

下肢スポーツ障害の予防と動作の見方

医療法人社団 SEISEN 清泉クリニック整形外科

尾崎 純 嵩下敏文 脇元幸一

Key words 運動連鎖 関節モーメント 脊柱機能障害

はじめに

スポーツにおいて、1回の大きな外力によって発生したものが「スポーツ外傷」、繰り返す小さな外力によって発生したものが「スポーツ障害」であり、外傷であれば教科書的な治療によってその多くは対処が可能である。一方、繰り返す外力がその組織の強度や耐久性を上回った場合に発生するスポーツ障害においては、それぞれのスポーツ動作によって生じる外力(外的要因)と、身体組織の強度・耐久性の不足やアライメント異常などといった選手個々の問題によって生じた外力(内的要因)の両面を捉える必要がある¹⁾。特に下肢スポーツ障害は、荷重下の「下肢関節」と「骨盤帯-体幹(内定要因)」の位置により、大きな力学的関節ストレスが繰り返される場合に形成される。本稿では、下肢スポーツ障害の内的要因を力学的な視点から捉え、その評価と治療・予防について解説する。

運動連鎖(運動力学的連鎖)からみた特性

ヒトの動作は多関節運動が基本であり、ある関節で起きた運動は、連鎖して隣接関節にまで波及する。この概念は、運動連鎖^{註1)}として機械工学系の連結理論に使用されていたものが医学分野の生体力学解析に応用されたものである²⁾。近年では、

関節運動学的な新しい枠組みが付与され、関節を介して波及する体節間の運動相互作用(関節運動連鎖)や、目的運動を実行するための筋活動の順序性(筋の収縮連鎖)なども運動連鎖として認識される。こうした新しい概念枠組みは、臨床における障害形成の捉え方をこれまでの限局した局所的視点から、姿勢や動作といった全身的視点へとシフトしなければならないことを示している³⁾。

身体運動における運動連鎖の特性には力学的ストレスが関与し、そこには関節モーメントが発生する。関節モーメントとは、関節の運動軸のまわりで生じる回転力のことであり、作用した力と関節中心から作用線までの最短距離との積で規定される⁴⁾。一連の動作において身体に発生する関節モーメントは、筋トルク、重力トルク、相互作用トルクに加えて接触部分からの反力が関与を示す。ランニングやジャンプ動作といった下肢への力学的ストレスと接地衝撃は、下肢の剛性や接地前後の神経筋活動でのコントロールのみならず、骨盤帯(骨盤・股関節)と脊柱を含めた複合体の位置関係や神経筋活動の運動連鎖によって増減することを理解しなければならない⁵⁻⁸⁾。

1. 骨盤帯-脊柱と関節モーメント

骨盤帯と脊柱の運動連鎖を理解するには Jackson ら⁹⁻¹¹⁾が定義する矢状面での骨盤帯と脊柱の関係性が手がかりとなる。脊柱矢状面アライメント(sagittal spinopelvic alignment)において、第7椎

註1：運動学的連鎖(kinematics chain)と運動力学的連鎖(kinetics chain)としての意味合いが混同して運動連鎖として用いられることが多い。荷重下での障害特性を捉えるには力学的意味合いを理解する必要がある。ここでは運動力学的連鎖を運動連鎖として示す。

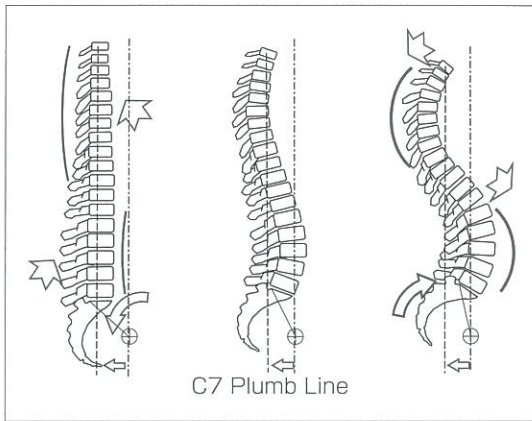


図 1 Compensate sagittal balance
 正常な脊柱代償機能であれば、骨盤が前後傾しても C7PL は hip axis のやや後方を通る。

