

異なる膝アライメントが  
歩行に与える影響について

甲南大学総合研究所

叢書 130

# 異なる膝アライメントが 歩行に与える影響について

甲南大学総合研究所

叢書 130

# 異なる膝アライメントが 歩行に与える影響について

曾我部 晋 哉  
才 脇 直 樹

## I. 緒 言

### 1. ウォーキングの効果

我が国において、ウォーキングは最も手軽に実施できる運動のひとつである<sup>(1)</sup>。10歳以上の人を対象に、過去1年間において何らかの種類のスポーツを実施した人（男性：67.9%、女性：58.3%）のうち、最も行動者率が高かった種目は、男女ともウォーキング・軽い体操（男性：31.1%、女性：39.2%）であると報告されている<sup>(1)</sup>。またウォーキングは、安全かつ効果的な有酸素運動として医学的にも推奨されており、脂肪燃焼だけでなく冠動脈疾患（coronary heart disease）<sup>(2)</sup>、血圧の低下<sup>(3)</sup>、糖尿病予防（diabetes）<sup>(4)</sup>などの観点からも、その利点が報告されている。また、ウォーキングを定期的実施することにより、肥満に起因する疾病を予防できる可能性があることから、医療費削減の観点からも注目されている<sup>(5)</sup>。このように、誰でも気軽に一人でも実施できるウォーキングの定期的な実施は、身体面のみならず精神的にも社会的にも利点があると思われる。

しかし、一方で Salilis らの報告<sup>(6)</sup>によると、500名以上のサンプルから40%以上の人が、運動を6か月以上継続後3か月以上停止状態となる relapse を体験しているとし、その最も多い理由が傷害であると報告している。また運動習慣の継続に関しては、多くの人の場合、運動を始めることよりも継続することが困難であり、約50%の人が6か月以内に運動プログラムからドロップアウトすると報告されている<sup>(7)</sup>。また、運動習慣を継続するための要因として、動機

付け、トレーニングの目的、性格などの心理的要因が挙げられる<sup>8)</sup>。運動における心地よさなどのポジティブな要因が増加し、辛さなどのネガティブ要因が減少すれば、運動継続の動機づけが高まると考えられる。これまで一過性の運動では、不安を低減させる効果があると報告されており<sup>9)</sup>、運動は心理的にも良好な状態をもたらすと考えられる。しかし、長距離歩行後の下肢の痛みと心理状態を調べた報告<sup>10)</sup>によると、下腿の痛みが心理的な活動低下を誘発しており、整形外科的な痛みはウォーキングのような軽運動であっても、定期的な運動継続を困難とする要因になることが考えられる。

## 2. 膝アライメントと関節疾患

関節疾患は、高齢者が要支援になる原因の第一位であり<sup>11)</sup>、さらに生活の質(QOL: Quality of Life)を著しく低下させる。そのうち歩行に重要な関節疾患である変形性膝関節症(膝OA)の40歳以上の罹患者数は2530万人と推定されており<sup>12)</sup>、今後益々増加する可能性がある。このような整形外科的疾患は治療が長期化することが多く、我が国の医療費を圧迫する可能性がある。この膝OAのリスクファクターに膝関節マルアライメントが挙げられる<sup>13)</sup>。前額面上の膝関節のアライメントには、正常膝の他に内反膝、外反膝がある(Fig. 1)。膝OA患者の膝の多くは内反傾向にあり<sup>14)</sup>、内反膝(Fig. 1-b)そのものが膝関節内側部への局所負荷による骨摩耗、内側半月板退行性変性、内側大腿の骨

