

EINE METHODE ZUR BESTIMMUNG DER PATELLAPOSITION

IN DER SAGITTALEBENE

– mit kritischer Analyse anderer Verfahren –

Walther Kirschner

SD 125/073

1985
Aus der Orthopädischen Universitätsklinik
Friedrichsheim, Frankfurt am Main
(Direktor: Prof. Dr. med. W. Heipertz)

Eine Methode zur Bestimmung der Patellaposition in der
Sagittalebene
- mit kritischer Analyse anderer Verfahren -

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin des Fachbereiches Hu-
manmedizin der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Vorgelegt von
Walther Kirschner
aus Zrenjanin

Frankfurt am Main, 1985

SD 125/073

*Senckenbergische Bibliothek
Frankfurt a. Main*

Dekan: Prof. Dr. med. H.-J. Müller
Referent: Priv.- Doz. Dr. med. G. Janssen
Korreferent: Prof. Dr. med. J. Kollath

Tag der mündlichen Prüfung: 7. Juli 1986

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. G. Janssen möchte ich für Unterstützung und stete Diskussionsbereitschaft danken.

Meiner Mutter sowie Frau Tobies danke ich für die mühevollen Schreibarbeiten.

Frau Lederer habe ich für die Fotoarbeiten zu danken, Frau Gerstengarbe vom Röntgenarchiv für ihre hilfsbereite Mühe.

.....

I N H A L T

Symbole	- 1 -
1. Allgemeiner Teil	- 1 -
1.1 Ziel der Studie	- 1 -
1.2 Problematik	- 2 -
1.3 Anatomische und funktionelle Bemerkungen	- 8 -
1.4 Ätiopathogenese patellarer Affektionen	- 22 -
2. Spezieller Teil	- 33 -
2.1 Material	- 33 -
2.2 Methode	- 35 -
2.3 Resultate	- 47 -
2.4 Diskussion	- 63 -
2.4.1 Andere Methoden	- 63 -
2.4.1.1 Methode nach Boon-Itt (1930)	- 63 -
2.4.1.2 Methode nach Blumensaat (1938)	- 66 -
2.4.1.3 Methode nach Insall/Salvati (1971/72)	- 70 -
2.4.1.4 Methode nach Trillat (1972)	- 79 -
2.4.1.5 Methode nach Laurin (1977)	- 82 -
2.4.1.6 Methode nach Blackburne/Peel (1977)	- 84 -
2.4.1.7 Methode nach Janssen (1979)	- 88 -
2.4.1.8 Methode nach Caton/Deschamps (1982)	- 91 -
2.4.1.9 Methode nach Hepp (1983/84)	- 93 -
2.4.2 Resultate	- 100 -
2.4.2.1 Eigene Resultate	- 100 -
2.4.2.2 Vergleich mit anderen Resultaten	- 103 -
2.4.2.3 Schlußfolgerung und Wertung	- 103 -
2.4.3 Eigene Methode	- 106 -
2.4.3.1 Eigene Methode und Vergleich mit anderen Methoden	- 106 -
2.4.3.2 Klinischer Bezug	- 111 -
2.4.3.3 Schlußfolgerung und Wertung	- 114 -
3. Zusammenfassung	- 116 -
4. Anhang	- 118 -
4.1 Exemplarische Original-Röntgenbilder	- 118 -
4.2 Literatur	- 136 -

- Symbole -

IRO	=	Innenrotation
ITO	=	Innentorsion
ARO	=	Außenrotation
ATO	=	Außentorsion
VI	=	Valgität
Vr	=	Varität
WGa	=	Winkelgerade a
WGb	=	Winkelgerade b
Sp	=	Schnittpunkt
BL	=	Blumensaatlinie
uBL	=	untere Blumensaatlinie
FPG	=	Femoropatellargelenk
FTG	=	Femorotibialgelenk
TCT	=	Tibia-Condylen-Tangente
Patellahöhenwinkel "a"	=	Patellahöhenwinkel alpha
+	=	+/-
-	=	-/x
x	=	-/x

1.1 Ziel der Studie

Es wird eine Methode zur Bestimmung der vertikalen Patella-Position entwickelt, die möglichst exakt und reproduzierbar sein soll. Ausgangsmaterial hierfür sind seitliche Aufnahmen bzw. Profilaufnahmen des Kniegelenkes in einer Funktionsstellung von 30° Flexion.

Bei dem hier vorgestellten Verfahren werden potentielle Fehlermöglichkeiten besonders beachtet, damit bereits beim Festlegen einzelner Messtrecken und -punkte gröbere systematische Fehler vermieden werden, die eine entsprechende Variation des resultierenden Winkelmaßes vorgäben. Techniken hierfür werden im einzelnen beschrieben, sie sind für die reproduzierbare Anwendung geeignet.

Andere aus der Literatur bekannte Methoden werden aufgezeigt und mit Vorteilen und Nachteilen erörtert; hieraus lassen sich manche Tendenzen, Ähnlichkeiten und noch ungelöste Schwierigkeiten ableiten.

1.2 Problematik

In der Diagnostik von Kniegelenkerkrankungen kommt den radiologischen Verfahren eine entscheidende Bedeutung zu. Als Standardröntgenbilder waren früher Aufnahmen in zwei Ebenen - a.p. und seitlich - üblich. Inzwischen gibt es häufiger die Erweiterung auf eine dritte Ebene - dies sind die "skyline-view"- oder Tangentialaufnahmen. Daneben gibt es verschiedene Spezialaufnahmen, die gezielt nach besonderen klinischen Fragestellungen sowie nach technischen Gegebenheiten anzufertigen sind.

Es gibt nun verschiedene Erkrankungen am Kniegelenk, die eigene Definitionen haben, jedoch zeigen sich bei näherer Betrachtung Überschneidungen von Ätiologie, Pathogenese, Symptomen und Befunden. Somit wird klar, daß es sich offensichtlich nicht um isolierte Krankheitsbilder handelt, sondern meist komplexe und miteinander verbundene, ätiopathogenetische Konditionen vorliegen. Zu solchen Erkrankungen zählen z.B. Chondropathia patellae - Läden, 1925, - (angelsächsisch meist: - malacia, König, 1924), Patellaluxationen, M. Osgood-Schlatter (1903), M. Sinding-Larsen-Johannsson (1921, 22, 24) u.v.a. (eine eingehende Darstellung hierzu erfolgt nachfolgend unter 1.4).

Ein häufig auftretender pathogenetischer Faktor ist die vertikale Lageanomalie der Patella: meist handelt es sich dabei um die Patella alta; in neuerer Zeit wird - messtechnisch bedingt - auch die Patella infera bzw. baja beschrieben.

Aus dem dringenden klinischen Interesse, Aussagen über die vertikale Lokalisation der Patella machen zu können, entstanden verschiedene radiologische Techniken - besonders gehäuft in neuerer Zeit -, um sich methodisch gezielt der Fragestellung zu nähern.

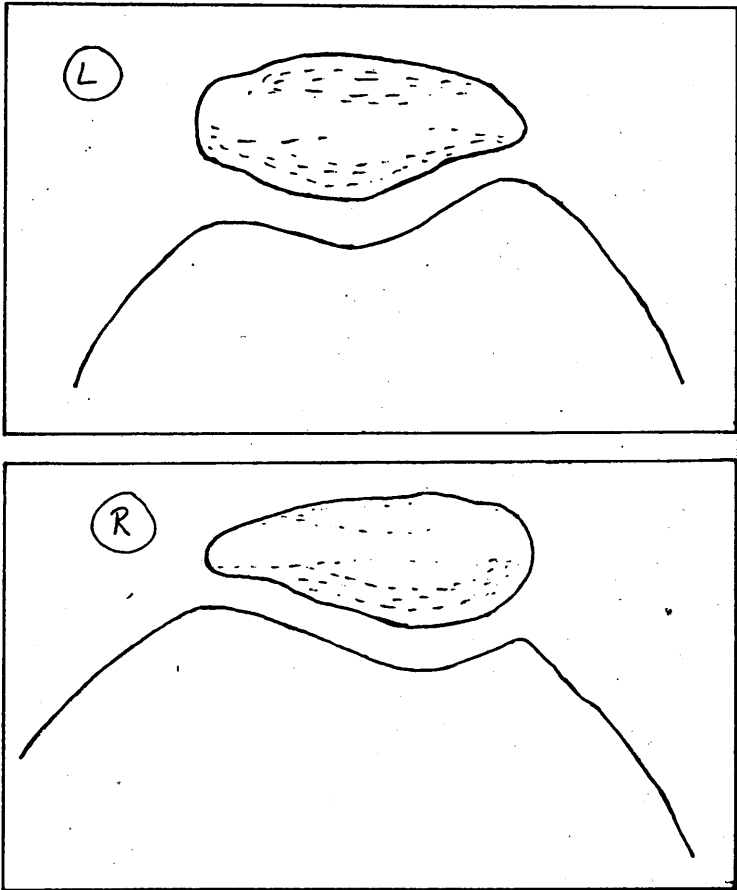


Abb. 1: Knutsson-Aufnahmen

(halbschematisch, Röntgenpausen)

Tangentiale Projektionen des femoro-patellaren Gelenkes, auch Horizontal- bzw. "skyline-view" - bzw. Tangential-Aufnahmen genannt. Zur Beurteilung des femoro-patellaren Gleitlagers, der korrespondierenden patellaren Facetten, von Dystopien und Dysplasien, von Patellae partitae, von Osteochondrosis dissecans, von "flake fractures" u.a.m.

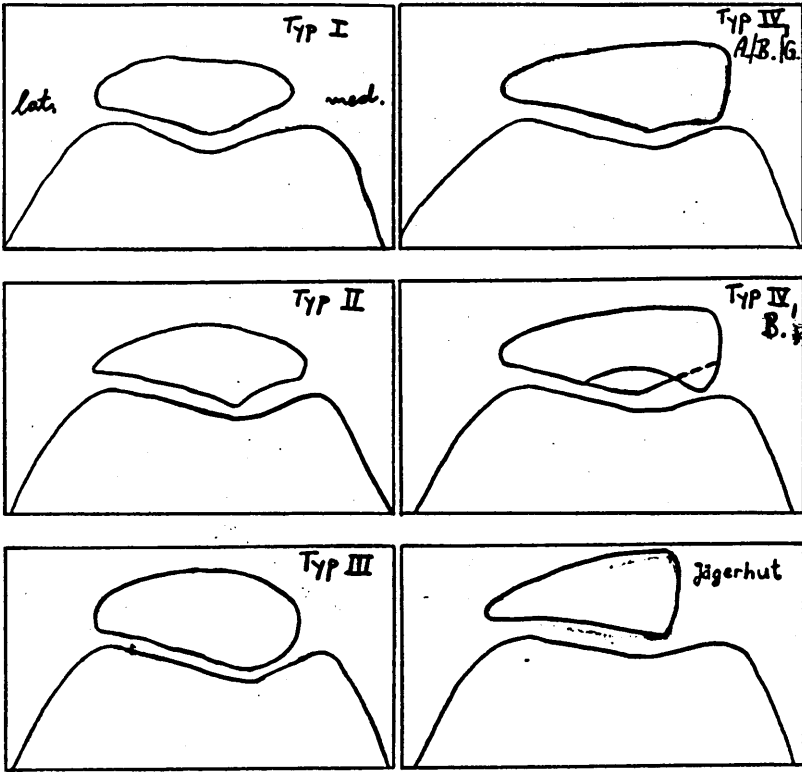


Abb. 2: Tangentiale Projektionen des femoro-patellaren Gelenkes (vgl. a. Abb. 1).

