



小児外固定具装着状態における肘関節撮影補助具の製作と有用性について

Creation and usefulness of the pediatric elbow X-ray fixator instrument.

阿曾 真弓¹⁾ (43928) 加藤 京一²⁾ (25483) 安田 光慶³⁾ (48265) 山本 恵⁴⁾ (56249)
渋谷 綾子¹⁾ (52805) 高橋 俊行⁵⁾ (37576) 中澤 靖夫²⁾ (19263)

1) 昭和大学藤が丘病院 放射線室 診療放射線技師 2) 昭和大学大学院 保健医療研究科 教授
3) 昭和大学豊洲病院 放射線室 診療放射線技師 4) 新百合ヶ丘総合病院 放射線科 診療放射線技師
5) 昭和大学大学院 保健医療研究科 講師

Key words: pediatric elbow, fixator instrument, bone fractures, reproducibility

【Abstract】

We attempted to manufacture an auxiliary instrument to enable frontal and lateral images to be shot in the relatively comfortable elbow lateral position when taking frontal elbow x-rays of pediatric patients fitted with elbow fixators.

Positioning the lateral face of the elbow in line with the upper arm axis on the fixator, we took x-rays on the cross table.

By doing so, it was possible to obtain an image close to a frontal shot showing the epiphyseal line of the humerus lateral epicondyle while avoiding overlapping with the brachial region.

Moreover, since it was possible to take lateral shots without changing body position, this x-ray technique was comfortable for patients with restricted mobility or pain from bone fractures.

Through using this instrument, elbow frontal pictures with high reproducibility can be taken in a stable body position; moreover, since helpers are not needed, exposure of helpers to radiation can also be mitigated.

【要旨】

小児肘部外固定具装着患者の肘関節正面像の撮影で、比較的体位が得られやすい肘関節側面像のポジションで体位変換なく正面・側面像が撮影可能な補助具の製作を試みた。補助具上で上腕軸を設定した線に沿わせて肘関節側面のポジションとし、クロステーブルで撮影を行う。このことで前腕部の重なりを避け、上腕骨外顆部骨端線を描出した正面像に近い像を得ることができた。またそのままの体位で側面像が撮影可能なため、動きの制限があり骨折による疼痛のある患者に対して優しい撮影となり、この補助具の使用により体位が安定し再現性が高い検査が行え、介護者の被ばく低減も可能となった。

1. 諸言

小児の肘関節骨折は、小児の骨折の中で手関節骨折と手骨骨折に次ぎ三番目に多い骨折である¹⁾。その中でも、特に上腕骨顆上骨折は高頻度に発生している²⁾。

小児肘関節骨折患者は肘の伸展制限がある。このためX線撮影時には正面位で不安定となることが多く、骨折由来する疼痛やX線撮影に対する恐怖心で、体位を保持することが難しい症例を多く経験する。また外固定具装着時の撮影では、肘が屈曲位で固定されて

いるため、その場に応じたさまざまな入射角度や体位などの撮影条件的要素が必要となる。経時的に撮影を行う中で複数の診療放射線技師が関わるため、精度・再現性を保つことが困難である。

そこで屈曲した前腕が障害陰影にならず、かつ再現性の高い肘関節正面像が得られる入射角度の検討を行い、患者の負担を軽減できる補助具を製作したので報告する。

2. 方法

2-1 使用機器

X線撮影装置 RAD speed Pro (島津製作所)

Computed tomography (CT) Light Speed VCT (GEヘルスケア・ジャパン)

ワークステーション advantage Workstation4.4 (GEヘルスケア・ジャパン)

自作補助具製作材料

押出発泡ポリスチレン板 (ダウ化工株式会社) (390 × 340 × 160mm)

敷居スベリ 1.8cm × 3.8m 巻 (川口技研)

ボンド木工用 (速乾) 50g (コクヨ)

Mayumi Aso¹⁾ (43928), Kyouichi Kato²⁾ (25483), Mitsuyoshi Yasuda³⁾ (48265), Megumi Yamamoto⁴⁾ (56249), Ayako Shibuya¹⁾ (52805), Toshiyuki Takahashi⁵⁾ (37576), Yasuo Nakazawa²⁾ (19263)