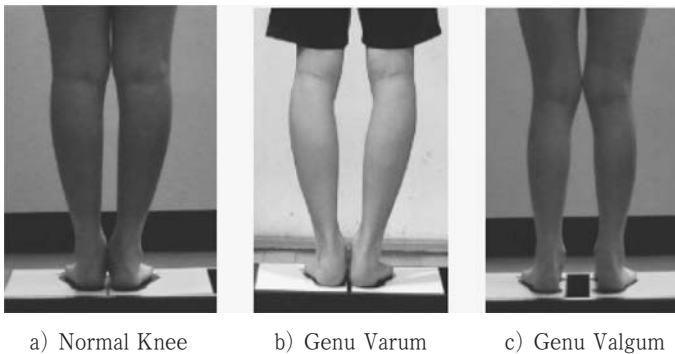


Figure. 1 Classification of Knee Alignment on the Frontal Plane

軟骨の変性を引き起こす<sup>99</sup>。大学生1032名を対象に行った膝アライメントの調査<sup>100</sup>では、男性：正常膝51.6%、内反膝46.4%、外反膝1.9%、女性：正常膝61.2%、内反膝36.9%、外反膝1.9%であり、青年期において内反膝の割合が男女とも多いことが報告されている。つまり、健康成人において既に内反膝の割合が多いことから、我が国においては加齢に伴い膝 OA に進行する多くの予備軍が多く存在することになる。正常膝の人であっても歩行の際には、膝関節に体重の3.2倍もの力が生じており、そのうち膝関節内側部には70%の衝撃が加わる<sup>101</sup>。内反膝の場合には、通常の状態でも膝関節内側部に圧力を生じ<sup>102</sup>、傷害のリスクが高くなる<sup>103,104</sup>。一旦、関節軟骨に変性を生じその状態を放置すると、膝 OA は更に進行する。そのため、膝 OA を未然に防ぐためには、内反膝ではない方がよい。しかしながら、現状では膝アライメントがどのような要因で決定するのか、また、内反膝や外反膝を予防する方法は分かっていない。

### 3. 検討すべき研究課題および本研究の構成

我が国においては、内反膝は正常膝と並んで一般的な膝アライメントである<sup>105</sup>。前述の通り、内反膝は膝関節内側部への局所負荷が生じるため、退行性の変形性膝関節症へつながる可能性がある<sup>106</sup>。しかしながら、現状では個人の膝アライメントの特徴に関わらず、循環系などの疾患予防<sup>(2)-(4)</sup>のためにウォーキングが推奨されている。その結果、健康のために始めたウォーキングが経年的に膝 OA を引き起こす可能性は否めない。我が国における膝 OA を予防するためには、それぞれの膝アライメントの特徴に応じた膝に負担のかからない歩行方法を開発する必要がある。そのためには、膝アライメントの違いが歩行時にどのような特徴があるのかを分析しなければならない。そこで、本研究では、膝アライメントの違いが異なる速度の歩行時の歩行周期相の割合、股関節角度を調べることにより、各アライメントの歩行の特徴を明らかにすることを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 対象

被験者は膝関節に既往症のない健常男性15名（正常膝5名、内反膝5名、外反膝5名）を対象とした（Tab. 1）。膝関節の分類は、X線による下肢長像から大腿骨と脛骨の成す角（FTA: femorotibial angle）を測定し、175°未満を外反膝、175°以上178°未満を正常膝、178°以上を内反膝とした。

### 2. 方法

#### 1) 動作解析方法

各被験者には、Sifit 社製トレッドミル（DC1000）上で速度2 km/h、4 km/h、6 km/hでそれぞれ30秒間の歩行を行わせた。歩行中の3次元動作解析データは、赤外線カメラ8台（Eagle デジタルカメラ、Motion Analysis 社製）を用い、Mac 3D システム（Motion Analysis 社製）を用いてサンプリング周波数100HzにてPCに取り込んだ。身体への反射マーカは Helen Hayes Marker Set