Zur Beurteilung dysplastischer Patellaformen wird nach Wiberg (1941) in die Typen I-III unterteilt. Eine weitere Unterteilung erfolgt nach Andersen/Baumgartl/Gremmel (1961) in Typ IV, sowie nach Baumgartl (1964) in eine Modifikation des Typs IV. - Häufig wird die sog. "Jägerhut"-Form erwähnt - sie kommt jedoch praktisch sehr selten vor.

Bei allen Kniegelenken mit einer Patella vom Typ IV nach A./B./G. wurde von den Autoren (1961) gleichzeitig eine Osteochondrosis dissecans beobachtet.

Eine Einteilung in weitere Übergangstypen wird von Janssen (1984) abgelehnt, da es alle fließenden Übergänge gäbe, bedingt durch torsionsabhängige Entwicklung (ITO-Fehler, Pat. lux.).

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, daß nach aktuellen Gütekriterien für eine adäquate Beurteilung der patellaren Vertikalposition ausschließlich Röntgenaufnahmen im frontalen Strahlengang, d.h. seitliche Profilaufnahmen in Frage kommen.

Tangentiale (Abb. 1, 2) Aufnahmen (Knutsson, 1941; Brattström, 1964; Ficat, 1970; Merchant, 1974 u.a.) sind hierbei nicht relevant, auch beschäftigen sie sich per definitionem mit anderen Fragestellungen: Beurteilung des femoro-patellaren Gleitlagers, der horizontalen Dystopie und Dysplasie, von *Patellae partitae*, von *Osteochondrosis dissecans*, von "Flake fractures" u.a.m.

Auch Aufnahmen im sagittalen Strahlengang, d.h. a.p.-Projektionen (Abb. 3) sind bei der vorliegenden Fragestellung weniger von Bedeutung. Es sind dabei lediglich Aussagen über extreme Alterationen der Patellaposition nach proximal oder distal bzw. medial oder lateral zu machen. Genauere Festlegungen sind jedoch nicht möglich, und entsprechende diesbezügliche Methoden (z.B. Peltesohn, 1901; Büttner, 1969) gelten heute als unbrauchbar.

Zur Verwendung der hier interessierenden seitlichen Profilaufnahmen wurden mit Boon-Itt (1930) und Blumensaat (1938) beginnend eine Reihe verschiedener Methoden eingeführt (eingehende Darstellungen hierzu erfolgen weiter unten); besonders in der neueren Zeit (ab 1970) entstanden mehrere neue Methoden und nachfolgende Modifikationen. Auch finden sich in der jüngeren Literatur immer mehr diesbezügliche Publikationen mit parallelen Untersuchungen und vergleichenden Studien. Zum einen spiegelt sich darin ein ausgeprägtes klinisches Interesse, ein geeignetes diagnostisches Hilfsmittel an die Hand zu bekommen; zum anderen wird dabei aber deutlich, welche Schwierigkeiten nach wie vor bestehen, um genügend befriedigende Techniken und Methoden zu entwickeln.

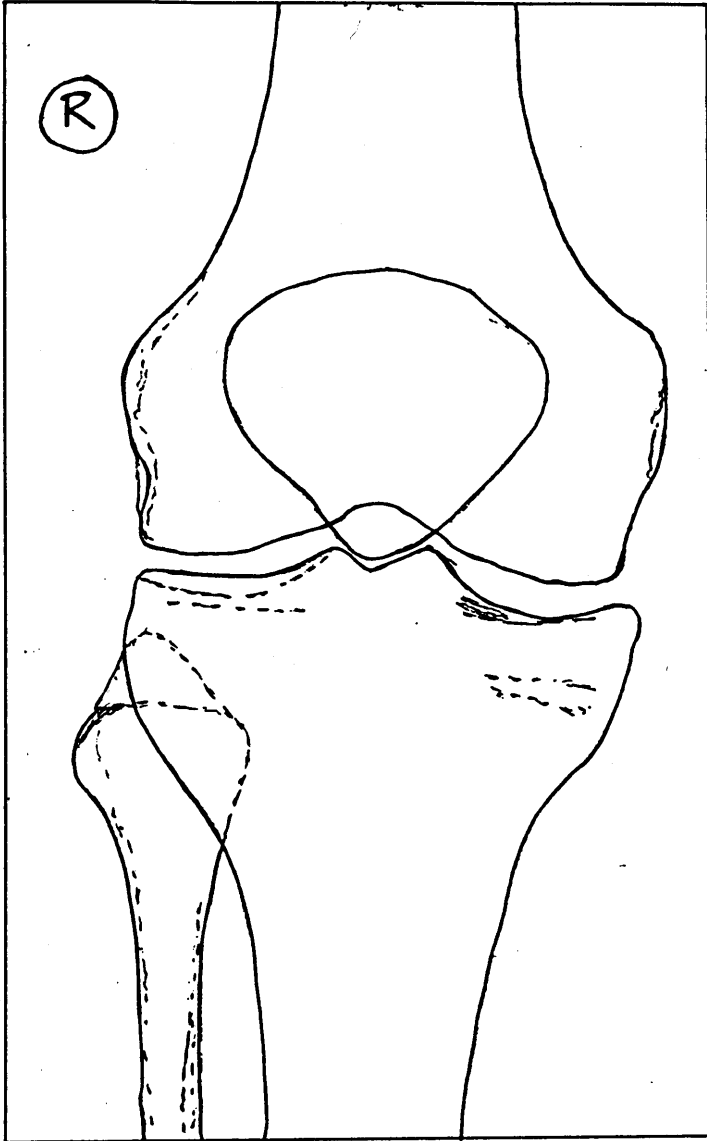


Abb. 3: a.p.-Aufnahme/-Projektion.

Höhenveränderungen der Patella nur bei extremen Ausprägungen zu beurteilen. Exaktere Aussagen durch seitliche Profilaufnahmen (s. Text).

Es wird klar, daß das Kniegelenk als biomechanisches System in seiner Struktur und Funktion eine derartige Komplexität aufweist, daß radiologisch-morphometrische Bestimmungsmethoden zum "Fehlerstress" neigen, d.h. eine Kumulation von systematischen Fehlern bewirken. Dadurch entsteht naturgemäß das Problem, daß die entsprechenden Methoden in ihrer Aussagefähigkeit (allerdings unterschiedlich untereinander) relativiert werden.

Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie - in Anlehnung an die Originalmethode nach Janssen (1979) und die entsprechende Modifikation von Hepp (1983) - eine Methode eingeführt, die darauf abzielt, bekannte methodische Schwierigkeiten zu berücksichtigen und die Fehlermöglichkeiten bei der Messung der Patellahöhenposition möglichst zu minimieren. Zudem soll die Methode durch überschaubaren Aufwand nicht nur für wissenschaftliche, sondern auch für klinisch-praktische Zwecke dienen.

1.3 Anatomische und funktionelle Bemerkungen

Das Kniegelenk - die *Articulatio genus* - ist das größte Gelenk des menschlichen Skeletts, die Patella das größte Sesambein. Funktionell liegt ein Dreh-Scharniergelenk vor, ein Trochoginglymus (Abb. 4, 5).

Allerdings sind Drehungen bzw. Rotationen nicht ohne weiteres möglich, dazu ist eine Flexion ab 20 - 30° erforderlich, da dann die Kollateralbänder entspannt sind.

In früherer Zeit verstand man unter dem Kniegelenk die gelenkige Verbindung zwischen Femur und Tibia bzw. den Femurcondylen und dem Tibiakopf bzw. -plateau. Es gab noch keine regelhafte Differenzierung der Kompartments in medial und lateral artikulierende Anteile. Länger unbeachtet war das FPG. Dieser mißliche Zustand ist durch die Forschung seit geraumer Zeit korrigiert.

Femurcondylen:

Die Femurcondylen sind nicht gleichmäßig ausgebildet, sie divergieren nach distal und dorsal (Anmerkung: Dieser Umstand spielt in der vorliegenden Studie eine wichtige Rolle; man vergleiche hierzu v.a. die Kapitel Methode und Diskussion.). Der laterale Condylus ist vorne breiter als hinten, der mediale Condylus hingegen ist vorne wie hinten gleich breit. Transversal sind die Condylen um eine sagittale Achse nur leicht gekrümmt. In der Sagittalebene nimmt die Krümmung nach dorsal zu - dadurch wird der Krümmungsradius kleiner. Die entsprechenden Krümmungsmittelpunkte liegen auf einer spirali- gen Linie - einer Evolute -, was zur Folge hat, daß es nicht nur eine einzige transversale, sondern unzählige Achsen gibt. Dies ist

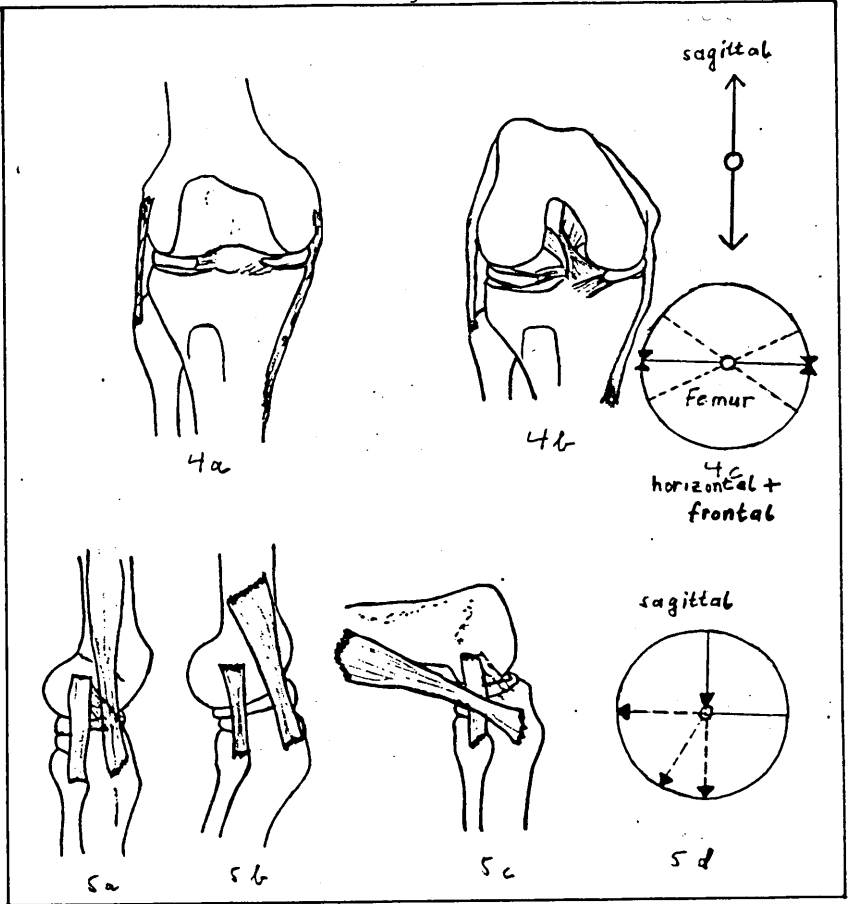


Abb. 4: Kniegelenk in frontaler Ansicht 4 a-b, nach Platzer).

In Abb. 4 a-b sind Extension und Flexion dargestellt. Lateral gelegen ist die Fibula; angedeutet sind die Kollateralbänder, die Menisci, die Ligg. cruciata, die Tuberositas tibiae.

Abb. 4 c zeigt die Ebenen der Bewegungsrichtungen.

Beachte: Rotatorische Bewegungen sind nur bei Flexion ab etwa 20 - 30° möglich, da dann die Kollateralbänder entspannt sind.

Abb. 5: Kniegelenk in seitlicher Ansicht (5 a-c, n. Muhr/Wagner).

