

Effects of Early Muscle Strengthening of Hip Abductor and Adductor Muscles after Surgery for Pelvic Fracture

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2010-01-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 久保田, 雅史, 小久保, 安朗, 佐々木, 伸一, 嶋田, 誠一郎, 北出, 一平, 松村, 真裕美, 亀井, 健太, 北野, 真弓, 野々山, 忠芳, 鯉江, 祐介, 松尾, 英明, 成瀬, 廣亮, 小林, 茂, 馬場, 久敏, KUBOTA, Masafumi, KOKUBO, Yasuo, SASAKI, Shinichi, SHIMADA, Seiichiro, KITADE, Ippei, MATUMURA, Mayumi, KAMEI, Kenta, KITANO, Mayumi, NONOYAMA, Tadayoshi, KOIE, Yusuke, MATUO, Hideaki, NARUSE, Hiroaki, KOBAYASHI, Shigeru, BABA, Hisatoshi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/2379

骨盤骨折患者に対する骨接合術後早期からの 内外転筋力強化運動の効果

Effects of Early Muscle Strengthening of Hip Abductor and Adductor Muscles after Surgery for Pelvic Fracture

久保田雅史^{1,2)} 小久保安朗³⁾ 佐々木伸一¹⁾ 嶋田誠一郎¹⁾ 北出 一平¹⁾
松村真裕美¹⁾ 亀井 健太¹⁾ 北野 真弓¹⁾ 野々山忠芳¹⁾ 鯉江 祐介¹⁾
松尾 英明¹⁾ 成瀬 廣亮¹⁾ 小林 茂³⁾ 馬場 久敏³⁾

MASAFUMI KUBOTA, RPT^{1,2)}, Yasuo KOKUBO, MD³⁾, SHINICHI SASAKI, RPT¹⁾, SEIICHIRO SHIMADA, RPT¹⁾,
IPPEI KITADE, RPT¹⁾, MAYUMI MATUMURA, RPT¹⁾, KENTA KAMEI, RPT¹⁾, MAYUMI KITANO, RPT¹⁾,
TADAYOSHI NONOYAMA, RPT¹⁾, YUSUKE KOIE, RPT¹⁾, HIDEAKI MATUO, RPT¹⁾, HIROAKI NARUSE, RPT¹⁾,
SHIGERU KOBAYASHI, MD³⁾, HISATOSHI BABA, MD³⁾

¹⁾ Division of Physical Therapy and Rehabilitation Medicine, University of Fukui Hospital: Matsuoka Shimoaizuki 23-3, Eiheiji, Fukui 910-1193, Japan. TEL +81 776-61-8480

²⁾ Graduate School of Medical Sciences, University of Fukui

³⁾ Department of Orthopaedics and Rehabilitation Medicine, University of Fukui Faculty of Medical Sciences

Rigakuryoho Kagaku 24(6): 873-878, 2009. Submitted Jun. 3, 2009. Accepted Jul. 22, 2009.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to clarify the effects of muscle strengthening of hip abductor and adductor muscles just after surgery on gait at discharge. [Subjects and Methods] Subjects were twelve patients who had open reduction and internal fixation (ORIF) for unstable unilateral fractures of the pelvis. Six patients started muscle strengthening exercises at two weeks after surgery (regular rehabilitation group, RR), and another six patients started muscle strengthening of hip abductor and adductor muscles at two or three days after surgery (early rehabilitation group, ER). All patients were assessed for free gait without a cane when they were discharged from hospital. Gait analysis was performed using the VICON 370 system with six cameras and four force plates. [Results] Walking speed, step length and cadence showed no significant differences between the two groups. The hip abductor moment of the ER group was significantly higher than that of the RR group. [Conclusion] Our results suggest that early muscle strengthening of hip abductor and adductor muscles might improve hip abductor moment at discharge.