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

| No. of subjects | Knee Type   | Age(y)   | Height (cm) | Weight (kg) | BMI      | IC(cm)  | IM(cm)  | FTA(°)    |
|-----------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|---------|---------|-----------|
| 1               | normal knee | 21       | 166.0       | 77.2        | 28.0     | 0.9     | 0.0     | 177.3     |
| 2               | normal knee | 23       | 166.8       | 77.2        | 27.7     | 2.8     | 0.0     | 177.4     |
| 3               | normal knee | 21       | 164.4       | 70.6        | 26.1     | 1.5     | 0.0     | 174.6     |
| 4               | normal knee | 23       | 177.8       | 76.7        | 24.3     | 2.4     | 1.0     | 176.0     |
| 5               | normal knee | 24       | 174.0       | 92.4        | 30.5     | 2.5     | 1.2     | 177.1     |
| Mean±SD         |             | 22.4±1.3 | 169.8±5.8   | 78.8±8.1    | 27.3±2.3 | 2.0±0.8 | 0.4±0.6 | 176.5±1.2 |
| 6               | genu varum  | 24       | 184.6       | 72.3        | 21.2     | 4.9     | 0.0     | 180.4     |
| 7               | genu varum  | 27       | 175.3       | 82.5        | 26.8     | 4.8     | 0.0     | 183.6     |
| 8               | genu varum  | 20       | 174.0       | 82.0        | 27.1     | 5.3     | 0.0     | 180.2     |
| 9               | genu varum  | 21       | 165.6       | 74.4        | 27.1     | 2.4     | 1.4     | 179.3     |
| 10              | genu varum  | 21       | 166.8       | 64.3        | 23.1     | 2.6     | 0.0     | 179.3     |
| Mean±SD         |             | 22.6±2.9 | 173.3±7.6   | 75.1±7.5    | 25.1±2.7 | 4.0±1.4 | 0.3±0.6 | 180.6±1.8 |
| 11              | genu valgum | 28       | 177.5       | 102.5       | 32.5     | 0.0     | 4.0     | 173.5     |
| 12              | genu valgum | 28       | 183.0       | 84.3        | 25.2     | 0.0     | 3.6     | 174.4     |
| 13              | genu valgum | 24       | 184.4       | 93.7        | 27.6     | 0.0     | 3.6     | 171.9     |
| 14              | genu valgum | 22       | 182.5       | 89.8        | 27.0     | 0.0     | 11.6    | 168.6     |
| 15              | genu valgum | 19       | 164.5       | 59.2        | 21.9     | 0.0     | 4.4     | 174.5     |
| Mean±SD         |             | 24.2±3.9 | 178.4±8.2   | 85.9±16.3   | 26.8±3.9 | 0.0±0.0 | 5.4±3.5 | 172.6±2.5 |

(Kadaba et. al., 1990) を参考にし、身体標点計31箇所を取り付けた。解析はリアルタイム動作解析システム EvaRT 4.4 (Motion Analysis 社製) を用いて行った。

## 2) 歩行周期各相の分析

歩行周期は Ranch Los Amigos 方式<sup>2)</sup>を採用し、得られた画像データから初期接地 (initial contact: IC)、荷重応答期 (loading response: LR)、立脚中期 (mid stance: Mst)、立脚終期 (terminal stance: Tst)、前遊脚期 (pre-swing: PSW)、遊脚初期 (initial swing: ISw)、遊脚中期 (mid swing: MSw)、遊脚終期 (terminal swing: TSw) に分類した。それぞれの速度において、30秒間の歩行を実施した際に速度が安定したと思われる歩行周期から連続した5周期を抽出した。得られたデータの最大値、最小値を除いた3周期を各相で平均化し、各歩行速度内で各群の歩行周期相の割合の比較を行った。

## 3) 股関節角度の比較

膝関節において前額面上の異常について影響を受ける歩行周期相は立脚期<sup>2)</sup>である。そこで、立脚中期における膝の動的アライメントの観察を目的とするため、歩行周期から立脚中期を抽出し各被験者の歩行時の股関節角度を比較した。股関節角度は左右上前腸骨棘を結ぶラインと右上前腸骨と右膝蓋骨中央部を結ぶラインの角度を算出した。また、歩行周期中の立脚中期に移行した瞬間を基準に、立脚終期に移行した瞬間を100%として分析を行った。各被験者の3周期分の立脚中期の股関節の変化を各群で平均化し比較した。