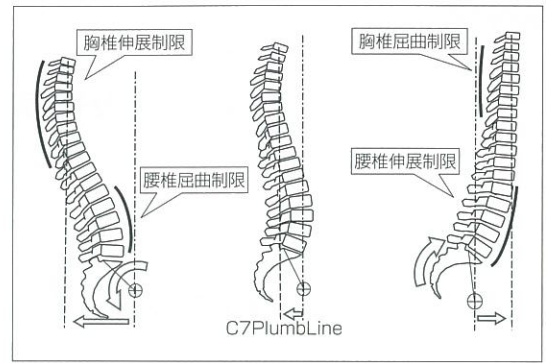


図 2 Decompensate sagittal balance
 異常な脊柱代償機能では、骨盤が前後傾すると C7PL は hip axis の大きく後方または前方を通る。

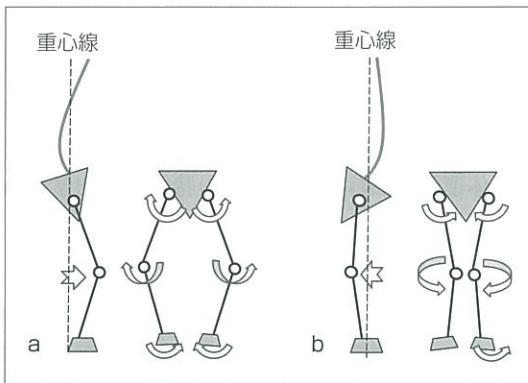


図 3 脊柱-下肢運動連鎖
 a: 腰椎後彎・骨盤後傾, b: 腰椎前彎・骨盤前傾。

体中央から下ろした鉛直線(C7 plumb line : C7PL)が hip axis(左右の臼蓋中心点を結んだ中点)のどの位置を通るかを判定し、良好な状態を compensate sagittal balance, 不良な状態を decompensate sagittal balance として捉える。この考えは、hip axis を中心とした骨盤の前方あるいは後方への回旋と脊柱代償機能の関係性について提唱した概念である。

1) Compensate sagittal balance

骨盤の前後傾変化に対して、C7PL は hip axis のやや後方を通る(図 1)。これは脊柱にて代償された理想的なバランスであり、脊柱と下肢関節の配列がほぼ重心線に一致することで、各関節に発生する関節モーメントは最小限に止められる¹²⁾。

2) Decompensate sagittal balance

骨盤の前後傾変化に対して、C7PL は hip axis の大きく後方または前方を通る。これは脊柱の代償機能が不十分な場合に C7PL が変位し、脊柱と下肢関節の配列が重心線から変位することで各関節に大きな関節モーメントを発生させることにより生じる^{13,14)}(図 2)。

2. 下肢-脊柱と関節モーメント

股関節障害を有する症例は、腰痛や下肢痛などの腰椎疾患・症状を併発しているケースが多いことから、股関節症と脊椎症が互いに影響を及ぼし合っ て障害を形成する(hip-spine syndrome)^{15~18)}。また、膝関節障害の発症・進行に脊柱が関与し、脊椎と膝関節が互いに影響を及ぼし合っ て障害を形成する(knee-spine syndrome)^{19~21)}。それぞれの障害形成には、脊柱後彎に伴う骨盤後傾姿勢の動作で起こる股関節-伸展・外転・外旋、膝関節-屈曲・内反位への変化と、脊柱前彎に伴う骨盤前傾姿勢の動作で起こる股関節-屈曲・内転・内旋、膝関節-伸展・外反位への変化(図 3)という下肢と脊柱の運動連鎖をもとに病態解釈がなされている。これらに共通することは、脊柱の機能障害によって関節中心と作用線の変化を生じ、この変化によって各関節に関節モーメントが増大したことを示している。

脊柱機能障害の評価

下肢-骨盤帯-脊柱の運動連鎖から伺えることは、脊柱の機能障害によって関節中心と作用線の変化を生じ、関節モーメントが増大することである。つまり、下肢スポーツ障害の発生には脊柱機能が密接に関与することを踏まえ、筆者らが臨床で実践する脊柱機能評価例を紹介する。

