., Okada, S. and Nishiyasu, T.:* Effects of exercise intensity on the sweating response to a sustained static exercise. *J. Appl. Physiol.*, **88**: 1590-1596, 2000.
- Mellander, S.:* Comparative studies on the adrenergic neuro-hormonal control of resistance and capacitance blood vessels in the cat. *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, **50**: 1-86, 1960.
- Öberg, B.:* The relationship between active constriction and passive recoil of the veins at various distending pressures. *Acta Physiol. Scand.*, **71**: 233-247, 1967.
- Ooue, A., Ichinose, T.K., Inoue, Y., Nishiyasu, T., Koga, S. and Kondo, N.:* Changes in blood flow in conduit artery and veins of the upper arm during leg exercise in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **103**: 367-373, 2008.
- Ooue, A., Ichinose-Kuwahara, T., Shamsuddin, A.K., Inoue, Y., Nishiyasu, T., Koga, S. and Kondo, N.:* Changes in blood flow in a conduit artery and superficial vein of the upper arm during passive heating in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **101**: 97-103, 2007.
- Roddie, I.C., Shepherd, J.T. and Whelan, R.F.:* Evidence from venous oxygen saturation measurements that the increase in forearm blood flow during body heating is confined to the skin. *J. Physiol.*, **134**: 444-459, 1956.
- Saito, M., Mano, T., Abe, H. and Iwase, S.:* Responses in muscle sympathetic nerve activity to sustained hand-grips of different tensions in humans. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **55**: 493-498, 1986.
- Seals, D.R.:* Sympathetic neural discharge and vascular resistance during exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, **66**: 2472-2478, 1989.
- Seals, D.R., Chase, P.B. and Taylor, J.A.:* Autonomic mediation of the pressor responses to isometric exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, **64**: 2190-2196, 1988.

〈第 21 回研究フォーラム報告〉

日本女子体育大学附属基礎体力研究所
第 21 回公開研究フォーラム
「2010 アスリートの体力を考える」

日 時：2010 年 11 月 27 日（土）13：00～16：30
会 場：日本女子体育大学 本館 1 階 E101 教室



プログラム

開 会 13：00

開会挨拶

高橋 和之（日本女子体育大学 学長）

基調講演 13：05～14：00

アスリート育成システムから体力を考える –長期競技者育成計画とおばあさん仮説–

伊藤 静夫（日本体育協会スポーツ科学研究室）

ポスターセッション 14：00～14：30

シンポジウム 14：30～16：30

〈専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力〉

日本人遺伝子からみたアスリートの体力

福 典之（東京都健康長寿医療センター研究所）

競泳のトレーニング現場からみたアスリートの体力

森山 進一郎（日本女子体育大学）

サッカーにおける日本人の体力特性

安松 幹展（立教大学）

月経周期からみた女性アスリートの体力

鈴木 なつ未（国立スポーツ科学センター）

閉 会 16：30

○基調講演

アスリート育成システムから体力を考える —長期競技者育成計画とおぼあさん仮説—

伊藤 静夫

(日本体育協会スポーツ科学研究室)



先史人類が森を出てサバンナへ進出したのが250万年前、農業や牧畜による定住生活を始めたのはわずか1万年前のことで、人類進化史の99%以上は狩猟採集生活をしてきたことになる。したがって、ヒトのからだの基本設計もハンティング活動に合うようにできていると考えなければならない。ヒトに関わるすべてのことは、この基本設計抜きには論じられない。そこでアスリートの体力、トレーニングそして育成システムについても、人類の基本設計に基づいて考えてみたい。

1. 人類の基本設計から競技者の体力、トレーニングを考える

(1) ヒトは長距離を走る能力を進化させてきた

先史人類の狩猟で最も重要なのは長距離を走る能力であったという説が注目されている(Bramble and Lieberman 2004)。この論文では、この長距離を走って狩猟する方法を持続狩猟(persistence hunting)と名づける。それにしても、走能力に劣るヒトがどのようにして獲物を追いかけたのであろうか。

ヒトは、瞬発的なスピードではチータやライオンのようなライバルとなる捕食動物にも獲物になる草食動物にも遠く及ばない。持久力においても、最大酸素摂取量を比較すれば、ヒトの最大80~90 ml/kg/minに対し、馬は100 ml/kg/min以上、北米に生息するブロングホーンは300 ml/kg/minに達する。1時間

程度の運動まで、ヒトは他の動物には全くかなわない。ところが、さら運動時間が長くなりマラソンくらいになるとヒトにも勝機が出てくる。英国ウェールズでは、馬と人が競う長距離レース(22 mile; 35 km)が行われているが、1980~2010年で馬の29勝2敗で、つまり人間は2回馬に勝っている。明治初期、ドイツから招かれたお雇い学者ベルツ医師の記した「ベルツの日記」には、東京から日光まで100 km余りを馬と人力車で旅行したときの記載が残されている。馬では6頭を乗り継ぎ14時間かかったところを、人力車では一人の車夫で30分しか遅れなかった。圧倒的な人間の勝利であった。現代では、ウルトラマラソンも盛んであるが、100 kmの世界記録はともに日本人が保持し男子が6時間13分、女子が6時間33分で走ってしまう。馬の100 kmレースも行われているが、人間ほどのスピードでは走れない。競馬とは異なり、レース途中に関門を設け獣医の検診が行われ、馬の負担が大きければレースは継続できない。なにより、無理を押せば馬はそれ以上走ろうとしない。

このように距離が長くなるほど、最大酸素摂取量で劣るヒトが他の動物に持久力で勝るのは、ひとえに発汗による放熱機能に優れるためである。馬のように発汗する動物もいるが、多くは体表からの発汗をせず浅速呼吸(パンティング)による放熱に頼っており、自ずと限界がある。汗をかくことのできる馬で

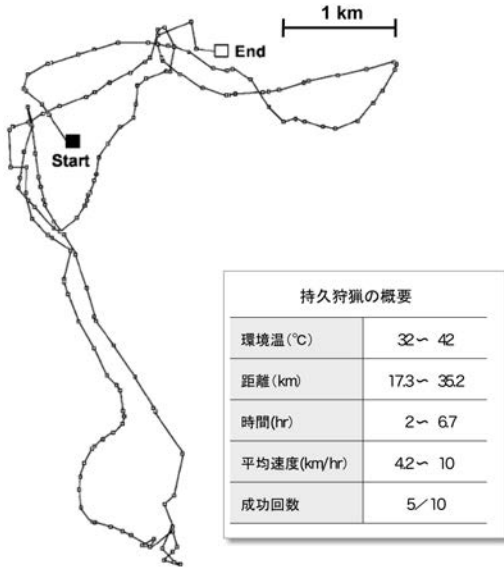


図1 GPS(全地球測位システム)で測定した持久狩猟の追跡ルート

クーズーを追跡し25.1 kmを3時間50分かけて仕留めた例。獲物はしばしば逆走したり群れの中に紛れ込む。ハンターはその痕跡を正確に追跡しなければならない(表は10回行われた持久狩猟の概要; Liebenberg 2006)。

も、その体温上昇速度はヒトの3~5倍速く、比較的ゆっくりしたトロツティング(速歩)でも1時間以内で限界温度に達する。一方ヒトは、馬のトロツティングより速く走っても、旺盛な発汗によって代謝量に見合った放熱が可能で、体温の恒常性をより長時間にわたって維持することができる。こうした優れた放熱機構によって、ヒトは長時間運動に適応し、持久狩猟を進化させてきたと考えられる。

(2) 持久狩猟とは

現存する狩猟採集民の中でも、持久狩猟ができる人たちはごく限られる。カラハリ砂漠に住むブッシュマン数名がその残されたハンターであり、図1は、彼らにGPS(全地球測位システム)をつけクーズーという体重が250 kgに及ぶ大型草食動物を追跡したときのトレース記録である(Liebenberg 2006)。持久狩猟は、できるだけ日中の暑い時間帯を選

び、数人でチームを組み、獲物を見つけたら全員で追い立てる。獲物は全力で逃げ去り、安全と思えるところまで来てしばし休む。ハンターたちは協力して獲物の足跡を追走し、発見したところでまた獲物を威嚇する。回復不十分なまま、獲物は再び逃げなければならない。追われる獲物は炎天下で全力のインターバル走を長時間にわたって強いられることから、体温はついに限界まで上昇し、疲労困憊にいたる。サバンナの草食動物は、ライオンやチータなどの捕食者から逃れるため速く走るように進化してきたが、その代償は体温調節機能に劣ることであった。一方、追う側のヒトは一定ペースでひたすら走り続ける。この持久狩猟での走速度は6~10 km/hr程度のゆっくりしたジョギングである。足跡さえ見失わなければ、ときには半日以上に及ぶ追走を続け、熱中症でダウンした獲物にたどり着くことができる。サバンナの動物の中でも最も足の遅い裸のサルは、それだけ発熱量が少なく、さらに発汗による放熱機構を発達させ、暑熱下での持久走をこなすことができるようになった。鈍足という弱点を逆手にとって、見事に長所に変えたのであった。

(3) クローズドループとオープンループの持久力

この持久狩猟法のポイントは、逃げ去った獲物の痕跡を確実に追い続けることである。図1の追跡ルートが示すように、獲物はしばしば逆走し群れの中に紛れ行方をくらまそうとする。その跡を丹念にかぎわけが、そのゴールは何時間も何キロも先であり、時間をかけ根気よく追走する。持久走をつらく苦しい難行苦行と感じていたのでは到底続かない。つまり、今日一般に認識されている持久力とは根本的に異なるのである。持久走といえば、運動能力テストでもスポーツ競技でも、ある決められた距離をいかに速く走るかというクローズドループの条件下で全力を傾注するこ

とが要求される。全力発揮が前提になることから、つらくて苦しいものというイメージがそこから派生する。しかし、人類が数百万年をかけて進化させてきた持久力は、時間や距離の枠を外しゆっくり長く走ることのできるオープンループの持久力である。速度を競うことではない。獲物を追跡する「おっかけっこ」であり、魅力的で楽しいゲームであったに違いない。子どもの頃、鬼ごっこがあんなに楽しかったのも、それがオープンループの持久力だったからであろう。そう遠くない昔の日常生活にも、オープンループの持久力がそこかしこに存在していた。生活様式は劇的に変化しても、遺伝子に組み込まれた基本設計はそんなに短時間には変えられない。オープンループの持久力は、いまでもわれわれの活動特性の基本設計になっているはずである。

(4) トレーニングの質と量

現在、運動生理学の分野では高強度のトレーニングが注目されている (Gibala et al. 2008)。アスリートに限らず、一般の人でも高強度のトレーニングは従来の長時間の持久的トレーニングに比べ、同等あるいはそれ以上の効果が得られるといわれる。このような研究結果からすれば、エリート競技者もさぞや高強度トレーニングを多く取り入れていると想像されるが、実際に彼らのトレーニングを詳細に検討した研究結果では、意外にも、低強度の持久的トレーニングの比率が高い。これは、長距離、マラソンに限らず、自転車競技、クロスカントリースキー、ボート、カヌーなど持久性競技すべてに共通する。仮に、トレーニングの質と量を両立させようとするれば、よく見られるパターンではあるが、中等度のトレーニングが最も多くなるだろう。しかし、エリート競技者が経験的に選択してきた方法は全く逆で、あえて中等度の比率を抜き、高強度を20%、低強度を80%に振り分けた中抜け型 (polarized) であった

(Laursen 2010)。トップアスリートのトレーニングは、競技的な持久力より、人類の基本設計であるオープンループの持久力を重視した構成になっている、と言い換えてもよい。しかし、構成比で20%と少ない高強度トレーニングは、決して軽視されているのではないと理解したい。

イタリアの経済学パレートが唱えたパレートの法則、別名20対80の法則という経験則がある。例えば、2割の金持ちが社会全体の8割の富を占める。あるいは、2割の優れた商品が売り上げの8割を占めるといったように、一部の努力が大部分の効果を生み出すという経済法則であるが、トレーニングにも20:80という経験則は符合しそうである。2割の高強度トレーニングが全体の競技成績を決定づけるという関係性は、経験的に納得できるのではないだろうか。常に高強度トレーニングだけを行っていたのでは早晚、質の低下を招き、身体的にも心理的に疲弊する。トレーニングには、必然的にメリハリをつけることが必要とされる。世界のトップアスリートが高強度トレーニングの効果を最大限に引き出すために最も合理的な方法を試行錯誤してきた結果、20:80の経験則に行き着いたといえよう。アスリートの経験知がヒトの基本設計に叶ったものへと収斂していくかのようである。

2. 人類の基本設計から競技者の育成システムを考える

(1) わが国ジュニア競技者育成の問題点

次に、アスリートの育成システムについても、やはり人類進化に照らして考えてみたい。そこではじめに、わが国ジュニア競技者の育成の実態について振り返っておきたい。日本オリンピック委員会の調査から (日本オリンピック委員会選手強化本部 1996)、1980年代前半に小、中学校期でトップレベルにあったジュニアエリート (439人) のその後のキ

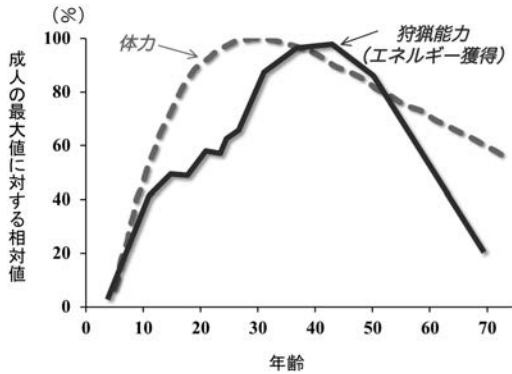


図2 現存する狩猟採取民（ボリビア）の狩猟能力の発達
体力は20歳代でピークを迎えるが、一人前のハンターに育つまでにはそれからさらに20年間を要する（Gurven 2006）。

キャリアは、シニアまで活躍できた割合が20%程度であった。この割合の評価は置くとして、ジュニア競技者育成に関して浮上してきた課題は、引退年齢が早いということであった。高校や大学修了を期に引退するケースが圧倒的に多く、引退年齢は男子が22.5歳、女子が20.6歳であった。引退した理由の上位には「向上に限界を感じた」、「けがや疾病」、「情熱がなくなった」、「環境的に困難」、「燃え尽きた」、「年齢的に限界」などがあがっている。しかし、先の北京五輪日本代表選手の平均年齢（男子26.4歳、女子25.5歳）と比較すれば、まだ限界を感じるには早過ぎるといわざるをえない。

ジュニアエリートのおおくは、発育の早い早熟型である。ジュニア期の競技力は多分に発育の遅速の影響を受けていることから、発育の早期に選抜された選手の多くが早熟であることは当然の結果といえる。反面、発育段階の後期になれば晩熟タイプの競技者に追いつかれることも多くなる。単に発育の遅速がもたらすこの一過性の現象も、早熟競技者にとっては能力の後退と感じられ、競技能力の限界を感じてしまう。こうしたことが、早熟タイプの競技者の引退を早めている大きな原因になっていると思われる。ジュニア競技者育

成システムの最大の課題である。そこで、この課題を考えるに当たっても、人類が進化させてきた子どもの養育モデルを参考にしてみたいのである。

(2) ジュニア競技者育成と「おばあさん仮説」

人類は子育てにおいても、他の動物にはみられない特異な戦略を進化させてきた。図2にはボリビアの狩猟採集民であるTsimane族の体力と狩猟能力の発達経過を示した（Gurven et al. 2006）。体力そのものは20歳代でピークに達した後、加齢とともに低下し、その推移は現代人とさほど変わるところはない。しかしながら、獲物を追跡する能力を始め、一人前の狩猟能力を獲得するまでにはそれからさらに20年を要し、40～50歳代でピークに達する。それだけ狩猟採集能力の獲得は困難で、一朝一夕には身につかず長期にわたって学習しなければならなかった。ヒトは他の霊長類と比べてもとりわけ長い養育期間を有するが、それは高度な運動能力習得には欠かせないものであった。持久狩猟という他の動物にはまねのできない能力の形成は、こうした長期の学習システムとセットで進化することではじめて可能になったのであろう。ただし、養育期間を長くすることは捕食者に狙われるリスクを高める。一般の動物では、幼体段階を早く駆け抜けるように進化してきた。人間に最も近縁なチンパンジーでさえ、離乳後は母親の手から離れて自分で餌を賄う。人類だけが、持久狩猟能力という高度なスキルを学習しなければならないため、離乳後もさらに長い養育期間を必要としたことは先に述べたとおりである。現代文明生活においても、子育てには多大な労力を必要とする。そこで人類が進化させてきた戦略とは、母親だけでなく相互扶助による共同繁殖システムであったと考えられている。

その戦略で注目されるのが、「おばあさん」の存在である。われわれ人間にとって「おば

あさん」はごく身近な存在であるが、動物界からみれば奇異に映る。動物はほぼ例外なく繁殖期が終了したあと寿命が尽き、おばあさんという時期がない。そもそも、そうした性質は進化しづらく、そこには特別な適応的意味があったと考えなければならない。自らの繁殖を辞めて次世代の育成援助に回り、結果的に多くの子孫を残すように適応してきた、と「おばあさん仮説」は説く。言ってみれば、おばあさん（おじいさんも）が孫を世話してきたからこそ人類は今日まで生き残ってこられたのである。ただし、現代狩猟採集民の子どもたちの生活を調査した結果では、大人が手取り足取り教えるわけではなく、あくまでも子ども同士が自発的に集団を形成し、遊びとも生業ともつかない活動の中から自然に学んでゆく。生業活動がもつ遊戯性が子どもたちを魅了し、子ども同士が多くの活動を経験する中からそれと気づかないうちに学習する。ヒトでは、こうした持久狩猟という高度な運動能力の学習システムが確実に伝承され、それが包括的適応度を高めたからこそ、養育期間を延長し長い学習期間を確保するという生活史戦略が進化してきたのだと考えられるのである。競技者育成モデルを考案するうえでも、この人類の基本設計を念頭に置くべきではないかと考える。

(3) 競技者長期育成計画という発想

かつて、ソ連、東ドイツなど旧東側諸国はタレント性の高い選手を早期に発掘し一貫して長期育成するシステムをこぞって導入した。それによって国際競技力が飛躍的に向上した、と一般に解釈される。人類の養育基本設計からすれば、きわめて合理的な育成モデルといえよう。旧東側諸国の崩壊後、このシステムは自由諸国にも波及したが、どちらかといえば手のつけやすいタレント発掘に目が向けられ、長期育成がおろそかにされてきたことは否めない。

