高齢者が免疫機能を維持するために 最適な日常身体活動の時間帯(タイミング) ~体動計1年連続装着から得られる身体活動データの分析結果~

東京都健康長寿
医療センター研究所綾部 誠 也(共同研究者)同 青柳 幸 利同 朴 晟 鎭

Optimal Levels of Daily Physical Activity to Maintain Immunological Function in Older Individuals: The Nakanojo Study

by

Makoto Ayabe, Yukitoshi Aoyagi, Park Sungjin

Exercise Science Research Group,

Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology

ABSTRACT

The purpose of the present investigation was to examine the optimal levels and timings of daily physical activity to maintain immunological function in older individuals. Twenty older women, aged >65 yr., participated in the present investigation. All subjects were independently living, and were recruited from the NAKANOJO-study. In order to assess the number of steps and the time for moderate to vigorous intensity physical activity, all subjects wore a pedometer with one-axial accelerometer (Lifecorder, Kenz, Nagoya) continuously for 1 year. Furthermore, based on the intensity categories (0 to 9) determined every 2-min, we evaluated the hourly intensity and frequency of physical activity such as the hourly intensity of physical activity, the hourly time for moderate to vigorous intensity physical activity, and the time spent hourly distribution of moderate to vigorous intensity of physical

activity. After the assessment of physical activity, as the index of the immunological function, we assessed the salivary secretory immunoglobulin A and the neutrophil phagocytosis function at the resting condition. As results, the neutrophil phagocytosis function significantly associated with the number of step counts (p<0.05). The salivary secretory immunoglobulin A significantly associated with both the number of step counts and the time for moderate to vigorous intensity physical activity (p<0.05). However, both indexes of the immunological functions did not correlated significantly with the hourly levels of physical activity (hourly intensity of physical activity, hourly time for moderate to vigorous intensity physical activity, the time spent hourly distribution of moderate to vigorous intensity of physical activity). These results indicate that the habitual physical activity have important role to maintain the immunological functions in older individuals. The optimal timing for physical activity to maintain the immunological functions remains unclear.

要旨

本研究の目的は、高齢者の日常身体活動を加 速度センサー付体動計の時系列データを詳細に 分析し、免疫機能の確保に最適な身体活動の時 間帯 (タイミング) を明らかにすることであった. 対象者は,自立高齢女性20名であった.対象者は, 1年間にわたり、多メモリ加速度計付歩数計を腰 部に装着し、1日の歩数と中強度活動時間を評価 した. また. 2分毎の活動強度に応じて. 1時間 毎に、活動強度、中強度活動時間、1日の中強度 活動の総時間に占める割合を算出した. 免疫機 能の指標として好中球貪食能ならびに分泌型免 疫グロブリン A を測定した. 好中球貪食能と歩 数, また, 分泌型免疫グロブリンAと歩数, 中 強度活動との間に有意な相関関係が認められた. ただし, 両者とも時間帯別身体活動との間に有 意な関連が認められなかった. 日常身体活動は, 免疫機能の維持に貢献すると思われた. ただし. 免疫機能を維持するための最適な身体活動のタ イミングは不明なままである.

緒言

活動的な生活習慣は、健やかな生活の基礎で ある. すなわち、これまでの多くの研究成果は、 日々の生活に身体活動や運動を取り入れ、それら を習慣化することが, 有酸素能の向上を介して, 肥満や糖尿病をはじめとする生活習慣病の予防 治療に有効であるのみならず、ガンのリスクを 軽減し、延命に寄与することを示している 9,13). 近代の生活においては、科学技術の発展に伴っ て日々の生活がオートメーション化された結果, 日常生活における身体活動や運動の機会が減少 し、そのような不活動に起因する疾病の蔓延が 問題視されて久しい、さらに、高齢者人口比率 の急速な拡大に伴い, 認知機能低下や介護問題 など、高齢者特有の疾患への対策も急務である. すなわち、今後、高齢化の一層の進展が明らか である以上, 高齢者が日常生活における身体活 動を確保できるような取り組みは、国民一人一 人の健康管理の観点のみならず、我が国の将来 的な財政に対しても重要な課題である.