1. 骨盤前傾・脊柱前彎運動の制限

骨盤後傾・脊柱後彎位にある場合(図4)、日常生活・スポーツ動作において骨盤後傾位が強調されやすい。図5の評価が陽性となる場合には、脊柱前彎および骨盤前傾方向への運動が制限され、股関節は伸展・外旋、膝関節は内反・屈曲位、足関節～足部は背屈・回外位が日常的に優位となる²²⁾。そのため、制御にかかわるハムストリングス(特に半腱様筋、半膜様筋)、薄筋、股外旋六筋

(特に梨状筋)の緊張が高まりやすく、骨盤後傾筋群の過緊張から straight leg raising(SLR), finger floor distance(FFD), 股関節内旋において柔軟性

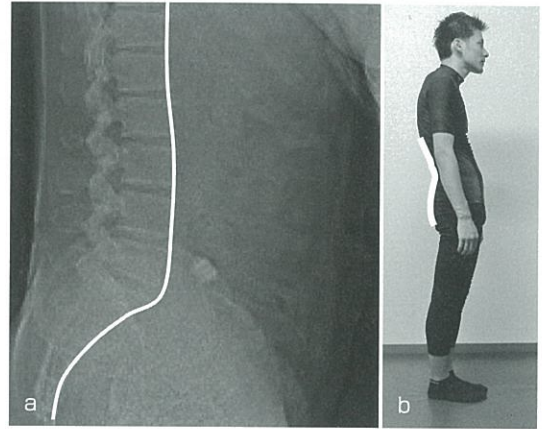


図4 骨盤帯前傾・脊柱前彎運動の制限
a: X線画像, b: 立位姿勢。

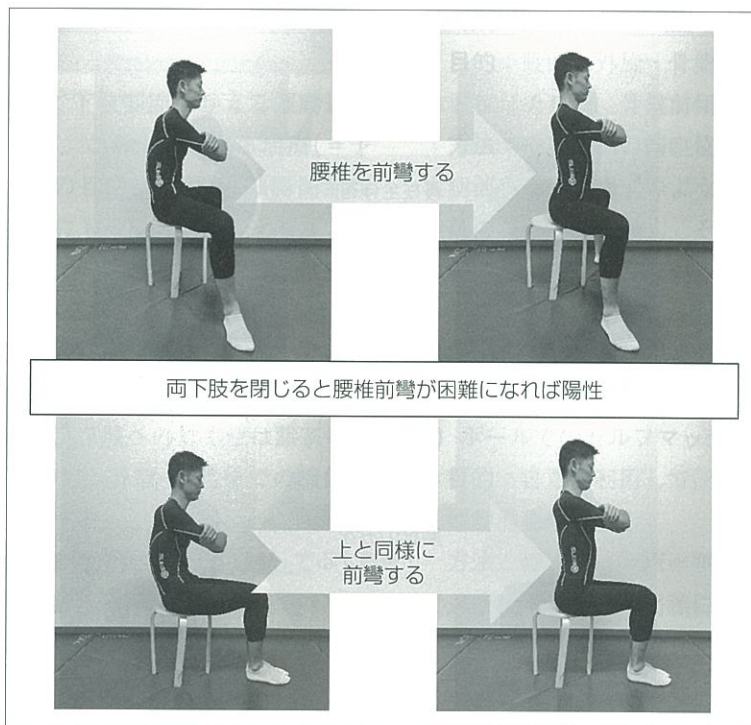


図5 骨盤帯前傾・脊柱前彎運動制限の評価

両上肢を胸の前で組み、可能な限り開脚した端座位で両膝は90°屈曲位となり腰椎前彎・骨盤前傾運動を行う。次に、両大腿部をつけた端座位となって、再び腰椎前彎・骨盤前傾運動を行う。両肢位での腰椎前彎・骨盤前傾運動ができる限り相違なく行えることが望ましい。両下肢を閉じると腰椎前彎・骨盤前傾運動が困難になれば陽性であり、柔軟性低下と判断する。