1) Department of Radiology, Showa University Fujigaoka Hospital

2) Showa University Graduate school Professor

3) Department of Radiology, Showa University Koto Toyosu Hospital

4) Shin-yurigaoka General Hospital

5) Showa University Graduate school Instructor

2-2 外固定具装着肘関節正面像の上腕最適角度の検討

上腕骨顆上骨折の治療において、内反変形予防のための整復の指標となるものにBaumann角 (Fig.1)がある^{2)~3)}。Baumann角は、上腕骨を内外旋しないでX線フィルムと平行に撮影を行えば、肘関節の屈曲角度に影響されることなく計測可能²⁾な基準線であり、経過観察時には上腕骨遠位部の正確な正面像が求められる。

しかし、外固定具装着状態で肘関節正面像の撮影を行う際、上腕骨と橈骨の成す角度が鋭角な場合、前腕部が上腕遠位端部に重なり障害陰影となることが予想される。そこで当院で、上腕骨遠位端骨折により外固定具を装着して撮影された5歳から15歳までの平均10.6歳の男児16人、女児3人、計19人の、肘関節Computed tomography (CT) 画像の肘部の3次元画像 (three dimensions graphics ; 3D) を用い上腕骨と橈骨の成す角度、およびBauman角の測定で使用する上腕骨外顆部骨端線と橈骨軸と重なら

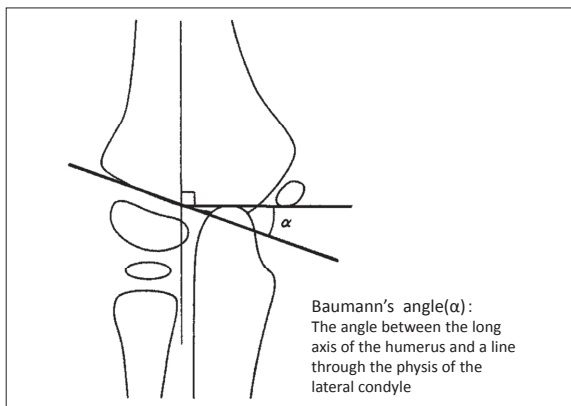


Fig.1 Baumann's angle

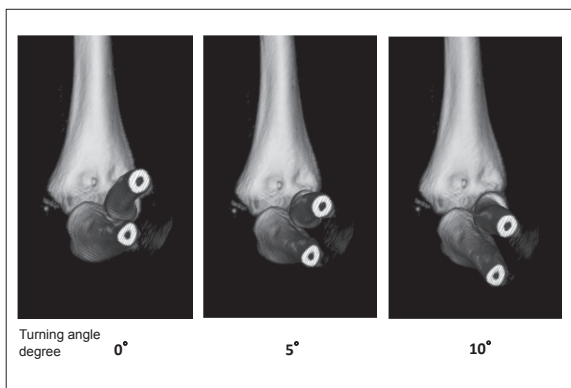


Fig.2 A radius and a humerus epiphyseal line are not overlapped

ずに観察可能な上腕の下垂角度を求めた。上腕骨を正面視させた状態を角度0度とし、上腕骨が下垂する方向へ5度ずつ傾け、上腕骨外顆部骨端部が橈骨の軸と重ならず観察可能な上腕骨の下垂角度を求めた (Fig.2)。

2-3 補助具製作

外固定具装着状態で側面像の体位のまま、クロステーブルによる肘関節正面像と側面像が撮影可能な補助具を製作した。詳細については結果で述べる。

2-4 外固定具装着肘関節正面像の再現性のための基準線の検討

肘関節正面像の内外旋に対する再現性を数値として評価をし、検討を行う必要がある。そのため新たな基準線を設定した。方法2-2で使用した肘部の3次元画像より、上腕骨が正面視できる角度を0度とし、正面像および5度内旋・外旋したときの計測角度A・Bを計測した。計測角度Aは上腕骨の長軸と尺骨の成す角度とし、計測角度Bは上腕骨の長軸と橈骨の成す角度とした (Fig.3)。

計測角度A・Bに、それぞれ得られた結果に対しフリードマン順位検定を行い、有意のあった群に対しボンフェローニ補正ウィルコクソン検定を行い、正面・内旋・外旋のどの群に有意差があるか検定を行った。

2-5 補助具使用による外固定具装着時肘関節像の評価

撮影補助具を使用した画像の再現性を求めるため、小児顆上骨折外固定装着例5例 (6歳から9歳までの平均8歳の男児4人、女児3人、計5人) に対し画像の再現性の比較を行った。方法2-3で製作をした補助