こうした反省から、21世紀に入って本格的なジュニア育成モデルを模索する動きが出てきた。その代表例が、イギリスやカナダで取り入れられている競技者長期育成計画（Long Term Athlete Development; LTAD）である（Norris 2010）。LTADの概要を述べるなら、競技力向上と国民スポーツの融合を目指し、全体を生涯スポーツとしてデザインしたスポーツ振興モデルとっていい。名称からだけ判断すれば、オリンピックチャンピオン育成に特化したシステムという印象を受けるが、内実は国民全体の生涯スポーツ推進モデルになっている。そして、LTADで特に注目しておきたいのが、青少年期における「身体リテラシー」の育成を強調する点である。誕生から思春期までの発達段階において、育成目標は基礎的な運動スキルを養うと同時に運動を楽しく自信をもって行う心理面の育成をも重視する。そして、この身体活動の基盤を構築する身体的、心理的特性を「身体リテラシー」と定義づけた。つまり、読み書き算盤の身体版といったところである。

LTADは競技力向上と国民スポーツの融合を狙ったモデルであると述べた。その融合の接着剤になっているのが身体リテラシーである。身体リテラシーの育成を通して、生涯にわたってスポーツを楽しむことのできる基礎的スキルを習得し、また、タレントに秀でたものにとってはそれが競技力向上へと発展していく。そして、すべての国民が生涯にわたって身体活動、スポーツ活動に親しむというライフステージが構想される。その基盤となるのが身体リテラシーである。

見方を変え、発達段階から身体リテラシーの意味を考えてみる。前節では、わが国の将来を囑望されたジュニアエリートが志し半ばにして早々引退する傾向にあることを指摘した。恐らく、どの国も大なり小なり抱える課題であろう。ジュニア競技者が専門的なスポーツへ向かうとき、そこには体力、スキル、

心理的要因等々，乗り越えなければならないさまざまな障壁が立ち塞がる。先に述べた早熟ジュニア競技者の課題も同様である。LTADモデルでは，この障壁をスムーズに乗り越える橋渡し役として，身体リテラシーを位置づけている。一例をあげてみよう。ジュニア期において，目先の成績を追求する勝利至上主義に陥ることは，成績だけが価値判断の基準になり，負けたときにはより強い無力感が生じ，また勝つためには手段を選ばないといった態度が形成されやすくなる。この時期の子どもには，勝つことを強調するのではなく「よくがんばった」という進歩向上や努力を高く評価することがより大切になる。それによって，子どもたちに自信や有能感が芽生え，自ら進んで努力しようとする内発的動機づけが高まり，また，フェアプレーの涵養にもつながる。将来トップアスリートを目指すにしても，楽しみのためにスポーツを実践するにしても，このようにして身体リテラシーを育むことでその基礎が築かれる。現在，国をあげてLTADを推進するカナダの確信でもある。先に紹介した人類の狩猟採集能力育成モデルに照らせば，LTADモデルの合理性は誠に腑に落ちる思いがする。

おわりに

トレーニングのこと，選手育成のことなど実践的課題では，何かにつけて迷うことは多い。時に，明瞭な科学的エビデンスといわれたものが実践に馴染まないこともあるだろう。

何が正解かは，実際のところやってみなければわからない。そんな中で，進化史にたずね，ヒトの基本設計からその特性をながめてみたらどうだろうか，というのが話題提供の動機であった。体育，スポーツの実践で，多少なりとも参考になるものがあつたとすれば望外の喜びである。

文 献

- Bramble, D.M., et al.*: Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*, **432**: 345-352, 2004.
- Gibala, M.J., et al.*: Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc. Sport Sci. Rev.*, **36**: 58-63, 2008.
- Gurven, M., et al.*: How long does it take to become a proficient hunter? Implications for the evolution of extended development and long life span. *J. Hum. Evol.*, **51**: 454-470, 2006.
- Laursen, P.B.*: Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, **20** (Suppl 2): 1-10, 2010.
- Liebenberg, L.*: Persistence hunting by modern hunter-gatherers. *Curr. Anthropol.*, **47**: 1017-1026, 2006.
- Norris, S.R.*: Long-term athlete development Canada: attempting system change and multi-agency cooperation. *Curr. Sports Med. Rep.*, **9**: 379-382, 2010.
- 日本オリンピック委員会選手強化本部：発育期におけるトップアスリートの軌跡調査報告書；21世紀における日本の選手強化のトータルシステムのあり方についての調査研究事業－プロジェクト21－. 1996.

○シンポジウム：専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力

日本人の遺伝子からみたアスリートの体力

福 典之

(東京都健康長寿医療センター研究所)



運動能力は、日々のトレーニングや栄養、休養などの環境因子と、生まれながらにしてもつ遺伝因子によって決まる。家族研究や双子研究は、さまざまな表現型に対する環境因子と遺伝因子の貢献度を調べるために用いられている。例えば、持久性運動能力と関連がある最大酸素摂取量は約50%が、瞬発性運動能力に関連する筋力は約60%が遺伝因子の関与であると説明されている (Arden and Spector 1997; Bouchard et al. 1998; Fagard et al. 1991; Reed et al. 1991)。しかしながら、最近では、栄養が十分に摂取できる社会となり、トレーニング方法もある程度確立し、情報が瞬時に世界を駆け巡る現代社会において、環境要因が均一化されたことにより、遺伝要因がより顕著となってきたように思われる。両親から受け継いだ体質、すなわち遺伝子多型の解析から、生まれながらにして向いている競技種目(持久力系や瞬発力系など)やトレーニングに対する適応メカニズムが科学的に解明できれば、「適性種目の選択」や「選手個人に合ったトレーニング方法の確立」に役立ち、その結果として、運動能力の向上に寄与できるかもしれない。本シンポジウムでは、運動能力と遺伝子多型に関する研究について、特にミトコンドリアDNA多型の関連性について紹介した。

1. 遺伝子多型とは

2本鎖であるDNAは、1本鎖のRNAと比

較して非常に安定している。2本鎖DNAは、1本鎖RNAに比べ100~200倍くらい塩基置換が生じにくい。長い人類の歴史のある一定の頻度で塩基置換が生じている。塩基置換のうち、遺伝子産物の機能を損なうものは有害変異であり、自然選択によって淘汰される。しかしながら、塩基置換が自然淘汰を受けずに、その塩基置換が定着すれば、新しい遺伝子型が生まれる。この遺伝子型をもつ人類がその時の環境などに適していれば、集団の中で拡大する。一般的にこの塩基配列の違いを多型と呼んでいるが、これは母集団において1%以上の頻度で生じた場合を指し、1%未満のまれなものは変異と定義されている。

2. ミトコンドリアDNA (mtDNA) 多型とは

遺伝情報の一揃いをゲノムと呼ぶ。ヒトのゲノムは、22対の常染色体と1対の性染色体(XX/XY)に存在する核ゲノムと、ミトコンドリアのマトリックスに存在するmtDNAからなる。核DNAは30億×2セット=60億塩基対と膨大である。一方、細胞内小器官であるミトコンドリアは、核とは別に独自のDNA、すなわちmtDNAを有している。mtDNAは16,569塩基対と非常に小さいが、約900塩基対の複製と発現を制御する領域とともに約37個の遺伝子がぎっしりと書き込まれている。これらの遺伝子は、酸化的リン酸

化系の中核的機能を担う13種のタンパク質と、それらの発現に必要な2種のリボソームRNA (12S rRNA, 16S rRNA) ならびに22種のトランスファーRNAをコードしている。また、mtDNAは2本鎖間の非対称性が高く、個体間の塩基配列の多様性が顕著である (Fuku *et al.* 2002)。さらに、mtDNAは母親からしか遺伝しないので、遺伝子の異常が直接子どもに伝わるという特徴ももっている。mtDNAは人種間・個体間で非常に多様性に富んでおり、日本人同士を比較しても異なった配列をしている。それは、すなわち、異なったタンパク質をつくり出していることを意味する。したがって、mtDNA多型は、ミトコンドリアにおけるATP産生能力や産生効率に影響を及ぼし、その結果として運動能力に影響を及ぼす可能性がある。

3. アフリカ人の運動パフォーマンスを規定するミトコンドリアハプログループ

最近のオリンピックなどの国際大会で、アフリカ人の活躍が目立つようになった。特に、陸上競技の長距離走種目では、ケニア人およびエチオピア人などの東アフリカの国の選手が上位を独占している。アフリカ人は特別なミトコンドリア機能を有しているか否かについてはまだ明確になっていない。著者らは、イギリス・グラスゴー大学と共同でオリンピックや世界陸上の優勝者を含む東アフリカ人超エリート長距離ランナーのmtDNAを分析するプロジェクトを行っている (Scott *et al.* 2009)。

ケニア人長距離ランナーで国際大会出場経験を有する70名 (国際級ランナー)、国内大会のみの経験者221名 (国内級ランナー)、および一般人85名を対象に、mtDNAのコントロール領域といくつかのタンパクコード領域を解析し、ケニア人を9つのミトコンドリアハプログループ (L0, L1, L2, L3*, L4,

L5, L7, M, R) に分類した。ハプログループはmtDNA多型のセットを意味する。このハプログループの頻度をそれぞれのグループ間で比較した。その結果、ハプログループL0の頻度は、一般人に比較して国際級ランナー群で有意に高かった。一方、ハプログループL3の頻度は、一般人に比較して国際級ランナー群で有意に低かった。この研究は、コントロール領域の解析からハプログループを推定しているため、タンパクコード領域のどこの部位のアミノ酸において変化が生じているかは不明である。現在、われわれは、ケニア人およびエチオピア人のエリート長距離ランナーのmtDNAの全塩基配列を解析しており、その解析が終わるとそれぞれのハプログループに特異的なタンパクコード領域のアミノ酸置換およびタンパク合成に必要な領域のrRNAならびにtRNAの多型が同定できると思われる。

4. 日本人の運動パフォーマンスを規定するミトコンドリアハプログループ

日本人のスポーツ競技能力は、持久的スポーツにおいては世界レベルである。しかしながら、瞬発系のスポーツでは世界に遅れをとっている部分も多い。日本人の身体的特徴を把握し、それに基づいたトレーニング方法を開発するには、トップアスリートの特性を遺伝的レベルから解析する必要がある。そこで、著者らは、国立スポーツ科学センターと共同で、オリンピック出場経験のある日本人141名 (持久系・ミドルパワー系競技者81名、瞬発系・パワー系競技者60名) を対象として、ミトコンドリアハプログループと競技能力の関連性を検討した (Mikami *et al.* 2010)。競技者群におけるハプログループの頻度分布と、著者らの研究チームが作成したデータベース上の日本人672名のデータをコントロール群として比較すると、持久系・ミドルパワー系

競技者群ではハプログループG1の頻度(8.9%)がコントロール群(3.7%)と比較して有意に高かった。また、瞬発系・パワー系競技者群ではハプログループFの頻度(15.0%)がコントロール群(6.0%)と比較し有意に高かった。これまでミトコンドリアハプログループと瞬発系運動能力との関連性は報告されていなかったが、この研究によりmtDNAが持久系運動能力だけでなく、瞬発系・パワー系運動能力とも関連する可能性が初めて示された。

おわりに

われわれは、これまで日本人やアフリカ系の民族のトップアスリートのmtDNA遺伝子多型に着目して研究を行ってきたが、mtDNAだけでは、運動能力に対する遺伝要因を説明することはできない。そこで現在、核ゲノムを対象としたゲノムワイド関連解析や全エクソン解析も進めている。今後ミトコンドリアゲノムと核ゲノムの研究を統合し、運動能力に関連する遺伝子多型やそれらの機能的影響を明らかにしていくことで、「効率的なトレーニング方法の開発」や、「個人の意志を尊重したうえでの適正種目の選択」などへ応用し、日本人アスリートのさらなる競技力向上に貢

献したい。

参考文献

- Arden, N.K. and Spector, T.D.: Genetic influences on muscle strength, lean body mass, and bone mineral density: a twin study. *J. Bone. Miner. Res.*, **12**: 2076-2081, 1997.
- Bouchard, C., Daw, E.W., Rice, T., et al.: Familial resemblance for $\dot{V}O_2$ max in the sedentary state: the HERITAGE family study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **30**: 252-258, 1998.
- Fagard, R., Bielen, E., Amery, A.: Heritability of aerobic power and anaerobic energy generation during exercise. *J. Appl. Physiol.*, **70**: 357-362, 1991.
- Fuku, N., Oshida, Y., Takeyasu, T., et al.: Mitochondrial ATPase subunit 6 and cytochrome B gene polymorphisms in young obese adults. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **290**: 1199-1205, 2002.
- Mikami, E., Fuku, N., Takahashi, H., et al.: Mitochondrial haplogroups associated with elite Japanese athlete status. *Br. J. Sports Med.*, **45**: 1179-1183, 2011.
- Reed, T., Fabsitz, R.R., Selby, J.V., et al.: Genetic influences and grip strength norms in the NHLBI twin study males aged 59-69. *Ann. Hum. Biol.*, **18**: 425-432, 1991.
- Scott, R.A., Fuku, N., Onywera, V.O., et al.: Mitochondrial haplogroups associated with elite Kenyan athlete status. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **41**: 123-128, 2009.

○シンポジウム：専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力

競泳のトレーニング現場からみた
アスリートの体力

森山 進一郎
(日本女子体育大学)



1. 高速水着が競泳界にもたらした影響

2004年のアテネオリンピックで樹立された世界新記録は男女ともに3個ずつの合計6個であったのに対し、2008年の北京オリンピックで樹立された世界新記録は男子10個、女子8個の合計18個であった。さらに、2009年のローマで開催された世界選手権では40種目中28種目で世界新記録が樹立された。また、2009年を通して樹立された世界新記録の数は、短水路および長水路を合わせると100を超えており、この結果は歴史的な数といわざるをえない。この背景には、社会問題にまで発展したラバー製、もしくはシリコンパネルを貼りつけた下腿までを覆う水着、いわゆる“高速水着”の影響があり、水着による優劣が結果を左右するほどにパフォーマンスに大きく影響したために、2010年より水着に関する規則が改定された。すなわち、男女ともに膝上までのスパッツタイプの水着に“戻った”。その結果、2010年10月時点における世界新記録樹立数は0である。

高速水着による効果をみた報告の中に、400 m泳で考えると、推定で7秒から12秒程度記録が向上する可能性があるとしたものがみられる。この記録の差は、主に抵抗値の低下や最大推進パワーの向上によるものとされ、それらの結果をトレーニング効果として換算すると最大酸素摂取量が10%増加したと仮定したときの記録とほぼ同程度になったと推定されており、泳者の体力レベルによって

はトレーニングをハードにこなすことで容易に埋められる差でないことが明らかとなった。以上のように、高速水着着用によって樹立された世界新記録の数、水着規則が改定された後の記録面での現状および研究報告をみても、いかに、高速水着による競技力の向上があったかを物語っている。しかし、水着が以前の形状や素材に戻ったことで、トレーニング面においては、特に体幹やキックの強さの必要性が重要視されるようになった。

高速水着による影響が競技パフォーマンスを劇的に変化させた事実の背景をみると、競泳パフォーマンスの規定因子は、「体力<技術」と考えがちである。しかしながら、技術には体力的要因が影響することを考えると、これからの競泳界では、高速水着が証明した「速く泳ぐために必要なこと」を判断したうえで、必要な体力的・技術的要素を高めるトレーニング法が求められる。

2. 水泳のエネルギー供給系

水泳の競技種目は、自由形、背泳ぎ、平泳ぎ、バタフライそして個人メドレーの5つに分類される。競技時間は最も短い50 m自由形で21秒程度、最も長い1500 m自由形で15分弱となる。競泳のトレーニング効果を高めるためには、各種目におけるエネルギー供給系を明らかにする必要がある。これまで研究がなされてきた。荻田はクロール泳において、30秒、1分、2～3分、4～5分、8～

10分でそれぞれ疲労困憊にいたるまでのエネルギー代謝特性を明らかにした。なお、30秒間は50 m、1分間は100 m、2～3分間は200 m、4～5分間は400 m、そして8～10分間は800 mにそれぞれ似通った運動時間である。その結果、最も短い50 m種目に該当する30秒間の運動では、有酸素性エネルギー供給量が30%、無酸素性エネルギー供給量が70%であり、100 mに該当する1分間の運動では有酸素性および無酸素性エネルギー供給量が50%ずつ、最も長い8～10分間の運動では有酸素性エネルギー供給量が90%以上で無酸素性エネルギー供給量が10%以下であることが示された。

競泳競技では、100 m以下が短距離、200～400 mが中距離、そして800 mおよび1500 mが長距離と分類されているが、短距離に分類されていても有酸素性エネルギー供給量が30～50%である点は、水泳の短距離選手におけるトレーニング内容を構成するうえで、決して見逃してはならないことだろう。すなわち、陸上競技のトラック種目における短距離と競泳競技の短距離は、競技内では同じ分類であったとしても、エネルギー代謝から見ると全く別物になる。

3. ストローク指標と泳パフォーマンス

泳速度は、1秒間当たりもしくは1分間当たりのストローク数であるストローク頻度に1回のストロークで進む距離であるストローク長を乗じることで求められる。水泳の練習内容は、大きく分けて技術を高めるプラクティスとパワーや持久力など体力を高めるトレーニングの2つに分類できる。技術が向上したことによってパフォーマンスが向上した場合はストローク長が増大し、体力が向上したことによってパフォーマンスが向上した場合

はストローク頻度が増大することになる。現場の指導者や選手自身は、自らのパフォーマンスを分析する際に、ストローク長やストローク頻度を指標にすることで現状を把握することができる。実際にはパフォーマンスの結果としてのタイムにばかり目がいきがちであるが、結果にいたる過程や裏づけを分析することは、現状把握とともに今後のトレーニング方針を定めるためにも非常に有益だろう。

また、推進時の抵抗は、泳速度の二乗に比例して増大することも科学的に証明されている。これは、高速になるほどより大きな抵抗が発生することを意味しており、抵抗の減少が速く泳ぐための重要な因子であることを示している。

以上より、水泳のトレーニングでは、推進力を高めることを意識することと同時に抵抗力をいかに減ずるかが重要になるだろう。

4. これからの水泳トレーニング

2010年からの水着は、規則が変更となり、男子は腰から下かつ膝より上まで、女子は首および肩から先は覆わず、かつ膝上までのいわゆるスパッツタイプとなった。高速水着は出現してから使えなくなるまでの期間がおおよそ2年程度であったため、十分な研究が行われておらず、科学的知見に基づいた意見を述べることができないが、現場のコーチや選手の意見からは高速水着を着ることで「下半身が浮く」、「キックをレース後半まで打ち続けられる」といった意見が出た。これからの競泳トレーニングは、高速水着を着用することによって得られた変化、すなわち下半身を浮かせるための体幹の強化や、レース後半まで打ち続けられるキックの強化が1つのポイントになるのではないだろうか。