低下を示す。

2. 骨盤後傾・脊柱後彎運動の制限

骨盤過前傾・脊柱前彎位にある場合(図6)、日

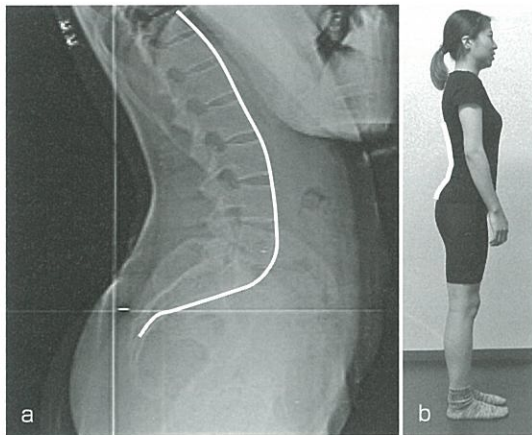


図6 骨盤帯後傾・脊柱後彎運動の制限
a: X線画像, b: 立位姿勢。

常生活・スポーツ動作において骨盤前傾位が強調されやすい。図7の評価が陽性となる場合には、脊柱後彎および骨盤後傾方向への運動が制限され、股関節は屈曲・内旋、膝関節は外反・伸展位、足関節～足部は底屈・回内位が日常的に優位となる²²⁾。そのため、制御にかかわるハムストリングス(特に大腿二頭筋)、大腿四頭筋、股関節内旋筋である小・中殿筋・大腿筋膜張筋とそれらが付着する腸脛靭帯の緊張が高まりやすく、Thomas test, Ober test, Ely test(またはheel buttock distance)、股関節外旋において柔軟性低下を示す。

3. 混合型

図5、図7の評価法がいずれも陽性となった場合、下肢の外反-伸展制御、内反-屈曲制御がともに出現しやすい。そのため、SLR, Ely testなど腰椎前後彎・骨盤前後傾の運動制限が混在して柔軟性低下を示すようになる。

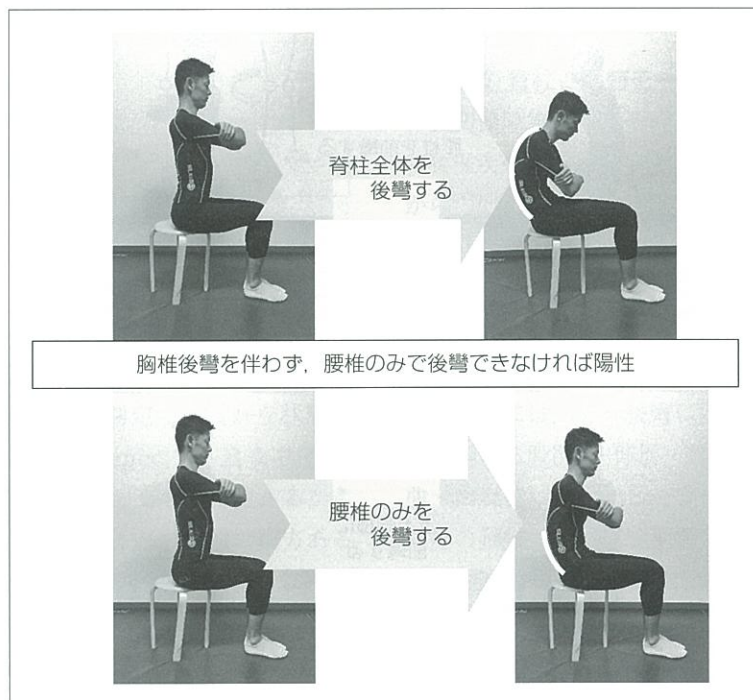


図7 骨盤帯後傾・脊柱後彎運動制限の評価

両上肢を胸の前で組み、両大腿部を閉じた端座位となり脊柱全体を後彎させながら骨盤を後傾させる。いったん、端座位に戻る。次に胸椎後彎をできるだけ制限し、腰椎後彎および骨盤後傾する。両運動での腰椎後彎・骨盤後傾ができる限り相違なく行えることが望ましい。胸椎後彎運動を伴わず、腰椎後彎・骨盤後傾が困難になれば陽性であり、柔軟性低下と判断する。