Key words: pelvic fracture, muscle strengthening, gait analysis

要旨:〔目的〕本研究の目的は、術後早期から股関節内外転筋力強化運動を重点的に行うことで、退院時の歩容に影響があるかを明らかにすることとした。〔方法〕対象は2005年1月から2007年12月までの期間で骨盤骨折を受傷し、当院にて骨接合術を施行した12例とした。術後2週目より骨折側の筋力強化を開始した6例を標準リハ群、術後2-3日後より筋力強化を開始した6例を早期リハ群とした。全荷重可能となった退院時に三次元動作解析装置を用いて歩行解析を行い、群間における歩行速度、歩幅、ケイデンス、股関節外転モーメントを比較した。〔結果〕歩行速度、歩幅、ケイデンスは群間に有意差は見られなかったが、早期リハ群の立脚期股関節外転モーメントは標準リハ群と比較して有意に高値を示していた。〔結語〕本研究の結果より、術後早期からの股関節内外転筋力強化運動によって退院時の歩行能力が改善される可能性が示された。

キーワード: 骨盤骨折, 運動療法, 歩行解析

¹⁾ 福井大学医学部附属病院 リハビリテーション部: 福井県吉田郡永平寺町松岡下合月23-3 (〒910-1193) TEL 0776-61-8480

²⁾ 福井大学 医学部大学院医学系研究科 ³⁾ 福井大学 医学部器官制御医学講座整形外科学領域

受付日 2009年6月3日 受理日 2009年7月22日

I. 緒言

骨盤骨折は交通事故や転落といった高エネルギーの外力によって受傷するため、肺挫傷、頭部外傷、大量出血などに対する初期治療が優先され、全身状態が安定した後に骨盤骨折に対する治療が行われる。近年、骨盤骨折に対する骨接合術 (open reduction and internal fixation; ORIF) の発展により、治療期間の短縮や良好な予後が報告されている^{1,2)}。しかし、骨盤骨折に対するORIFは、股関節周囲筋群が広範囲に侵襲される^{3,4)}。さらに術前の全身管理を含めた周術期の安静期間は長く、社会復帰後も筋力低下や歩行障害が残存することが知られている⁵⁻⁷⁾。

歩行解析装置は歩行を客観的に評価し、手術効果やリハビリテーション効果を検証する一手段として用いられてきた⁸⁾。先行研究において、歩行解析を用いて骨盤骨折患者と同世代健康人の歩行を比較した結果、社会復帰後も歩行中の股関節外転モーメントが低下していたことを報告した⁹⁾。歩行中の股関節外転モーメントの低下は、対側変形性膝関節症の危険因子であること^{10,11)}や、股関節局所応力を増加させること¹²⁾が報告されており、社会復帰後も股関節外転モーメントが低下したままであることは重大な問題であると考えられる。