国を挙げた健康長寿ひいては医療費削減を実

現するためには、できる限り多くの高齢者が実行・継続でき、かつ効果的である必要がある。つまり、身体活動や運動を日常生活の中に取り入れ、活動的な日常生活を身につける必要がある。我々は、これまでに10年以上にわたる大規模疫学研究により、うつ病、動脈硬化、サルコペニア、メタボリックシンドロームなど、様々な健康問題を回避するための1日あたりの歩数と中強度活動時間を報告し、高齢者の身体活動の目標水準として8000歩/日の歩数と20分/日の中強度身体活動を提案している1,10,111。

ただし、これまでの研究成果、また、現行の身 体活動に関するガイドラインや目標値は. 身体 活動の量と質に関する目標値に限定されており、 身体活動のタイミングに関する明確な記載は無 い. こうした背景において. 現在. 例えば高齢 者の身体活動目標として、1日7000歩前後といっ た一律の指針が広まっているが、今後は、高齢者 一人ひとりに対してより具体的なテーラーメイ ドの運動処方が望まれる. したがって. どの程 度の質や量の身体活動をどのようなパターンや タイミングで行うことが高齢者の健康. 自立し た生活にとって最も重要であるかを早急に解明 することが必要である. 近年. 身体活動の評価 に際しては、技術革新に伴って飛躍的に客観性 と精度が向上している. フィールド研究におい ては、加速度センサーを内蔵した身体活動モニ タを利用する事が一般的であり、1日の歩行量(歩 数), エネルギー消費量, また, 活動強度を評価 できる。また、メモリー機能を内蔵した機種を 利用することにより、これらの指標の時系列デー タの評価が可能になる. 多くの場合, 1分程度間 隔での活動強度を1ヶ月間以上にわたって記憶 できる. しかしながら, これまで, それらの活 動強度の時系列データを分析し,医学的検査値 の関連性などを示した報告は見当たらない. 一 方で、実験研究のいくつかは、早朝の時間帯に 比して,午後の時間帯の運動が体温上昇を促し, 快眠を介して多くの身体的メリットを齎すこと を示している.これらの知見に基づけば,日常 身体活動についても,全体の活動量に対する午 後の身体活動の占める割合が多いことは,身体 的精神的な健康問題の回避に関係するとの予測 が成り立つ.

免疫機能は、ガンなどの重篤な疾患のみならず、風邪などのウィルス性疾患の予防にも関与するため、高齢者の健やかな生活を支える重要な身体機能である。適度な身体活動を行うことがヒトの免疫機能を高め疾病の予防に有効であること、また、それらは高齢者でも確認できることが明らかになっている^{16,17)}、ただし、それらの知見の多くは、主に管理下でのトレーニング研究の成果を集約しており、最適な身体活動タイミングに関する研究成果は不足している。また、一部に、日本人の高齢者を対象に、客観的に評価した身体活動と免疫機能の関係が検証されているが¹⁴⁾、適切な身体活動のタイミング(時間帯)を明らかにするまでには至っていない。

本研究の目的は、高齢者の日常身体活動を加速度センサー付体動計の時系列データを詳細に分析し、免疫機能の確保に最適な身体活動の時間帯(タイミング)を明らかにすることであった.

1. 研究方法

対象者.本研究の対象は,65歳以上の高齢女性20名であった.すべての対象者は,中之条研究⁵⁾の参加者であり,自立した生活を過ごし,重篤な疾患に罹患していなかった.対象者の特性は,表1に示した.すべての対象者は,研究参加前に研究の要旨を理解し,研究参加同意書に署名をした.本研究のすべてのプロトコールは,ヘルシンキ宣言に基づいて行われ,事前に東京都健康長寿医療センター研究所倫理委員会の承認を得た.