○シンポジウム：専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力

サッカーにおける日本人の体力特性

安松 幹展
(立教大学)



スポーツ種目の競技力向上を目指すには、対象となる種目で発揮されるパフォーマンスの決定要素を理解する必要がある。トップ選手のパフォーマンスは、選手自身の技術的、戦術的、生理的、さらに心理的・社会的側面に依存する(図1)(Bangsbo 2006)。これらの要素は互い密接にリンクしており、そのスポーツに必要な体力要素は、その種目の運動特性に大きく関係する。サッカーのような競技には、これらの要因が複合的に必要である。つまり、オールラウンドに高いフィットネスレベルが必要である。したがって、サッカーに必要な体力特性は、持久力、連続的高強度運動能力、スプリント能力(スピード)、単発

的な筋発揮能力(パワー)であると考えることができる。

日本が目指すべきサッカーを追求していくにあたって、日本人の特徴をしっかりと分析する必要がある。日本サッカー協会(JFA)技術委員会のフィジカルフィットネスプロジェクトの使命の1つは、日本人の体的特徴を分析することである。これまで、「JFA フィジカル測定ガイドライン」を発行し(JFA 2006)、各年代の日本代表のフィジカルチェックの結果から、サッカーにおけるフィジカル要素の重要性について発信してきた。しかしながら、テクニカル、タクティカルと同様に、フィジカルの分野においても、世界のトレンド、考

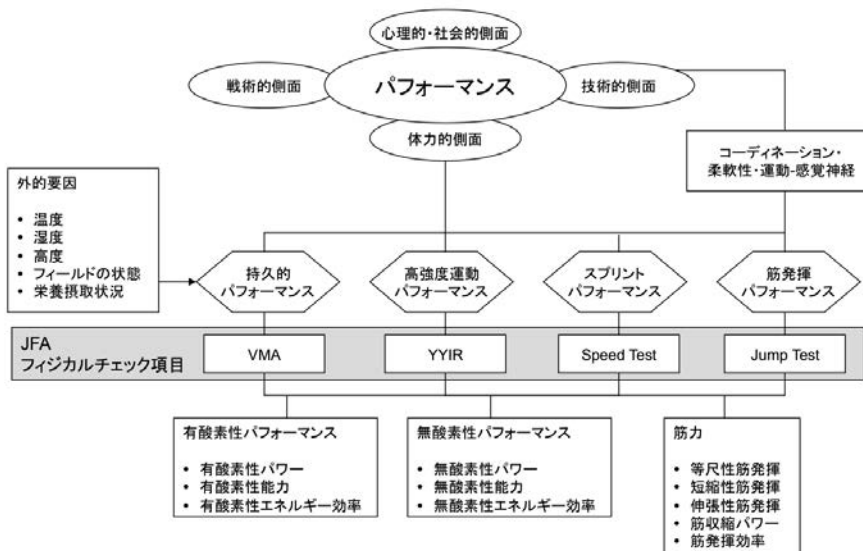


図1 スポーツパフォーマンスの決定要素(Bangsbo, 2006)とJFAのフィジカルチェック項目の関係

表1 日本代表の平均値とヨーロッパ一流選手の結果の比較

-DETENTE							
	SJ	CMJ	CMJb	DJ	6 jump	15 jump	Index(6種目の合計)
JFA	41.0	44.9	51.9	45.4	48.2	40.1	271.5
FRA/ITA	46	51	58	45	55	42	297.0
(cm)							
-SPRINT				-BIODEX			
	0m	10m	20m	Index(左右伸展時の合計の1/2)			
JFA	0.457	1.745	3.027	JFA	1698.4		
FRA/ITA	0.506	1.724	2.897	FRA/ITA	1670.8		
(Nm)							
-VMA		-Yo-Yo Intermittent Recovery Test					
JFA	19.7	JFA					
FRA/ITA	19.5	1019.0					
		(m)					
		DENMARK					
		1000					

え方は日々変化している。ここでは、サッカーにおけるフィジカルの捉え方を、サッカー日本代表のフィジカルチェック結果や試合中の動きの分析から解説する。

サッカー日本代表チームのフィジカルチェックの結果を表1に示した。持久的パフォーマンスの指標となるVMAの測定結果は、日本代表の平均値は、諸外国選手の平均値と比較して高い結果だった。また、高強度パフォーマンスの指標であるYo-Yo Intermittent Recovery Level 2 Test (YYIR)の結果も、デンマークプロ選手の値以上であり、いずれのパフォーマンスも、日本選手のストロングポイントになることが示唆された。一方、サッカーの勝敗に大きく関与する、スプリントパフォーマンスでは、スタンディングスタートからの10m通過時のタイムおよび20m通過時のタイムの比較では、諸外国選手の平均値よりもおおむね下回っており、イタリア、フランスのプロ選手に対する20mにおけるその差は、約0.1秒で距離に換算すると1m弱にもなる。数メートルまでのスピードであるアジリティ能力は、日本人のストロングポイントであると考えられているが、いったんスピードに乗ってしまったヨーロッパの選手

に対応するのは、大変苦勞することがデータから予想される。同様に、ジャンプパフォーマンスにおいても、ジャンプテストの腕のスイングありのカウンタームーブメントジャンプ(CMJb)の結果から明らかのように、約6cmの差がみられる。体格的にも、平均身長が2~6cm近く低いことから考えると(JFA 2010)、空中戦における約10cmの差は、決して小さいものではない。

試合中の動きの分析は、試合の映像から、個人ごとの試合中の移動距離やスプリントなどの高強度運動の割合などから評価されている(Mohr et al. 2003)。2010 FIFAワールドカップ南アフリカのデータを解析した報告によると、日本代表チームの平均移動距離は10,140mで、出場32カ国中10番目に多く、また、高強度運動の割合においても13番目に多かった(安松 2010)。これらの結果は、フィジカルチェックの結果にみられる、持久的および高強度運動パフォーマンスの高さからもサポートされるものである。

これらの結果から、サッカー選手における日本人の体力特性として、持久的パフォーマンスと高強度運動パフォーマンスが、ストロングポイントであることが示唆された。しか

し、サッカーの試合において、試合を決定づけるスプリントパフォーマンスや筋発揮パフォーマンスにおいて、日本人は苦戦を強いられることが示唆された。この差を埋めていくためには、育成年代からのコーディネーション能力やランニングスキルのさらなる向上が必要である（安松と広瀬 2010）。したがって、これらの課題を克服するためには、育成年代の早い時期からでも強化できる、体幹部のトレーニングや自体重での筋力強化を中心に、サッカーに必要な4つのパフォーマンス要素の向上に努める必要があると考えている。

参考文献

- Bangsbo, J.*: Training and testing the elite athlete. *J. Exerc. Sci. Fit.*, **4**: 1-14, 2006.
- 財団法人日本サッカー協会技術委員会フィジカルフィットネスプロジェクト, JFA フィジカル測定ガイドライン 2006 年度版, 財団法人日本サッカー協会, 2006.
- 財団法人日本サッカー協会技術委員会テクニカルハウス, 2010 FIFA ワールドカップ南アフリカ JFA テクニカルレポート, 財団法人日本サッカー協会, 2010.
- Mohr, M., Krstrup, P. and Bangsbo, J.*: Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.*, **21**: 519-528, 2003.
- 安松幹展：日本人のフィジカルの特徴とは何か？⑤, *JFA Technical News*, 財団法人日本サッカー協会技術委員会, **41**: 46-47, 2010.
- 安松幹展, 広瀬統一：フィジカルチェック結果からみた日本人選手の特徴. *トレーニング科学*, **20**: 307-312, 2010.

○シンポジウム：専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力

月経周期からみた女性アスリートの体力

鈴木 なつ未
(国立スポーツ科学センター)



近年、国民の健康増進への意識が高まる中、女性のスポーツ活動への参加が増加している。運動・スポーツは男女ともに身体機能の向上をもたらすが、女性は女性特有の「月経（周期）」を有することから、その影響を考慮する必要があると考えられる。

女性は性成熟に伴い、平均12歳頃に初経を迎える。その後平均50歳で閉経を迎えるまで、卵巣ホルモン（エストロゲンやプロゲステロン）の作用によって約1ヵ月の周期で月経を繰り返す。月経周期は、月経の初日から次回月経の前日までの期間であり、月経期、排卵期、黄体期に分けられる。月経周期において、排卵期初期ではエストロゲンとプロゲステロンは低値を示す。排卵（排卵期）から月経開始までの期間を黄体期といい、エストロゲンとプロゲステロンの分泌により、受精卵の着床のために子宮内膜が準備される。着床が起こらなかった場合には、黄体が衰退し、エストロゲンとプロゲステロンの分泌が減少し、子宮内膜が剥がれて月経が起こり、新たな月経周期が開始する。

この月経周期に伴う卵巣ホルモンの変動は、主観的・客観的コンディションにさまざまな影響を与えることが報告されている。女性アスリートは、「月経はスポーツ活動に影響しているか」という質問に対し、半数の選手が肯定していることが報告されている。これまでに月経周期におけるパフォーマンスを検討した多くの先行研究では、有酸素性能力はあま

り月経周期の影響を受けない可能性が考えられている。無酸素性能力については検討が少ないが、月経周期の影響を受けないとする報告もある。筋力については、月経周期の影響を受けるとする報告がある一方で、影響を受けないとする報告も多い。橋本らは、アスリートを対象として月経周期における敏捷性（25 m方向変換走による評価）の変化を検討し、月経期にタイムが落ちたことに腹痛の症状が影響していた可能性を報告している。また、瞬発力および反射能力をアスリートおよび一般女性で検討した報告では、アスリートにおいては月経周期で明らかな違いが認められなかったことから、アスリートは日頃から常に高いパフォーマンスを発揮できるようトレーニングされている可能性が示唆されている。以上のことから、有酸素性能力、無酸素性能力、敏捷性などにおいて、月経周期の影響は少ないと考えられるが、アスリートを対象とした検討が少ないことや、パフォーマンステストの種類、種目特異的なテストの実施など、今後詳細に検討していく必要があると考えられる。

体力要素における月経周期の影響は少ない可能性が考えられるが、アスリートにおいては、月経が主観的コンディションに及ぼす影響を訴える選手も多く、アスリートの主観的コンディションに月経周期がどのような影響を及ぼしているのかを明らかにする必要があると考えられる。そこで、われわれはナショ

ナルトップアスリートを対象に、月経とコンディションについて質問紙を用いた調査を実施した。月経周期における主観的コンディションについては、月経中および月経1週間前は、コンディションがやや悪い、悪いと回答した選手が3～4割に及び、月経1週間後および月経と月経の間は、コンディションは変わらないと答えた選手が8割であった。よってトップアスリートは、月経期、黄体期にコンディションが良くないと感じ、卵胞期にコンディションが良いと感じていることが明らかとなった。われわれはさらに、実際の月経状態、月経への対処について調査した。月経状態は、1ヵ月ごとに月経が来ている選手が6割以上であった。月経痛は、状態に違いがあるもの（月経痛少しあり／生活支障なし、月経痛あり／生活支障あり／薬なし、月経痛あり／生活支障あり／薬あり）、8割近い選手が月経痛を有していることが明らかとなった。また、月経前および月経中に何らかの症状を有している選手が多かった。月経への対処は、月経周期に伴うトレーニング調整はしないと回答した選手が9割であった。また、6割の選手がセルフケアはしていないと回答し、基礎体温は、7割の選手が測っていないと回答した。

われわれの調査から、月経周期に伴う自覚的コンディションの変化や、月経痛を有する選手は多いが、何らかの対処をしている選手は少ないことが明らかとなった。月経に伴うコンディションの変化や月経痛に対処するためには、月経周期の把握、月経異常への早期の対処、月経前・月経中の症状の把握が重要である。そのための方法として、日頃から月経の記録（月経周期日数、随伴症状、経血量）をつけることがあげられる。長期的な記録は、自分の健康状態を知る手がかりにもなるため重要である。さらに、基礎体温の継続的な測定もあげられる。基礎体温の測定は、排卵時期が明確になる、次回月経時期の予測が可能

になる、月経異常が把握できる（排卵の有無を含め）などのメリットがあることから推奨される。加えて、試合時に月経が重なっていた場合の記録（どのような状態だったのか、重ならない時との違い）、月経周期に伴う自覚的コンディションの記録も併せて行うことで、選手個人でも簡便に「月経」に対処していくことを可能にすると考えられる。トップアスリートにおいては、月経に伴う自分の身体、状態の変化を受け止め対応することで、その時の100%の力を発揮できるようにしていくことが重要であると考えられる。

さらに、女性アスリートにおいて考慮すべき問題がある。日頃から激しいトレーニングを行っている女性アスリートは、初経発来の遅延や、月経異常などの運動性無月経をきたすことが多く、近年、無月経、摂食障害、骨粗鬆症の3つは「女性アスリートの三主徴(The Female Athlete Traid : FAT)」として、健康管理およびコンディショニングの面から重要な問題となっている。女性アスリートの骨代謝動態を月経状態および種目間で比較した検討では、月経異常のアスリートにおいて血清エストラジオール値および骨代謝が低値を示したことが報告されている。また、体脂肪率の低値が月経異常率の高値と関連していることや、体重階級性競技においては減量量と月経異常率が関連する報告もあることから、日常的な体重・体脂肪率の測定、骨の状態を把握すること、月経異常への対処が非常に重要であると考えられる。

月経（周期）からみた女性アスリートの体力には、月経に対する意識、ホルモン変動、パフォーマンス、身体症状、環境などさまざまな因子が関与しており、総合的な評価、判断が必要とされる問題である。今後、アスリートを対象としたさらなる検討を行い、女性アスリートのための指針を示していく必要がある。

《2010年度研究成果ポスター発表》

1. 高齢者における血圧と総頸動脈血流量および脳血流配分比の関係性
佐藤 耕平¹, 平澤 愛¹, 中村 泉², 定本 朋子¹
¹ 日本女子体育大学附属基礎体力研究所, ² 日本女子体育大学 スポーツ健康学科
2. 1週間の高強度レジスタンストレーニングが静的運動時における非活動肢の表在性静脈血管応答に及ぼす影響
大上 安奈¹, 米谷茉里奈², 平澤 愛¹, 佐藤 耕平¹, 定本 朋子¹
¹ 日本女子体育大学附属基礎体力研究所, ² 日本女子体育大学大学院 スポーツ科学研究科
3. 1週間の高強度レジスタンストレーニングが静的運動時の中大脳動脈血流速度に及ぼす影響
米谷茉里奈¹, 大上 安奈², 平澤 愛², 佐藤 耕平², 定本 朋子²
¹ 日本女子体育大学大学院 スポーツ科学研究科, ² 日本女子体育大学附属基礎体力研究所
4. 高強度レジスタンストレーニングが多段階静的握力発揮時の腎動脈血流調節に及ぼす影響
平澤 愛, 佐藤 耕平, 定本 朋子
日本女子体育大学附属基礎体力研究所
5. 腱への振動刺激が随意筋力発揮中の運動単位活動に及ぼす影響
加茂 美冬
日本女子体育大学 運動科学科

〈セミナー報告〉

呼吸・循環系のシステム同定とその応用

宮本 忠吉
(森ノ宮医療大学)



2010 基礎体力研究所セミナーが 2011 年 1 月 31 日に行われた。今回のセミナーは森ノ宮医療大学の宮本 忠吉先生から「呼吸・循環系のシステム同定とその応用」と題した講演をいただいた。セミナーの概要は以下の通りであった。

システム生理学的アプローチとは？

呼吸の化学調節系や圧受容器反射は、血液ガスや動脈血圧のホメオスタシスの維持に重要な負帰還システム（ネガティブフィードバック）であり、古くから生理学研究の対象である。しかしながら、厳密な意味でのシステム同定を用いた研究はまだ少ない。システム解析とは、その対象システムに対して入力を加え、その応答から入出力関係を同定することである。ヒトの場合、圧受容器反射系などの負帰還システムにおいて、入力と出力を分離することは困難である（クロズドループ）。しかしながら、呼吸の化学調節系においては比較的、容易にシステムの入出力関係を同定することが可能である（オープンループ）。本セミナーにおいては、オープンループ条件で呼吸化学調節系をシステム同定する解析手法を紹介し、それを応用した呼吸・循環・代謝関連メカニズムの統合的理解に役立てるアプローチの可能性と実際を概説する。

呼吸化学調節系の静特性と動特性

クローズドループシステムの代表である呼吸化学調節においては、動脈血二酸化炭素分圧（ PaCO_2 ）の上昇や、酸素分圧の低下が生じると反射的に換気量（ VE ）が増加し、それらの値を正常値に戻そうとする。このようなクローズドループ状態では入力と出力を分離できない。そこで、口元に一方向弁付きマスクを装着して、入出力関係を同定する実験手法（オープンループ状態）が用いられている。クローズドループ状態において、吸入ガス濃度を変化させ、入力 PaCO_2 を段階的に変化させることによって、この系の中枢コントローラ特性（制御部； PaCO_2 の変化に対する VE の定常応答）を定量化できる。逆に、意識的に入力換気量を増減させることによって、末梢のプラント特性（制御対象部； VE の変化に対する PaCO_2 の定常応答）を定量化できる。この両者を同じ座標軸上にプロットすれば、呼吸化学調節の動作点を示す平衡線図が得られることになる。平衡線図状に記載された中枢コントローラと末梢プラントの交点は、クローズドオープン状態での動作点（ PaCO_2 および VE ）の値と一致する。このような平衡線図を用いた解析は、換気反応を決定している生理機構の包括的理解に役立ち、アスリートの運動時換気抑制のメカニズムや、心不全患者の運動時換気亢進の病態生理の解明に応用できる。



小川 繁彦先生



菅原 順先生



佐藤 耕平先生

オープンループ状態において、入力 PaCO_2 や換気量を白色雑音状、もしくはステップ状に変化させた時の動的応答から、中枢コントローラと末梢プラントの動特性を推定できる。この推定には、伝達関数を用いる。得られたオープンループでの伝達関数を用いれば、クローズドループでのシミュレーションが可能となる。この応用は、例えば、各パラメータを生理学的範囲内で変化させることで、心不全病態における周期性呼吸や漸増負荷運動時の換気亢進を説明できるようになる。

このように、システム同定の解析を用いることにより、呼吸調節、脳循環、体循環調節の相互関連機構の解明や、生体において呼吸や循環応答を決定している生理メカニズムを理解することが可能となる。今後は、運動時の換気亢進や心不全患者の呼吸異常のメカニズムの解明には、要素間の関連を保ったままシステムの機能を同定する生理学的アプロー