5 a - c: Extension, schwache und starke Flexion,

5 d: Bewegungen und anatomische Ebene.

von besonderer biomechanischer Bedeutung, da bei verschiedenen Gelenkstellungen auftretende statische und dynamische Belastungen in optimierter Weise ausgeglichen werden können (Platzer, 1975; Lang/Wachsmuth, 1972).

Ein weiterer Effekt des sich nach dorsal verkleinernden Krümmungsradius besteht darin, daß sich bei femoro-tibialer Flexion die Kollateralbänder entspannen können (ab etwa 20 - 30°), wodurch sowohl IRO wie ARO möglich werden.

Der mediale Condylus ist auch um eine vertikale Achse gekrümmt.

Tibiacondylen:

Die gelenkigen Flächen werden von Condylenanteilen gebildet, die von der Eminentia intercondylaris in die medialen und lateralen Areae intercondylares getrennt werden.

Patella:

Die Patella ist, wie oben erwähnt, das größte Sesambein des menschlichen Skeletts. Sie ist als solches in den femoralen Streckapparat - d.h. in die Sehne des M. quadriceps femoris - anatomisch und funktionell integriert.

(Abb. 6, 7). Von ventral her bzw. in a.p.-Projektion imponiert die Patella oft als rundovaläres Gebilde, das - stärker schematisiert - auch als etwa ein auf dem Kopf stehendes gleichseitiges Dreieck oder auch als breite Herzform orientierend beschreibbar wäre (Abb. 3). Allerdings finden sich bereits physiologisch unzählige plastische bzw. radiologische Varianten - Übergänge runder, ovalärer, elliptischer, spitz- und stumpfwinkliger Formen sind fließend, korrespondierend mit der variablen Formgebung von Condylen und Tibiakopf (als Wachstumsergebnis) (Janssen, 1984). Distal liegt die Apex patellae, proximal die Basis patellae. Ventral gelegen ist die Facies anterior - eine rauhe Fläche, die leicht erhaben ist, jedoch häufige kraterhafte und rinnenhafte Unterbrechnungen der Konvexität aufweist, darunter viele Gefäßlücken; dorsal liegt die patellare Gelenkfläche - sie wird durch einen sagittalen First, die Christa patellae, in eine etwas größere laterale und eine etwas kleinere mediale Hälfte geteilt. Nach Grueter (1955/59) (Abb. 8) wird die laterale Hälfte in drei Teilfacetten unterteilt, die mediale in vier Teilfacetten. Eine analoge Einteilung der chondralen Patellarückfläche findet sich auch bei Hehne (1983). Diese Subspezifizierung ist von klinischem Interesse, da so entsprechende Knorpelläsionen nach statistischen Verteilungen studiert werden können: es werden meist Läsionen im medialen Bereich beobachtet (Wiles, 1960; Ficat, 1973; Janssen 1984).

Oberflächlich zeigt sich die laterale Hauptfacette meist konkav, während die mediale sowohl konkav als auch konvex sein kann.

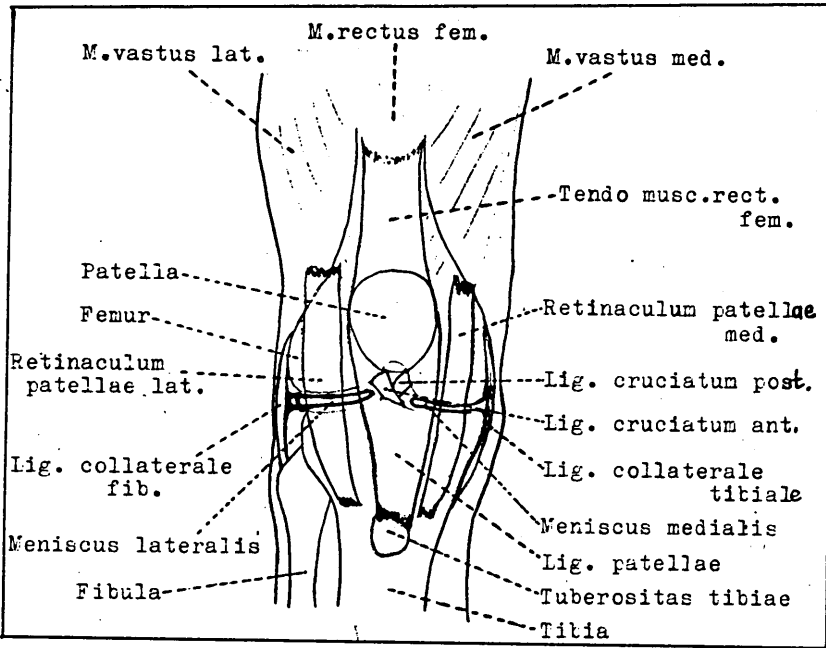


Abb. 6: Rechtes Kniegelenk in schematischer Darstellung. Ansicht von ventral (modif. nach Starck/Frick).

Die Patella ist in den femoralen Streckapparat integriert. Von proximal inseriert die Quadriceps-Sehne, von distal das Lig. patellae, das seinerseits distal an der Tuberositas tibiae ansetzt. Zusätzliche Fixation erfährt die Patella durch vertikale und horizontale Retinacula, sowie durch menisciale und kapsuläre Ligamentfaserverbindungen. Somit wird sie mehrfach fixiert - gezügelt - und dadurch bei physiologischen Verhältnissen u.a. vor Dislokationen geschützt.

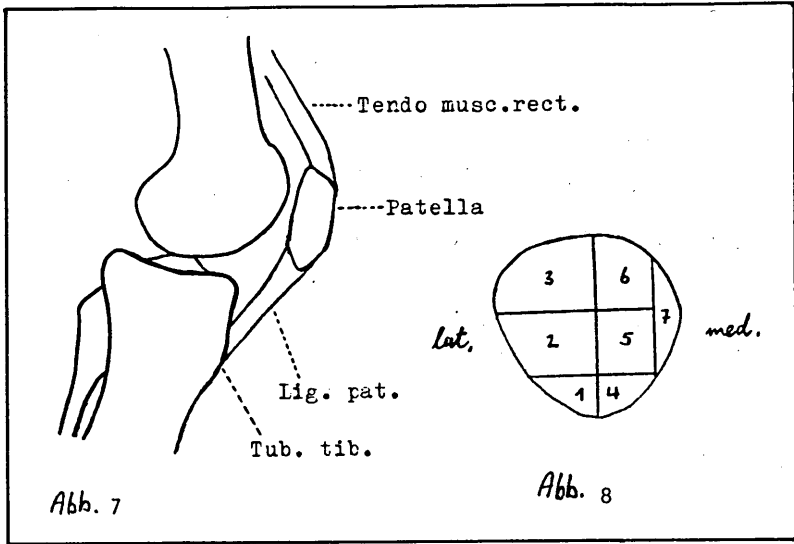


Abb. 7: Kniegelenk in schematischer Darstellung, Profilansicht

Deutlicher als in ventraler Ansicht (vgl. Abb. 6) wird in vereinfachter Profilansicht die Funktion der Patella bezüglich des Femoralstreckers herausgestellt: durch Integration in die Quadricepssehne - proximal der Patella liegt die Rectussehne (Tendo musc. rect.) inkl. weiterer Faserzüge der Mm. vasti, distal verläuft das Ligamentum patellae (Lig. pat.) mit Insertion an der Tuberositas tibiae (Tub. tib.). - wird die femorale Hebellänge vergrößert und damit das Wirkmoment auf den Unterschenkel beträchtlich erhöht.

Abb. 8: Unterteilung der patellaren Gelenkfläche (nach Grueter, 1959)

Die laterale Hälfte wird in drei, die mediale in vier Teilfacetten unterteilt. Diese Subspezifizierung ist von klinischem Interesse, da so entsprechende Knorpelläsionen nach statistischen Verteilungen studiert werden können (näheres s. Text).

Wie in a.p.-Projektion, so zeigt sich auch bei seitlicher Projektion - also bei einem Stahllengang in der Frontalebene - ein großer Formenreichtum der Patella, der Hertel (1979, Abb. 9 , 38 a) zu einer vereinfachenden Schematisierung veranlaßte (wobei es sich hier teilweise durch Rotationsprojektion bedingt um echte Typen bzw. artefizielle Typen handeln kann. Plastische Varianten finden sich auch bei den Skyline-Projektionen bzw. bei den Tangetialaufnahmen; sie werden nach Wiberg und Baumgartl in Typen und Übergangstypen I-IV eingeteilt (Abb. 2).

Die korrespondierende Artikulationsfläche zur Patella wird von der Facies patellaris femoris, der Trochlea, gebildet - nach Fick die sog. "Kniescheibengleitbahn". Sie wird durch eine nach distal und dorsal zunehmende Vertiefung, Fossa intercondylaris, in eine mediale und laterale Hälfte unterteilt; die Gelenkflächen sind bei beiden Hälften, Facetten, konvex gestaltet - wobei nach Fick (1904) die laterale Hälfte eine stärkere Krümmung aufweist, breiter ist und sich mehr nach proximal ausdehnt. Die kleineren proximalen Abschnitte der Trochlea werden durch Knorpelleisten - nach Meyer (1853) die sog. "Grenzrinne" - von den distalen Anteilen geteilt. Diese Begrenzung verläuft von jeweils proximal-marginal in einer Bogenlinie nach distal-zentral etwa zum Dach der Fossa intercondylaris. Die Genese wird als sekundär beschrieben, bedingt durch Marginaldruck der ventralen Meniscusteile bei femoro-tibialer Extension (Fick, 1911 u.a.). Die medio-proximale Trochlea kann eine Wulstung zeigen, die sog. "Outerbridge ridge" (Outerbridge, 1961); latero-proximal ist die Trochlea flacher und ermöglicht einen fließenden Übergang in die Fossa suprapatellaris. Dieser Teil des Recessus suprapatellaris bildet eine Polsterung und Gleitbahn durch Fettgewebe, Faserknorpel und synoviale Auskleidung, was für das sog. "Patellenspiel" nach Payr (1929) von besonderer Bedeutung ist; dabei läßt sich die Patella bei nicht kontrahiertem Quadrizeps in der vertikalen und horizontalen Frontalebene passiv individuell unterschiedlich stark "dislozieren" bzw. mobilisieren; in der Sagittalebene ist ein geringes ventro-dorsales "Imprimieren" möglich, jedoch kein dorso-ventrales Abheben (vakoulärer Sog, Zügelungselemente).

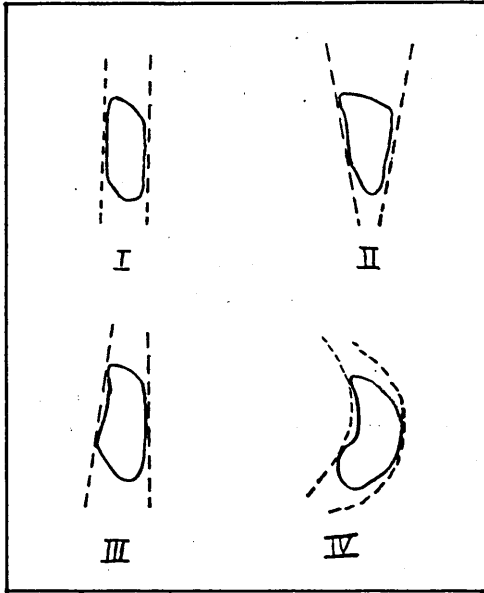


Abb. 9.: Einteilungsmuster der Patella bei seitlicher Projektion
(nach Hertel)

Die Plastizität der Patella weist eine große Fülle an Varianten auf. Dies gilt sowohl für physiologische als auch für pathologische Bedingungen. Um eine vereinfachte praktikable Orientierung zu ermöglichen, lassen sich vier Grundtypen unterscheiden.