身体活動は、多メモリ加速度計付歩数計 (Lifecorder, Kenz, Nagoya) により評価した. Lifecorder は、32Hz にて探知した加速度信号の 大きさと頻度から、エネルギー消費量、歩数、 ならびに身体活動強度を評価した。Lifecorderは、 これまでに、メタボリックチャンバーや二重標識 水法との比較により、妥当性が確認されている8, 12) 対象者は、それぞれ、連続した1年間にわたっ て、連続して Lifecorder を腰部へ装着した、測定 期間終了後. Lifecorder を回収した. Lifecorder は、機器マニュアルに従って PC ヘダウンロード された. なお, 個人毎のデータの採用に際して は、慎重を期して、採用基準を充足したケース のみを分析対象とした15)、すなわち、高齢者の 様々な生活状況を勘案し. 体動計を単位時間あ たり75%以上装着した場合にのみデータを採用 し、下記の通り25%以上の欠損(主因は非装着) を含むデータは不採用した。『1日あたり7時~ 19時(12時間)のうち3時間以上の連続非装着』 『1ヵ月あたり約1週間以上の連続・断続非装着』『1 年あたり約3ヵ月間以上の連続・断続非装着』な お、原則として「体動レベル0」を非装着とみなす. ただし、熟睡時や静止時などほとんどもしくは まったく動かない場合も「体動レベル0」となる が、その状態は比較的短く断続的であるため、「1 日あたり」の基準のみ「連続非装着」とした.

本研究では、Lifecorder-EX により 4 秒毎に分類された 10 段階の活動強度区分のうち、1 から 3 を低強度活動、4 から 9 を中強度活動とした。なお、これらは、先行研究 8 により、それぞれ、3METs 未満、3METs 以上に相当することが確認されている。

さらに、得られた2分毎の活動強度を分析 し、24時間の身体活動パターンを解析した. Lifecorder は、先述の通り4秒毎に身体活動(不 活動)の水準を0から9の10段階に分類し、そ の平均値を2分毎に記憶し、測定終了後にダウン

ロードすることで評価が可能になる. なお. 本 研究で使用する機器は、一般に市販されている Lifecorder に改良を加えたモデルである(一般モ デルは、2分内の4秒毎の体動指標(全15セル) から、不活動の量に関わらず身体活動を優先し、 さらに、その分布に関わらず再頻値を採用する ため. "睡眠と覚醒"また"活動と不活動"を判 断するためには適当であるが、身体の生理負担 の程度を連続変数として評価するために改良し た.)、本研究では、得られた2分毎の活動強度を 1時間毎(30セル毎)に積算し、1時間毎の活動 強度とした. 同様に、2分毎の活動強度を30セ ルのうち、3METs以上の強度に相当する時間を 1時間毎に算出した. さらに. 1日全体の中強度 活動時間の全体に対する. 1時間毎の中強度活動 時間が占める割合を算出した.

免疫機能測定、早朝安静状態にて、血液と唾液を採取した、好中球貪食能ならびに分泌型免疫グロブリンA(sIGA)を測定した。

本報告書内の数値は、平均値と標準偏差で示した. 身体活動と免疫機能の関係は、Pearson の相関係数(r)により分析した. 全ての統計処理は、SPSS Ver. 12 にて行った. 有意水準は、p<0.05 とした.

2. 研究結果

対象者の身体特性,歩数,中強度活動,好中球貪食能,ならびに分泌型免疫グロブリンAは,表1に示した.

表 1 The characteristics of the study subjects

TOTAL STREET,	
	All
Number of participants	20
Age (years)	74.7 ± 2.9
Height (cm)	151.9 ± 5.5
Body weight (kg)	53.8 ± 7.6
Year-averaged step count (steps/day)	7052 ± 2769
Year-averaged duration of physical activity >3METs (min/day)	16.1 ± 13.4
Salivary secretory immunoglobulin A (μg/mg)	116 ± 36
Neutrophil phagocytosis function (%)	91.5 ± 3.4
The data are expressed as the means with standard deviation	s (mean ± SD).