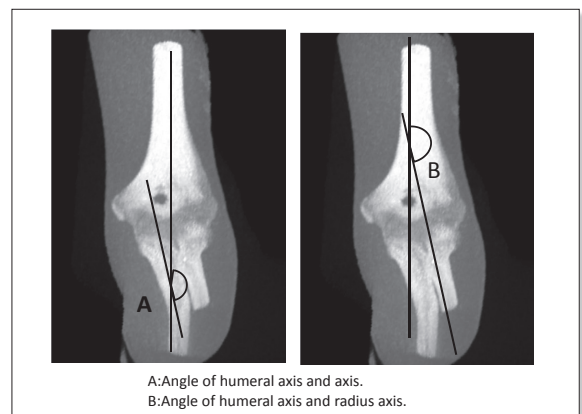


Fig.3 Angle measurement on 3DCT

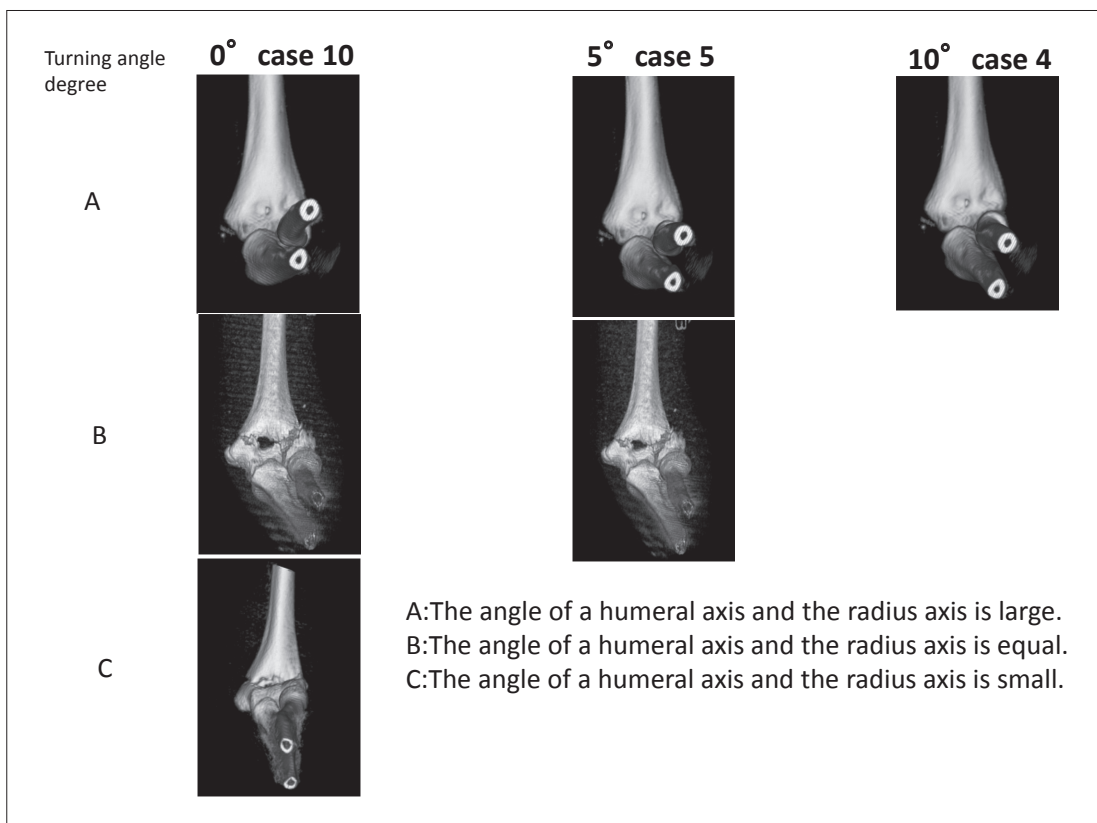


Fig.4 Angle of the radius and the distal end of the humerus, which rotates the image 3DCT

具を使用し、X線束が水平になるようX線管を90度回転し（以下、クロステーブル）外固定装着時の正面像の撮影を行った。経過観察のため複数回同様に撮影を施行した同一患者の肘関節正面像の画像2枚に対し、方法2-4で求め有用であった基準線に対し角度を計測した。同一患者の撮影1回目の角度と2回目の角度に対し、ウィルコクソン順位和検定を用い比較を行った。