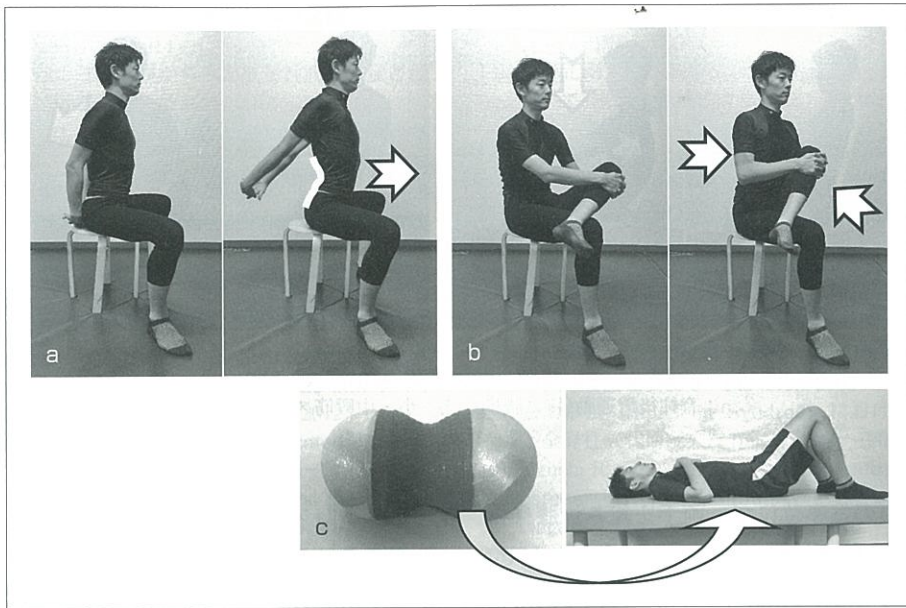


図 8 骨盤前傾・脊柱前彎運動の回復手法
a: 胸張り運動, b: 梨状筋ストレッチ, c: セルフマッサージ。

治療・予防法

骨盤-脊柱評価にて下肢関節に与える運動連鎖を推論できたならば、これから述べる治療(=予防)を実践する。その目的は、骨盤(仙腸関節含む)-脊柱がどの方向にも十分に可動性を有することが可能となり、かつ半永久的(せめて現役選手の期間中)に維持できることである。それには、単に運動方法の指導のみならず、定期的な柔軟性チェックが必須であり、最終的には自己管理できるように指導を行う。下肢への対処法は諸家ら多くの報告に譲るとして、骨盤-脊柱までの機能回復手法を以下に紹介する。

1. 骨盤前傾・脊柱前彎運動の制限に対して

1) 胸張り運動(図 8a)

目的: 脊柱全体の伸展運動を利用して脊柱の前彎運動を改善する。

方法: 可能な限り開脚した端座位となる。その後、両手を背部で握り、両肘を伸展しながら両肩甲骨を内転させて脊柱伸展運動を行う。その際、特に「へそを前方に突き出す」意識をもたせて脊柱前彎運動を促通する。

2) 梨状筋ストレッチ(図 8b)

目的: 股関節外旋・骨盤後傾筋である梨状筋をストレッチして、骨盤前傾運動を改善する。

方法: やや浅めの端座位にて、片脚を反対側の大腿部へ乗せて胡坐のようになる。その後、乗せた側の膝を両手で抱え、その膝を胸部の中央~反対側に近づけるように引き付けて梨状筋を伸張する。その際、脊柱伸展・骨盤前傾を同時に行い、痛みが出現しない範囲でのストレッチを実施し、また開始肢位へと戻る。

3) ボールでのセルフマッサージ(図 8c)

目的: 自重を利用して、腰椎前彎運動の可動域を他動的に改善する。

方法: 硬式テニスボール2つをテーピングなどで連結し、ボールの間隙に腰椎棘突起を当てるようにして背臥位・両膝屈曲約90°にて深呼吸を行う。または、骨盤を左右に軽く回旋させて左右の腰椎椎間関節に交互にボールを押し当てる。

2. 骨盤後傾・脊柱後彎運動の制限に対して

1) 脊柱後彎運動(図 9a)