チが有効であると思われる。

運動と循環・ショートコミュニケーション

宮本先生のセミナー後に、運動と循環調節の研究分野で精力的に活躍されている、3人の先生方にショートコミュニケーションとして最新の研究を発表していただいた。東洋大学工学部の小川繁彦先生からは「動的圧受容器反射の解析 - ヒトでの開ループ特性-」、産業技術総合研究所の菅原順先生からは「一過性運動後の循環応答の個人差」、本学の佐藤耕平先生からは「運動および起立ストレス時における脳血流調節 - 動脈間の不均一性と再分配-」と題した研究発表を行っていただき、発表後の討論では盛んな質疑応答が交わされた。当日参加していただいた学内外の先生方、学生の皆様に感謝の意を表します。

(文責：佐藤耕平)

〈特集 東京都競技力向上医・科学サポート事業〉

東京都競技力向上医・科学サポート事業における 本学の取り組み

定本 朋子

(日本女子体育大学附属基礎体力研究所)

はじめに

本学では、平成21年3月26日に締結された「東京都と日本体育大学、日本女子体育大学及び国士舘大学の協力連携に関する協定書」(正式名称)に基づき、東京都と連携して競技選手における競技力向上を目指した医・科学サポート事業(平成21～25年度)を実施している。ここでは東京都医・科学サポート事業の実施にいたる経緯や本学における取り組みの概略を述べる。

1. 東京都の競技力向上に関わる基本方針と施策

平成18年12月に、「10年後の東京」が発表され、東京都は「JOCや競技団体と連携して世界トップクラスの競技力を実現すること」を目標の1つとして掲げた。また平成25年に開催される国民体育大会(東京国体)において、「東京都が最高得点獲得による総合優勝、オリンピックなどの国際舞台における東京都選手の活躍を目指すこと」を具体的な目標として掲げた。この目標を実現させるため、基本方針および施策を立案し、実施計画案も作成し、1つの道筋ができあがった。最初の基本方針と施策をまとめたのが、平成19年7月東京都生活文化スポーツ局に設置された東京都競技力向上推進本部(推進本部)である。この推進本部の会議に、本学関係者として加賀谷淳子先生(日本女子体育大学元学長・基

礎体力研究所元所長、平成23年7月に逝去された)が特別委員として参画され、スポーツ医・科学事業の実現に貢献されたと聞いている。また本学を含めた3大学がこの事業に参画することになった背景には、平成15年度から始まった3大学院間の研究交流事業が円滑な事業推進に有効と認められたからだとも聞いている。

推進本部でまとめられた提案は、「東京都競技力向上基本方針・実施計画-東京アスリートの現在と未来を支える仕組みづくり-」の小冊子(2008)に記されている。その中に表1に示す「東京都の競技力向上に向けた事業展開(スケジュール案)」があり、この表にあるように、「医・科学サポートによる支援」の方針は3つの施策を含み、その中の1つである「スポーツ医・科学機能の整備と連携」の施策に、東京都医・科学サポート事業が位置づくことがわかる。そして、「スポーツ医・科学機能の整備と連携」の事業内容には、「国体選手等の体力測定と助言」および「大学等と連携した測定や助言」の2つが重要な柱となることが示されている。

2. 東京都スポーツ医・科学サポート事業の内容

東京都スポーツ医・科学事業は、図1のように、「競技団体」、「財団法人東京都スポーツ文化事業団大学連携推進室(以下、事業団と

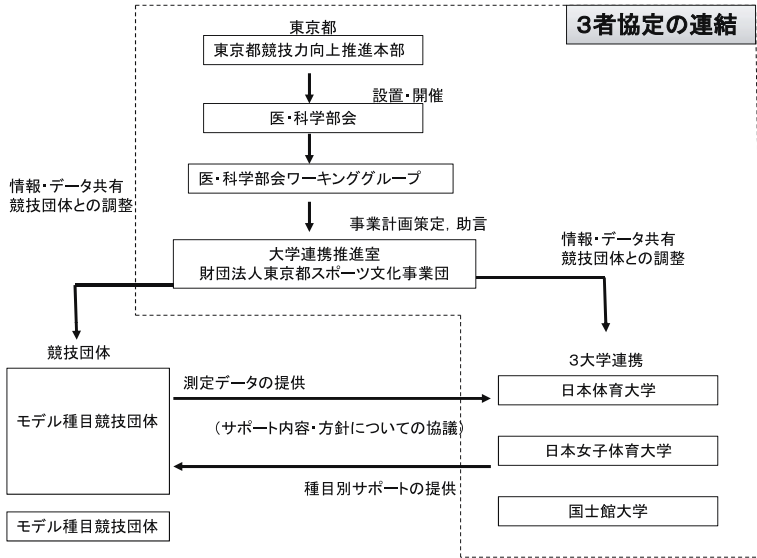


図1 スポーツ医・科学事業実施体制

する)」、「3大学(日本体育大学、国士館大学、日本女子体育大学)」が連携する体制により進められることになっている。各競技団体の種々の要望と大学側の諸事情を調整する事業団は常に重要な役割を担っている。サポート過程で得られたデータや情報は個別に選手個人にフィードバックされ、同時に基本的データとして事業団において集約され、今後の競技力向上に資するように管理されている。さらに事業にかかわる検討事項は、東京都医・科学部会ワーキンググループの委員会において議論することになっている。

この医・科学サポートを受けることができる対象選手は、原則として高校1年生で全国中学校体育大会の出場経験を有する者、また高校1年生以外の場合には、能力が高く国体において東京都代表として活躍が期待される者、東京都および競技団体がサポート対象選手として認める者、などといった条件が設けられている。毎年、9～13種目の競技団体における合計120～150名程度の選手を対象としたサポートを行っている。

サポート内容は、大別して、「メディカルチェック」、「フィールドテスト」、「種目別サポ

ート」がある。

メディカルチェックとフィールドテストは、医・科学サポートを受けるための必須条件であり、選手は必ず受けることになっている。事業団が統括してメディカルチェックとフィールドテストを行っているが、現在フィールドテストについては、各大学の協力下で実施している。メディカルチェックの内容は、問診票チェック、胸部レントゲン、心電図、血液検査に加えて、アライメント、関節弛緩性テスト、タイトネステストといった競技選手に特化した検査項目が含まれ、スポーツドクターらの助言も得られる手厚い内容となっている。フィールドテストには、30mダッシュ、反復横跳び、立ち幅跳び、メディシンボール投げ、最大挙上重量(ベンチプレス、スクワット)、上体起こし、握力、20mシャトルランの8種類の測定が実施されることになっている。このテストにより選手の基本的な体力を知ることができる。またフィールドテストの測定項目は、選手が必要に応じて今後自らの体力を自分で簡単に知ることができる測定という理由から選定されたものである。

種目別サポートの中には、「コンディション

サポート」, 「パフォーマンスサポート」, 「トレーニングサポート」, および「栄養サポート」の4項目があり, これらの種目別サポートは3大学が競技種目別に分担しながら実施することになっている。

3. 本学の取り組みについて

表1にある通り, 平成20年度から東京都では競技団体のニーズ調査を踏まえ, 本学においても競技団体と事業団との間で実施準備の話し合いを開始した。そして次のような競技種目の選手に対する支援を行っている。

種目別サポートの「コンディションサポート」として, 本学ではカヌー(スラローム), 陸上競技(短距離, 跳躍)およびボートにおける強化選手の体力測定を実施している。当初は水泳種目も予定していたが, 競技団体側の事情により変更となった。コンディションサポートの実施責任者は佐藤耕平講師であり, 学内外の教員および医師, 健康管理センター理学療法士, トレーニングセンター職員, 基礎体力研究所所員および大学院生が連携して, 種目特性に即した専門的な測定を国体の前後において実施している。これらのデータは選手の能力把握やトレーニング内容の検討および改善に活用されている。

「パフォーマンスサポート」および「トレーニングサポート」については, 陸上競技の短距離選手および跳躍選手に対して石塚 浩教授が責任者となって, 競技大会でのビデオ撮影や動作分析, トップアスリートとの合同練習などを精力的に実施している。これらのサポートは, 選手の動作に関するスキルやパフォーマンスの向上に活用されている。またト

レーニングの内容の改善および充実を図るためにも利用されている。

「栄養サポート」については, 3大学間の垣根を越えて, 田口素子准教授が全競技種目の栄養サポートの責任者となっている。学内外の管理栄養士の協力のもと, 強化選手の栄養調査および栄養指導に関する講習会などを幅広く実施している。これらの栄養サポートにより, 選手のみならず指導者および保護者の食事や栄養に関する知識の向上を図っている。また減量などの試合に向けたコンディショニングにも活用されている。

本学における各サポートの取り組みの詳細については後述されている。

おわりに

これまで3年間のスポーツ医・科学事業の実施を通して競技力向上支援に関するデータが, 本学に蓄積されてきたと思われる。また東京国体において強化選手が素晴らしい活躍ができるよう, より一層のきめ細かい支援が提供できるように取り組みたいと考えている。最後に, 東京都競技力向上推進本部委員としてこのスポーツ医・科学事業の実現に尽力された加賀谷淳子先生の功績を振り返り, 心より哀悼の意を表したいと思う。

文 献

東京都競技力向上推進本部: 東京都競技力向上基本方針・実施計画- 東京アスリートの現在と未来を支える仕組みづくり-。東京都生活文化スポーツ局スポーツ振興部スポーツ振興課刊, 登録番号(20)1, 2008.

〈特集 東京都競技力向上医・科学サポート事業〉

施設をもたないスポーツ医・科学サポート事業の メディカルチェックについて

高橋 由美

(財団法人 東京都スポーツ文化事業団)

はじめに

東京都の競技力向上「スポーツ医・科学サポート」事業は、平成20年度にスタートした、すでに20数県で実施されているが、ようやく東京も着手したわけである。その背景として、東京都が平成18年に「スポーツ振興」をはじめて施策の1つとして取り入れたことがあげられる。競技力向上事業では、ジュニア期からのアスリート育成システムを確立し、東京育ちのアスリートがオリンピックや国際的な競技大会などで活躍するという目標が掲げられた。具体的には、2016年東京オリンピック招致と、2013年東京国体に向けて、高校生アスリートを対象とした「スポーツ医・科学サポート事業」を立ち上げたのである。都は今ある資源を有効利用して進めるという方針から施設をもたず、大学が連携してサポートしていくという日本初のスタイルで推進している。

本事業には、故加賀谷淳子先生が深くかわられている。加賀谷先生は、東京都のスポ

ーツ振興審議会・委員や、競技力推進本部会議・特別委員などを歴任されており、20年以上にわたって「東京にもスポーツ医・科学が必要です」と都に粘り強く進言し続けてきたことが形となった。現在、日本女子体育大学、日本体育大学、国士舘大学の3大学が連携してサポートしていただいているが、これも「既に大学院で連携している3大学で実施するのが望ましい」という加賀谷先生の意見によるものである。

平成20年6月に本事業の医・科学部会ワーキンググループを発足させ(表1)、どのような中身にしていくかが話し合われた。この時点ではサポートを3大学で行うこと以外、何も決まっていなかった。ワーキングを通して、対象選手全員にメディカルチェック(年1回)とフィールドテスト(共通体力テスト年2回:全日本強化選手が実施しているものと同じ種目)を義務づけることが決められた。この2つのサポートを受けた選手に対し、競技団体のニーズに合わせたサポートを大学で行

表1 医・科学部会ワーキンググループ委員

委員	所属
平野 裕一(座長)	国立スポーツ科学センタースポーツ科学研究部 部長
伊藤 静夫	日本体育協会スポーツ科学研究室 室長
中嶋 耕平	国立スポーツ科学センター医学研究部 医師
角田 直也	国士舘大学 副学長
船渡 和男	日本体育大学 教授
定本 朋子	日本女子体育大学基礎体力研究所 所長
田口 素子	日本女子体育大学 准教授(栄養)

表2 メディカルチェック項目

区 分	分 類	項 目
共通項目	問 診	40 項目
	形態計測	身長・体重・体脂肪率・除脂肪体重
	血 圧	
	安静時心電図	
内科的項目	血液検査	肝機能：AST, ALT, LDH, ALP, 総ビリルビン, 総蛋白, A/G 比 電解質：Na, K, Cl, Ca 脂 質：総コレステロール, 中性脂肪, HDL コレステロール 腎機能：尿素窒素, クレアチニン, 尿酸 貧血系：赤血球, ヘモグロビン, ヘマトクリット, 血小板, 血清鉄, 総鉄結合能, フェリチン その他：白血球, クレアチンフォスフォキナーゼ (CPK)
	胸部レントゲン (直接)	高2, 高3のみ ※高1は学校検診の結果を用いる
	診 察	スポーツドクターの診察
	アライメントチェック	大腿骨/脛骨, 内踝間距離, O脚 X脚評価, Qアングル, 足部形状, 体幹側弯の有無
	関節弛緩性テスト	手関節屈曲, 肘関節伸展と角度, 肩関節回旋, 脊柱前屈 (FFD), 膝関節反張, 足関節背屈, 股関節外旋 (関節弛緩性総合評価)
整形外科的項目	タイトネステスト	立位体前屈, SLR, 大腿四頭筋 (HBD), 下腿三頭筋 (膝伸展位) 腸腰筋, 股関節内旋角度, 股関節外旋角度
	診 察	スポーツドクターの診察

うこととなった。

本稿では、スポーツ医・科学サポート事業におけるメディカルチェックが、どのように決められたか、対象、内容、方法、データのフィードバック、費用負担、結果、そして外部委託による事業評価について述べたいと思う。

1. どのように決められたか

スポーツ選手へのメディカルチェックは、わが国でも慣例化されつつある。しかしながら、どのような対象に、どのような方法で、どのような項目（検査項目、問診など）を行うかについては倫理や経済性の問題を含むため、実施主体によってさまざまである。本事業におけるメディカルチェックの内容は、まずワーキングで議論された。対象が高校生選手であり、その後のサポートでは最大負荷をかけることになるため、倫理的にも手厚いメディカルチェックが必要だという意見が出さ

れた。また、栄養サポートでは、形態計測や血液検査の結果に基づいて行うため、運動選手に多い貧血項目など、具体的な検査項目の要望があった。ワーキングでの意見を踏まえ、実施主体である事務局が素案をつくり、メディカル担当の中嶋耕平先生と相談のうえ決められた。その内容は、全日本強化選手が受けているものとあまり変わらない（表2）。特にスポーツ選手ならではの項目として、血液検査では、フェリチン（潜在性鉄欠乏貧血）、血清鉄（栄養不良、慢性失血の指標）、総鉄結合能（鉄欠乏の指標）、白血球数（身体の炎症）、CPK（クレアチンフォスフォキナーゼ：筋の損傷や筋疲労の指標）が加えられた。整形外科的チェックでは、アライメントチェック、関節弛緩性テスト、タイトネステスト合わせて21項目も行われることになった。整形外科的チェックはアスレティックトレーナーや理学療法士が実施している。



アライメントチェック



内科診察



整形外科診察

写真1 メディカルチェックの様子

2. 対象

メディカルチェック受診対象者は、東京都が作成した一定基準を充たし、競技団体から推薦されてきた「高校生選手」である。選手の競技レベルは関東大会または全国大会出場レベルであり、推薦された選手は都知事名で認定している。

3. 内容

(1) 検査項目および診察

検査項目は、表2に示した通りである。問診40項目、安静時心電図、血液検査、胸部レントゲン、整形外科的チェックである。

診察は、内科と整形外科のスポーツドクターがそれぞれ実施している。いずれも、国立スポーツ科学センターで全日本強化選手のメディカルチェックをされている精鋭のスポーツドクターが担当してくださっている。これらのドクターたちにご協力いただけるのも東京ならではのことで、非常に恵まれた体制で進められている。

(2) 実施日と実施場所

実施日は、毎年4月から6月の土日のうち、5日または6日ほど設けている。

実施場所は、スタート時から味の素スタジアム内にある「東京都スポーツ振興局・調布庁舎」を借りて実施している。平成23年3月には東日本大震災により、味の素スタジアムが避難者受入れ施設となったため、急遽3大

学のうち最も東京の中心に位置する日本女子体育大学の健康管理センターをお借りした。

4. 方法

(1) メディカルチェックの流れ

当事業は、各大学に連携のうえ、種々協力いただいているが、メディカルチェックについては事業団の役割である。事前準備として以下の手順で行っている。3カ月前までに実施場所を確保し、競技団体と日程を調整し、検診業者を決め、スタッフ（内科医師、整形外科医師、トレーナー、測定補助など）を手配する。そして受ける側（選手、保護者、顧問、学校長）と実施する側（医師、検診業者、スタッフ）に案内文や依頼文を送付する。

当日は、受付から診察まで20～30人の選手を約2時間程度で実施している（メディカルチェックの様子は写真1を参照）。

終了後は、検診業者から送られてくる検診結果と問診、検査データ等を整理して内科と整形外科の医師それぞれに送り、医師が判定（A：Active 解決すべき問題あり、F：Follow 経過観察、I：Inactive 問題なし）とコメントをつくり事務局に戻す。検診結果、問診、医師の判定とコメントをすべてデータベースに取り込み、結果票を打ち出し選手に送付している。

これらの結果は、各大学（それぞれの担当する競技について）にも送られる。メディカルチェックの結果は、サポート前の安全性の



写真2 結果票

確認とサポートに役立てられている。

(2) データのフィードバック

データのフィードバックは、各選手に結果票を2部（選手本人と指導者用）送付している（写真2）。初年度は結果票を送付しただけであったが、年度末のアンケート結果では、自分の結果を明確に認識していない選手も見受けられた。そこで2年目以降は、中嶋医師と相談のうえ、結果票の課題箇所にカラーマーカーで印をつけて送付している。また、課題がある選手については、その後のサポート時に再度結果票を事務局で持参し、各自の課題について対応しているか確認するなどの工夫をしている。

(3) 費用負担

費用負担は、すべて東京都である。ただし、交通費は各選手が負担している（受益者負担）。

5. 結果

サポートが実際にはじまったのは平成21年4月からである。平成23年11月現在まででメディカルチェックを受けた選手は、13競技種目、男子229名、女子137名である（表3）。

判定は内科、整形外科ともにA：Active（解決すべき問題あり）、F：Follow（経過観察）、I：Inactive（問題なし）の3つである。

表3 競技種目別受診者数（平成21年度～23年度）

No	競技種目	男子 (人)	女子 (人)	計 (人)
1	ウェイトリフティング	20	0	20
2	カヌー・スラローム	15	2	17
3	レスリング	47	0	47
4	空手道	17	21	38
5	陸上短距離・跳躍	26	15	41
6	陸上長距離	12	9	21
7	柔道	19	20	39
8	ソフトボール	33	27	60