## 4) 統計処理

歩行周期相の割合および股関節角度の比較は、各歩行速度内において各群間で一元配置分散分析を行い、有意差がみられた場合には Tukey 法による多重比較検定を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

# Ⅲ. 結 果

## 1. 歩行周期における各相の比較

1) 2 km/h における各群の歩行周期相の割合の比較 (Fig. 2-a)

2 km/h における各群の歩行周期を比較したグラフを Fig. 2-a に示す。

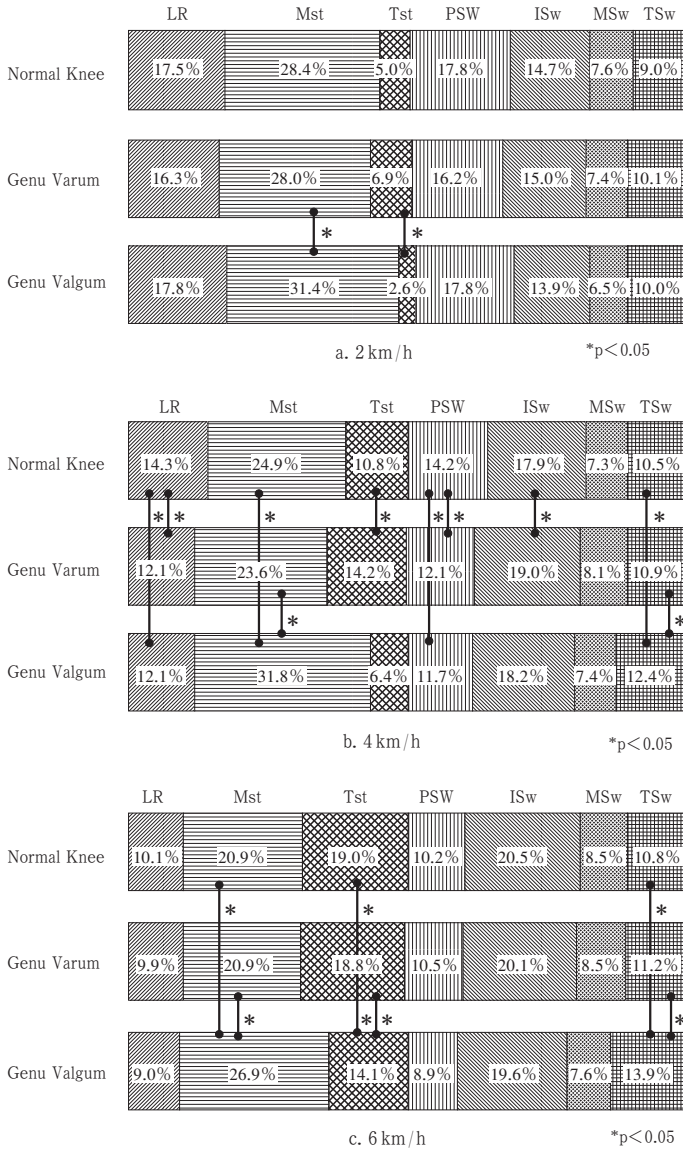


Figure. 2 Comparison of the gait cycle during different knee alignment



立脚中期において外反膝群 ( $31.4 \pm 1.7\%$ ) が内反膝群 ( $28.0 \pm 6.3\%$ ) に比較して有意に高値を示した。また、立脚終期においては外反膝群 ( $2.6 \pm 1.1\%$ ) が内反膝群 ( $6.9 \pm 7.2\%$ ) と比較して有意に高値を示した。その他の歩行周期相の割合には、各群間に有意差は認められなかった。