Für weiterreichende Aussagen sind jedoch diffizilere Verfahren heranzuziehen.

Zügelung der Patella:

An der knorpelfreien Apex patellae inseriert das Ligamentum patellae, das zur Tuberositas tibiae zieht (Abb. 6, 7). An der Basis patellae inseriert der Quadrizeps von proximal her. Ventrale Fasern gehören dabei zur Rectussehne, teilweise ziehen sie über die Patella hinweg nach distal. Intermediäre Faserzüge werden vom M. vastus medialis et lateralis gebildet, dorsale Züge gehören zum M. v. intermedius.

Da das Ligamentum patellae fast unelastisch ist, bekommt die Patella bei einer femoro-tibialen Flexion ab etwa 30° (Anwicklungseffekt) einen relativ konstanten Abstand zur Tuberositas tibiae (Abb. 7; Physiologische und pathologische Variationen werden unter dem Kapitel Diskussion näher betrachtet, s.d.).

Weitere Zügelungseffekte werden durch die medialen und lateralen Haltebänder, die Retinacula patellae, erzeugt. Sie haben stärker vertikale und schwächere horizontale Faserzüge (Abb. 6). Die lateralen Fasern verbinden sich mit dem Tractus ilio-tibialis.

(Anmerkung: Bei Querfrakturen der Patella bekommen die Retinacula als "Reservestreckapparat" eine besondere Bedeutung).

Eine horizontal-vertikale Zügelung kommt auch durch die beidseitigen menisco-patellaren Ligamente zustande.

Neben diesen Zügelungseffekten ist auch die physiologische Beinachse bzw. die Achse des femoro-tibialen Streckapparates (Quadriceps - Patella - Ligamentum patellae) zu berücksichtigen (Abb. 10). Sie ist nicht völlig gerade (180°), sondern bildet einen nach lateral stumpfen Winkel (ca. 170°); vgl. a. Q-Winkel nach Brattström, 1964; (Abb. 10).

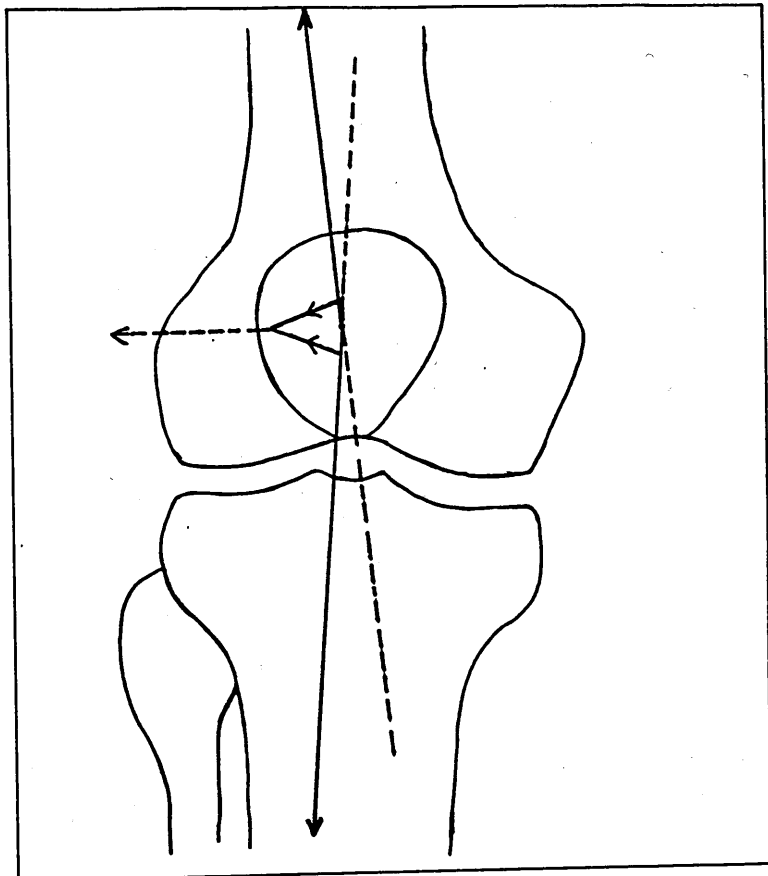


Abb. 10: Valgität des Streckapparates
(modifiziert nach Ficat, 1975).

Die physiologische Achse des femoro-tibialen Streckapparates (Quadriceps - Patella - Ligamentum patellae) entspricht nicht der physiologischen Traglinie des Beines (gerade, 180°), sondern bildet einen nach lateral stumpfen Winkel von ca. 170° .

Durch diese physiologische Valgität und die vektoriellen Kräfte schiebt sich daher die Patella nach lateral und drückt unter pathologischen Bedingungen (z.B. Atrophie des M. vastus medialis) vermehrt auf den lateralen Femurcondylus (-dabei Änderung des obigen Q-Winkels nach Brattström, 1964).

Durch diese physiologische "Valgität" und die vektoriellen Kräfte tendiert daher die Patella nach lateral und drückt (bei pathologischen Verhältnissen vermehrt) auf den lateralen Femurcondylus (physiologisches Aequilibrium! - Lateralistendenz nur bei Störung, z.B. Atrophie des M. vastus medialis), (Janssen, 1984).

Anmerkung: Diese physiologische "Valgität" femoro-tibial ist nicht zu verwechseln mit der physiologischen Traglinie des Beines, dem Genu rectum; dieses ist per definitionem die Verbindung durch die Mitte des Caput femoris über die Mitte des FTG zur Mitte des Calcaneus.

Patellafunktionen:

Das patellare Sesambein stellt ein Hypomochlion dar. Durch Integration der Patella in den femoralen Streckapparat verlängert sich der Hebelarm des M. quadrizeps, und sein Wirkmoment auf den Unterschenkel wird wesentlich gesteigert. Dies kommt vornehmlich bei der Extension zum Tragen, während bei der Flexion dieser Effekt abnimmt (Goymann, 1975, u.a.).

Nach geometrisch-mechanischen Grundlagen schreibt Bandi (1977) der Patella eine wichtige Aufgabe zu bei der Stabilisierung des FTG: Bei Flexion wird der Vorschub der Femurcondylen reduziert und damit das hintere Kreuzband (Anmerkung: sowie zusätzlich hintere Kapsel-Band-Anteile) entlastet (Abb. 11). Ein derartiger Stabilisierungsfaktor durch die Patella wird auch von Goymann (1975) angegeben.

Fürmeier (1953) gibt eine merkliche Druckentlastung im FTG durch die Patella an, Bandi (1977) beschreibt, daß die Patella flexionsabhängig jeweils nur mit einem Facettenpaar auf der Trochlea gleitet, und damit die Gleitfähigkeit verbessert würde und entsprechend Reibung und Gewebsverschleiß reduziert würden (Abb. 12).

Nach neueren Untersuchungen von Hehne (1983) ergeben sich etwas anders gelagerte Aspekte hinsichtlich Auflagefläche und Gewebsverschleiß; die Untersuchungen basieren auf einer neuartigen zweilagigen Druckmessfolie, mit der exakte Pressungsverteilungen und lastabhängige Kontaktflächen ermittelt werden können. Die elektronische Rechnerauswertung von Druck-Dichte- und Last-Flächen-, sowie Last-Druck-Beziehungen deutet auf die chondrale Beanspruchung.

Nach Hehne (1983) ist als Folge des Kontaktgewinnes (zwischen Patella und Femurcondylen) der mittlere Druck an der Knorpeloberfläche niedriger, als es aus theoretischen Kraft- und experimentellen lastunabhängigen Kontaktflächenanalysen zu erwarten wäre.

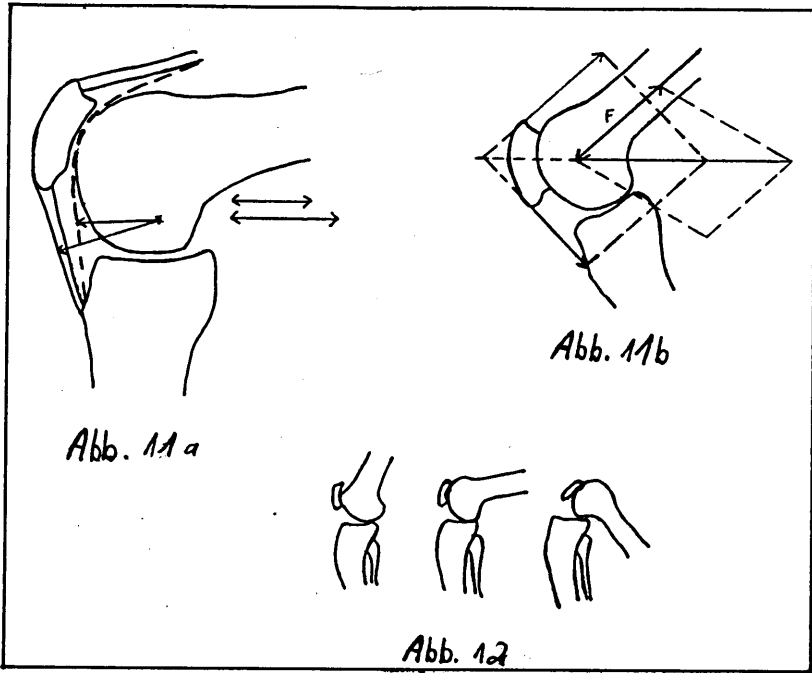


Abb. 11 a: Mechanische Funktion der Patella
(nach Bandi)

Durch die Patella werde der Hebelarm des Femoralstreckers verlängert, und damit das Wirkmoment auf den Unterschenkel erheblich gesteigert.

Abb. 11 b: Stabilisierungsfunktion der Patella
(nach Bandi)

Bei Flexion werde der Vorschub der Femurcondylen durch die Komponente F des femoro-patellaren Druckes reduziert und damit das hintere Kreuzband entlastet.

Abb. 12: Ökonomisierung der femoro-patellaren Reibungen
(nach Bandi)

Bei geringer Flexion liege die Patella mit dem distalen, bei mittlerer Flexion mit dem mittleren, bei stärkerer Flexion mit dem proximalen Facettenpaar auf. Damit werde die Gleitfähigkeit verbessert und Reibung und Gewebverschleiß reduziert. - Diese Auffassung wird von Hehne (1983) sowie von Janssen (1984) nicht geteilt (s. Text S. 19).

Der Kontaktgewinn bedeutet also eine Druckreduktion, d.h. einen (Selbst-) Schutz des Knorpels vor Überlastungen. Es liegt - nach Hehne (1983) - eine Äquivalenz zwischen Kontaktflächen und Anpresskräften vor, analog dazu bleibe der mittlere Druck konstant und unabhängig von der Kniebeugung.

Umgekehrt zum Kontaktgewinn würden demnach bei Kontaktaufnahme - entgegen der Vorstellung von Bandi (1977) - die Anpresskräfte zunehmen und damit eine erhebliche Steigerung der Knorpelbeanspruchung bewirken.

Bei 50° Flexion beginnt der Umwicklungseffekt der Quadricepssehne um die Trochlea; bei höheren Flexionsgraden werden die Reibeffekte für die Sehne vermehrt vulnerabel (Ficat/Hungerford, 1977). Bei Abwesenheit der Patella würde dieser ungünstige Effekt wesentlich verstärkt; dieser Umstand weist auch hier auf eine wichtige Schutzfunktion der Patella hin.

Verschiedene vektorielle, zentripetale Zugkräfte des Quadriceps werden durch die Patella zentriert und in Richtung auf das Ligamentum patella geleitet. Damit wird durch Anpassung an die Längsachse des Unterschenkels die Kraftwirkung des Quadriceps optimiert.