骨盤骨折再建術後の理学療法では、筋力低下や歩行障害を最小限にとどめることが重要となるが、術後理学療法の効果に関する報告は我々が探した限り見つからなかった。Ohら¹³⁾は3ヶ月間の骨折側の免荷期間中には関節可動域運動を行い、その後筋力強化を積極的に実施したと報告しており、Borrelliら⁵⁾は骨癒合が得られるまでは免荷での自動介助運動を実施し、3ヶ月後の単純X線画像で骨癒合を確認した後、荷重練習と積極的な筋力強化運動を開始したと報告している。当院では術後2週より筋力強化運動を開始していたが、退院時に跛行が残存していることがあり⁹⁾、退院時の歩行中股関節外転モーメントの低下を改善するための早期筋力強化プログラムを考案した。本研究では、その早期筋力強化プログラムの治療効果を検証することを目的とした。我々は術後早期からの積極的な股関節内外転筋力の強化が退院時における歩行中の股関節外転モーメントの低下を防ぐ因子になりえると仮説を立てた。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は2005年1月から2007年12月までの期間に骨盤骨折を受傷し、当院にて骨接合術 (ORIF) を施行し、退院時まで追跡可能であった12例とした。全症例とも、同一医師が手術を行い、理学療法は術後2-3日より開始した。2005年1月から2006年12月までに受傷した6例は術後2週目より骨折側股関節筋力強化を開始し (標準リハ群)、2007年1月から2007年12月までに受傷した6例は理学療法開始時より主に股関節内外転筋力強化を重点とした理学療法を施行した (早期リハ群)。両群とも男性5名、女性1名であった。標準リハ群と早期リハ群の平均年齢はそれぞれ58.3 ± 18.3歳と44.8 ± 22.7歳、平均身長は161.5 ± 11.7 cmと165.8 ± 3.9 cm、平均体重は58.0 ± 9.8 kgと53.4 ± 10.6 kgであり、両群間に有意差はみられなかった。また、骨折部位は両群とも骨盤輪骨折3名、寛骨臼骨折3名であり、詳細は表1に示した。対象者には、重度の頭部外傷や脊髄障害、末梢神経障害による歩行障害を呈していた症例はいなかった。なお、本研究は厚生省の臨床研究に関する倫理指針に基づいて行い、対象者には早期から筋力強化を開始することにより予測される利害を十分説明し、同意を得て行った。

2. 方法

術後の離床及び荷重プロトコールは群間で同一のものを用いた。術後2週より端坐位開始し、5週で1/4荷重を開始する。単純X線画像における骨折線の転移の有無や仮骨形成の程度を確認しながら荷重量を増加していき、9週で全荷重、10週で退院を目指した。

標準リハ群及び早期リハ群の理学療法の概要を図1に示す。標準リハ群の理学療法は、術後2-3日後より関節可動域運動と非骨折側筋力強化練習から開始し、術後2-3週より座位練習、骨折側の筋力強化運動を追加し、さらに部分荷重開始と共に荷重練習、松葉杖歩行練習を実施した。一方、早期リハ群の理学療法は、術後2-3日後より股関節内外転筋力強化を開始し、その他のプログラムは標準リハ群と同一であった。股関節内外転筋力強化の内容は等尺性収縮と、求心性及び遠心性の筋収縮運動¹⁴⁾とし、抵抗量はスリングを用いた除重力位での筋力強化から開始し、側臥位での重錘を用いた自動介助運動、側臥位での抗重力運動¹⁵⁾、側臥位での重錘負荷運動へと漸増させていった。重錘負荷には5種類 (0.5 kgから3.0 kg) の重錘バンド (酒井医療、日本) を用い、骨折側の荷重許可後には荷重位での内外転筋

表1 患者情報

	No.	性別	年齢	骨折分類	AO 分類	外科的アプローチ	受傷機転	合併症
標準 リハ群	1	男	50	寛骨臼骨折	Type A3	Ilio-inguinal approach	交通事故	
	2	男	43	骨盤輪骨折	Type C1	Ilio-inguinal approach	衝突	膀胱破裂
	3	男	74	骨盤輪骨折	Type B2	Ilio-inguinal approach	重量物の下敷き	
	4	女	57	寛骨臼骨折	Type A3	Kocher-Langenbeck approach	交通事故	
	5	男	71	骨盤輪骨折	Type C1	Ilio-inguinal + Kocher-Langenbeck approach	転落	頭部外傷
	6	男	25	寛骨臼骨折	Type C1	Kocher-Langenbeck approach	交通事故	肺挫傷
早期 リハ群	1	男	24	寛骨臼骨折	Type C1	Ilio-inguinal approach	重量物の下敷き	腓骨神経麻痺
	2	女	46	寛骨臼骨折	Type C1	Ilio-inguinal + Kocher-Langenbeck approach	交通事故	
	3	男	70	骨盤輪骨折	Type A2	Ilio-inguinal approach	交通事故	肝損傷
	4	男	22	骨盤輪骨折	Type A2	Pfannenstiel approach	重量物の下敷き	
	5	男	33	寛骨臼骨折	Type A2	Ilio-inguinal approach	交通事故	肋骨骨折・肺挫傷
	6	男	74	骨盤輪骨折	Type C1	Ilio-inguinal + Kocher-Langenbeck approach	交通事故	上腕骨骨折