9	アーチェリー	11	9	20
10	バドミントン	13	19	32
11	自転車	8	4	12

12	カヌー・スプリント	3	3	6
13	ボート	3	4	7
14	ボウリング	2	3	5
15	ボクシング	0	1	1
計		229	137	366

※ 人数は3年間の延べ人数。

※ No. 9～11は平成22年度から追加された種目。

※ No. 12～15は平成23年度から追加された種目。

サポート選手の判定結果を図1に示した。内科の判定結果では、ActiveとFollowあわせて、男子49.8%、女子40.1%であった。判定理由は、気管支喘息、貧血、尿酸高値、心電図異常などが多かった。整形外科の判定結果ではActiveとFollowあわせて、男子52.4%、女子61.3%であった。その理由は、腰痛、膝痛、肩痛、肘痛が多かった。特に整形外科のFollow判定では、シンスプリントや膝蓋腱炎、足底筋膜炎など、選手自身の日常でのケアで軽減できるものが多かった。

6. 外部委託による事業評価について

本事業は平成23年3月31日付けで外部委託による事業評価が行われた。その結果は以下の通りである。

事業評価の方法については、成果I（意識変容・理解向上）、成果II（行動変容）、成果III（測定値の変化）、成果IV（ゴール：選手がよい身体の状態で試合・大会に臨むことができる）の4段階に分けられ、成果I、II、IVをアンケート調査で評価している。アンケートの

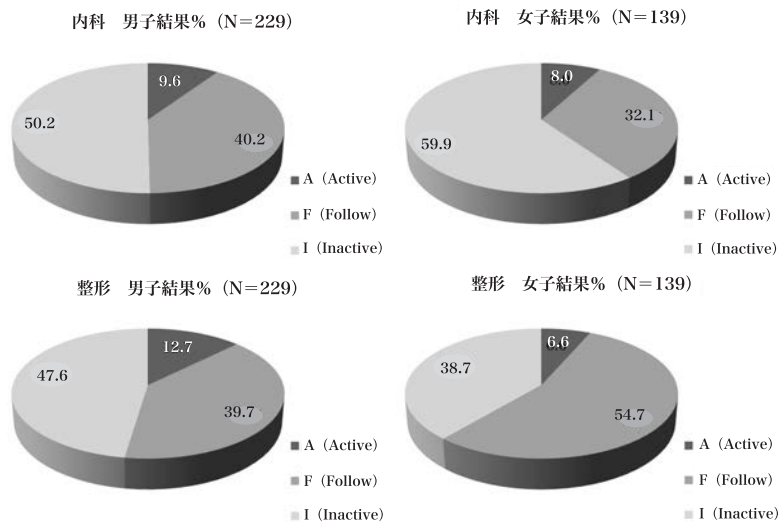


図1 サポート選手の判定結果

回答は「非常にそう思う」「ややそう思う」「あまりそう思わない」「そう思わない」の4段階とした。

メディカルチェックにおける結果は、成果Iの意識変容・理解向上の達成度が（「非常にそう思う」+「ややそう思う」の割合）100%、成果IIの行動変容の達成度が91.3%、成果IVのゴールの達成度が84.1%であった。メディカルチェックの実施により、多くの選手がサポートを受ける前と比較して、よいコンディションで試合、大会に臨めるようになっており、サポートの効果が認められるという評価が得られた。

おわりに

最後にメディカルチェックにおける課題とその取り組みについてまとめる。

第一の課題は、日程調整が難しい点である。サポート対象選手として大学での競技種目別サポートを受けるためには、メディカルチェックを受けることが必須条件である。競技団体側は、異なる学校の選手たちのスケジュールを把握して日程を決める必要があるが、毎

年もれてしまう選手がでるのが現状である。また病欠などの場合も、後日改めて実施することが難しい。日程調整が難しいという課題は、メディカルチェックのみならず、サポートについても共通の課題である。第二の課題として、選手個人が結果をいかに日常生活の健康管理に定着させていくようにしていくかがあげられる。

これら課題については以下のような取り組みを行っている。日程調整については、競技団体と調整を早めに行う、メディカルチェック直前に競技団体の責任者に選手の参加有無を確認するなどを行っている。第二の課題については前述した通り、結果票を返却する際課題をマーカーで記す、その後のサポート時に結果票を再度持参し、選手に取り組みの様子を聞くなどを実践している。これらの取り組みにより、年々選手や指導者の理解や行動変容のレベルが少しずつ上がってきている。

今後は、事務局、関係スタッフ、競技団体、大学との連携をさらに深め、より有効なメディカルチェックとなるようにしていきたい。

〈特集 東京都競技力向上医・科学サポート事業〉

東京都スポーツ医・科学サポート報告 －コントロールテストとコンディショニングサポートに関して－

佐藤 耕平

(日本女子体育大学・東京都医・科学サポートテクニカルアドバイザー)

はじめに

東京都スポーツ医・科学サポートは図1に示すように、各競技団体・選手を対象にさまざまな角度からサポートを行っている。日本女子体育大学ではカヌー（スラローム）、陸上短距離・跳躍、ボート競技を対象にコントロールテスト、コンディショニングサポート、パフォーマンスサポート、トレーニングサポートを実施している。具体的には、カヌー・陸上・ボート各競技者の、コントロールテストおよびコンディショニングサポートは、基礎体力研究所のスタッフを中心としたサポートチームが、陸上のパフォーマンス、トレー

ニングサポートは本学の石塚 浩教授が中心となりサポート活動を行っている。また、5つの競技団体を対象に、本学の田口 素子准教授が中心となり栄養サポートを展開している。

1. コントロールテスト

(1) コントロールテストの概要・目的

本学では、カヌー（スラローム）、陸上（短距離・跳躍）、ボート競技の強化選手を対象に年2回コントロールテストを実施している。コントロールテストとは、9種目からなるアスリートを対象にした専門的な体力テストで

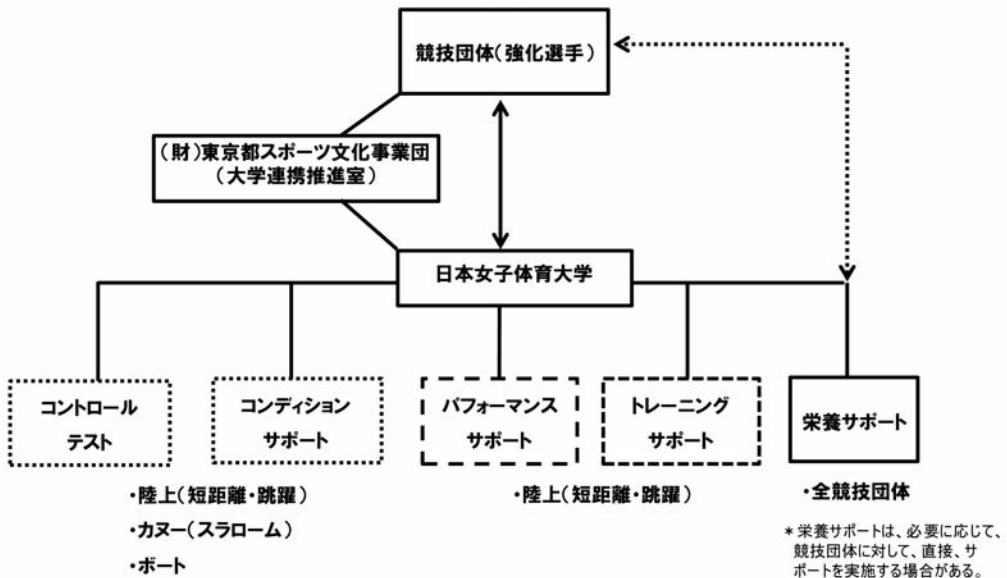


図1 日本女子体育大学での医・科学サポート実施内容

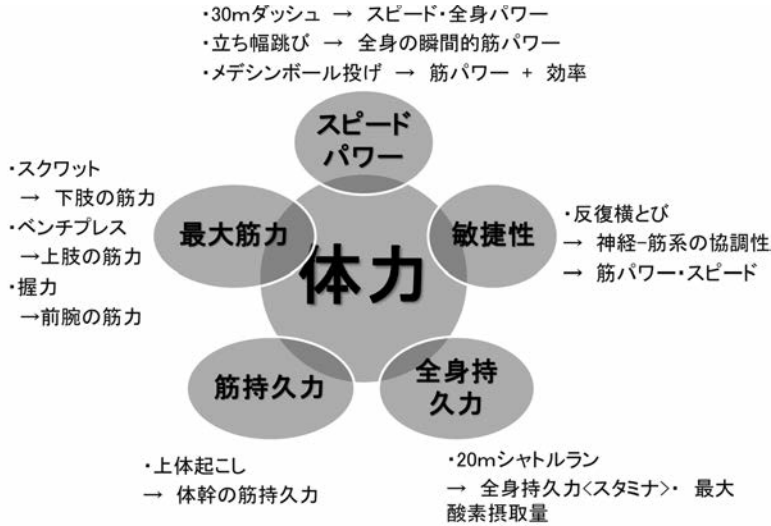


図2 コントロールテスト実施種目と体力要素

ある。測定種目は、図2に示すように、スピード・パワー系3種目、敏捷性系1種目、最大筋力系3種目、持久力系2種目である。これらの測定種目はアスリートに必要な体力要素を考慮したものであり、ベンチプレスやスクワットなどといったかなり専門的な測定も入っている。本学でサポートしている競技種目においても、これらの体力要素はパフォーマンスを決定する重要な要因となると考えられる。

コントロールテストの意義としては、①選手の基礎体力の特徴をつかむ（長所・弱点など）、②分析したデータに基づいて練習計画を組む（弱点克服のメニューをつくるなど）、③定期的に行うことで体力が向上しているか確認する、④体力向上の具合に応じて、練習計画を修正する、⑤冬季など試合が少ない時期に行うことで、練習の意欲を持続させることなどがあげられる。カヌーとボート競技に関しては、春と秋の2回、陸上に関しては秋と春の2回実施し、基礎体力を把握するとともに、トレーニングメニュー設定のための指標としている。得られたデータは、測定後に帳票を作成し、専門家がコメントを挿入して本人と所属団体の監督・コーチにフィードバック

している。この際、前回の測定からの変化、各競技種目の平均値、全国の同年代の平均値などとも比較できるようになっている（表1カヌー選手のデータ例参照）。

(2) コントロールテストデータの比較・活用

一般的にコントロールテストは陸上競技で頻繁に行われており、一流選手との比較が比較的容易である。本サポートで対象としている東京都の走り幅跳び選手と、同年代の他の都道府県選出の走り幅跳びインターハイ上位入賞選手のデータを比較したものが表2である。このデータからわかるように、30mダッシュの記録は東京都強化指定選手が良いものの、立ち幅跳び、ベンチプレス、スクワットの記録はインターハイ上位入賞者が上まわる。このデータから示唆できる点は、全国大会での上位入賞を目指すうえで、スピードの要素のみならず、パワー・最大筋力の向上が必要であるという点であろう。当然ではあるが、コントロールテストから判断される基礎体力はパフォーマンス向上に必須であることは間違いなが、その身体資源を有効に活用する技術の向上を伴う必要があることであろう。

本サポートにおいては、コントロールテス

表1 カヌー選手のデータ例

競技名		種目名		測定日		回数	
カヌー		スラローム(男子)		2010/12/12		4 回目	
氏名		年齢		学年			
[REDACTED]		17		2			

		今回		前回		競技歴別 最大記録平均 (18人)	東京都サポーター 最大記録平均 (202人)	記録平均
		記録	備考	記録	備考			
身長	cm	169.5		169.9		173.7±4	171.3±6.4	170.8
体重	kg	58.5		56.7		58.7±2.3	70.6±15.8	59.7
体脂肪率	%	12.9		11.5		10.7±2	17.7±7.7	15.1
30mダッシュ	秒	4.38	0	4.51	0	4.5±1	4.5±3	0
立ち幅とび	cm	2.11	1	2.36	7	192.5±75.1	219.7±50.5	229
メディシンボール投げ	m	8.5	0	9.1	0	8.2±1.1	9.9±1.6	0
		9.19	0	9	0	7.8±.8	9.5±2	0
スクワット	kg	80	0	100	0	85.8±14.3	102.4±22.7	0
ベンチプレス	kg	75	0	70	0	61.7±6.2	67.1±17.5	0
		45	7	43	7	46±5.2	47.5±9.9	46
握力	kg	36	5	36	5	41.5±5.6	45.3±8.1	46
		40.5	6	39.5	6	43.8±5.3	46.4±8	46
反復横とび	回/30秒	51	6	58	8	54.8±3.6	56.9±5.9	46
上体おこし	回/30秒	37	10	41	10	36.3±4.8	32.8±4.7	30
20mシャトルラン	秒	107	8	92	7	90.3±12.4	89.4±24.3	91.46
	ml/kg/min	50.1	0	46.7	0	46.3±2.8	46.1±5.5	0

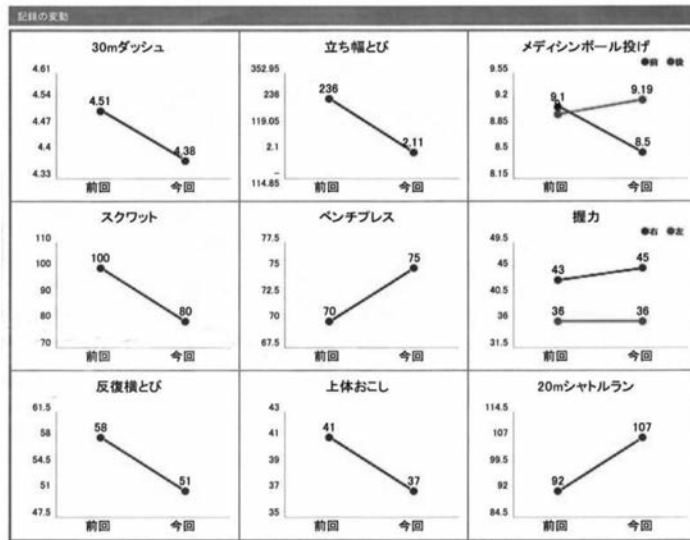


表2 コントロールテストデータの比較

	30 m ダッシュ	立ち幅跳び	ベンチプレス	スクワット
インターハイ上位入賞選手 (高2男子)	4.3 秒	2 m 55 cm	67.5 kg	125 kg
東京都陸上強化指定選手 (高2男子)	4.0 秒	1 m 75 cm	57 kg	85 kg

走り幅跳びが専門の東京都強化指定選手 (関東大会入賞レベル) とインターハイ上位入賞者の比較。

トと並行して、より専門的な生理学的測定をコンディショニングサポートの中で行っている。前述したように、全国レベルで上位入賞を目指すうえで、全身パワーおよび最大筋力の向上が必須であると考えられる。図3に示すように、コンディショニング測定から得

られた最大無酸素パワーと、30 m ダッシュおよびスクワットの記録は有意な相関関係が認められる。特に、スクワットの記録は無酸素パワーと非常に高い相関関係が認められる点は、下肢の筋力が高い無酸素パワーを生み出す1つの重要な要素であることを示している。

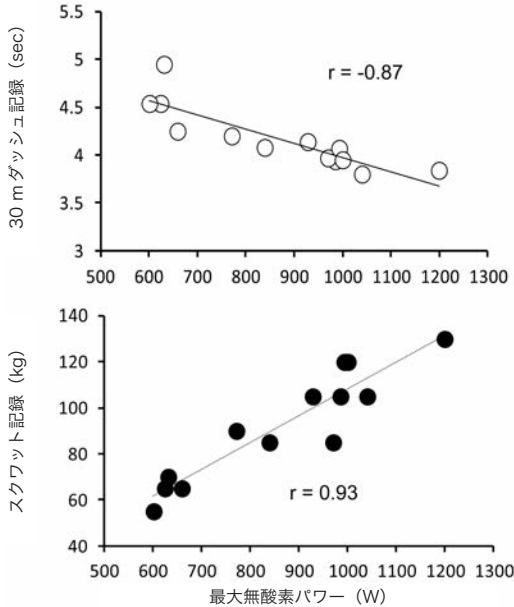


図3 最大無酸素パワーとスクワットおよび30 m ダッシュ記録の関係性

コントロールテストのデータフィードバックにおいては、単なるデータの返却だけではなく、このような体力要素の関係性などの提示を選手への教育的な意味も込めて行うようにしている。また、現状では、カヌーおよびボート競技におけるデータの比較や検討は選手数が少ないことや一流競技者のデータが少ないこともあり、陸上競技に比べ十分とはいえない現状である。この点に関しては、今後のデータを蓄積し、国立スポーツ科学センター (JISS) などのトップアスリートのデータを保有する機関の協力を得て、データの収集を進めていかなくてはならないだろう。

2. コンディショニングサポート

(1) コンディショニングサポートの概要

コンディショニングサポートは、コントロールテストがフィールドでの簡易な体力測定であるのに対し、より専門的な観点から選手の形態および体力特性・コンディショニングを把握することを目的としている。そのため

に、測定内容は高度な測定技術が必要とする専門的な測定項目になる。また、それぞれの種目に必要な体力要素や生理機能の把握を目的とした内容となっている。このコンディショニングサポートで得られたデータは、現状における選手の体力やコンディショニングを示したものであり、トレーニング計画や疲労度の把握に利用される。カヌー・ボート競技では、春 (シーズンイン前) と秋 (シーズンオフ) の年2回、陸上短距離・跳躍では秋 (オフ期前) と春 (シーズンイン前) の2回サポートを行っている。

(2) コンディショニングサポートの詳細・事例報告

①カヌー (スラローム) 競技

報告者：大上安奈 (日本女子体育大学基礎体力研究所)

カヌー (スラローム) 競技選手を対象として、平成21年度には7月、11月と3月に (5名)、平成22年度には6月と11月に (4名) コンディショニングサポートを実施した。平成23年度には5月に5名を対象としてサポートを実施し、現在もサポートを継続中である。

A. サポート内容

コンディショニングサポートとして、以下の項目を測定した。

・形態測定

身長、体重、周囲径 (上腕、前腕、大腿、下腿、胸囲、腹囲および臀囲) および肢長 (上肢、下肢および指極) を測定した。形態計測では、身体の大きさや形の客観的な特徴を知ることができる。

・筋・皮下脂肪厚測定

前腕部、上腕前部、上腕後部、大腿前部、大腿後部、下腿前部、下腿後部、腹部および肩甲骨下部における筋厚と皮下脂肪厚を、超音波診断装置 (アロカ社製) を用いて測定した。筋・皮下脂肪厚測定は、骨格筋や身体組成の発達を理解するうえで、有益な情報