2-6 補助具使用による外固定具装着時肘関節正面像の視覚評価

2-3, 2-5で使用した同症例5例に対し視覚評価を行った。対象は、主にX線単純撮影部門に従事している診療放射線技師10人（技師歴5年から24年、平均技師歴14.1年）と整形外科医師1人の計11人とした。外固定具装着状態で補助具を使用して撮影を施行した同一患者の肘関節正面像の画像2枚に対し、上腕骨に対する再現性の有無を再現性がないを1、あまりないを2、ややあるを3、再現性があるを4とした4段階で評価を行った。得られた結果に対しフリードマン順位検定を行い、ボンフェローニ補正ウィルコクソン検

定で多重検定を行った。

3. 結果

3-1 外固定具装着肘関節正面像の上腕最適角度の検討

CT3D画像上において上腕骨と橈骨の成す角度は平均101.5度であり、最少で86.0度、最大で119.3度であった。CT3D画像上で上腕骨を正面視させた状態を、観察可能である傾き0度とした。その時、上腕骨外顆部骨端線部が橈骨軸と重ならず観察可能であった、比較的上腕骨と橈骨の成す角度が大きい症例は19例中10例であった。残りの9例のうち、CT3D画像を上腕骨が下垂する方向に5度傾けた時、上腕骨外顆部骨端線部が橈骨軸と重ならず観察可能である症例は5例、10度の傾きで橈骨軸と重ならず観察可能である上腕骨と橈骨軸の成す角度が小さい症例は4例であった。今回の19例での最大の傾きは10度であり、10度の傾きがあれば、19例全ての症例で上腕骨外顆部骨端部が橈骨軸と重ならず観察可能であった（Fig.4）。

3-2 補助具製作

本体は加工が容易な押出発泡ポリスチレン板を用い、390×340×160mmの撮影補助具を製作した。撮影補助具の1辺の長辺側には、クロステーブルで撮影を行う前にIP (Imaging Plate) カセットが垂直に設置可能な空間を求めた。撮影補助具の天板部のIPカセット側の長辺には、結果3-1で得られた角度を長辺側の中央を中心にV字型に引いた (Fig.5) この線と上腕骨軸を平行に合わせ、前腕部をスポンジなどを用い軽度拳上させ上腕骨の内外旋の調節を行い肘関節側面位にする。この体位を保持しクロステーブルで撮影することにより、上腕骨外顆部骨端線部が橈骨軸と重ならず観察可能な像を撮影することが可能である。補助具は、患者の座る位置によって左右肘関節両用に使用可能である。

また補助具の中ほどにもIPカセットが挿入可能な空間を設け、出し入れがしやすいように敷居テープを張り付けた。この空間により肘関節側面撮影時、患者は上肢を補助具に乗せたまま動かすことなくIPカセットの出し入れを可能にした (Fig.6)。

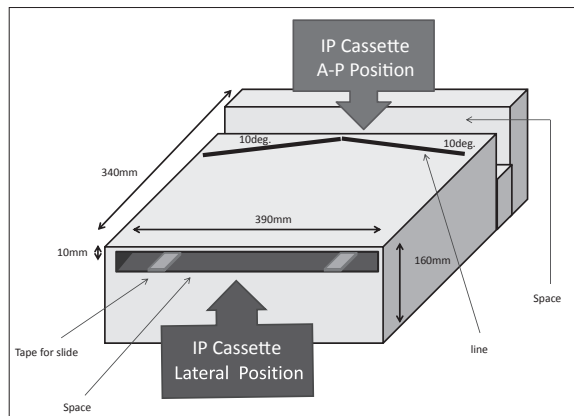


Fig.5 Fixator instrument.

3-3 外固定具装着肘関節正面像の再現性のための基準線の検討

上腕骨の軸と尺骨の軸の成す角度Aは、正面位で平均165.4度、5度内旋位で平均169.1度、5度外旋位で159.8度であった。正面位と5度内旋位、正面位と5度外旋位の計測角度Aはいずれも $p<0.01$ で有意差があった。また上腕骨軸と橈骨軸の成す計測角度Bは、正面位で平均168.2度、5度内旋位で平均164.3度、5度外旋位で平均167.0度であった。正面位と5度内旋位、正面位と5外旋位の計測角度Bは $p=2.25$, $p=2.22$ となり、有意差は認められなかった。