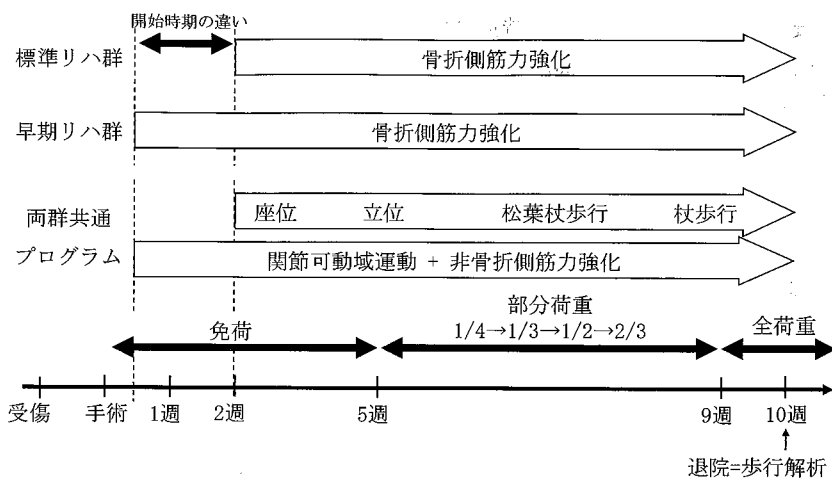


図1 骨盤骨折再建術後患者の術後離床プロトコールと各群の理学療法プログラム

運動¹⁵⁾を取り入れた。負荷量は各症例の筋力に合わせて変更したが、基本的にはIRM (repetition maximum) の約80%程度に設定した。股関節内外転運動時に骨盤が代償運動しないよう十分指示し、さらに徒手のまたはバンドを用いて骨盤を固定した。筋力強化運動は一日約40分間、週5日間実施した。

退院時の運動機能評価として、Majeed¹⁶⁾によって作成され、Lindahlら¹⁷⁾によって改定されたmodified Majeed scoreを用いた。これは骨盤骨折後の機能評価として一般的に用いられ、疼痛30点、座位10点、性行為4点、歩行補助具12点、跛行の有無12点、歩行距離12点の合計80点にて評価するものである。結果は合計点数から、78-80点はExcellent、70-77点はGood、60-69点はFair、

59点以下はPoorと段階付けされている。

全荷重可能となった退院時に三次元動作解析装置 VICON 370 (Vicon Peak社, UK) を用いて歩行解析を行い、群間における各歩行パラメータの違いを検証した。歩行解析は大型床反力計 (AMTI社, USA) 4枚、赤外線カメラ (Vicon Peak社, UK) 6台を用いた。床反力計のサンプリング周波数は1000 Hz、赤外線カメラのサンプリング周波数は60 Hzとした。Vicon Clinical Manager (VCM) protocolに従い、直径25 mmの反射マーカーを仙骨部 (両上後腸骨棘中央)・両側の上前腸骨棘・大腿外側下1/3部・膝関節裂隙・下腿外側中央部・外果・第二中足骨頭に貼り付けた。歩行は裸足での自由歩行とし、歩行補助具は用いなかった。解析はVCMを用い、3歩行

表2 術後-退院期間, 機能評価, 歩行解析の結果

	標準リハ群	早期リハ群
術後 - 退院期間(日)	71.5 ± 21.8	69.0 ± 19.1
modified Majeed score(点)	68.0 ± 6.4	70.7 ± 7.0
歩行パラメータ		
ケイデンス(steps/s)	0.76 ± 0.16	0.88 ± 0.07
歩幅(m)	0.45 ± 0.13	0.54 ± 0.11
歩行速度(m/s)	0.36 ± 0.16	0.48 ± 0.13
ピーク股関節外転モーメント(Nm/kg)	0.47 ± 0.10	0.60 ± 0.10