1.4 Ätiopathogenese der Erkrankungen am FPG:

Es sind zahlreiche einzelne pathogene Zustände bekannt, die nach verschiedenen Kriterien eingeteilt werden können. Mehr summarisch läßt sich in angeborene und erworbene Zustände unterteilen (endogen und exogen). Differenzierender ließe sich nach verschiedenen funktionellen Gesichtspunkten einteilen, auch nach klinisch-pathologisch orientierten Symptomen-Komplexen. Es zeigt sich, daß einzelne Faktoren nicht zu fest umrissenen isolierten Krankheitsbildern führen, sondern daß meist eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten einzelner Faktoren zusammenkommt, die dann entsprechende klinische Komplexe bedingen, aber auch zunächst nur subklinisch-latente Alterationen auslösen können, die erst nach längerer Entwicklung und/oder zusätzlichen adäquaten Noxen (z.B. traumatischen Ereignissen) zu klinischer Dignität führen.

Zu den anlagebedingten Fehlbildungen zählen:

Dysplasien der distalen Femurcondylen, d.h. der Trochlea, also der Patellagleitbahn; Dysplasien der Patella (z.B. Hertel, 1979; Wiberg, 1941; Baumgartl, 1964); Achsenfehlstellungen (Genua valga/vara), Torsionsfehler; konstitutionelle Bindegewebsschwächen (Ligamente, Kapsel); Patella-Dystopien (Patella alta/infera und/oder medialisata/lateralisata).

Erworbene Störungen können sein:

Traumata; neoplastische Prozesse; Infekte (z.B. Osteomyelitis); schlaffe und spastische Lähmungen (wie infantile Cerebralparese); Überlastungsschäden - besonders in Sport und Beruf (ohne direkte Traumata, aber mit chronisch wirksamen degenerativen Veränderungen - auch als Summationseffekt von Mikrotraumata); pharmakogene Folgen (z.B. Cortison-Derivate, vgl. z.B. bei Wellhöner, 1976); radiogene Folgezustände; Stoffwechselkomplikationen (z.B. Gicht); Hämophiliefolgen u.a.

Patellare Dystopien:

Lageanomalien können sich grundsätzlich in den drei vorgegebenen räumlich-anatomischen Ebenen abspielen:

1. Frontalebene, 2. Sagittalebene, 3. Transversalebene.

Radiologisch handelt es sich aber bei der Darstellung nicht um die gleichen Ebenen, sondern es entsprechen ad 1.: ein sagittaler Strahlengang (also: a.p.-bzw. p.a.-Projektion) - ad 2.: Strahlengang in der Frontalebene (also: seitliche Profilaufnahme) - ad 3.: vertikaler Strahlengang (also: bezüglich der Patella Tangentialaufnahmen).

Patella alta:

Hierbei handelt es sich um eine vertikal-proximale Dystopie. Das Vorkommen ist am häufigsten im Zusammenhang mit den Patellaluxationen. Wesentlicher Grund ist eine lokale sowie allgemeine Bandlaxität; daneben sind fließende Übergänge zu Systemerkrankungen des Bindegewebes (mit allgemeiner Bandlaxität) vorhanden, ferner finden sich neuromuskuläre Störungen, Lähmungen und die Spastik (Janssen, 1979).

Auch beim M. Osgood-Schlatter tritt häufig eine Patella alta auf (Smillie, 1974; Lancourt/Christini, 1975); bei der "Traktionsepiphysitis" findet nach Reichelt (1971) eine begrenzte Ossifikationsstörung der Tuberositas tibiae statt. Vor allem sportliche, noch im Wachstum befindliche Jugendliche mit kräftiger Quadricepsmuskulatur sind betroffen. Die beträchtliche muskuläre Zugbeanspruchung der Apophyse - die ihr Wachstum noch nicht beendet hat und entsprechend vulnerabel ist - kann ossäre Ausrisse an der Sehneninsertion bewirken und dadurch die Patella in vertikaler Richtung weiter nach proximal dislozieren. Bemerkenswerterweise kann sich ein derartiger Vorgang auch subklinisch abspielen (Smillie, 1974/78). Ohne erkennbare klinische Erscheinungen resultiert dabei eine Patella alta mit elongiertem Ligamentum patellae und apophysärer Prominenz.

Zum M. Osgood-Schlatter eventuell analoge Vorgänge finden sich beim M. Sinding-Larsen-Johannsson; alteriert ist hier die Apex patellae, die Elongation oder Fragmentierung zeigt, ebenfalls eventuell resultierend aus einer Traktionsepiphysitits während des Wachstums (Medlar/Lyne, 1978).

Von Janssen (1983) wird bezüglich des Patellaspitzensyndroms eine ätiologische Differenzierung zwischen Wachstumsalter und Erwachsenenalter vorgenommen. Danach können im Wachstumsalter lokale Wachstumsstörungen der Patella-Apex auftreten - die röntgenologisch verschiedene Stadien zeigen -, wonach als Residuum eine zungenförmige Ausziehung des distalen Patellapols verbleibt. - Im Erwachsenenalter dagegen zeigen sich röntgenologisch die ossären Veränderungen als degenerative Prozesse. Hierbei entstehen Atrophien unosteophytäre Reaktionen, die als Ausziehungen und Anbauten die Plastizität der Patella (distaler Patellapol) alterieren.

Ligamentäre Veränderungen wie Tendinosen und Tendoperiostosen können entweder isoliert oder kombiniert mit ossären Veränderungen auftreten.

Patella infera:

Seltener werden auch Lageanomalien im Sinne einer Patella infera baja beschrieben, wobei die Pathogenese gegenüber der Patella alta nicht unterschieden wurde (Lancourt/Christini, 1975). Nähere Kenntnisse hierüber sind durch die weitere Forschung zu erbringen.

Patellaluxationen:

Dystopien in der Frontalebene beinhalten die Patella lateralisata bzw. medialisata (beim ITO-Fehler immer P. medialisata, ohne Patellaluxation; Janssen, 1984). Es gibt sowohl angeborene wie erworbene Formen. Unterschieden werden ferner rezidivierende, habituelle, permanente und Sub- bzw. Prä-Luxationen. Häufig sind kombinierte Fehlbildungen sowie komplexe Funktionsstörungen (Janssen, 1978/80).

Muskuläre und ligamentäre Faktoren:

Es gibt sogenannte patellare Zügelungsanomalien, die einerseits bedingt werden durch Ansatzvarianten und Atrophie des M. quadrizeps medialis, zum anderen durch Alterationen der Kapsel-Band-Strukturen, oder durch Kombination beider Komponenten.

Was den Femoralstrecker - bzw. die einzelnen quadricepalen Komponenten - anbelangt, so ist vor allem das ausgewogene Verhältnis des medialen und lateralen M. vastus von Bedeutung. Dabei zeigt regelhaft der mediale Vastus größere Vulnerabilität (Rohleder, 1959; Smillie, 1980), was konsekutiv zu einem relativen und auch i.e.S. zu einem funktionellen Dominieren des Vastus lateralis führt: die Patella wird nach lateral verlagert.

Auch die Kapsel-Band-Strukturen können entweder durch lokale oder durch systemische Schwäche (Janssen, 1978; Muhr/Wagner, 1981; Hepp, 1983) eine Irritation der physiologischen Patellazügelung bewirken und ebenfalls zu einer Patella lateralisata führen.

Achsenfehlstellung und Valgität:

Es liegt eine meist anlagebedingte Fehlstellung der physiologischen Beinachse im Sinne eines Genu valgum vor; dabei findet sich eine Vergrößerung des oben genannten Q-Winkels (Brattström, 1964).

Die vektoriiellen Kräfte verstärken sich nach lateral und schieben damit die Patella vermehrt - also unphysiologisch - nach lateral. Verliert die laterale Patellafacette dabei teilweise den Gleitlagerkontakt, so liegt eine Patella-subluxation bzw. -präluxation vor (Rohleder, 1951).

Achsenfehlstellung und Torsion:

Kombinierte Torsionsfehler (Rohleder 1962; Janssen 1978) lassen sich häufig bei habituellen bzw. rezidivierenden Patellaluxationen finden (nach Janssen, 1978, stellen Innentorsionsfehler mit etwa 90 % die häufigste Ursache der Patellaluxationen dar). Es liegen komplexe Störungen zum Teil aus Fehlanlagen, zum Teil aus sekundären Erscheinungen vor.

Nach Janssen (1978/80) besteht folgende Bedeutung des Innentorsionsfehlers des distalen Femur für das FTG und FPG:

Ein starker Innentorsionsfehler bildet die häufigste Ursache (90 % s.o.) der Patellaluxation, ein leichter Innentorsionsfehler ist die häufigste Ursache der Chondropathia patellae. - Der Innentorsionsfehler ist als präarthrotische Deformität anzusehen.

Im gleichen Zusammenhang werden weitere kompensatorische Erscheinungen beobachtet: gehäuft findet sich eine Coxa valga antetorta zusammen mit einer Dysplasie der Hüfte. Auch stellt sich eine Minustorsion der Malleolengabel ein, die ihrerseits wiederum Ursache des (innentorsionsbedingten) sogenannten kompensatorischen Knick-Senkfußes ist. Schließlich entsteht klinisch eine innentorsionsbedingte Varusdeformität, die von der durch echte laterale Seitenausbiegung zu unterscheiden ist (Janssen, 1980).

Dysplastische Fehlbildungen:

Am distalen Femur ist das Patellagleitlager, die Trochlea, verändert; der mediale und der laterale Condylus sind abgeflacht.

Gleichzeitig bestehen immer dysplastische Patellavarianten (Wiberg, 1941; Andersen/Baumgartl/Gremmel, 1961), wie oben beschrieben (vgl. Abb. 2) - nach Janssen (1984) gibt es allerdings keine Varianten, sondern fließende Übergänge (torsionsabhängig), also keine verschiedenen Typen.

Es fällt auf, daß - im Sinne des Innentorsions-Syndroms nach Janssen (1980) - gehäuft kombinierte Dysplasien auftreten. Dies weist auf komplexe Störungen bzw. auf ineinandergreifende kompensatorische Vorgänge hin.

Degenerative Veränderungen (Arthrose):

Grundsätzlich ist festzustellen, daß es eine Vielzahl ätiologischer Faktoren gibt, die eine Störung veranlassen. Jedoch zeigt die Pathogenese, daß sich über mehrere aufeinanderfolgende Stadien in gesetzmäßiger Weise die Arthrose einstellt.

Im folgenden sollen relevante biochemische und biomechanische Faktoren skizziert werden.

1. Biochemische Faktoren:

Treten adäquate Störungen im chondralen Metabolismus auf (etwa durch infektiöse oder durch rheumatoide Umbauvorgänge), stellen sich synoviale Veränderungen ein. Knorpelzellen gehen zugrunde; bei der Auflösung der Chondrozyten werden lysosomale Enzyme frei, die sich ihrer Umgebung gegenüber destruktiv zeigen und einen Abbau von chondralem Gewebe bewirken. Zusätzlich alterieren sie die Synovialflüssigkeit, die über einen chronischen Reizzustand eine weitere Destruktion des Knorpelgewebes zur Folge hat.

Als weitere schädigende Faktoren kommen zirkulatorische Störungen in Betracht, bedingt durch hämatologische, angiologische, neurogene (M. Sudeck) u.a. Konditionen (Entzündung/chronische Synovitis). Auch endokrine Faktoren wie Menopausen-Osteoporose oder verschiedene hypophysäre und thyreoidale Störungen können eine Rolle spielen. Schließlich müssen auch pharmakogene Komplikationen (wie etwa Corticosteroid-Derivate) berücksichtigt werden.