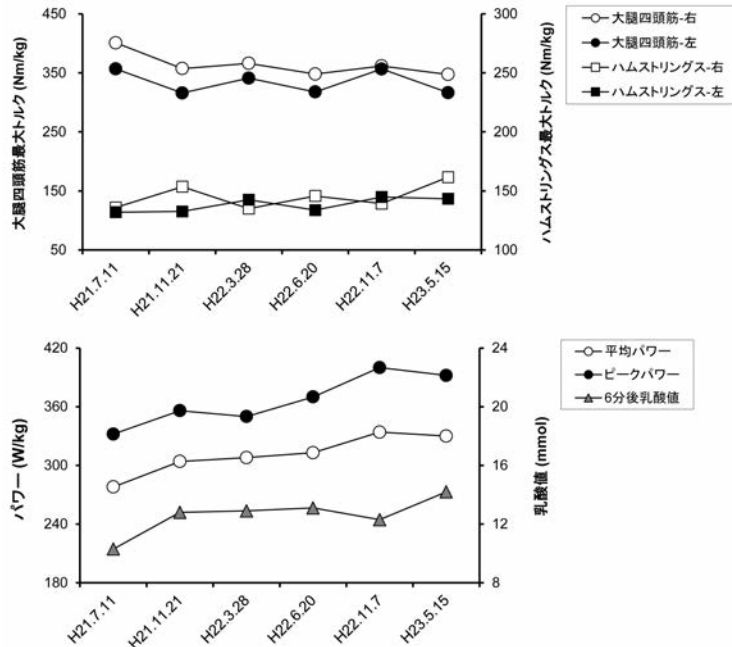


図4 データの経年的変化例 (カヌー選手Aの場合)

となる。

・脚筋力

膝を 60° に固定し、屈曲および伸展を最大努力で行ったときの大腿四頭筋群およびハムストリングスの筋力を、筋力測定装置 (バイオデックス社製) を用いて測定した。下肢筋力は全身の筋力を最も反映するとされ、また、筋力の左右差は障害の程度やトレーニング効果の指標となる。

・無酸素性パワーと運動後の血中乳酸濃度の測定

ウインゲート無酸素性テストとして、上肢クランキング運動を 30 秒間全力で行い、そのときの最大パワーや平均パワーを、パワーマックス V (コンビ社製) を用いて測定した。また、運動前と運動終了後 6 分目に血中乳酸値の測定を行った。ウインゲートテストによって得られたパワーや運動後の乳酸値は無酸素性エネルギー系の能力や発達を示す指標となる。

B. サポート事例

平成 21 年度の測定から現在まで、1 名 (選手 A) のサポートを継続して行っている。選手 A は、平成 22 年度には日本カヌースラロームジュニア選手権大会 (東京) で優勝し、また、カヌースラロームジュニア世界選手権大会 (フランス) にも出場し、年々競技成績が向上している。以下に選手 A の経年的変化の例を示す。平成 21 年 7 月から平成 23 年 5 月までに、選手 A の身長は平 168.1 cm から 169.3 cm に、体重は 56.0 kg から 60.0 kg に増加した。この間、体脂肪率は 14 % から 12 % に低下し、除脂肪体重は 49.5 kg から 52.6 kg に増加したことから、選手 A の体重増加は除脂肪体重が増したためと考えられた。大腿四頭筋群およびハムストリングスの筋力はこの 3 年間で顕著な変化がみられなかった。しかし、上肢クランキング運動により測定したウインゲート無酸素性テストにおいて、平均パワー、ピークパワーおよび運動 6 分後の乳酸値は増加したことから、無酸素性エネルギー供給能力の向上が認められた (図 4)。下

表3 カヌー選手Aの形態および筋厚データの変化例

測定項目	H21. 7. 11	H22. 6. 20	H23. 5. 15	
身長 (cm)	168.1	169.5 (0.8)	169.3 (0.7)	
体重 (kg)	56.0	58.0 (3.6)	60.0 (7.1)	
前腕	24.4	24.5 (0.4)	25.0 (2.5)	
上腕囲 (伸展)	24.3	25.3 (4.1)	26.9 (10.7)	
周囲径 (cm)	上腕囲 (屈曲)	26.6	27.4 (3.0)	28.3 (6.4)
大腿	49.6	50.5 (1.8)	52.0 (4.8)	
下腿	32.3	32.5 (0.6)	33.3 (3.1)	
前腕	21.9	23.7 (8.4)	25.5 (16.4)	
上腕 (前)	27.5	28.3 (2.8)	26.5 (- 3.8)	
上腕 (後)	30.6	34.4 (12.2)	38.0 (24.2)	
大腿 (前)	47.9	47.0 (- 2.0)	46.9 (- 2.2)	
筋厚 (mm)	下腿 (前)	25.5	26.3 (3.0)	25.7 (0.9)
大腿 (後)	58.7	55.2 (- 6.0)	59.0 (0.6)	
下腿 (後)	59.4	62.6 (5.4)	64.1 (7.9)	
腹部	15.3	17.2 (12.2)	16.4 (6.9)	
肩甲骨 下部	30.6	29.3 (- 4.3)	28.4 (- 7.3)	

カッコ内の値はH21. 7. 11の測定からの変化率 (%) を表す。

肢(大腿と下腿)と比較して、上肢(前腕と上腕)における周囲径や筋厚の増加が顕著であったことも(表3)、上肢の無酸素性エネルギー系のパワー発揮増加を裏づけている。

②陸上競技(短距離・跳躍)

報告者:平澤 愛(日本女子体育大学基礎体力研究所)

陸上競技選手を対象としたコンディショニ

ングサポートは、平成21年12月および平成22年12月に実施した。平成21年度は、男子10名、女子5名の計15名を測定し、平成22年度は、男子6名、女子5名の計11名を測定した。2年間で延べ26名の測定を行った。また、2名(男女各1名)の選手は、2年連続しての測定であった。なお、サポートは平成23年度も継続中である。

A. サポート内容

コンディショニングサポートとして、以下の項目を測定した。

・形態計測

測定項目は、前述のカヌー競技と同様である。

・筋・皮下脂肪厚測定

測定項目は、前述のカヌー競技と同様である。

・脚筋力

筋力測定装置(バイオデックス社製)を用いて下肢の最大屈曲力と最大伸展力を測定した。測定は3種類(60 deg/sec, 180 deg/sec, 300 deg/sec)の等速性収縮運動を用いた。筋力は、競技中のパフォーマンスに最も影響する体力要素の1つである。そして下肢筋力は全身の筋力を最も反映する。また、筋力の左右差は障害の程度やトレーニング効果の指標ともなる。

・下肢無酸素パワー

パワーマックスV(コンビ社製)を用いて下肢無酸素性パワーを測定した。測定は、10秒間の最大ペダリング運動を2分間の休息を挟みながら3段階の漸増負荷にて行った。運動終了後1分後および6分後に血中乳酸値を測定した。最大無酸素パワーは、瞬発力の指標として扱われ、陸上競技における短距離や跳躍では特に重要となる。

・リバウンドジャンプ

フィットロジャンパーを用いて、できる限り短い接地時間でできるだけ高く跳び上がる連続ジャンプを5~7回連続して行い、

表4 陸上サポート選手（短距離・跳躍）の脚筋力パワー・下肢無酸素パワーおよびリバウンドジャンプ測定結果および日本ジュニア代表選手との比較

測定項目	2009年度 男子 (10名)	2010年度 男子 (6名)	日本ジュニア 代表男子	2009年度 女子 (5名)	2010年度 女子 (5名)	日本ジュニア 代表女子	
脚筋力パワー							
60 deg/sec (右脚)	屈曲力 (Nm)	121 ± 20	95 ± 27	149	78 ± 13	78 ± 9	105
	伸展力 (Nm)	241 ± 36	201 ± 20	224	166 ± 13	160 ± 20	162
	屈曲/伸展 (%)	51 ± 8	47 ± 14	67	47 ± 5	49 ± 3	65
180 deg/sec (右脚)	屈曲力 (Nm)	100 ± 10	78 ± 25	126	59 ± 15	54 ± 18	82
	伸展力 (Nm)	156 ± 23	128 ± 24	159	107 ± 10	97 ± 21	111
	屈曲/伸展 (%)	65 ± 9	60 ± 16	79	56 ± 15	55 ± 8	74
300 deg/sec (右脚)	屈曲力 (Nm)	81 ± 7	71 ± 13	98	55 ± 12	49 ± 14	63
	伸展力 (Nm)	120 ± 14	107 ± 18	123	82 ± 11	74 ± 16	83
	屈曲/伸展 (%)	68 ± 8	68 ± 14	80	67 ± 15	65 ± 7	76
下肢無酸素パワー							
最大無酸素パワー (W)	969 ± 121	831 ± 95	1,200~1,350	647 ± 45	593 ± 41	780~850	
体重あたり 最大無酸素パワー (W/kg)	14 ± 1	13 ± 1	17~18	12 ± 0	11 ± 0	~15	
運動1分後の乳酸値 (mmol)	12 ± 2	12 ± 2	-	11 ± 3	11 ± 2	-	
運動6分後の乳酸値 (mmol)	11 ± 2	10 ± 5	-	11 ± 2	11 ± 1	-	
リバウンドジャンプ (RJ)							
接地時間 (sec)	0.16 ± 0.01	0.16 ± 0.01	-	0.17 ± 0.01	0.16 ± 0.01	-	
空中時間 (sec)	0.55 ± 0.05	0.17 ± 0.04	-	0.51 ± 0.01	0.49 ± 0.04	-	
跳躍高 (cm)	38 ± 6	39 ± 6	-	32 ± 2	30 ± 6	-	
RJ 指数 (m/sec)	2.3 ± 0.4	2.4 ± 0.3	2.8~3.2	2.0 ± 0.1	1.9 ± 0.3	2.4~2.6	

値は平均値±標準偏差で表す。

接地時間および空中時間を測定した。そして、跳躍高およびリバウンドジャンプ指数 (RJ 指数) を算出し反応筋力 (バネ能力) を評価した。リバウンドジャンプは、伸展-短縮サイクル運動であり、競技の加速局面で短い接地時間で効率よく筋肉や腱のバネを引き出すバネ能力を反映する。

B. サポート事例

形態計測の結果、男子の身長 (177.1 ± 0.7 cm)、大腿囲 (右: 53.7 ± 2.4 cm, 左 51.6 ± 7.1 cm)、下腿囲 (右: 38.3 ± 1.8 cm, 左: 38.0 ± 1.7 cm) および指極 (177.1 ± 6.2 cm) は、同年齢の一般男子と比較すると本測定の選手が上まわっていた。同様に、女子の身長 (162.3 ± 0.8 cm)、大腿囲 (右: 53.1 ± 1.8 cm, 左: 53.2 ± 2.3 cm)、下肢長 (83.5 ± 3.6 cm) および指極 (161.1 ± 5.0 cm) も同年齢の一般女子と比較すると本測定の選手が上まわっていた。また、体重、

上肢および体幹の周囲径は、男女ともに同年齢の一般生徒とほぼ同じであった。

脚筋力パワー、下肢無酸素パワーおよびリバウンドジャンプの測定結果を表4に示した。また、参考値として日本ジュニア代表レベルの値を示した。測定の結果、2010年度測定選手よりも、2009年度測定選手のほうが脚筋力パワー、無酸素パワーおよびリバウンドジャンプにおいて男女ともに高い傾向がみられた。日本ジュニアレベルの選手と比較してみると、本測定の選手は、男女ともに脚筋力パワー、下肢無酸素パワーおよびリバウンドジャンプのすべての測定種目において低いことが示された。その中でも、脚筋力パワーでは屈曲力が男女ともに低かった。

2名の継続選手のうち、女子1名 (S選手) の測定結果を表5に示した。形態計測の結果は、体重の増加 (53.8 kg vs. 55.0 kg) がみられた以外に大きな変化はみられなかった。

表5 陸上選手Sのデータの経年変化

測定項目	2009年度	2010年度	
形態計測			
身長 (cm)	161.5	161.5	
体重 (kg)	53.8	55.0	
上腕屈伸 (右) (cm)	23.3	23.7	
上腕屈曲 (右) (cm)	24.6	24.6	
前腕 (右) (cm)	22.5	22.1	
大腿屈 (右) (cm)	53.5	54.5	
下腿屈 (右) (cm)	36.5	36.6	
胸囲 (cm)	84.5	82.5	
腹囲 (cm)	63.3	64.0	
臀囲 (cm)	92.3	91.2	
上肢長 (cm)	67.1	67.9	
下肢長 (cm)	82.9	82.5	
指極 (cm)	157.9	158.7	
脚筋力パワー			
60 deg/sec (右脚)	屈曲力 (Nm)	68.1	83.0
	伸展力 (Nm)	157.3	180.0
180 deg/sec (右脚)	屈曲/伸展 (%)	43.3	46.1
	屈曲力 (Nm)	61.9	72.2
300 deg/sec (右脚)	伸展力 (Nm)	104.9	110.7
	屈曲/伸展 (%)	59.0	65.2
300 deg/sec (右脚)	屈曲力 (Nm)	54.4	62.1
	伸展力 (Nm)	83.3	82.8
300 deg/sec (右脚)	屈曲/伸展 (%)	65.3	75.0
	下肢無酸素パワー		
最大無酸素パワー (W)	631	618	
体重当たり最大無酸素パワー (W/kg)	11.7	11.2	
運動1分後の乳酸値 (mmol)	8.8	11.0	
運動6分後の乳酸値 (mmol)	9.6	11.4	
リバウンドジャンプ (RJ)			
接地時間 (sec)	0.161	0.146	
空中時間 (sec)	0.496	0.503	
跳躍高 (cm)	30.2	31.0	
RJ指数 (m/sec)	1.874	2.125	

脚筋力パワーは、300 deg/secにおける伸展力を除くすべてにおいて、2010年度測定時に高い値であった。特に、ゆっくりとしたスピードの60 deg/sec時の屈曲力(68.1 Nm vs. 83.0 Nm) および伸展力(157.3 Nm vs. 180.0 Nm) が高くなっていた。体重当たりの下肢無酸素パワーは、ほとんど変化がみられなかった(11.7 w/kg vs. 11.2 w/kg)。リバウンドジャンプでは、2010年度測定時において接地時間が短縮され、空中時間が延びたことにより跳躍高は高くなっていた(30.2

cm vs. 31.0 cm)。その結果、リバウンドジャンプ指数は、1.874 m/secから2.125 m/secへ改善された。

③ボート競技

報告者：佐藤 耕平（日本女子体育大学・テクニカルアドバイザー）

ボート競技選手を対象としたコンディショニングサポートは、平成23年度よりスタートしたため、現段階でのサポートは平成23年6月に7名（女子4名、男子3名）を測定した1回のみである。また、対象としたボート選手はすべて今年から競技をはじめた高校1年生のみが対象である。そのために、測定内容はボート競技の専門性に特化したものよりは、一般的な測定内容となっている。

A. サポート内容

コンディショニングサポートとして、以下の項目を測定した。

- ・形態計測，脚筋力と下肢無酸素パワーおよび乳酸値
測定項目は、前述のカヌー競技と同様である。
- ・筋・皮下脂肪厚測定
測定項目は、前述のカヌー競技と同様である。
- ・脚筋力
測定項目は、前述の陸上競技と同様である。
- ・下肢無酸素パワーおよび乳酸値
測定項目は、前述の陸上競技と同様である。
- ・最大酸素摂取量
自転車エルゴメータを用いた漸増負荷テストにより測定した。運動負荷は、毎分15 Wずつ連続的に漸増させた。最大酸素摂取量は、呼吸代謝装置(aero monitor, ミナト医科学 AE300-S)を用いて30秒間のmixing chamber法により呼気ガスを分析し算出した。この数値は、呼吸・循環、筋機能などを総合した全身持久力として用いられている。

B. サポート事例

ボート競技（シングルスカル）においては、全身持久力を評価する指標である最大酸素摂取量の増加がパフォーマンス向上には必須である。今年度における対象者の最大酸素摂取量（体重当たり）は男子が平均で 50.1 ml/kg/min (43.7～54.7)、女子が 40.6 ml/kg/min (37.6～45.7) であった。この値は、同年代のインターハイや全国レベルの競技会で入賞するトップレベルの選手と比較すると、まだまだ低い数値である。前述したように、対象者全員が今年度からトレーニングをスタートしたことが、この理由としてあげられる。これまでの報告によると、2000 m ローイングタイムと最大酸素摂取量の間には、高い負の相関関係が認められていることから、ボートにおける全身持久力の必要性は明白である。目標数値としては、男子で 65 ml/kg/min、女子で 55 ml/kg/min であると考えられる。今後は、持久力の向上に主眼を置いたトレーニングの必要性がコンディショニングサポートより明らかになっている。今後の形態や筋力の発達と合わせて、持久力の変化を観察していく必要があるだろう。

3. コンディショニングサポートの現状と課題

東京都スポーツ医・科学サポートも3年目を迎え、今年度から本実施となった。コンディショニングサポートに関しては、本学は陸

上、カヌー、ボートを対象としているが、各競技団体および東京都との連携も有機的にリンクしており、特別な支障もないと考えられる。これらのサポートを通して、種目によっては競技成績に反映してきている競技もある。特にカヌー競技においては、サポート選手の中から、全国大会優勝者を輩出するまでにいたっている。今後、指導者との連携をより一層密にし、トレーニング計画やコンディショニングの把握に有用なサポートを継続していくことが必要であると感じる。また、サポートの今後の課題としては、いかに選手を継続的にサポートできるかという問題がある。競技によっては、前年度の成績により、毎年対象選手が6割近く異なるなど、継続的なサポートが難しいことがある。この点に関しては、競技団体の方向性や最終的な目標に沿ったサポート体制を再度検討する必要があるだろう。さらなる課題としては、大学間における連携である。例えば、競技によっては、コンディショニング、パフォーマンス、トレーニングサポートの担当大学が異なる場合がある。この場合、各大学が連携し、競技力の向上に対し、包括的なサポートができるよう工夫することが必要である。そして、最終的な目標はサポート選手が東京国体で上位入賞し、さらには、日本代表として国際的に活躍できる選手の育成である。今後、さらなるサポートの向上を図っていきたい。

〈特集 東京都競技力向上医・科学サポート事業〉

パフォーマンスサポートと トレーニングサポートに関する報告

石塚 浩

(日本女子体育大学)

サポート事業の内容として、大別して①映像データの収集と加工によるパフォーマンスサポートと②合宿としてのトレーニングサポートの2つの方向から行っている。以下にそれぞれの内容について詳細を報告する。なお、本事業は、陸上競技 短距離・跳躍選手を対象とし、対象選手にかかわる選定は、東京都陸上競技協会（以下：東京陸協）強化部に一任し、高校1・2年生を中心に選手選考を行っていただいた。なお、東京都のサポート事業の対象選手で、日本のトップジュニア競技者としての競技力をもつ選手については、日本陸上競技連盟（以下：日本陸連）強化委員会ジュニア育成部の各種強化事業と重複を避けるために、種々の調整を行った。重複があった場合は、日本陸連強化委員会ジュニア育成部の事業を優先していただくことを申し入れた。