*: p<0.05

周期を抽出し, 平均した。時間距離因子として歩行速度, ケイデンス, 歩幅を算出し群間で比較した。また, 股関節外転モーメントを体重で除し, そのピーク値を群間で比較した。統計は, 歩行解析データや退院時期の検定では対応のない t-test を用い, modified Majeed score では Mann-Whitney 検定を用いた。有意水準は5%未満とした。

III. 結果

退院は全例とも全荷重が可能となった時点で自宅退院となり, 退院までに要した日数は標準リハ群が術後62.2 ± 24.4日, 早期リハ群は術後58.4 ± 21.4日と有意差は認めなかった(表2)。また, 両群とも偽関節や骨癒合不良症例はなかった。modified Majeed score は, 標準リハ群で83.2 ± 7.9点, 早期リハ群で86.8 ± 7.0点と群間に有意差は見られなかった(表2)。また, 標準リハ群は, Good3名, Fair2名, Poor1名であり, 早期リハ群は Excellent1名, Good4名, Poor1名であった。

時間距離因子では, 歩行速度, 歩幅, ケイデンスともに両群間に統計的有意差は見られなかった(表2)。股関節外転モーメントは両群ともに歩行周期中に明らか二峰性とはならなかったが, 早期リハ群の股関節外転モーメントピーク値は0.60 ± 0.10 Nm/kg, 標準リハ群は0.47 ± 0.10 Nm/kgであり, 早期リハ群は有意に股関節外転モーメントピーク値が高値を示していた(表2)。

IV. 考察

骨盤骨折後の機能予後は, ISS (Injury sever scale), 骨折の力方向, 下肢骨折の存在, 神経損傷の有無が影響を受けると言われてきた¹⁸⁻²⁰⁾。また, Henderson²¹⁾ や McLaren²²⁾らは単純X線画像における骨折面の転移が

1 cm以上であれば長期的に疼痛や機能障害が残存し, 予後不良であると報告している。しかし, 骨盤骨折再建術後のリハビリテーションが機能予後や歩行能力に与える影響に関する報告は, 我々が探した限りでは見つからなかった。

本研究の結果より, 早期リハ群の歩行中股関節外転モーメントは標準リハ群と比較して有意に高値であった。歩行中関節モーメントは歩行速度と強く関連しており, 歩行速度の低下自体が股関節外転モーメントを低下させると言われている^{23,24)}。しかし, 歩行速度は早期リハ群と標準リハ群では差はみられず, 歩行速度は股関節外転モーメントの違いに影響していなかった。また, 歩行中股関節外転モーメントは立脚期での骨盤コントロール能力を示すとされており^{11,25)}, 股関節外転筋力の低下が歩行中股関節外転モーメントを減少させると報告されている²⁶⁾。また, 寛骨臼骨折後, 退院時でも股関節周囲筋の筋力は低下しており, 特に股関節外転筋は約50%も低下する²⁷⁾ことから, 骨盤骨折後の歩行中股関節外転モーメントの低下は股関節外転筋力の低下が最も関与していると考えられている。さらに, Rutherfordら¹⁸⁾は中殿筋の筋電図解析や三次元動作解析, 筋力評価を実施した結果, 歩行中股関節外転モーメントに関連する因子として, 歩行速度・体重・股関節外転筋力があると報告している。本研究では退院時の股関節周囲筋力がどの程度変化したかは明らかではないが, 術後早期からの股関節外転筋力の強化により股関節外転モーメントを高めることが出来たと推察できる。

股関節外転モーメントの低下が及ぼす影響に関しては様々な報告がある。一般に, 股関節外転モーメントの低下は股関節の負荷を低下させるが, 同時に立脚期に骨盤を十分コントロールできず体幹を傾斜させる^{25,29)}。そのため, 股関節への局所的な応力を増加させ¹²⁾, 特