Wenn insgesamt kombinierte schädigende Faktoren auftreten, wird der bereits induzierte Circulus vitiosus noch mehr stimuliert - mit der Konsequenz der progredienten chondralen und ossären Degeneration.

2. Biomechanische Faktoren:

Störungen können auftreten durch (a) Fehlanlagen, durch (b) Überlastungsschäden sowie durch (c) Traumata.

(a) Fehlanlagen:

Hierzu zählen Dysplasien der distalen Femurcondylen (Patellagleitbahn), Patelladysplasien und -dystopien (Patella alta), Achsenfehlstellungen (Genua valga/vara), Torsionsfehler, konstitutionelle Bindegewebsschäden (Ligamente, Kapsel) u.a.m. (vgl. a. oben unter 1.4, Seite 22 ff).

(b) Überlastungsschäden:

Ein frühes Stadium der degenerativen Veränderungen betrifft Alterationen des chondralen Stoffwechsels bzw. dessen Regenerationsfähigkeit. Mechanische Überlastungsschäden stehen hier im Vordergrund.

Dabei können vielfältige ätiologische Faktoren zum jeweils gleichen Endzustand führen. Allein die in industriellen Wohlstandsländern so häufige Adipositas stellt einen hohen Anteil bezüglich mechanischer Gelenkschäden dar. Auch gibt es viele berufliche Dispositionen (wie z.B. Knieschäden bei Fliesenlegern), die zu entsprechenden Schäden führen. Bei den vielen im sportlichen Bereich auftretenden Schäden sollte unterschieden werden zwischen chronischen Dauer- und Überbeanspruchungen und den abgrenzbaren traumatischen Ereignissen (bei denen teilweise erst in der Folge Störungen auftreten, die zu degenerativen Veränderungen führen können).

Neben den häufigeren mechanischen Überbelastungen können auch Unterbelastungen Schäden zur Folge haben. Bei fehlenden oder zu geringen Drucken kann es zu Störungen der chondralen Trophik und Homöostase kommen (Morscher, 1961; Harrison/Schajowicz/Trueta, 1953; Cotta/Puhl, 1976). Solche Verhältnisse entstehen beispielsweise nach längeren Immobilisationen.

(c) Traumata:

Neben der Vielzahl pathogener Faktoren, die an degenerativen Prozessen Anteil haben können, sind auch traumatische Ereignisse bzw. deren Folgezustände zu berücksichtigen - auch ihnen kommt nicht unerhebliche Bedeutung zu.

Genannt seien chondrale Kontusionen sowie Abscherungen, Meniscusrisse, Ligamentzerreissungen, komplexe Kapsel-Band-Schäden, Quadrizepssehnen-Rupturen. Bei Frakturen ist neben dem FPG und dem FTG auch an funktionelle benachbarte Strukturen zu denken, sowie an frakturbedingte intraartikuläre Stufenbildungen und traumabedingte Achsenfehler. Auch sind chronische Überbeanspruchungen durch Sport und Beruf von Interesse, aber auch der verbreitete Faktor Übergewicht hat besondere Bedeutung.

Weiterhin wichtig sind posttraumatische Komplikationen (wie Wundheilungsstörungen, Durchblutungsstörungen, Deformierungen, Instabilität u.a.m.) bzw. chronische Prozesse (wie chronische Reizzustände, Entzündungen etc.) - (Smillie, 1978; Muhr/Wagner, 1981; Heim/Baltensweiler, 1981, u.a.).

Beschränken sich degenerative Veränderungen noch auf den Knorpel, werden sie als Chondromalazien - besonders im Angelsächsischen verwendet - bezeichnet (Insall/Salvati, 1971, u.a.) oder auch als Chondropathien. Greifen die Alterationen dann auf ossäre Strukturen über, so liegt eine Retropatellar- bzw. femoro-patellare Arthrose vor. Konsekutiv greifen die Schädigungen in einem späteren Stadium - bei fließenden Übergängen - auf das femoro-tibiale Gelenksystem über und induzieren auch hier analoge Alterationen i.S. der Panarthrose des Gelenkes.

2. Spezieller Teil

2.1 Material

Es wurden zwei Kollektive ausgewählt. - Ein Kollektiv rekrutiert sich aus 181 Kniegelenken, wobei es sich ausschließlich um Patienten handelt, bei denen eine Meniscectomie durchgeführt wurde.

Größte Sorgfalt wurde dabei auf die Selektion derjenigen Patienten gelegt, bei denen lediglich eine akute traumatische Meniscusläsion - anamnestisch und klinisch - vorlag. Andere Erkrankungen - wie etwa rheumatisch-entzündliche, chronisch-degenerative, analagebedingte Fehlbildungen und Störungen, sowie unspezifische chronisch rezidivierenden Reizzustände - begründeten einen bewußten Ausschluß aus dem Kollektiv, so daß hiermit eine strukturell physiologische Gruppe von Kniegelenken etabliert werden konnte.

Es wurden nur die aktuellen präoperativen Röntgenbilder zur Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" ausgewählt, jedoch nicht Röntgenbilder, die in anderem zeitlichen und klinischen Zusammenhang standen - einschließlich postoperativer Bilder -, um andere pathogene Einflüsse auszuschalten.

Die nicht meniscusgeschädigten Kniegelenke wurden bei diesem Kollektiv ebenfalls berücksichtigt.

Das zweite Kollektiv besteht aus 121 Kniegelenken, bei denen die klinische Diagnose der habituellen Patellaluxation gestellt und konsekutiv die Operation nach Krogus-Roux durchgeführt wurde. Auch hier wurden jeweils aktuelle präoperative Röntgenbilder ausgewählt, um andere Einflüsse auszuschalten und gleichartige Bedingungen zu schaffen.

In dieser Hinsicht wurde eine strikte Aussortierung derjenigen Röntgenbilder vorgenommen, die intraoperativ, postoperativ oder - wenn präoperativ - sehr stark OP-Termin-different waren.

Somit wurde einem strukturell physiologischen ein strukturell pathologisches Kollektiv gegenübergestellt.

Es wurde ein Patientenkollektiv mit Patellaluxationen gewählt, weil unphysiologische Formveränderungen des FPG i.S. der Dysplasie (Präarthrose), in der Regel kombiniert sind mit einer Änderung der Höhenposition der Patella i.S. der Patella alta. Die hierin begründete klinische Bedeutung veranlaßt die Ausmessung der Höhenposition.

2.2 Methode

Es soll der Winkel definiert und messtechnisch bestimmt werden, der unter gegebenen Voraussetzungen eindeutig und gut reproduzierbar die Vertikalposition der Patella angibt. Bezeichnung: Patellahöhenwinkel "a" (Abb. Abb. 13/14 a - c).

Voraussetzungen:

- (1) Seitliche Röntgenaufnahme bei 30° Flexion
(als allgemein eingeführte Routineaufnahme)
- (2) Vermeidung röntgentechnisch bedingter IRO/ARO bei der Lagerung
- (3) Vermeidung - wie unter (2) - ausgeprägter artefizieller Valgität/Varität
- (4) Radiologisch qualitativ gute Röntgenbilder, v.a. in Bezug auf Trennschärfe und strukturelle Kontraste

Die beiden zur Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" erforderlichen Winkelgraden a und b (s. Abb. Abb.13/14 a-c) werden wie folgt definiert:

Winkelgerade a (WGa) = 1. Referenzpunkt:

Punkt B, im Bereich der distal-dorsalen Patella (also nicht der Patella-Apex), wo sich der radiologische Extrempunkt der Artikulation zwischen Patella und Femur findet.

2. Referenzpunkt:

Punkt A_0 bzw. A_1 bzw. A_2 , wo der Schnittpunkt (Sp) der dorsalen medialen Condylenkontur mit der Winkelgeraden b (WGb) liegt.

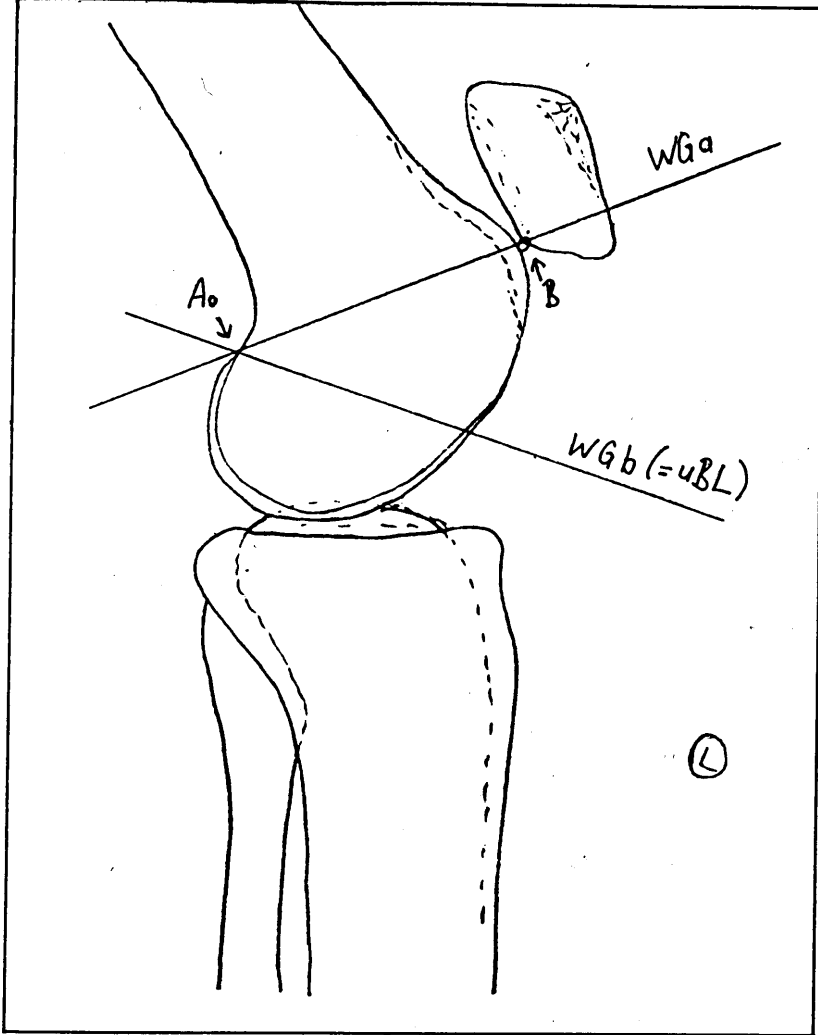


Abb. 13 a: Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" - bei Kongruenz der dorsalen Femurcondylen im Meßgebiet.
 (Pause eines Röntgenbildes, Format 18 x 24 cm, vgl. a. Abb. 14 a)

Punkt B ist die distale Begrenzung der Patellagelenkfläche, Punkt A_0 ist der Schnittpunkt der beiden Winkelgeraden WGa und WGb. Dabei entspricht WGb der unteren Blumensaatlina (=uBL), während WGa durch den Punkt B und den Schnittpunkt von WGb mit der Femurcondylenkontur (Punkt A_0) gebildet wird. - WGa und WGb konstituieren den Patellahöhenwinkel "a".

(Näheres s. Text unter 2.2)

Winkelgerade b (WGb) = Multiple Referenzpunkte:

Deutliche Kontrastierungen, die im Bereich der distalen Condylenhälfte einen halbschrägen (anatomisch: sagittal) "Sklerosepfad" bilden, der als Projektion des Sulcus intercondylaris als untere "Blumensaatlinie" (uBL) imponiert.