目的: 脊柱起立筋・多裂筋を伸張し、脊柱の後彎可動性を改善する。

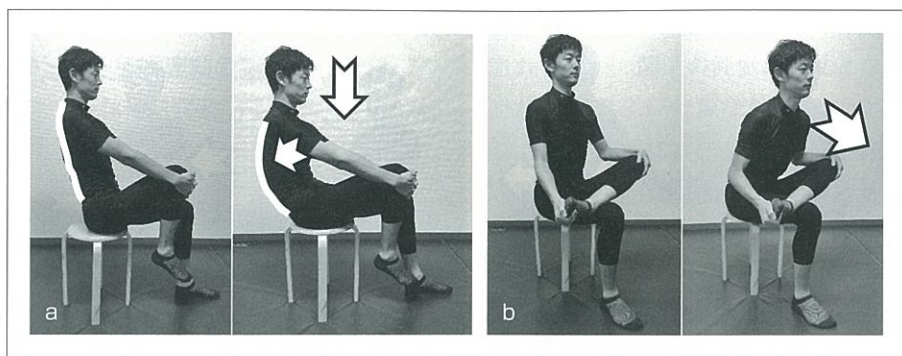


図9 骨盤後傾・脊柱後彎運動の回復手法
a: 脊柱後彎運動(特に腰椎), b: 小・中殿筋ストレッチ。

方法: 浅めの端座位にて、両手を組み片膝に掛ける。その後、掛けた膝を下げようとする事で、両上肢を前方へと牽引し、肩甲骨の外転と同時に胸腰椎を後彎する。特に上半身の後傾角度を大きくすることで脊柱後彎刺激を高めやすい。

2) 股関節内旋筋ストレッチ(図9b)

目的: 小・中殿筋をストレッチして、股関節内旋筋群の緊張を改善する。

方法: やや浅めの端座位にて、片脚を反対側の大腿部へ乗せて胡坐のようになる。その後、背すじを伸ばした姿勢をとり、その姿勢のまま骨盤～上半身を前傾させる。殿部～大腿後外側面に痛みが出現しない範囲でのストレッチを実施し、また開始肢位へと戻る。

これらの運動を行う際のリスク回避として、①痛みを伴わないこと、②連続して何十回も繰り返さないこと(2~3回を1セットとして、セット間にインターバルを必ず設ける)、③何十秒も伸ばさないことを指導する。これらのリスク管理を行って行けば、一日中頻繁に行うことが望ましいと指導し、柔軟性の定期的なチェック、治療成果の確認、異常の早期発見へとつなげる。これらの体操・ストレッチ前後で、股関節～大腿部の筋群の柔軟性評価を行い、その効果確認を欠かさないよう留意することが重要である。

脊柱機能障害を有している状態では、下肢スポーツ障害のみならず外傷の発生率を高める。そればかりか、その後の生活においても患部への力

学的ストレスが生じ続けるため、当然ながら治癒を遷延させる可能性も高くなる。さらには、何らかの手術を行わなければならない場合にも悪影響を与え、後療法のバリエーションを生じる要因になり得る。

おわりに

本稿では下肢-骨盤帯-脊柱の運動連鎖と関節モーメントに着目して下肢スポーツ障害を論じた。障害には発生すべき原因があり、またその原因にもそれを起こし得る背景がある。なぜそのような身体(下肢-骨盤帯-脊柱)機能障害に至ったかについて多くの症例で検討することが障害予防の発展につながる。本稿では誌面の都合上、下肢スポーツ障害の内的因子に焦点を絞って解説してきたが、他の障害でも共通した原因追究が可能であり、また別の機会には、その点まで言及したいと思う。

最後に、本稿が下肢スポーツ障害で悩んでいる選手や愛好家、その治療に対峙する理学療法士の一助になれば幸いである。

文献

- 1) 吉矢晋一、他: 膝スポーツ障害の治療と予防-関節内障害. 臨床スポーツ医学 32: 392-397, 2015
- 2) Steindler A: Kinesiology of the Human Body under Normal and Pathological Conditions, 5th ed. Charles C Tomas, Springfield, 1995