に寛骨臼骨折の二次的合併症である変形性股関節症³⁰⁾への進行を促す可能性がある。一方、骨盤輪骨折においては、二次的合併症としての変形性股関節症の報告は探した限り見つからなかったが、股関節外転モーメントの低下は他関節への負荷量を増大させ、対側変形性膝関節症の危険因子^{10,11)}とされており、中・長期的に歩行時に股関節外転モーメントの低下が続くことの不利益は大きい³¹⁾。よって、寛骨臼骨折、骨盤輪骨折ともに、社会復帰後の歩行中股関節外転モーメントが高値を示すことは非常に重要であり、骨盤骨折再建術後のリハビリテーションとして早期より積極的な股関節外転筋力強化運動を行うことが有益であると思われる。

本研究で行われた股関節内外転筋力強化プログラムは、除重力位での股関節内外転運動から開始し、抗重力及び重錘負荷での内外転運動へと変更していった。また、Bennellら¹¹⁾が報告している股関節外転モーメント向上を目的とした6つの運動を参考にし、各症例の筋力回復の程度、荷重の許可量に応じて負荷量は設定した。ヒトの歩行は前額面・水平面・矢状面の全方向に運動と安定性を必要とすることはよく知られているが、我々は特に前額面の運動に焦点を当て、股関節前額面における筋力強化を重点的に行えるような股関節外転及び内転筋の筋力強化プログラムを作成した。

機能評価は骨盤骨折再建術後患者に最もよく用いられ、臨床所見に基づいて作成されたmodified Majeed scoreを用いた。神経損傷やその他の合併症の存在にもそのスコアは影響される³²⁾ものの、寛骨臼骨折や骨盤輪骨折後の臨床成績を点数化できる最適な評価法であると言われている¹⁷⁾。本研究では、標準リハ群と早期リハ群にはスコア値に有意差は見られず、Good以上の症例は標準リハ群が6例中3例、早期リハ群が6例中4例であった。過去の報告から、最大11年のfollow-up期間でGood以上が110例中56例¹⁷⁾や、最大4年のfollow-up期間でGood以上が101例中84例³³⁾と言われており、本研究においてもこれらと同程度の機能回復が見られた。以上より、術後早期から股関節内外転筋力強化運動を行うことが、退院時の機能を悪化させることはないことが明らかとなった。

早期リハ群の歩行時股関節外転モーメントは標準リハ群と比較して有意に上昇したが、その他の時間距離因子や機能評価には有意な違いはなかった。股関節外転モーメントの上昇は立脚期の前額面における骨盤安定化に関与しており^{11,25)}、歩行速度や歩幅といった矢状面の時間距離因子には直接影響を与えにくい為、こ

れらの歩行パラメータに差が出なかったと考える。また、健常人では股関節外転モーメントは二峰性の波形を描くが、本研究では両群とも一峰性を描いていた。この要因として、歩行解析実施が全荷重開始となった直後であり、独歩での歩行練習期間が短かったことが考えられる。早期筋力強化運動の効果を明らかにするために、今後の歩行能力の推移を追跡していく必要があると考える。

本研究の限界として、以下の二点が考えられる。一つ目は、全症例の筋力評価を実施できず、歩行解析時に筋力が実際に増加していたか明らかにできなかった点である。前述したが、股関節外転モーメントに関与する因子として歩行速度、体重、股関節外転筋力が上げられており¹⁸⁾、早期リハ群は股関節外転モーメントのみが有意に増加したことから、股関節外転筋力が増加していたことが推測できる。また、早期リハ群の症例は標準リハ群と比較してより重い負荷量の筋力強化運動を行っていた傾向にはあったが、退院時の筋力に差があったかは明らかにできなかった。今後の検討課題であると考えられる。