図1は、身体活動の時系列の分析結果を示した. 最上部(a)は、1時間毎の身体活動強度の積算値を示したグラフである. 次いで(b)は、1時間毎の身体活動の積算時間を示したグラフである. さらに(c)は、1時間毎の中強度活動の

積算時間を示したグラフである。最下部(d)には、1日全体の中強度活動時間の全体に対する、1時間毎の中強度活動時間が占める割合を示したグラフである。これらの4つのグラフに基づけば、高齢者は、早朝の5時から6時の時間帯に身体

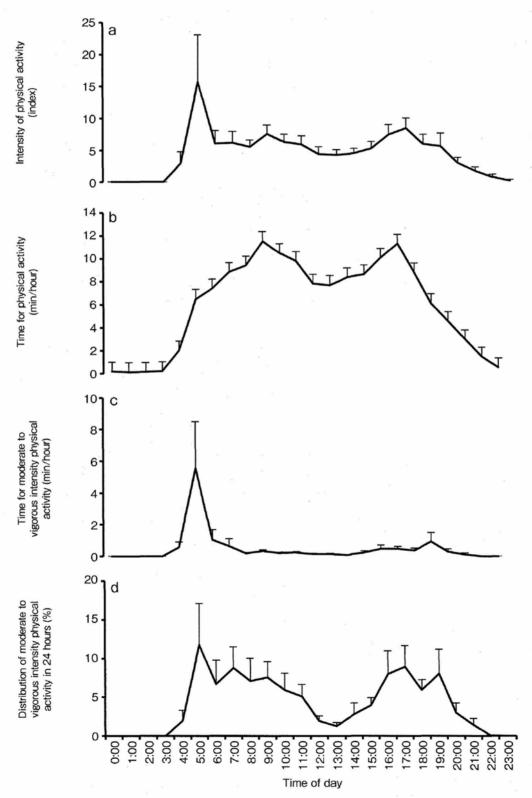


図1 Objectively-measured hourly physical activity levels

活動の強度の増大また中強度活動の集積が見られる。その後、活動強度や中強度活動は、正午あたりに日中の最低値となる。その後、17時から19時の間に再び活動量が増大する傾向にあった。

図2は、身体活動と免疫機能との相関性を示したグラフである。いずれの分析においても、 一次回帰には、有意な相関性が得られなかった。 図に示す通り、好中球貪食能は、歩数との間に有意な相関関係が認められた。また、分泌型免疫グロブリンAは、中強度活動時間の両者との間に有意な相関関係が認められた。

表2には、図2にて得られた回帰式を用い、 身体活動レベル毎に予測される免疫機能を算出 した、身体活動区分は、Aoyagi et al. ²⁾ の区分に 応じて分割した、すなわち、Aoyagi et al は、高