#### 2) 4 km/h における各群の歩行周期相の割合の比較 (Fig. 2-b)

荷重応答期では正常膝群 ( $14.3 \pm 1.4\%$ ) と比較して内反膝群 ( $12.1 \pm 2.7\%$ ) および外反膝群 ( $12.1 \pm 2.0\%$ ) が有意に低値を示し、同様に前遊脚期においても内反膝群 ( $12.1 \pm 2.7\%$ ) および外反膝群 ( $11.7 \pm 2.2\%$ ) が正常膝群 ( $14.2 \pm 1.4\%$ ) よりも有意に低値を示した。また、立脚中期では、外反膝群 ( $31.8 \pm 2.4\%$ ) が正常膝 ( $24.9 \pm 3.1\%$ ) および内反膝 ( $23.6 \pm 7.1\%$ ) に比べて有意に高値を示した。遊脚終期では外反膝群 ( $12.4 \pm 2.2\%$ ) が正常膝群 ( $10.5 \pm 0.2\%$ ) よりも有意に高値を示した。その他の歩行周期相の割合については、各群間に有意差は認められなかった。

#### 3) 6 km/h における各群の歩行周期相の割合の比較 (Fig. 2-c)

立脚中期では、外反膝群 ( $26.9 \pm 3.8\%$ ) が正常膝 ( $20.9 \pm 4.9\%$ ) および内反膝 ( $20.9 \pm 5.6\%$ ) よりも有意に高値を示した。立脚終期では、外反膝 ( $14.1 \pm 3.1\%$ ) が正常膝 ( $19.1 \pm 6.1\%$ ) および内反膝 ( $18.8 \pm 6.1\%$ ) よりも有意に低値を示した。遊脚終期では、外反膝 ( $13.9 \pm 1.2\%$ ) が正常膝 ( $10.8 \pm 2.4\%$ ) および内反膝 ( $11.2 \pm 2.1\%$ ) と比較して有意に高値を示した。その他の歩行周期相の割合については、各群間に有意差は認められなかった。

## 2. 膝アライメントの違いによる股関節角度の比較

#### 1) 2 km/h における各群の股関節角度

外反膝群 ( $-0.03 \pm 0.1^\circ$ ) が正常膝群 ( $0.68 \pm 0.62^\circ$ ) および内反膝群 ( $0.68 \pm 0.64^\circ$ ) と比較して有意に低値を示した (Fig. 3-a)。正常膝群と内反膝群の間には有意差はみられなかった。また、外反膝群では立脚中期から立脚終期まで股関節角度は  $0^\circ$  付近を推移するが、正常膝および内反膝群の股関節角度は同様の推移をし、立脚中期から立脚終期に向けて角度が大きくなる傾向がみられた (Fig. 4-a)。