二つ目に、反射マーカーを骨盤より頭側に貼り付けなかったため、体幹の傾きを評価できなかったことである。股関節への負荷を減少させる歩行戦略として“Entlastungsgang”歩行³⁶⁾がある。これは、体幹を立脚側へ傾けることで股関節への負荷を減らす歩行戦略³⁷⁾であり、歩行中股関節外転モーメントを低下させるが、本研究では、骨盤骨折患者が体幹を傾けていたのか、又は早期リハ群では傾きが減少したのかは明らかにできなかった。

骨盤骨折再建術後の理学療法に関して、術後2-3日より積極的に股関節内外転筋力強化運動を行った群と術後2週より開始した群とを比較した。早期より筋力強化を開始することにより、退院時の身体機能や骨癒合を悪化させることなく、歩行中の股関節外転モーメントを増加させることができるかもしれない。

引用文献

- 1) Eright R, Barrett K, Christie MJ, et al.: Acetabular fractures: long term follow-up of open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma*, 1994, 8: 397-403.
- 2) Plaisier BR, Meldon SW, Super DM, et al.: Improved outcome after early fixation of acetabular fractures. *Injury* 2000, 31: 81-84.
- 3) Mayo KA: Surgical approaches to the acetabulum. *Tech Orthop*, 1990, 4: 24-35.
- 4) Mechman CT, Meiss L, DiPasquale TG: Hyphenated-history: the Kocher-Langenbeck surgical approach. *J Orthop Trauma*, 2000,