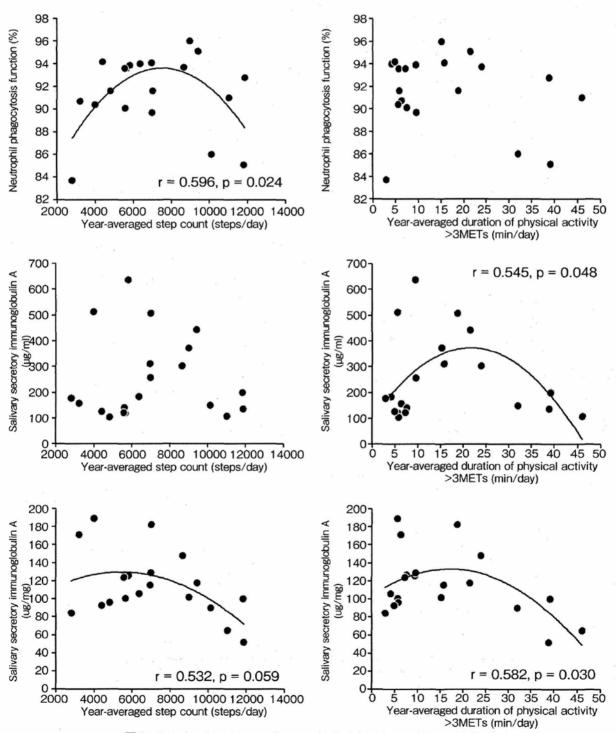


図2 Relationships between immunological function and habitual physical activity

表 2 Relationship between year-averaged habitual physical activity and

	Physical activity levels	Immunological functions	
	Step count	Neutrophil phagocytosis	Salivary secretory
	(steps/day)	function (%)	immunoglobulin A (%)
Dependent	2000	92	78
Mental health	4000	97	91
Psychosocial health	5000	99	95
Physical health	7000	100	100
Metabolic health (age \geq 75 years)	8000	100	100
Metabolic health (age <75 years)	10000	97	97
	12000	92	88
X 1	Physical activity	Neutrophil phagocytosis	Salivary secretory
	>3METs (min/day)	function (%)	immunoglobulin A (%)
Dependent	2.5		84
Mental health	5		89
Psychosocial health	7.5	-	93
Physical health	15		100
Metabolic health (age ≥ 75 years)	20	-	99
Metabolic health (age <75 years)	30		87
	40	_	60

齢者が健康な生活を営むために必要な歩数と中 強度時間について、非自立 (2000 歩, 2.5分), 閉じこもり (4000 歩, 5分) 精神的健康障害 (4000 歩, 5分) 心理社会的健康不良 (5000 歩, 7.5分), 身体的健康不調 (7000 歩, 15分), 代謝的健康異 常 (8000 歩, 20分), それぞれ目標を定めている. 歩数については、好中球貪食能と分泌型免疫グ ロブリン A のいずれもが、7000 から 8000 歩/日 に最大値となった。また、中強度時間については、 好分泌型免疫グロブリン A が、15 から 20 分/日 に最大値となった。

時間帯別の身体活動指標については,時間帯,活動指標に関わらず,好中球貪食能と分泌型免疫グロブリンAとの間に有意な関係が認められなかった.

3. 考察

本研究は、日常身体活動の全体の活動量に対する午後の身体活動の占める割合が多いことは、 身体的精神的な健康問題の回避に関係するとの 仮説について、高齢者の免疫機能から検証した. 本研究においては、身体活動の全体量を示す歩 数と中強度時間については、免疫機能との間に 関連を得たが、時間帯別の身体活動については、 明確な関係を認める事が出来なかった.これら の事から、日常身体活動は、免疫機能の維持に 貢献すると思われたが、免疫機能を維持するた めの最適な身体活動のタイミングは今後の検討 が必要であると考えられた.

本研究において、身体活動のタイミングと免 疫機能の間に明確な関係が得られなかった背景 にはいくつかの可能性がある。そのうち最も大 きな要因は、本研究で対象とした高齢者の行動 パターンにあると考えている. 我々は、夕刻の 身体活動と免疫機能との間に関係が得られるこ とを想定していた.しかしながら、図1に示し た通り、24時間のうち、最も活動水準が高かっ た時間帯は、早朝の時間帯であった。この傾向は、 中強度活動時間の分析結果において最も顕著で あり (図 1c), 時間毎の割合 (図 1d) においても, 早朝の時間帯が最も高い値を示した. これらの 事から、中強度活動は早朝の時間帯と夕方の時 間帯(5-7時と16-19時)に分散しているものの(図 1d), 身体活動水準の高い高齢者(中強度活動が 長い高齢者)が早朝の時間帯の中強度活動で散 歩や農作業などを行うため、全体の平均値(絶

対量)としては、早朝の時間帯が高くなったと思われた(図1c). しかしながら、本研究の結果は、これまでの実験的研究の成果を否定するものではない. 早朝に散歩や農作業を行うことは、1日の身体活動の総量の増大を介して免疫機能の維持に貢献すると思われる. また、そのような作業や身体活動を夕刻に移すように指導する事は現実に即していない. 身体活動の1日の総量"と"身体活動のタイミング"の相互役割については、今後の検討課題であり、高齢者の生活スタイルに準じた研究成果を創出することが重要であると思われる.