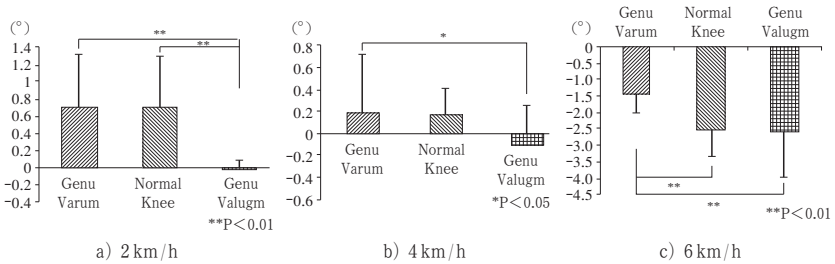


Figure. 3 Mean hip joint angle in each group

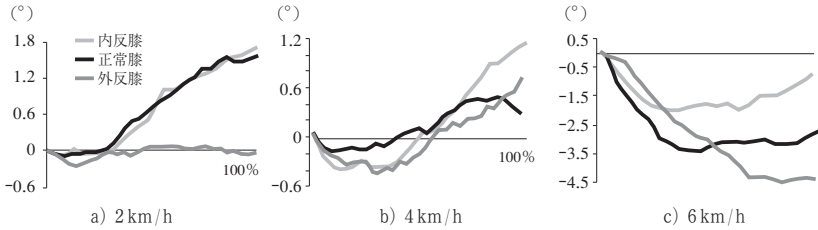


Figure. 4 Change of hip joint angle in each group

## 2) 4 km/h における各群の股関節角度

外反膝群 ( $-0.09 \pm 0.34^\circ$ ) が内反膝群 ( $0.17 \pm 0.53^\circ$ ) と比較して有意に低値を示した。正常膝群 ( $0.15 \pm 0.26^\circ$ ) と内反膝群および外反膝群間には有意差はみられなかった (Fig. 3-b)。全ての群で立脚中期の25%付近で股関節角度が小さくなるものの、立脚終期に向かい股関節角度が大きくなる傾向がみられた (Fig. 4-b)。

## 3) 6 km/h における各群の股関節角度

内反膝群 ( $-1.45 \pm 0.54^\circ$ ) が正常膝群 ( $-2.5 \pm 0.81^\circ$ ) および外反膝群 ( $-2.56 \pm 1.42^\circ$ ) と比較して高値を示した (Fig. 3-c)。しかし、他の群間には有意差はみられなかった。また、立脚中期から立脚終期への股関節角度の推移をみると、内反膝群は股関節角度の減少角度が最も少なく、外反膝は最も減少する傾向がみられた (Fig. 4-c)。

## IV. 考 察

### 1. 膝アライメント歩行周期

歩行時に一側の踵が床に接地し、もう一度同側の踵が床に接地するまでの周期を歩行周期という<sup>20)</sup>。歩行周期は、健常成人の場合、おおよそ立脚期が60%、遊脚期が40%占めている<sup>20)</sup>。また、歩行速度による立脚期と遊脚期の関係は、歩行速度が速くなるとその合計時間は短く、遅くなると延長することが報告されている<sup>23)</sup>。膝 OA 群では、健常膝群と比較すると、歩行速度、ケイデンスの減少<sup>24), 25)</sup>、ストライド時間、両脚支持時間、立脚期全体の時間の延長が報告されている<sup>25)</sup>。これまでの報告では、既に内反変形を呈した膝 OA 群や、健常者であっても膝アライメントを考慮していない被験者を対象とした歩行分析が中心であり、膝に既往症のない健常膝の被験者を対象に膝アライメントの違いが歩行周期各相にどのような影響をもたらすのかを検討した研究はない。本研究では、2km/h の歩行時に外反膝群の立脚中期が、内反膝群よりも高い割合を示しており、立脚期に膝関節が内側へ偏移する内側 thrust がみられる可能性がある。4km/h、6km/h においては、外反膝群が正常膝群および内反膝群よりも、立脚中期の割合が高くなっており、静的膝アライメントが歩行周期各相の割合に特徴的な影響をもたらしていることが分かった。

### 2. 膝アライメントと股関節角度の関係

非接触型の前十字靭帯（ACL）損傷の発生機序として、バスケットボールやハンドボールなどの球技における急停止やカット動作、方向転換時の膝関節の Knee-in が指摘されている<sup>26), 27)</sup>。この ACL 損傷は、着地後0.03秒～0.05秒の間に衝撃が最も高くなることが報告されており<sup>28)</sup>、その時間において Knee-in の肢位となるような場合に ACL 損傷のリスクが高くなる<sup>29)</sup>ことが報告されている。このように、ACL 損傷を引き起こす場合接地後非常に短時間での knee-in となるため、既に着地前の動作から Knee-in を誘発する姿勢となっていることが指摘されている<sup>30)</sup>。そのため、着地の際に習慣的に knee-in となる集団は、ACL 損傷の受傷率が高いことが報告されている<sup>31)</sup>。ACL 損傷の発生機序には動