- 14: 60-64.
- 5) Borrelli J, Goldfarb C, Ricci W, et al.: Functional outcome after isolated acetabular fractures. *J Orthop Trauma*, 2002, **16**: 73-81.
 - 6) Goulet JA, Bray TJ: Complex acetabular fractures. *Clin Orthop*, 1989, **240**: 9-20.
 - 7) Routt MLC, Swionkowski MF: Operative treatment of complex acetabular fractures. Combined anterior and posterior exposures during the same procedure. *J Bone Joint Surg Am*, 1990, **72**: 897-904.
 - 8) Richard B: Gait analysis methods in rehabilitation *J Neuroengineering Rehabil*, 2006, **3**: 4.
 - 9) 野々山忠芳, 久保田雅史, 佐々木伸一・他: 骨盤骨折再建術後患者における三次元動作解析. 第23回東海北陸理学療法学会大会誌, 2007, 54.
 - 10) Chang A, Hayes K, Dunlop D, et al.: Hip abduction moment and protection against medial tibiofemoral osteoarthritis progression. *Arthritis Rheum*, 2005, **52**: 3515-3519.
 - 11) Bennell KL, Hunt MA, Wrigley TV, et al.: The effects of hip muscle strengthening on knee load, pain, and function in people with knee osteoarthritis: a protocol for a randomised, single-blind controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*, 2007, **8**: 121.
 - 12) Sutherland AG, Arcy SD, Smart D, et al.: Abductor weakness and stresses around acetabular components of total hip arthroplasty: a finite element analysis. *Int Orthop*, 1999, **23**: 275-278.
 - 13) Oh CW, Kim PT, Park BC, et al.: Results after operative treatment of transverse acetabular fractures. *J Orthop Sci*, 2006, **11**: 478-484.
 - 14) Teixeira-Salmela LF, Nadeau S, McBride I, et al.: Effects of muscle strengthening and physical condition training on temporal, kinematic and kinetic variables during gait in chronic stroke survivors. *J Rehab Med*, 2001, **33**: 53-60.
 - 15) Jacobs CA, Lewis M, Bolgla LA, et al.: Electromyographic analysis of hip abductor exercise performed by a sample of total hip arthroplasty patients. *J Arthroplasty*, 2009, **24**(7): 1130-1136.
 - 16) Majeed SA: Grading the outcome of pelvic fractures. *J Bone Joint Surg Br*, 1989, **71**(2): 304-306.
 - 17) Lindahl J, Hirvensalo E, Böstman O, et al.: Failure of reduction with an external fixator in the management of injuries of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Br*, 1999, **81**: 955-962.
 - 18) Suzuki T, Shindo M, Soma K, et al.: Long-term functional outcome after unstable pelvic ring fracture. *J Trauma*, 2007, **63**(4): 884-888.
 - 19) Chiodo A: Neurologic injury associated with pelvic trauma: radiology and electrodiagnosis evaluation and their relationships to pain and gait outcome. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, **88**(9): 1171-1176.
 - 20) Dujardin FH, Hossenbaccus M, Duparc F, et al.: Long-term functional prognosis of posterior injuries in high-energy pelvic disruption. *J Orthop Trauma*, 1998, **12**: 145-151.
 - 21) Henderson RC: The long-term results of nonoperatively treated major pelvic disruptions. *J Orthop Trauma*, 1989, **3**: 41-47.
 - 22) McLaren AC, Rorabeck CH, Halpenny J: Long-term pain and disability in relation to residual deformity after displaced pelvic ring fractures. *Can J Surg*, 1990, **33**: 492-494.
 - 23) Lelas JL, Merriman GJ, Riley PO, et al.: Predicting peak kinematic and kinetic parameters from gait speed. *Gait Posture*, 2003, **17**: 106-112.
 - 24) Kirtley C, Whittle MW, Jefferson RJ: Influence of walking speed on gait parameters. *J Biomed Eng*, 1985, **7**: 282-288.
 - 25) MacKinnon CD, Winter DA: Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *J Biomech*, 1993, **26**: 633-644.
 - 26) Tanaka Y: Gait analysis of patients with osteoarthritis of the hip and those with total hip arthroplasty. *Biomed Mater Eng*, 1998, **8**: 187-196.
 - 27) Dickinson WH, Duwelius PJ, Colville MR: Muscle strength testing following surgery for acetabular fractures. *J Orthop Trauma*, 1993, **7**: 39-46.
 - 28) Rutherford DJ, Hubely-Kozey C: Explaining the hip adduction moment variability during gait: Implications for hip abductor strengthening. *Clin Biomech* 2009, **24**(3): 267-273.
 - 29) Hurwitz DE, Hulet CH, Andriacchi TP, et al.: Gait compensations in patients with osteoarthritis of the hip and their relationship to pain and passive hip motion. *J Orthop Res*, 1997, **15**: 629-635.
 - 30) Bellabarba C, Berger RA, Bentley CD, et al.: Cementless acetabular reconstruction after acetabular fracture. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, **83**: 868-876.
 - 31) Romano CL, Frigo C, Randelli G: Analysis of the gait of adults who had residua of congenital dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am*, 1996, **78**: 1468-1479.
 - 32) Tornetta P III, Matta JM: Outcome of rotationally unstable pelvic ring injuries treated operatively. *Clinic Orthop Relat Res*, 1996, **329**: 186-193.
 - 33) Lindahl J, Hirvensalo E: Outcome of operatively treated type-C injuries of the pelvic ring. *Acta Orthopaedica*, 2005, **76**: 667-678.
 - 34) Tile M: Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br*, 1988, **70**: 1-12.
 - 35) Ebraheim NA, Patil V, Liu J, et al.: Reconstruction of comminuted posterior wall fractures using the buttress technique: a review of 32 fractures. *Int Orthop*, 2007, **31**: 671-675.
 - 36) Schröter J, GÜth V, Overbeck M, et al.: The 'Entlastungsgang' A hip unloading gait as a new conservative therapy for hip pain in the adult. *Gait Posture*, 1999, **9**: 151-157.
 - 37) Mündermann A, Asay JL, Mündermann L, et al.: Implications of increased medio-lateral trunk sway for ambulatory mechanics. *J Biomech*, 2008, **41**: 165-170.