Punkt A_0 = Schnittpunkt von WGb mit WGa in dem dorsalen Punkt, wo sich beide Condylengrenzen kongruent projizieren, wenn keine IRO/ARO bzw. ITO/ATO und/oder V1/Vr-Effekte auftreten.

Punkt A_1 = Variation von A_0 bei IRO/ITO:

Die dorsale mediale Condylenkontur (s.u.) wird rotationsbedingt vermehrt nach dorsal verlagert ("dorsalisiert") und somit auch der entsprechende Schnittpunkt (Sp) von WGb mit dieser Kontur.

Punkt A_2 = Variation von A_0 bei ARO/ATO:

Die dorsale mediale Condylenkontur (s.u.) wird rotationsbedingt vermehrt nach ventral verlagert ("ventralisiert") und somit auch der entsprechende Schnittpunkt (Sp) von WGb mit dieser Kontur.

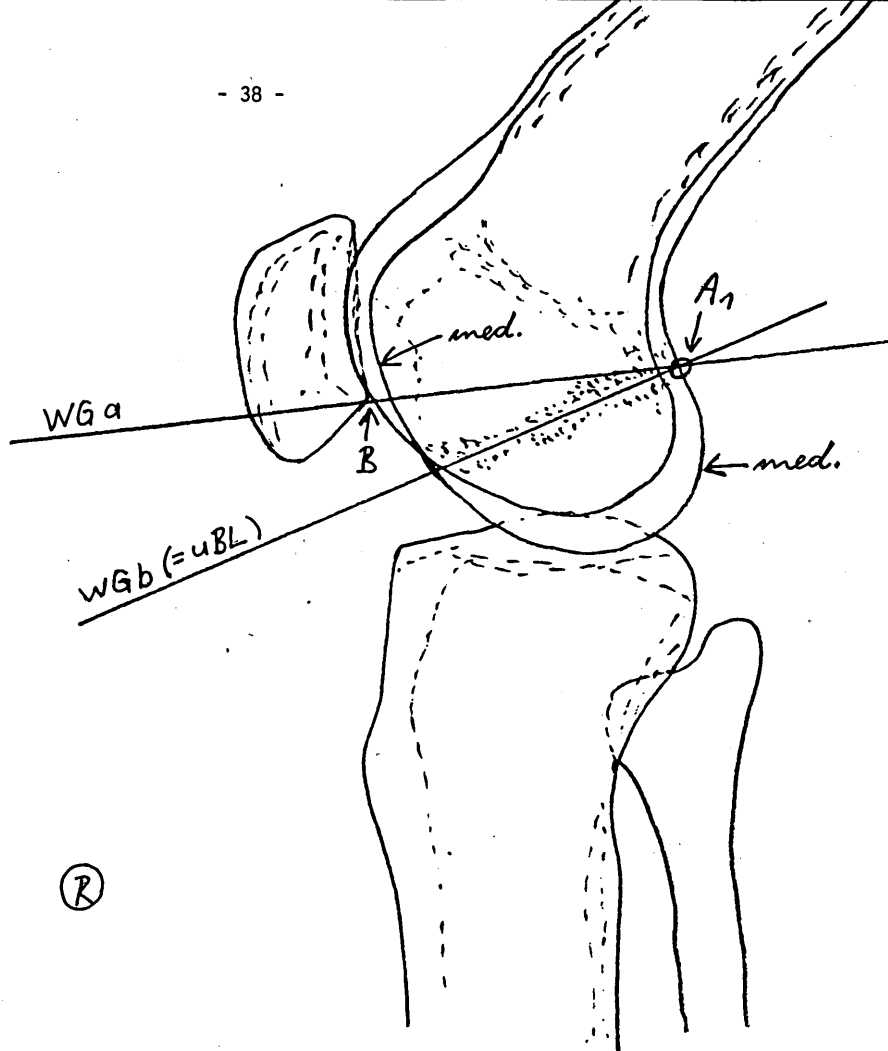


Abb. 14 b: Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" bei Innenrotation/-torsion (IRO/ITO).
(Pause eines Röntgenbildes, Format 18 x 24 cm, vgl. a. Abb. 13 a und 14 b)

Punkt B, WGa und WGb wie bei Abb. 13 a beschrieben. - Bei IRO/ITO liegt der Schnittpunkt der Femurcondylen vorne (ventral), während hinten (dorsal) eine doppelkonturige Inkongruenz entsteht. Punkt A_1 bezieht sich auf den medialen Femurcondylus, der vermehrt nach dorsal verlagert wird.

Durch die reproduzierbare zufallsfreie Differenzierung der beiden Condylenkonturen wird eine exakte Bestimmung des Patellahöhenwinkel "a" ermöglicht.

Punkt B = Derjenige Punkt im Bereich der distal-dorsalen Patella, wo sich nach radiologischen Kriterien (vermehrte Strukturverdichtungen, Kraftlinienprofile etc.) der aktuelle Extrempunkt der Artikulation zwischen Patella und Femur findet.
- (Somit wurde als Referenz nicht die Patella-Apex als anatomisches Korrelat gewählt, sondern einem klinisch-physiologischen bzw. -pathophysiologischen Aspekt Vorrang eingeräumt.)

ad A_1 bzw. A_2 : Variation von A_0 bei Valgität/Varität:

Ausgeprägtere Formen von biologisch bzw. röntgentechnisch bedingter Valgität/Varität führen fakultativ zu Variationen des Punktes A_0 (die verwendete Messtechnik wird hierdurch nicht beeinträchtigt) (vgl. Abb. 13 a - c).

Dorsale mediale Femurcondylenkontur:

Im radiologischen Idealfall ein einheitlicher ununterbrochener teilelliptischer Linienverlauf, der etwa die Form einer Sichel beschreibt (vgl. hierzu die Definition von A_0). Diese idealtypischen Verhältnisse kommen in praxi zwar vor, jedoch sind entsprechende Variationen weit häufiger anzutreffen (vgl. hierzu auch die Definitionen von A_1 und A_2).

Durch den Effekt der Rotation und Torsion in der Projektion wird die einfache Sichelkontur in eine Doppelkontur transformiert. Hierbei verlaufen beide Konturen - in Abhängigkeit der verschiedenen Rotationsebenen - entweder parallel-gerade oder konvergent-divergent. Außerdem kann die tangentielle Distanz zwischen beiden Konturen sehr klein oder deutlich vergrößert sein (s. Abb. B b u. c).

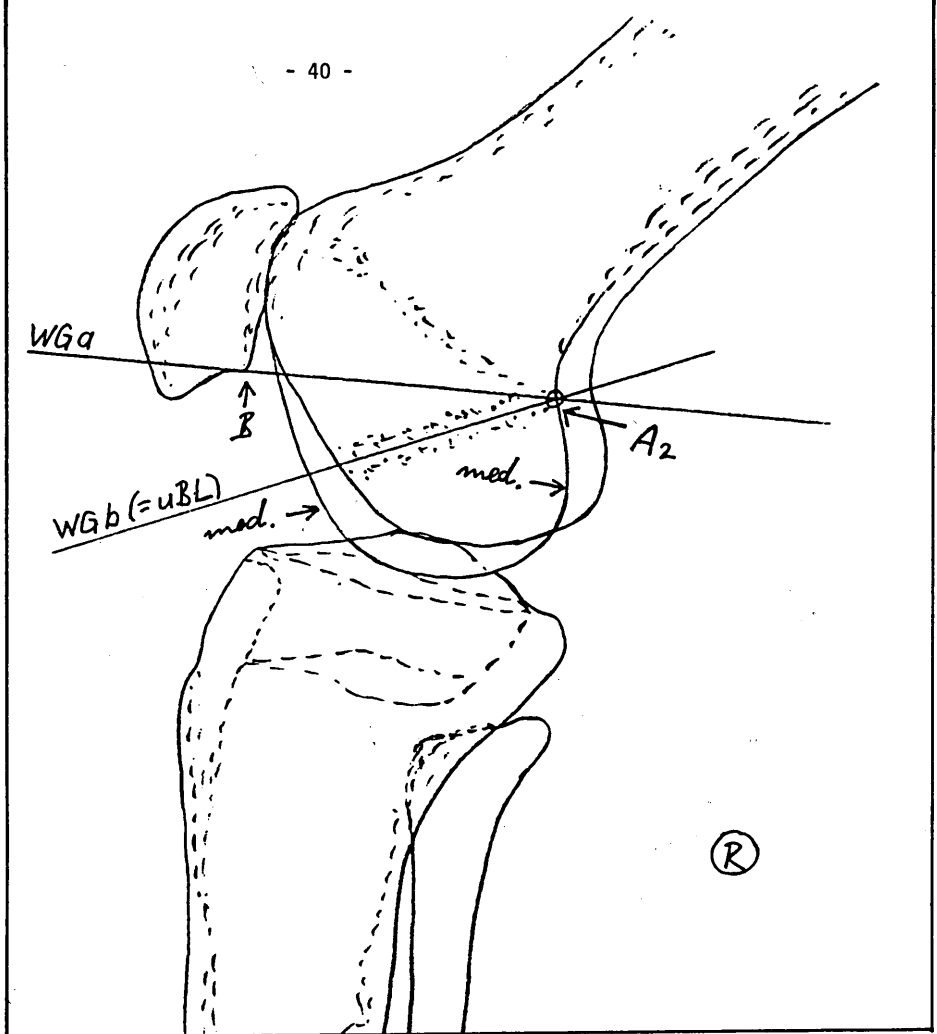


Abb. 13 c: Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" bei Außenrotation/-torsion (ARO/ATO).

(Pause eines Röntgenbildes, Format 18 x 24 cm, vgl. a. Abb. Abb. 13 a/b und 14 c)

Punkt B, WGa und WGb wie bei Abb. 13 a beschrieben. - Bei ARO/ATO liegt der Schnittpunkt der Femurcondylen hinten (dorsal), während vorne (ventral) die Konturen teilweise kongruent sind. Hier bezieht sich der Punkt A₂ auf den medialen Femurcondylus, der vermehrt nach ventral verlagert wird.

Durch diese Festlegung wird eine reproduzierbare und zufallsfreie Differenzierung der medialen und lateralen Femurcondylen erreicht und dadurch eine exaktere Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a".

Aus meßpraktischen Gründen wurde als Referenz zur Bestimmung des hinteren Schnittpunktes (A_0 , A_1 , A_2) der mediale Condylus festgelegt.

Abhängig von der Projektionsart - IRO/ITO bzw. ARO/ATO (s.u.) - wird die entsprechend identifizierte Condylenkontur von ventral-proximal ausgehend in ihrem Verlauf verfolgt bis hin zum dorsal gelegenen Schnittpunkt mit der Winkelgeraden b: der so gefundene Schnittpunkt entspricht dem Punkt A_0 (bzw. A_1 und A_2) (s.o.).

Nach diesem Vorgehen (einschließlich der unten beschriebenen Festlegung der Rotationsvarition) ist eine kontrollierbare und eindeutige Bestimmung des hinteren Schnittpunktes (wie oben definiert) möglich.