作時の Knee-in が影響しており、この knee-in を誘発する内的な要因として膝アライメントが関係している<sup>9)</sup>。つまり、ジャンプや方向転換などの運動時の着地動作のみならず、日常的な歩行動作においても、膝アライメントの違いが特徴的な動的アライメントを誘発する可能性がある。2 km/h の歩行では、外反膝群の股関節角度は、立脚中期の間ほとんど角度の変化がみられない。しかし、通常の歩行速度である 4 km/h では、外反膝群の股関節角度は正常膝および内反膝と同様の角度推移がみられるが、6 km/h では立脚中期の最終局面では、最も低値を示している (Fig. 4-b)。つまり、外反膝群は他の膝アライメント群よりも膝関節が内側に偏移していることを表しており、立脚中期における内側 thrust を裏付けるものであると考えられる。そのため、歩行における着地時においても外反膝群は、膝関節が内側に動揺する可能性があるため、運動時の Knee-in についてはより注意を払う必要がある。

## V. ま と め

本研究では、膝アライメントの違いが速度の異なる歩行時にどのような影響がみられるかを調べた。

通常歩行 (4 km/h) および高速歩行 (6 km/h) では、外反膝群は正常膝群および内反膝群と比較して、立脚中期の割合が高くなり、立脚終期の割合が低くなった。

また、高速歩行 (6 km/h) 時の立脚中期では、外反膝群の股関節角度が正常膝群および内反膝群よりも有意に低値を示し、また、立脚中期終盤においても他群と比較して有意に低値を示した。

以上より、静的膝アライメントは歩行に影響を及ぼし、特に外反膝は歩行の速度を上げると立脚中期において膝関節が内側に偏移することが明らかになった。そのため、外反膝の場合、歩行やスポーツの際には knee-in に注意をする必要がある。

## 引用文献

- (1) 総務省：平成23年社会生活基本調査. 2012.
- (2) Hakim A. A., Curb J. D., Petrovitch H. et al: Effects of walking on coronary heart disease in elderly men: the Honolulu Heart Program. *Circulation*, 1999; 100: 9-13.
- (3) Lee I. M., Rexrode K. M., Cook N. R., Manson J. E. Buring J. E.: Physical activity and coronary heart disease in women: is "no pain, no gain" passé? *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 2001; 285: 1447-54.
- (4) Manson J. E., Hu F. B., Rich-Edwards J. W. et al: A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in the prevention of coronary heart disease in women. *The New England journal of medicine.*, 1999; 341: 650-8.
- (5) Wang G., Zheng Z. J., Heath G., Macera C., Pratt M., Buchner D.: Economic burden of cardiovascular disease associated with excess body weight in U.S. adults. *American journal of preventive medicine* , 2002; 23: 1-6.
- (6) Salis J. F., Hovell M. F., Hofstetter C. R., et al: Lifetime history of relapse from exercise. *Addictive behaviors*, 1990; 15: 573-79.
- (7) Weinberg R. S. and Gould D.: Exercise behavior and adherence. In *Foundation of sport and exercise psychology*. 2nd ed., Human kinetics, Champaign(IL), 1999.
- (8) Dishman R. K.: Compliance/ adherence in Health-related exercise. *Health psychology*, 1982; 1: 237-67.
- (9) Raglin J. S. and Wilson M.: State anxiety following 20 minutes of bicycle ergometer exercise at selected intensities. *International journal of sports medicine*, 1996; 17: 467-71.
- (10) Sogabe A: Influence of Difference in Knee Alignment on Site of Pain and Psychological State after Long-Distance Walking. *Physical Activity Review* 2013; 1: 1-9.
- (11) 厚生労働省：平成25年国民生活基礎調査の概況. 2014.
- (12) Yoshimura N: Epidemiology of osteoarthritis in Japan: the ROAD study. *Clin Calcium*. 2011; 21(6): 821-5.
- (13) Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD.: The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA*. 2001; 286(2): 188-95.
- (14) Roddy E1, Zhang W, Doherty M, Arden NK, Barlow J, Birrell F, Carr A, Chakravarty K, Dickson J, Hay E, Hosie G, Hurley M, Jordan KM, McCarthy C, McMurdo M, Mockett S, O'Reilly S, Peat G, Pendleton A, Richards S.: Evidence-based recommendations for the role of exercise in the management of osteoarthritis of the hip or knee—the MOVE consensus. *Rheumatology (Oxford)*. 2005; 44(1): 67-73.