1. パフォーマンスサポートについて

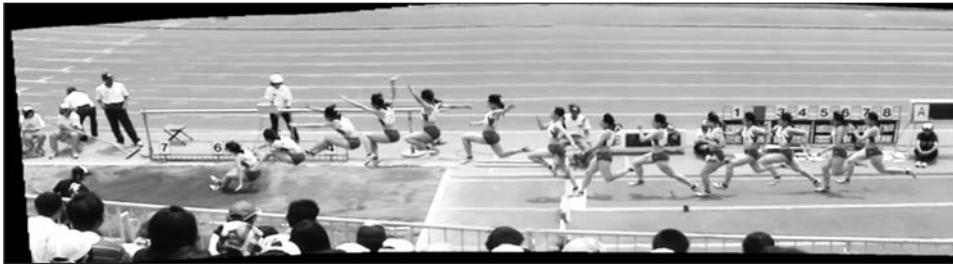
パフォーマンスサポートとして利用する映像データの収集は、対象選手が参加する競技会の会場にビデオカメラを持ち込み、競技中の動きを個々に撮影した。撮影した映像を、分析ソフト（Dart Fish Team-Pro）を利用して加工・編集を行い、競技者および競技者を通じて指導者に有効な情報提供を行った。なお、競技会においては、選手各々の指導者との意見や情報の交換ができるように努めた。下記は、これまで映像撮影の対象となった競

技会である。

- 2009年度 撮影対象競技会
 - ・全国高等学校陸上競技選手権大会 南関東地区予選会
(於：栃木県宇都宮運動公園陸上競技場)
6月19日(金)～22日(月)
 - ・日本ジュニア・ユース選手権
(於：山梨県小瀬運動公園陸上競技場)
10月16日(金)～18日(日)
 - 2010年度 撮影対象競技会
 - ・全国高等学校陸上競技選手権大会 南関東地区予選会
(於：茨城県笠松運動公園陸上競技場)
6月18日(金)～21日(月)
 - ・全国高等学校総合体育大会
(於：沖縄県宮陸上競技場)
7月29日(木)～8月2日(月)
 - ・国民体育大会
(於：千葉県宮陸上競技場)
10月1日(金)～5日(火)
 - ・関東高校選抜大会
(於：栃木県総合運動公園陸上競技場)
10月30日(土)～31日(日)
- ※国民体育大会の際には、2012年国体開催の岐阜県、2013年国体開催の東京都を対象とした（陸上競技の場合、基本的に2年ごとに成年、少年共通、少年A、少年Bという区分ごとに実施種目の検討がなされている）、陸上競技実施種目検討のヒアリングが



2009年ベルリン世界陸上女子走幅跳 タチアナ・レベデワ 6 m 97



2010年全国高等学校総合体育大会 南関東大会予選 東京都サポート対象選手

図1 分析ソフト (Dart Fish Team-Pro) によって加工・編集された映像

行われた。

○2011年度 撮影対象競技会

- ・全国高等学校陸上競技選手権大会 南関東大会

(於：千葉県総合スポーツセンター陸上競技場)

6月17日(金)～20日(月)

- ・全国高等学校総合体育大会

(於：岩手県北上総合運動公園陸上競技場)
8月3日(水)～7日(日)

- ・国民体育大会

(於：山口県維新百年記念公園陸上競技場)
10月7日(金)～11日(火)

なお、加工した映像資料は図1のようなものであり、トレーニングサポート合宿などを通じて、選手へのフィードバックを行った。

2. 合宿としてのトレーニングサポート

トレーニングサポートとしての合宿は、選手が専門としている種目について国内のトップコーチの協力を得て、各年度とも3泊4日の日程で行った。なお、合宿の期間は日本陸連強化委員会ジュニア育成部のご理解により、

日本のジュニアトップ選手が行う研修合宿と同一期間に、同一練習会場で実施できるように配慮した。これは、同じ年代で競技力が上にランクされる選手と同じ場で練習することにより、さまざまな面からの動機づけを意図したものである。なお、練習会場については、日本陸連のご配慮により、味の素ナショナルトレーニングセンター陸上トレーニング場を利用させていただいた。また、宿舎についてはホテルメッツ赤羽を利用し、朝食、夕食については当ホテルを利用することとした。また、昼食に関しては、日本オリンピック委員会のご配慮をいただき、一般的な弁当ではなく、アスリートビレッジ内サクラダイニングを利用させていただいた。昼食時間については、なるべく長い時間、トップアスリートと空間、時間をともにすることで、さらなる動機づけとロールモデルとなる競技者を、自ら体感してもらうためである。また、朝練習の際には、日本陸連強化委員会ジュニア育成部も赤羽駅近辺のホテルを宿舎としているため、朝練習でも顔を合わせるなど、動機づけの面での配慮は十分になされていたと判断してい

表1 トレーニングサポート合宿のアンケート結果

		2010年度	2011年度
I. 日程・運営について	Q1 練習日程について、どう思いますか？	4.42	4.36
	Q2 練習の時間帯について、どう思いますか？	4.33	4.55
	Q3 タクシーでの輸送は、どうでしたか？	4.67	4.36
II. 練習について	Q1 練習内容について、どう思いますか？	4.67	4.73
	Q2 練習会場について、どう思いますか？	5.00	4.91
	Q3 コーチの指導・説明は、どうでしたか？	4.92	5.00
III. 宿舎について	Q1 今回は個室でしたが、どうでしたか？	4.75	4.64
	Q2 部屋の広さは、どうでしたか？	4.75	4.64
	Q3 快適な生活でできましたか？	4.83	4.64
	Q4 朝食の質は、どうでしたか？	3.83	4.00
	Q5 朝食の量は、どうでしたか？	4.17	4.36
	Q6 夕食の質は、どうでしたか？	3.83	3.91
	Q7 夕食の量は、どうでしたか？	3.50	3.73

※回答は「非常に良かった」、「良かった」、「普通」、「あまり良くなかった」、「良くなかった」の5段階評価とし、「非常に良かった」を5ポイントとして算出した。

る。

特に、2010年度は日本陸上競技連盟の男子短距離選手の合宿とも重なり、日本のトップ選手と練習環境を同じにすることができた。その際、ジュニア競技者時代に世界ジュニア選手権など一緒に遠征に行った世界選手権日本代表を経験した選手から、「東京都のジュニア選手と一緒に走ってあげましょうか」との申し出もあり、合宿計画段階では考えられないような刺激を受けることができた。なお、各年度のテクニカルアドバイザーとしての指導コーチは、下記の通りである。

〈2009年度〉

金子公宏（明治大学：日本選手権入賞者，アジア大会日本代表）

吉田孝久（国立スポーツ科学センター：元走高跳日本記録保持者，五輪日本代表）

新井智之（クレマーージャパン：日本選手権入賞者）

〈2010年度〉

吉田孝久（国立スポーツ科学センター：元走高跳日本記録保持者，元五輪日本代表）

新井智之（元クレマーージャパン：日本選手権入賞者）

八幡賢司（モンテローザ：日本選手権入賞者，

2011年神戸アジア選手権日本代表）

また、本合宿の際には、東京陸協と東京都高等学校体育連盟陸上競技専門部から指導者を派遣していただき、対象選手の生活面での指導はもとより、本合宿コーチをはじめとし、本事業の依頼者である東京都スポーツ文化事業団スタッフとの意見交換などを積極的に行った。特に、2009年度の合宿には、東京陸協強化部長であられた馬場 孝氏、さらに大村邦英（東京高校）、下山良成（あきる野西中）の両氏も視察にこられたことを付記しておく。

最後に、本合宿にあたっては、参加した選手にアンケートを実施し、合宿内容を評価し、次年度の検討材料としてきた。そのアンケート結果から、次のようなことが指摘できる（表1参照）。なお、回答数は、2009年度12名、2010年度11名である。また、回答は「非常に良かった」、「良かった」、「普通」、「あまり良くなかった」、「良くなかった」の5段階評価とし、「非常に良かった」を5ポイントとして算出した。

「I. 日程・運営について」、「II. 練習について」では、すべて4ポイント以上となり、「練習会

場」や「コーチの指導・説明」については、年度によっては5ポイントを獲得し、非常に高い評価を受けている。一方「III. 宿舎について」では、「朝食の質」、「夕食の質と量」の面では3ポイント台が出現しており、問題があるように考えられる。宿舎として利用しているホテルは、ビジネスマンを対象としたホテルであり、スポーツ選手の合宿を想定したホテルではないため、このような結果が生じたと考えられる。味の素ナショナルトレーニングセンターのアスリートビレッジを利用できれば問題ないが、アスリートビレッジの利用対象がナショナルレベルの選手対象に運営されているため、利用できなかった。本合宿では、できる範囲で最善の対応を考えていく必要があると思われる。また、3ポイント台の評価を受けた項目は、若干ではあるが、改善されている方向にあることは確認できた。

〈合宿中の講義について〉

2009年度の合宿では栄養サポートに関する内容、本学大学院修士課程で国立スポーツ科学センター研究員である長坂聡子氏から、栄養摂取に関する基本的な事項の講義を行っていた。

2010年度の合宿期間中には、東京都スポーツ文化事業団の方からの依頼で、達成動機テスト (TSMI) が実施され、選手へのフィード

バックが行われた。

2009年度、2010年度とも、対象選手に対して行われているコンディショニングサポートのコントロールテストを中心とした測定結果について、測定項目の目的とともに本学の佐藤耕平講師よりフィードバックとして講義を行っていただいた。

3. 今後の予定と提言

2011年度のトレーニングサポートとしての合宿は、2012年1月6日～9日の期間で実施する予定である。合宿の実施にあたって、格段のご配慮をいただいている日本陸連と日本オリンピック委員会に、感謝する次第である。

2010年度は、東京陸協主催の沖縄合宿と本事業のトレーニングサポートが、期間的に重複するなど、さらに綿密な連絡をしていく必要性が高いと感じる。これは、東京陸協と東京都との間のサポート事業への認識の違い、また、東京陸協と東京都高体連との関係、さらには本事業を請け負っている本学との関係など、関係する団体が非常に多岐にわたるため、現場レベルだけの対応以上に、組織同士のコンセンサスをより綿密なものにし、深いものにする必要がある。この関係性が円滑になることは、「スポーツ祭東京2013」の成功にも寄与するものと考えている。

〈特集 東京都競技力向上医・科学サポート事業〉

医・科学サポート事業における 栄養サポート

田口 素子

(日本女子体育大学)

1. 栄養サポートの枠組み

栄養サポートは、適切な栄養摂取の重要性を選手に理解させること、食生活や栄養摂取状況の改善を促すことを目的とし、平成21年度より継続して実施中である。サポート開始前に競技団体からニーズをヒアリングし、栄養講習会、個別の栄養調査とアドバイス、個別栄養相談などを行っている。スポーツ栄養の専任教員が配置されている本学がマネジメントを行い、競技団体ごとに担当管理栄養士を決め、国士舘大学および日本体育大学のスタッフや東京都スポーツ文化事業団の担当者と連携しながらサポートを実施している。

2. 栄養サポートの内容

競技者に対する栄養サポートは、栄養アセスメントを行って課題を抽出し、栄養ケア計画を立案してサポートを実施するという流れで行い、実施後は評価を行う。栄養アセスメントとは、身体計測、生理・生化学検査、臨床診査、食事調査、活動量の推定などの結果から、栄養状態を総合的に判断することである。身体計測と生理・生化学検査および臨床診査は東京都が実施するメディカルチェックの結果を共有させてもらい、食事調査および活動量推定は栄養サポート担当者が実施する。アセスメント結果は栄養教育や栄養講習会の内容を検討するために活用し、調査結果は個別にアドバイスを記載してフィードバックしている。カヌー、ウエイトリフティングなど

のいくつかの団体では年2回の食事調査を継続して実施しているが、1回目と2回目の栄養摂取状況等の変化を比較し、栄養摂取状態や食意識などが改善されたかどうかを評価したところ、大きな変化が認められる選手もあり、栄養管理の重要性を理解し、栄養のことを考えて食べるようになった選手が増加した。写真はフィードバックやセミナーによる栄養教育の様子である。

3. 栄養指導用冊子の作成

栄養サポートを実施するにあたり、2009年に東京都の強化指定選手を対象として栄養指導教本「Nutrition」を作成した。競技特性別や目的別の栄養ポイントを簡潔にまとめ、具体的な食品例や献立をビジュアルで多数掲載している。東京都スポーツ文化事業団のホームページ (<http://www.tef.or.jp/sports-science/books/>) よりダウンロードできるようになった。

4. 個別指導の事例

継続的な栄養サポートの事例として2つをご紹介します。

(1) レスリングにおける個別指導の事例（増量で健康障害の場合）

レスリング重量級のある選手はメディカルチェックで血液データに高尿酸血症、肝機能異常などの異常がみつかった。近所の医院で再検査したが、本人も保護者も説明に納得が



栄養セミナー風景



食事調査のフィードバック風景

いかず、東京都のメディカルチェック担当ドクターに相談した。ドクターより栄養指導のオファーがあったため、食事調査を実施し、食生活上の問題点を把握した。調理を担当している保護者と面接し、具体的な食材選択や献立について指導を行った。血液データのモニタリングおよび栄養指導を継続中であり、ドクターと連携しながらフォローアップをしている。

(2) ウェイトリフティングにおける継続指導の効果事例

ウェイトリフティングの指導者からは年2回の食事調査と個別アドバイスを依頼された。初回の食事調査を実施したところ、ある選手の摂取エネルギーは1,714 kcalと低値であり、他の栄養素摂取量もかなり不足している状態であった。そのため、選手は練習中の集中力に欠ける、疲労感が強いなどの体調不良を感じていた。簡単にプラスできる食品や料理、コンビニやスーパーの活用方法などを具体的に指導したところ、食事に対する意識が大きく改善し、2回目の食事調査の結果から



個別栄養指導風景

良好な栄養摂取状況へと改善されたことが確認された。体調も良くなり、身体づくりやトレーニングが順調に実施できるようになった。

以上のようなサポートにより、選手や保護者の食に対する意識を高めるのみでなく、食習慣を変容させ、良好なコンディションの維持につなげるために、今後も多領域との連携を行いながら栄養サポートを展開していきたい。

平成22年度事業報告

I. 会議に関する事項

○第84回運営会議

平成22年4月28日

審議事項

1. 平成22年度事業計画について
2. 兼任研究員の追加について

○第85回運営会議

平成22年5月17日

審議事項

1. 兼任研究員の追加について

○第86回運営会議

平成22年8月27日

審議事項

1. 第21回公開研究フォーラムについて

○第87回運営会議

平成22年11月7日

審議事項

1. 平成23年度重点課題について
2. 基礎体力研究所の人事について
3. その他

○第88回運営会議

平成22年12月20日

審議事項

1. 平成23年度予算について
2. セミナー開催について
3. 平成23年度兼任研究員の募集について
4. その他

○第89回運営会議

平成23年3月8日

審議事項

1. 平成23年度事業計画案について

2. 客員研究員の再任について
3. 技術職員の雇用更新について
4. その他

II. 研究に関する事項

○第21回公開研究フォーラム

平成22年11月27日

「2010 アスリートの体力を考える」

〈基調講演〉

「アスリート育成システムから体力を考える - 長期競技者育成計画とおばあさん仮説-」

伊藤静夫（日本体育協会スポーツ科学研究室）

〈シンポジウム：専門領域や活動の現場からみたアスリートの体力〉

「日本人遺伝子からみたアスリートの体力」

福 典之（東京都健康長寿医療センター研究所）

「競泳のトレーニング現場からみたアスリートの体力」

森山進一郎（日本女子体育大学）

「サッカーにおける日本人の体力特性」

安松幹展（立教大学）

「月経周期からみた女性アスリートの体力」

鈴木なつ未（国立スポーツ科学センター）

○セミナー

平成23年1月31日

Special Lecture

「呼吸・循環系のシステム同定とその応用」

宮本忠吉（森ノ宮医療大学）

Short Communication

「一過性運動後の循環応答の個人差」

菅原 順（独立行政法人産業技術総合研究所）

「動的圧受容器反射の解析 - ヒトでの開ループ特性-」

小河繁彦（東洋大学）

「運動および起立ストレス時における脳血流調節 - 動脈間の不均一性と再分配-」

佐藤耕平（日本女子体育大学）

○研究所談話会

第41回談話会 平成22年7月21日

「スポーツ選手がストレスについて考えることの意義」

佐々木万丈

第42回談話会 平成23年1月19日

「新しいつみ木の世界 - 積み木の可能性を探る - 」

角田和也

III. 研究業績 (2010年度兼担・客員研究員を含む)

〈学術論文〉

Sato, K. and Sadamoto, T.: Different blood flow responses to dynamic exercise between internal carotid artery and vertebral artery in women. *J. Appl. Physiol.*, 109: 864-869, 2010.

Sato, K., Katayama, K., Hotta, N., Ishida, K. and Akima, H.: Aerobic exercise capacity and skeletal muscle volume after lower limb suspension with exercise counter-measure. *Aviat. Space Environ. Med.*, 81: 1-7, 2010.

Sato, K., Hirasawa, A., Tsunoda, N., Taniguchi, Y. and Sadamoto, T.: Cerebrovascular response during heavy upper body exercise: effect of mode of ventilation on blood flow velocity in the middle cerebral artery. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 662: 347-352, 2010.

Kagaya, A., Ohmori, F., Okuyama, S., Muraoka, Y. and Sato, K.: Blood flow and arterial vessel diameter change during graded handgrip exercise in dominant and non-dominant forearms of tennis players. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 662: 365-370, 2010.

Ishida, K., Katayama, K., Akima, H., Iwase, S., Sato, K., Hotta, N. and Miyamura, M.: Effects of deconditioning on the initial ventilatory and circulatory responses at the onset of exercise in man. *Adv. Exp. Med. Biol.*, 669: 319-322, 2010.

Hotta, N., Ishida, K., Sato, K., Koike, T., Katayama, K. and Akima, H.: The effect of intense interval cycle-training on unloading-induced dysfunction and atrophy in the human calf muscle. *J. Physiol. Anthropol.*, 30: 29-35, 2011.

Ooue, A., Yoneya, M., Hirasawa, A., Sato, K. and Sadamoto, T.: Very short-term maximal handgrip training does not alter conduit vasoconstriction of the inactive limb during static exercise in women. *J. Exerc. Sci.*, 20: 1-7, 2011.

Kamo, M.: Prior activation history effects on motor unit activity during constant force contraction at a low level. *J. Exerc. Sci.*, 20: 8-13, 2011.