このことより、外固定具装着状態で屈曲した肘関節正面像の再現性の計測を行うには、上腕骨の軸と尺骨の軸の成す計測角度Aを使用するとよいことが分かった。

3-4 補助具使用による外固定具装着時肘関節正面像評価

小児上腕骨顆上骨折患者の外固定具装着時肘関節正面撮影で、補助具を使用して経時的に複数回撮影された症例の比較を行った。結果3で得た上腕骨の軸と尺骨の軸の成す角度Aが再現性を数値化し比較が可能であるため、この計測角度Aを用いて計測を行った。症例1は、174度と176度、症例2は166度と167度、症例3は176度と167度、症例4は163度と160度、症例5は166度と172度となり、 $p=0.654$ で有意差は認められなかった (Table 1)。

3-5 補助具使用による外固定具装着時肘関節正面像の視覚評価

視覚評価では、症例別の平均点は症例1は3.64、症例2は2.91、症例3は3.82、症例4は4.00、症例5は4.00であった。それぞれに対しボンフェローニ補正ウ

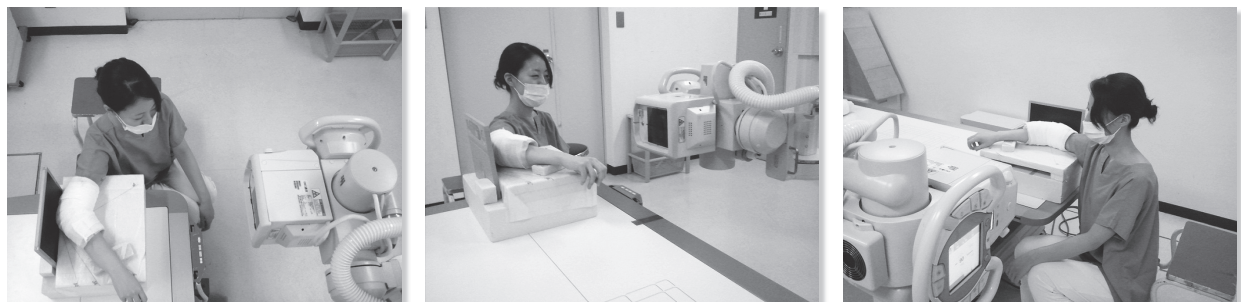


Fig.6 The photograph which is using the fixator instrument.

Table 1 Result of the measurement of the clinical image

X-ray test	n.p.		P=0.654
	First	Second	
Case1	174	176	
Case2	166	167	
Case3	176	167	
Case4	163	160	
Case5	166	172	

Table 2 Result of Wilcoxon t-test with Bonferroni correction

observer	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	* p<0.05
1	4	3	4	4	4	
2	4	3	4	4	4	
3	3	3	4	4	4	
4	4	3	3	4	4	
5	3	2	4	4	4	
6	4	3	4	4	4	
7	4	3	4	4	4	
8	4	3	4	4	4	
9	3	4	4	4	4	
10	4	2	3	4	4	
11(Dr.)	3	3	2	4	4	

イルコクソン検定を行った。症例1-2間で $p=0.126$ 、症例1-3間で $p=1.817$ 、症例1-4および症例1-5間は $p=0.339$ 、症例3-4、症例3-5間で $p=0.917$ 、症例4-5間で $p=5$ となり、有意差は認められなかった。また症例2-3、症例2-4、症例2-5間では $p<0.05$ となり、有意差が認められた (Table 2)。

4. 考 察

小児肘部外固定装着患者の肘関節正面像を撮影する際、撮影体位が思うように得られず体幹ごと支え補助を行う場合がある。その過程で、痛みや撮影に対する

恐怖のため静止が得られず苦慮するということがある。比較的体位の得やすい肘関節側面像の体位のまま正面・側面像が撮影可能な、患者に優しい撮影補助具の製作を試みた。

またそのほかに、本補助具はBauman角の測定ができるように製作した。Baumann角の正確な測定では、上腕骨外顆部骨端線が橈骨と重ならないことが重要となる。通常小児顆上骨折の保存療法では、肘関節110~120度屈曲、前腕最大回内位に保ち⁴⁾固定を行うといわれているが、当院の整形外科医師が行う外固定装着時の18%が肘の屈曲角度が90度以下の鋭角となり、外固定具を装着した前腕部が上腕骨遠位端に重