- (15) Hunter DJ, Zhang Y, Niu J, et al.: Structural factors associated with malalignment in knee osteoarthritis: the Boston osteoarthritis knee study. *J Rheumatol.* 2005; 32: 2192-99.
- (16) Sogabe A, Kitaoka M, Yamasaki S, Katsura Y, Ikarugi C, Mizusawa K, Ito K: A classification of the knee alignment of university student's using a simple evaluation. *Bulletin of Education and Research Center for Sport and Health Sciences in Konan Univ.* 2009; 17: 21-5.
- (17) Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR: The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1999; 27(6): 699-706.
- (18) Kettelkamp DB, Wenger DR, Chao EY, Thompson C.: Results of proximal tibial osteotomy. The effects of tibiofemoral angle, stance-phase flexion-extension, and medial-plateau force. *J Bone Joint Surg Am.* 1976; 58(7): 952-60.
- (19) Chao, E. Y. S., E. V. D. Neluheni, R. W. W. Hsu, and D. Paley.: Biomechanics of malalignment. *Orthop. Clin. North Am.* 1994; 25: 379-86.
- (20) Andriacchi, T. P.: Dynamics of knee malalignment. *Orthop. Clin. North Am.* 1994; 25: 395-403.
- (21) Murray MP, Drought AB, Kory RC.: Walking Patterns of Normal Men. *J Bone Joint Surg Am.* 1964; 46: 335-60.
- (22) Perry J: *Gait Analysis; Normal and Pathological Function.* Downey, CA, SLACK Inc, 1992.
- (23) Andriacchi TP, Ogle JA, Galante JO.: Walking speed as a basis for normal and abnormal gait measurements. *J Biomech.* 1977; 10(4): 261-8.
- (24) Chen CP, Chen MJ, Pei YC, Lew HL, Wong PY, Tang SF.: Sagittal plane loading response during gait in different age groups and in people with knee osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003; 82(4): 307-12.
- (25) Gök H, Ergin S, Yavuzer G.: Kinetic and kinematic characteristics of gait in patients with medial knee arthrosis. *Acta Orthop Scand.* 2002; 73(6): 647-52.
- (26) Arendt E, Dick R: Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. *Am J Sports Med.* 1995; 23(6): 694-701.
- (27) Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al.: Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injury in team handball: A systematic video analysis. *Am J Sports Med.* 2004; 32(4): 1002-12.
- (28) Nigg BM, Liu W.: The effect of muscle stiffness and damping on simulated impact force peaks during running. *J Biomech.* 1999; 32(8): 849-56.

- ②9) Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, et al.: Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball. *Am J Sports Med*, 2007; 35(3): 359-67.
- ③0) Ogasawara I, Miyakawa S, Park S: Static based approach to evaluate the effect of landing postures on knee frontal plane moment in single leg landing: Implications for determining the risk –elevating movement for anterior cruciate ligament injury. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Mid.* 2010; 59: 495-504.
- ③1) Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P.: Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005; 33(4): 492-501.
- ③2) Nguyen AD, Boling MC, Levine B, et al.: Relationships between lower extremity alignment and the quadriceps angle. *Clin J Sport Med*, 2009; 19(3): 201-6.

## 研究者紹介

曾我部 晋 哉 (甲南大学スポーツ・健康科学教育研究センター准教授)

才 脇 直 樹 (奈良女子大学生生活環境学部教授)

2017年(平成29年)2月28日 発行

甲南大学総合研究所

神戸市東灘区岡本8丁目9番1号 (〒658-8501)

(非売品)