また、興味深いことに、本研究は、身体活動 の量と質が免疫機能との間に二次回帰関係を認 め、7000-8000 歩 / 日また 15-20 分が免疫機能を 維持するために適当な身体活動であることを示 唆する結果を得た. これらの結果は, 先行研究 の結果と一致する. すなわち. 免疫機能は. 過 剰な身体活動により低下することが複数の研究 により示されている. すなわち. 免疫機能を確 保するためには、運動の量や強度の果たす役割 が大きく、中程度の運動が最適であると考えら れている 6,7) 本研究では、加速度計付歩数計に より歩数や中強度活動として日常身体活動を評 価したため個人の生理的・相対的な負担度を正 確に評価することが出来なかったが、日本人の 高齢者を対象とした Shimizu et al の研究 ¹⁴⁾でも. 7000歩/日程度の歩数のグループにて分泌型免 疫グロブリンAの最大値が得られている。この ような結果は、高齢者が免疫機能を維持するた めの身体活動には、閾値が存在し、7000-8000 歩 /日が妥当であることを裏付けている。また、我々 は、これまで、高齢期における身体活動の量お よび質と様々な心身の健康との関係を横断的に 検証してきた. その結果, 歩数と中強度活動時 間は男女とも相互に有意な関係を示し、2000 歩/ 日までは中強度以上の活動がほとんどなく、2000 歩/日を超えると1000歩/日増すごとに、中強度活動時間が6000歩までは約2.5分ずつ,6000歩から12000歩までは約5分ずつ増えることを確認している²⁾. すなわち,7000-8000歩/日は,15-20分/日に相当することになる.これらは、本研究のオリジナルの知見の一つであるが、高齢者が免疫機能を維持するための身体活動の閾値として、7000-8000歩/日の歩数と15-20分/日の中強度活動の妥当性が今後の研究により明らかになると期待している.

我々は、これまで、高齢者の健康に関する項 目の多くが、身体活動の量・質の両方から説明 できるとの観点から研究を進めてきた。その結 果. 高齢者において. OOL の低下やうつの予防 などのこころの健康を保つには、男女とも、歩数 >4000-5000 歩 / 日,かつ / または、中強度活動時 間 >5-7.5 分 / 日が適当である. この根拠として. 例えば、うつと診断された人のうち男性1人を除 く全員が1日に4000歩未満しか歩いていなかっ た. 一方, 動脈硬化, 骨粗鬆症, サルコペニア, 体力(主に脚筋力および歩行速度)の低下、メタ ボリックシンドローム(主に高血圧および高血 糖)の予防など、心血管系および筋骨格系の機 能や代謝に強く依存するからだの健康を保つに は、こころの健康のためよりも高いレベル(閾値) の日常身体活動が必要であり、男女とも、歩数 >7000-8000 歩 / 日,かつ / または、中強度活動時 間 >15-20 分 / 日が必用であるとの結果を得てい る 2-5, 10, 11). 偶然にも, 本研究の成果は, これ までの研究成果を踏襲している. つまり, 7000-8000 歩 / 日の歩数と 15-20 分 / 日の中強度活動は、 免疫機能の維持のみならず、高齢者の健やかな 生活を確保するうえで意義深い水準である可能 性が高い. 心身の別を問わず健康増進や疾病予防 の観点からは、強過ぎる運動を控えたほうが良 いのもしれない、過度な運動は怪我をしやすく するだけでなく, 免疫機能をも下げるとすれば,

がんをはじめ様々な病気にかかる可能性を高めることが危惧される.今後,本研究の成果が応用され,高齢者の身体活動の基準値については,その上限が盛り込まれることも期待したい.

本研究の特長の一つは、客観的に身体活動を評価した点である。対象者は、1年間にわたって連続して加速度計付歩数計を装着した。また、先行研究に基づいて、基準を満たした場合についてのみデータ分析の対象とした。加速度計付歩数計は、先行研究により妥当性が十分に証明された身体活動の定量法であり^{8,12)}、その1年連続装着に基づけば、精度高く個人毎の身体活動水準を評価できる⁵⁾。

本研究には、いくつかの限界がある。第一に、 本研究は、小さなサンプルサイズである。今後は、 男性高齢者を含めたより大きな規模での研究成 果が期待される。第二に、本研究は、免疫機能 の項目として好中球貪食能と分泌型免疫グロブ リンAの2項目に限定したが、そのほかにも NK 細胞など、免疫機能の評価項目がある。今後は、 免疫機能や抗酸化物質なども含めて、包括的か つ網羅的な分析が必用かもしれない。