なり障害陰影と成り得る。

本研究のCT3D画像の検討結果においても、上腕骨と橈骨の成す角度が約100度より鋭角な症例では、上腕骨外顆部骨端線が橈骨と重なって描出されていた。この重なりがなくなるように上腕骨を下垂させる方向へ回転を行うことにより、最大10度の回転で重なりがなくなり描出された。このことから単純X線撮影においても、上腕骨軸に対し10度の角度を付けてX線入射することにより、前腕部の重なりを避け上腕実遠位端、特に上腕骨外顆部骨端線が描出されただけ正面像に近い像を得ることができるのだと考えられた。

外固定具装着時肘関節撮影においては、撮影時の患者の状態に合わせ、関わる診療放射線技師の判断によりX線管を近位側に倒す、または上腕骨を軽度下垂させるなど、ポジショニング・撮影条件設定を行う場合があり、さまざまな不確定要素がある。その中で、本補助具使用による外固定具装着時肘関節正面像より、経時的に撮影した症例について上腕骨軸と尺骨軸の成す角度を計測した結果、計測結果に有意な変化がなく、再現性の高い画像が得られていることが分かった。Case3において、医師の視覚評価の点数が低く見られた。これは、診療放射線技師の評価では挿入されたピンで評価を行ったり、肘頭窩で評価を行ったりと、評価基準にバラツキが見られ、医師は肘頭窩を中心に総合的に評価を行ったためと考えられた。視覚評価においても、5症例中4症例では有意差が見られなかった。有意差が見られた1症例では、上腕骨が水平に整位されておらず過剰に拳上されたポジションであったため、上腕が回内し正しく正面視されていなかったためと考えられる。これは本補助具が、補助具上に記されている実線に沿って上腕骨を正しく水平に整位するだけのシンプルな方法であり、撮影時のさまざまな不確定要素が確定されることにより再現性が高まった結果と考えられた。

また上腕骨類上骨折では、自動運動不能となり⁴⁾上腕二頭筋の前腕回外作用が働かず、円回内筋の作用が優位になる⁵⁾そのため一般的に撮影が行われている肘関節正面像の体位である肘関節伸展位、前腕回外位を保つことが難しい。外固定具装着時の肘関節は屈曲回内位の状態であり、肘関節正面像の体位を得るためには、時に上体を後方に反らせる場合がある。骨折によ

る疼痛のためその体位を取ることが困難になり、恐怖のために泣き叫び撮影続行が不能になる場合もある。今回の補助具では、側面像の体位で撮影を行うため上腕拳上の動作だけでよい。外固定具装着のため動きの制限があり骨折による疼痛のある患者に対して優しい撮影体位であるため、体位が安定し再現性が高まったと考えられた。

さらに本補助具により患者に優しい撮影法になることで、骨折直後や骨融合が進んでいない場合での、体位を得るための動作で骨折部が動き二次的な神経血管損傷を起こす⁵⁾ことも少なくて済む。加えて、自力で座位の保持が可能であれば介助者も不要となり、介助者の被ばくの軽減も期待できると考えられた。

5. 結語

外固定具装着時の小児肘関節撮影において、再現性を向上させ患者の負担を軽減する撮影補助具を製作した。これを使用することにより、患者に優しくかつ再現性の高い画像提供が可能になり、その有用性が明らかとなった。

図の説明

- Fig.1 バウマン角
- Fig.2 上腕骨遠位端と橈骨が重ならない角度
- Fig.3 3DCTでの上腕-尺骨の角度Aと上腕-橈骨の角度B
- Fig.4 3DCT画像を回転させた上腕骨遠位端と橈骨の角度
- Fig.5 補助具
- Fig.6 補助具の使用方法

表の説明

- Table 1 臨床画像の計測結果
- Table 2 臨床画像の視覚評価結果

参考文献

- 1) 富士川恭輔 他：骨折・脱臼。南山堂，184-185，281，2005。
- 2) 井上隆 他：小児の肘部骨折におけるBaumann角の意義。骨折，10，180～185，1988。
- 3) 剣持雅彦 他：小児上腕骨類上骨折の骨折型と治療方針。骨・関節・靭帯，16(9)：1129～1139，2003。
- 4) 越智隆弘 他編集：最新整形外科学体系 上腕・肘関節・前腕。中山書店，169，183，664-665，2008。
- 5) 堀尾重治：骨・関節X線写真の撮りかたと見かた。医学書院，81，2004。