- 3) 石井慎一郎：バイオメカニクスからみた運動連鎖。理学療法 **31**：788-797, 2014
 - 4) 加藤 浩，他：運動連鎖からみた変形性股関節症と理学療法。理学療法 **31**：816-828, 2014
 - 5) Jamison ST, et al：The effects of core muscle activation on dynamic trunk position and knee abduction moments：implications for ACL injury. J Biomech **46**：2236-2241, 2013
 - 6) Kristianslund E, et al：Sidestep cutting technique and knee abduction loading：implications for ACL prevention exercises. Br J Sports Med **48**：779-783, 2014
 - 7) Mizner RL, et al：Muscle strength in the lower extremity does not predict post-instruction improvements in the landing patterns of female athletes. J Orthop Sports Phys Ther **38**：353-385, 2012
 - 8) Souhard J, et al：Comparison of estimated anterior cruciate ligament tension during a typical and flexed knee and hip drop landing using sagittal plane knee modeling. Int J Sports Med **33**：381-385, 2012
 - 9) Jackson RP, et al：Congruent spinepelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers. Spine **25**：2808-2815, 2000
 - 10) Jackson RP, et al：Lumbopelvic lordosis and pelvic balance on repeated standing lateral radiographs of adult volunteers and untreated patients with constant low back pain. Spine **25**：575-586, 2000
 - 11) Jackson RP, et al：Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. Spine **19**：1611-1618, 1994
 - 12) 中村隆一，*他：基礎運動学，第6版補訂。pp347-377，医歯薬出版，2003
 - 13) 井野正剛，他：胸椎矢状面 alignment と flexibility について 座位前屈位による評価。J Spine Res **2**：1735-1739, 2011
 - 14) 金村徳相：脊椎からみた hip-spine syndrome—矢状面アライメントの評価。関節外科 **23**：524-534, 2004
 - 15) Offierski CM, et al：Hip-spine syndrome. Spine **8**：316-321, 1983
 - 16) 奥田鉄人，他：変形性股関節症が腰椎矢状面アライメントおよび腰椎椎間板に与える影響について。日脊椎脊髄病会誌 **17**：169-170, 2006
 - 17) 古賀大介，他：腰椎変性後彎と変形性股関節症進行の関係。日腰痛会誌 **9**：142-145, 2003
 - 18) 松山幸弘：Hip-Spine Syndrome における腰仙椎後彎と全脊柱矢状面配列。脊椎脊髄 **22**：706-713, 2009
 - 19) Tauchi R, et al：Influence of spinal imbalance on knee osteoarthritis in community-living elderly adults. Nagoya J Med Sci **77**：329-337, 2015
 - 20) Murata Y, et al：The knee-spine syndrome Association between lumbar lordosis and extension of the knee. J Bone Joint Surg Br **85**：95-99, 2003
 - 21) 町田正文，他：人工膝関節全置換術前後の矢状面アライメント—spine-hip-knee syndrome。整形外科 **56**：1251-1255, 2005
 - 22) 山崎 勉，他(編)：整形外科理学療法の理論と技術。メジカルビュー社，1997
- (Jun Ozaki, et al 医療法人社団 SEISEN 清泉クリニック 整形外科：☎ 411-0904 静岡県駿東郡清水町柿田 191-1)

◎理学療法ジャーナル/バックナンバーと特集テーマのご案内

過去2年分のバックナンバーは当社に在庫がございますので、ご入用の際は弊社販売部(☎ 03-3817-5660 FAX 03-3815-7804)までお申し込みください。それ以前の号については東亜ブック(☎ 171-0014 東京都豊島区池袋 4-13-4 ☎ 03-3985-4701 FAX 03-3985-4703 e-mail：st@toabook.com URL：http://www.toabook.com/)にお問い合わせください。

[第48巻(2014年)]

- 第6号 臨床実習教育の実態と展望
- 第7号 股関節の運動機能と評価方法
- 第8号 慢性腎臓病と理学療法
- 第9号 脳卒中片麻痺患者の体性感覚障害と理学療法
- 第10号 安全管理
- 第11号 脊髄・脊椎疾患と理学療法
- 第12号 認知行動療法

[第49巻(2015年)]

- 第1号 姿勢と歩行—理学療法士の診るべきこと
- 第2号 障害者権利条約の実現と理学療法

- 第3号 大規模災害の支援・防災活動—大震災からの学び
- 第4号 世界の理学療法—激動のAsia Pacific地区の現状と今後
- 第5号 頭頸部および肩凝りに対する理学療法
- 第6号 急性期からの理学療法
- 第7号 慢性期の理学療法—目標設定と治療・介入効果
- 第8号 地域包括ケアシステムの構築に向けて
- 第9号 脳機能回復と理学療法
- 第10号 歩行支援機器による歩行 up to date
- 第11号 地域包括ケアシステムと小児理学療法
- 第12号 理学療法士界における継往開来

[第50巻(2016年)]

- 第1号 理学療法50年の変遷/これまでの10年とこれからの10年/理学療法の50年に寄せて
- 第2号 最新の糖尿病治療と運動療法
- 第3号 TENS
- 第4号 理学療法からみた「予防」の取り組みと効果