4. 結論

本研究は、高齢者が免疫機能を維持するために最適な日常身体活動の時間帯(タイミング)を明らかにすることを目的として、体動計1年連続装着から得られる身体活動データの分析を行った。免疫機能は、中強度身体活動と歩数の1日の総量との間に有意な関係が認められたが、時間帯別の身体活動との間には明確な関係が得られなかった。本研究の結果は、限られたサンプルサイズにて得られた結果であり、今後、多人数を対象とした調査により、再検証されることを期待する。

謝辞

本研究は、公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団の支援を受けて実施された. 本研究の実施に際して多大なご協力を頂いた中 之条町保健センターに御礼申し上げます.

文 献

- Aoyagi Y., Park H., Watanabe E. et al., Habitual physical activity and physical fitness in older Japanese adults: the Nakanojo Study. *Gerontology.*, 55(5): 523-531(2009)
- 2) Aoyagi Y., Shephard R.J., Steps per day: the road to senior health? *Sports Med.*, 39(6): 423-438(2009)
- Aoyagi Y., Park H., Kakiyama T. et al., Yearlong physical activity and regional stiffness of arteries in older adults: the Nakanojo Study. Eur. J. Appl. Physiol., 109(3): 455-464(2010)
- 4) Aoyagi Y., Park H., Park S. et al., Habitual physical activity and health-related quality of life in older adults: interactions between the amount and intensity of activity (the Nakanojo Study). Qual. Life Res., 19(3): 333-338(2010)
- Aoyagi Y., Shephard R.J., Habitual physical activity and health in the elderly: the Nakanojo Study. Geriatr. Gerontol. Int., 10 Suppl 1:S236-243 (2010)
- Cooper D.M., Radom-Aizik S., Schwindt C. et al., Dangerous exercise: lessons learned from dysregulated inflammatory responses to physical activity. J. Appl. Physiol., 103(2): 700-709(2007)
- 7) Gleeson M., Immune function in sport and exercise. J. Appl. Physiol., 103(2): 693-699(2007)
- 8) Kumahara H., Schutz Y., Ayabe M. et al., The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br. J. Nutr.*, 91 (2): 235-243 (2004)
- Lee I.M., Shiroma E.J., Lobelo F. et al., Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet.*, 380 (9838): 219-229 (2012)
- Park H., Park S., Shephard R.J. et al., Yearlong physical activity and sarcopenia in older adults: the

- Nakanojo Study. Eur. J. Appl. Physiol., 109 (5): 953-961 (2010)
- 11) Park S., Park H., Togo F. et al., Year-long physical activity and metabolic syndrome in older Japanese adults: cross-sectional data from the Nakanojo Study. J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci., 63(10): 1119-1123(2008)
- 12) Rafamantanantsoa H.H., Ebine N., Yoshioka M. et al., Validation of three alternative methods to measure total energy expenditure against the doubly labeled water method for older Japanese men. J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)., 48(6): 517-523 (2002)
- 13) Sawada S.S., Muto T., Tanaka H. et al., Cardiorespiratory fitness and cancer mortality in Japanese men: a prospective study. Med. Sci. Sports

- Exerc., 35(9): 1546-1550(2003)
- 14) Shimizu K., Kimura F., Akimoto T. et al., Effect of free-living daily physical activity on salivary secretory IgA in elderly. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 39 (4): 593-598(2007)
- 15) Togo F., Watanabe E., Park H. et al., How many days of pedometer use predict the annual activity of the elderly reliably? *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40(6): 1058-1064(2008)
- 16) Walsh N.P., Gleeson M., Pyne D.B. et al., Position statement. Part two: Maintaining immune health. Exercise immunology review., 17:64-103(2011)
- 17) Walsh N.P., Gleeson M., Shephard R.J. et al., Position statement. Part one: Immune function and exercise. Exercise immunology review., 17:6-63 (2011)