Uchiyama, Y., Tanaka, T., Ishii, H. and Matsuda, H.: Making of unintentional injury

- pyramid chart by age group in Japan. *Injury Prevention* 16, Supplement 1: 157, 2010.
- Tanaka, T., Ishii, H., Uchiyama, Y. and Yamada, Y.: Unique features of unintentional injury death, hospitalizations and practice visits rate by age groups in Japan. *Injury Prevention* 16, Supplement 1: 158, 2010.
- Ishii, H., Tanaka, T., Uchiyama, Y., Ichikawa, K. and Ikemi, Y.: The trends in childhood unintentional injury death, hospitalizations and practice visits rate from 1984 to 2008 in Japan. *Injury Prevention* 16, Supplement 1: 236, 2010.
- Willie, C.K., Colino, F.L., Bailey, D.M., Tzeng, Y.C., Binsted, G., Jones, L.W., Haykowsky, M.J., Bellapart, J., Ogoh, S., Smith, K.J., Smirl, J.D., Day, T.A., Lucas, S.J., Eller, L.K. and Ainslie, P.N.: Utility of transcranial doppler ultrasound for the integrative assessment of cerebrovascular function. *J. Neurosci. Methods*, 2011 (in press).
- Ogoh, S., Fisher, J.P., Young, C.N. and Fadel, P.J.: Impact of age on critical closing pressure of the cerebral circulation during dynamic exercise in humans. *Exp. Physiol.*, 2011 (in Press).
- Seifert, T., Fisher, J.P., Young, C.N., Hartwich, D., Ogoh, S., Raven, P.B., Fadel, P.J. and Secher, N.H.: Glycopyrrolate abolishes the exercise-induced increase in cerebral perfusion in humans. *Exp. Physiol.*, 95: 1016-1025, 2010.
- Ogoh, S., Sato, K., Akimoto, T., Oue, A., Hirasawa, A. and Sadamoto, T.: Dynamic cerebral autoregulation during and after handgrip exercise in humans. *J. Appl. Physiol.*, 108: 1701-1705, 2010.
- Ogoh, S., Brothers, R.M., Jeschke, M., Secher, N.H. and Raven, P.B.: Estimation of cerebral vascular tone during exercise; evaluation by critical closing pressure in humans. *Exp. Physiol.*, 95: 678-685, 2010.
- Lucas, S.J., Tzeng, Y.C., Galvin, S.D., Thomas, K.N., Ogoh, S. and Ainslie, P.N.: Influence of changes in blood pressure on cerebral perfusion and oxygenation. *Hypertension*, 55: 698-705, 2010.
- Ogoh, S., Nakahara, H., Ainslie, P.N. and Miyamoto, T.: The effect of oxygen on dynamic cerebral autoregulation; critical role of hypocapnia. *J. Appl. Physiol.*, 108: 538-543, 2010.
- Ogoh, S., Tzeng, Y.C., Lucas, S.J., Galvin, S.D. and Ainslie, P.N.: Influence of baroreflex-mediated tachycardia on the regulation of dynamic cerebral perfusion during acute hypotension in humans. *J. Physiol.*, 588: 365-371, 2010.
- Ainslie, P.N. and Ogoh, S.: (Invited Review Article) Regulation of cerebral blood flow during chronic hypoxia: a matter of balance. *Exp. Physiol.*, 95: 251-262, 2010.

佐伯徹郎: 大学女子中長距離走者の“バネ能力”と経済性の関係. 陸上競技学会誌, 9: 2011 (印刷中).

佐伯徹郎: ランニングにおける“ばね能力”の役割に関する研究〜一過性のリバウンドジャンプ練習が呼吸循環機能に及ぼす影響に着目して〜. J. Exerc. Sci., 20: 14-19, 2011.

内山有子: 保育者をめざす短期大学生のからだの仕組みや病気, 応急手当に関する知識について. 日本児童学会児童研究, 89: 1-5, 2010.

〈報告書・資料〉

大上安奈, 平澤 愛, 佐藤耕平: セントラルコマンドが運動に伴う非活動肢の静脈血管収縮に及ぼす影響. 健康医科学, 26: 32-40, 2011.

〈書 籍〉

佐藤耕平, 小河繁彦: 運動と循環 (脳循環調節). 運動生理学のニューエビデンス, 宮村実晴編, 真興交易医書出版部, pp. 311-317, 2010.

鈴木美枝子, 内山有子, 田中和香菜, 角田和也: 第2章 子どもの発育・発達. これだけはおさえたい! 保育者のための子どもの保健I. 株式会社創成社, pp. 11-47, 2011.

鈴木美枝子, 内山有子, 田中和香菜, 角田和也: 第4章 子どもの食と栄養. これだけはおさえたい! 保育者のための子どもの保健I. 株式会社創成社, pp. 61-69, 2011.

鈴木美枝子, 内山有子, 田中和香菜, 角田和也: 第6章 子どもの事故. これだけはおさえたい! 保育者のための子どもの保健I. 株式会社創成社, pp. 129-148, 2011.

野中浩一, 荻田香苗, 内山有子: 改訂6版 学生のための現代公衆衛生. 中村 泉編, 南山堂, pp. 57-111, 2011.

内山有子: 1. 周産期・新生児・乳児死亡率〜7. 死産性比, 15. 学校災害 (負傷・疾病). 子どものからだと心・連絡協議会編, ブックハウスHD, pp. 72-79, pp. 116-119, 2010.

内山有子: 養護教諭- 知っておきたい保健と教育のキーワード- 分担「学校感染症第2種」, 第一法規出版株式会社, pp. 330-1353, 2010.

内山有子: 教諭- 知っておきたい保健と教育のキーワード- 分担「学校感染症第3種」, 第一法規出版株式会社, pp. 1354-1370, 2010.

内山有子: 養護教諭- 知っておきたい保健と教育のキーワード- 分担「その他の感染症」, 第一法規出版株式会社, pp. 1371-1391, 2010.

内山有子: 養護教諭- 知っておきたい保健と教育のキーワード- 分担「新型インフルエンザ・鳥インフルエンザ」, 第一法規出版株式会社, pp. 1392-1393, 2010.

小河繁彦: スポーツ科学でわかる身体のしくみとトレーニング. 丸善, pp. 1-185, 2011.

小河繁彦: 持久力と呼吸・循環機能. スポーツサイエンス入門, 田口貞善編, 丸善, pp. 77-91, 2010.

小河繁彦: 運動と循環 (圧受容器反射による循環調節, 脳循環調節). 運動生理学のニューエビデンス, 宮村実晴編, 真興交易医学出版部, pp. 278-312, 2010.

〈学会発表〉

- Sato, K. and Sadamoto, T.: Central command and vertebral blood flow during static arm exercise in humans. The 57th American College of Sports Medicine, Baltimore, USA, 2010.
- Ooue, A., Hirasawa, A., Sato, K. and Sadamoto T: Intensity-dependent venous response of the inactive limb during static exercise in women. The 15th Annual Congress of the European College of Sport Science, Antalya, Turkey, 2010.
- Kamo, M.: Effect of tendon vibration on motor unit activity and perception of force during voluntary constant-force contraction. 18th Congress of International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Aalborg, Denmark, 2010.
- Uchiyama, Y., Tanaka, T., Ishii, H. and Matsuda, H.: Making of unintentional injury pyramid chart by age group in Japan. 10th World Conference on Injury Prevention and Safety Promotion, London, UK, 2010.
- Tanaka, T., Ishii, H., Uchiyama, Y. and Yamada, Y.: Unique features of unintentional injury death, hospitalizations and practice visits Rate by age groups in Japan. 10th World Conference on Injury Prevention and Safety Promotion, London, UK, 2010.
- Ishii, H., Tanaka, T., Uchiyama, Y., Ichikawa, K. and Ikemi, Y.: The trends in childhood unintentional injury death, hospitalizations and practice visits rate from 1984 to 2008 in Japan. 10th World Conference on Injury Prevention and Safety Promotion, London, UK, 2010.
- Ogoh, S: Dynamic cerebral autoregulation during exercise. The 57th American College of Sports Medicine, Baltimore, USA, 2010.
- 佐藤耕平, 平澤 愛, 中村 泉, 定本朋子: 高齢者における血圧と総頸動脈血流量および脳血流配分比の関係性. 第65回日本体力医学会大会, 千葉, 2010.
- 佐藤耕平, 平澤 愛, 定本朋子: 動的運動時における椎骨動脈血流応答と呼気終末位 CO₂濃度との関係性. 日本体育学会第61回大会, 愛知, 2010.
- 大上安奈, 米谷茉里奈, 平澤 愛, 佐藤耕平, 定本朋子: 1週間の高強度レジスタンストレーニングが静的運動時における非活動肢の表在性静脈血管応答に及ぼす影響. 第65回日本体力医学会大会. 千葉. 2010.
- 大上安奈, 平澤 愛, 佐藤耕平, 定本朋子: 静的運動時における非活動肢の表在性静脈血流応答に対する運動強度の影響. 日本体育学会第61回大会. 愛知. 2010.
- 大上安奈, 平澤 愛, 佐藤耕平, 定本朋子: 運動後筋虚血が非活動肢の表在性静脈血管応答に及ぼす影響. 第18回日本運動生理学会大会. 鹿児島. 2010.
- 大上安奈, 平澤 愛, 佐藤耕平, 定本朋子: 静的運動時における非活動肢の静脈血管応答に対する運動強度の影響. 日本生理人類学会第62回大会. 大阪. 2010.

- 平澤 愛, 佐藤耕平, 定本朋子: 高強度レジスタンストレーニングが多段階静的握力発揮時の腎動脈血流調節に及ぼす影響. 第18回日本運動生理学会大会. 鹿児島. 2010.
- 笹原千穂子, 澁谷顕一, 平澤 愛, 加賀谷淳子: 高糖質食摂取は高強度運動時の筋有酸素性代謝依存度を上昇させる. 第65回日本体力医学会大会. 千葉. 2010.
- 米谷茉莉奈, 大上安奈, 平澤 愛, 佐藤耕平, 定本朋子: 1週間の高強度レジスタンストレーニングが静的運動時の中大脳動脈に及ぼす影響. 第65回日本体力医学会大会. 千葉. 2010.
- 加茂美冬: 筋力発揮履歴と一定筋力発揮時の運動単位活動. 第65回日本体力医学会大会. 千葉. 2010.
- 内山有子: 保健体育科教員を目指す大学生の疾病に関する知識について. 第57回日本学校保健学会. 埼玉. 2010.11
- 内山有子, 石井博子, 田中哲郎: わが国の全死因と不慮の事故の死亡率の国際比較. 第68回日本公衆衛生学会. 東京. 2010.
- 片桐朝美, 内山有子, 石野晶子, 松田博雄, 加藤英世: 予防接種の現状と保護者の意識・認識に関する研究. 第68回日本公衆衛生学会. 東京. 2010.
- 内山有子, 田中哲郎, 石井博子: 不慮の事故の年齢階級別氷山図についての検討. 第57回日本小児保健学会. 新潟. 2010.
- 田中哲郎, 石井博子, 内山有子: 死亡率よりみた小児医療の地域格差の検討. 第24回日本小児救急医学会. 京都. 2010.
- 小河繁彦: 研究室や研究費がなくても論文が書ける裏技. ワークショップ-スポーツサイエンティストの未来予想図, 第65回日本体力医学会大会. 千葉. 2010.
- 小河繁彦: 起立ストレス時の脳循環動態と呼吸調節の連関. 日本体力医学会サテライトシンポジウム, 第24回呼吸研究会. 千葉. 2010.
- 宮澤太機, 小河繁彦: 健常者の動脈脳血流と静脈脳血流に対するPEの影響. 第65回日本体力医学会大会. 千葉. 2010.
- 〈シンポジウム・セミナー等の講演〉
- 小河繁彦: 動的圧受容器反射の解析 - ヒトでの開ループ特性 -. 日本女子体育大学基礎体力研究所セミナー. 東京. 2011.
- 小河繁彦: 運動中の脳循環動態と呼吸調節機能との連関, Interaction between the ventilatory and cerebrovascular regulations during exercise. スポーツサイエンス研究会(早稲田大学スポーツ科学学術院). 埼玉. 2011.
- 小河繁彦: 「持って生まれたものが絶対なのか」「素質とは」「遺伝とは何だろう」. 第3回東洋大学鶴ヶ島市連携スポーツ講習会. 埼玉. 2010.
- 小河繁彦: 運動中の血圧調節. 第7回スポーツ健康科学セミナー(立命館大学). 滋賀. 2010.
- 小河繁彦: ピーキングとコンディショニングを考える. 第2回東洋大学鶴ヶ島市連携スポーツ講習会. 埼玉. 2010.
- 小河繁彦: 脳循環動態と呼吸調節機能との連関. 第25回生体・生理工学シンポジウム. 岡山.

2010.

小河繁彦: Role of the arterial baroreflex function during exercise, 運動時循環調節の最前線: セントラルコマンドと圧反射のクロストーク (シンポジウム及びセッション座長). 第87回日本生理学会. 盛岡. 2010.

小河繁彦: 運動選手や指導者が知っておきたい身体のしくみ入門! ~最新の知見からパフォーマンスの向上を目指せ~. 第1回東洋大学鶴ヶ島市連携スポーツ講習会. 埼玉. 2010.

日本女子体育大学体育学部附属基礎体力研究所紀要 「Journal of Exercise Science」 寄稿規程

1. 寄稿原稿の内容は、体力や身体運動に関する総説、原著論文、研究資料、内外の研究動向、研究所の主催する研究会・講演会等の要旨、その他とし、いずれも完結したものに限る。
2. 本紀要に寄稿できるものは、研究所研究員（専任、兼任、兼担、客員）およびこれに準ずるものとする。ただし、共著者についてはこの限りではない。また、編集委員会が必要と認めた場合は研究所研究員以外の者に依頼することができる。
3. 原稿は和文、または英文を原則とする。和文には英文抄録（約 300 words）を添付し 3～5 のキーワードをつける。また、論文の標題、図表のタイトルは英文とする。
4. 原稿は 400 字詰横書き原稿用紙を使用し、ワードプロセッサの場合は横書き（A4）40 字・20 行とする。本文は漢字かなまじり文、新仮名づかいとする。計量単位は、原則として国際単位系（SI）とする。
5. 英文は英語を母国語とする者（できれば研究分野が類似の者）の校閲を受けることを原則とする。編集委員を通じて校閲を依頼する場合は著者が実費を負担する。
6. 文献の記載は以下を行う。
 - 1) 本文中の引用は、引用箇所後に（山田 1992）、（山田と田川 1992）、（山田ら 1992）、（Yamada et al. 1992）のように記載する。
 - 2) 引用文献は著者名の ABC 順に、本文の最後に一括する。（番号は不要）
 - 3) 引用文献の記載方法は、雑誌の場合、著者名：題目、雑誌名、巻：頁（始頁—終頁）、西暦年号の順とする。単行本の場合は、著者名：書名、発行所、発行場所、頁（始頁—終頁）、西暦年号の順とする。

雑誌引用例

Saltin, B. and Astrand, P- O. : Physical working capacity... J. Appl. Physiol. 8 : 73- 80, 1971.
7. 図はそのまま製版が可能なものとする。不適當な場合は書き直すことがあるが、それに必要な費用、および特別な印刷を必要とした図表の費用は著者が実費を負担する。ただし、依頼原稿はこの限りではない。
8. 著者には論文別刷を 30 部贈呈する。30 部以上希望する場合は著者の負担で追加できる。別刷希望部数は初校時のゲラ刷り 1 頁目に記入する。
9. 研究所内に研究所紀要編集委員会をもうけ、原著論文の査読の依頼、編集、校正等を行う。
10. 掲載された論文の著作権は、日本女子体育大学に帰属する。投稿者は、その著作権の日本女子体育大学への移転を了承し、所定用紙に明記する。

付 則

この規程は平成 4 年 4 月 1 日から施行する。

改正：平成 9 年 4 月 1 日

改正：平成 14 年 7 月 1 日

日本女子体育大学体育学部附属基礎体力研究所紀要編集委員会規程

1. 日本女子体育大学体育学部附属基礎体力研究所（以下「研究所」という。）規程第3条に掲げる事業のうち、研究所紀要を刊行するために、Journal of Exercise Science 寄稿規程9条に基づき、研究所内に研究所紀要編集委員会（以下「編集委員会」という。）を置く。
2. 編集委員会（以下「委員会」という。）の運営はこの規程に基づいて行う。
3. 委員会は紀要の編集に関して次の任務を果たすものとする。
 - (1) 編集業務
 - (2) 寄稿された論文等の審査の依頼および掲載の可否の決定
 - (3) その他編集に必要な事項
4. 委員会は基礎体力研究所運営会議構成員（研究所規程第13条）の中から選出された3名をもって構成し、所長が委嘱する。委員の任期は就任の日から2ヵ年とし、再任を妨げない。
5. 委員会には委員長を置く。委員長は委員の互選により、所長がこれを委嘱する。委員会に幹事を置くことができる。
6. 論文審査のために論文審査委員を委嘱する。論文審査は委員会の推薦により、学内の適任者に委嘱する。学内に適任者がいない場合は学外者にも委嘱することができる。審査委員の委嘱は委員会の推薦に基づき所長が行う。
7. 論文審査規程および編集要項は委員会が定める。
8. 委員会の招集は委員長が行う。
9. 編集委員会は審査委員の評定に基づき原稿の取捨を決定する。
10. 委員会において掲載可と掲載不可が分かれた場合、最終的には委員長がその採否を決定する。

付 則

本規程の施行は平成9年4月1日とする。

改正：平成11年4月1日

2011年度 研究所紀要編集委員会

委員長：定本 朋子

委員：佐藤 耕平

編集幹事：大上 安奈

2011年度 研究所スタッフ

研究所所長（兼任）：定本 朋子

講師（兼任）：佐藤 耕平

助教：大上 安奈

技術職員：平澤 愛

事務局長：甲斐 律子

事務員：土井美由紀

兼任研究員：佐伯 徹郎（日本女子体育大学）

内山 有子（日本女子体育大学）

客員研究員：小河 繁彦（東洋大学理工学部）

2011年度 研究所運営会議メンバー

定本 朋子，中村 泉，笹倉 清則，坂本 秀子，佐伯 徹郎，中道 直子，佐藤 耕平

日本女子体育大学附属基礎体力研究所紀要

Journal of Exercise Science Vol. 21

平成24年3月1日 印刷

平成24年3月31日 発行

発行者 定本 朋子

印刷所 有限会社ナツプ

発行所 日本女子体育大学附属基礎体力研究所

〒157-8565 東京都世田谷区北烏山 8-19-1

TEL 03-3300-6172

FAX 03-3307-5825