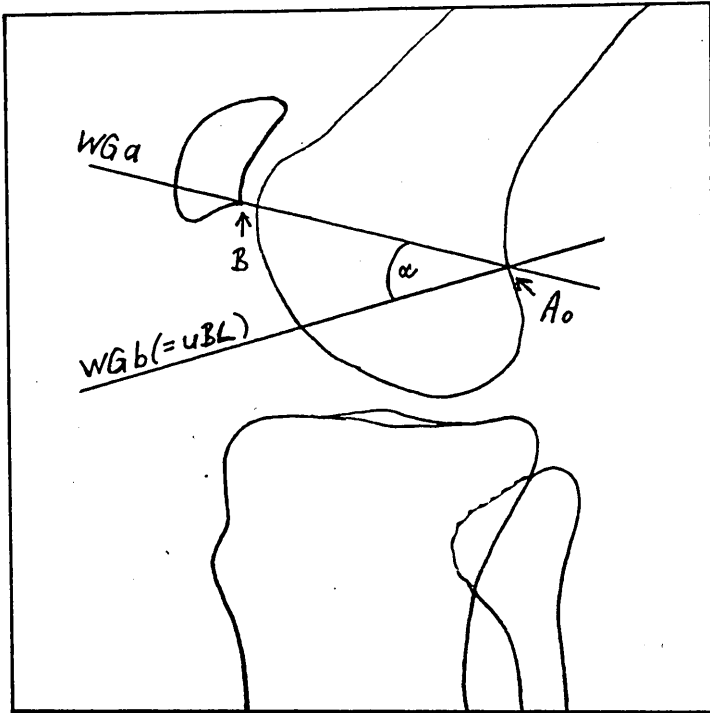


Abb. 14 a: Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" bei Kongruenz der dorsalen Femurcondylen.

(halbschematisch, vgl. a. Abb. 13 a)

Punkt B ist die distale Begrenzung der Patellagelenkfläche, Punkt A_0 ist der Schnittpunkt der beiden Winkelgeraden WG_a und WG_b . Dabei entspricht WG_b der unteren Blumensaatlinie (=uBL), während WG_a durch den Punkt B und den Schnittpunkt von WG_b mit der Femurcondylenkontur (Punkt A_0) gebildet wird. - WG_a und WG_b konstituieren den Patellahöhenwinkel "a".

(Näheres s. Text unter 2.2)

(1) Definition der rotationsneutralen Projektion (Abb. 14 a):

Bei idealtypischer (rotationseffektfreier) seitlicher Projektion liegen der mediale und der laterale hintere Femurcondylus übereinander. Verschiebungen der Condylen dürfen hierbei nicht vorliegen. Nur in diesem Fall läßt sich im dorsalen Bereich der Condylen (innerhalb der Bildebene) ein gemeinsamer Punkt für beide Condylenkonturen festlegen (s. auch Definition von A_0 , S. 37).

Auch das Fibulaköpfchen sowie Fibula- und Tibiaschaft können beachtet werden - allerdings nur mit Einschränkung, da eine sichere Regelhaftigkeit der Position nicht vorliegt. Oft stellt das Fibulaköpfchen sich zu 2/3 frei dar. Weiterhin kommt der proximale Anteil des Fibulaschaftes in seiner tibianahen Kontur ebenfalls frei zur Darstellung - wobei die tangentielle Distanz zwischen Fibula und Tibia sehr klein sein kann - oder aber die Fibulakontur projiziert sich bereits über der Tibia. - Beide Möglichkeiten werden bei rotationseffektfreien Projektionen beobachtet (weil sie letztlich von den Formvarianten des Beines abhängig sind) - daher ist diese Gegebenheit nicht als regelhafter Faktor verwertbar.

(2) Definition der ARO/ATO (Abb. 13 c, 14 c):

Der mediale Femurcondylus ist vermehrt nach ventral verlagert ("ventralisiert"), während die Kontur des lateralen Condylus dorsal liegt (- der laterale Condylus wird innerhalb der Bildebene "dorsalisiert"). Der Schnittpunkt der beiden Femurcondylen liegt hinten (dorsal), wobei die Condylenkonturen vorne (ventral) weitgehend kongruent sind.

(Zusätzlich sind oft Fibulaköpfchen und proximaler Fibulaschaft vermehrt nach dorsal verlagert - dies ist jedoch kein sicher regelhafter Befund).

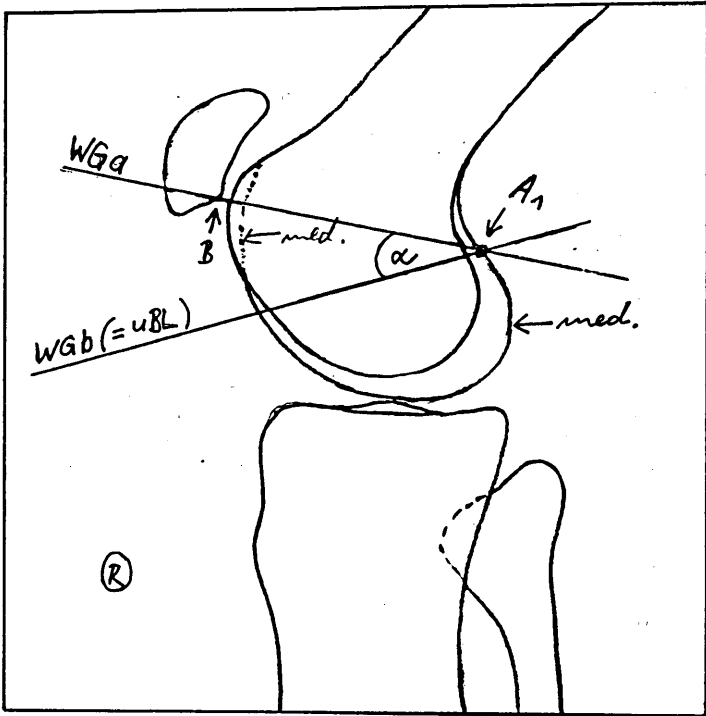


Abb. 14b: Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" bei Innenrotation/-torsion (IRO/ITO).

(halbschematisch, vgl. a. Abb. 13 b)

Punkt B, WGa und WGb wie bei Abb. 14 a beschrieben. - Der Schnittpunkt der Femurcondylen liegt ventral, dorsal entsteht eine doppelkonturige Inkongruenz. Punkt A_1 bezieht sich auf den vermehrt nach dorsal verlagerten medialen Femurcondylus.

Damit wird eine exakte Messung des Patellahöhenwinkels "a" ermöglicht.

(Näheres s. Text unter 2.2)

(3) Definition der IRO/ITO (Abb. 13 b, 14 b):

Der mediale Femurcondylus ist vermehrt nach dorsal verlagert ("dorsalisiert"), während die Kontur des lateralen Condylus mehr ventral liegt (- dieser wird innerhalb der Bildebene "ventralisiert"). Der Schnittpunkt der beiden Femurcondylen liegt in diesem Fall vorne (ventral), wobei im hinteren, dorsalen Condylenbereich eine doppelkonturige Inkongruenz entsteht.

(Zusätzlich sind oft Fibulaköpfchen und proximaler Fibulaschaft vermehrt nach ventral verlagert bzw. überprojizieren sich sehr stark mit der Tibia - dies ist jedoch kein sicher regelhafter Befund).

Damit sind alle notwendigen Vorgaben zur messtechnischen Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" erfüllt und die Ausmessung kann - dem nachfolgend demonstrierten Procedere entsprechend - erfolgen.

Chronologisches Procedere zur Winkelbestimmung:

1. Festlegung der Winkelgeraden b (WGb) - s.o.
2. Festlegung des Punktes B - s.o.
3. Identifizierung der Projektionsart (ARO/ATO bzw. IRO/ITO) sowie der dorsalen medialen Femurcondylenkontur und konsekutive Festlegung des Punktes A_0 bzw. A_1 bzw. A_2 - s.o.
4. Festlegung der Winkelgeraden a (WGa) - s.o.
5. Ermittlung des Winkels "a" aus WGa und WGb.

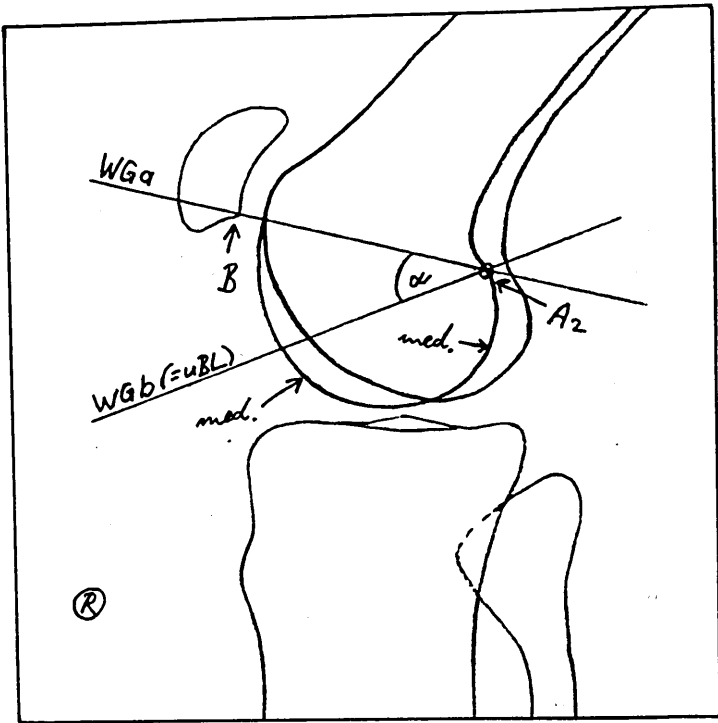


Abb. 14 c: Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" bei Außenrotation/-torsion (ARO/ATO).
(halbschematisch, vgl. a. Abb. 13 c)

Punkt B, WGa und WGb wie bei Abb. 14 beschrieben. -Der Schnittpunkt der Femurcondylen liegt dorsal, während ventral die Konturen kongruent sind. Punkt A_2 bezieht sich auf den medialen Femurcondylus, der vermehrt nach ventral verlagert ist. Damit wird eine exakte Messung des Patellahöhenwinkels "a" ermöglicht.
(Näheres s. Text unter 2.2)

2.3 Resultate

Die Abbildungen 15 und 16 a-b zeigen in tabellarischer Darstellung die Häufigkeit (f_i) der gemessenen Winkelgrade (x_i). Für das Meniscus-Kollektiv konnten dabei Werte bis zu einem Winkelgrad von 30 gemessen werden, für das Patellaluxation-Kollektiv Werte bis zu einem Winkelgrad von 40. - Hier deuten sich schon Unterschiede an.

Gleichzeitig werden weitere Einzelparameter aufgeführt, die zur Berechnung von Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (s) notwendig sind. Dies ist zum einen das Produkt aus Häufigkeit und Winkelgrad ($f_i \cdot x_i$), zum anderen das Produkt aus Häufigkeit und Abstandsqadrat ($(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i$).

Damit können nach den beiden Formeln

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k f_i \cdot x_i$$

und

$$s = \pm \sqrt{\frac{\text{SAQ}}{N-1}} \quad \text{bei SAQ} = \sum_{i=1}^k f_i \cdot (x_i - \bar{x})^2$$

(nach Clauss/Ebner, 1972)

die Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet werden.

In Abbildung 17 sind diese Werte zum besseren Vergleich beider Kollektive einander gegenübergestellt.

x_i	f_i	$f_i \cdot x_i$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i$
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	4	20	447,75
6	3	18	275,33
7	3	21	220,85
8	10	80	574,56
9	6	54	259,78
10	12	120	373,64
11	5	55	104,88
12	19	228	243,51
13	9	117	59,91
14	13	182	32,45
15	9	135	3,03
16	14	224	2,47
17	9	153	18,15
18	13	234	76,13
19	3	57	35,09
20	15	300	293,05
21	10	210	293,76
22	2	44	82,43
23	3	69	165,17
24	4	96	283,59
25	3	75	266,21
26	6	156	651,46
27	2	54	260,83
28	1	28	154,26
29	-	-	-
30	3	90	623,81
	181	2.820	5.801,10

Abb. 15: Meniscus-Kollektiv.

Häufigkeit (f_i) der gemessenen Winkelgrade (x_i); zusätzlich: Parameter zur Berechnung von Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (s)

x_i	f_i	$f_i \cdot x_i$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i$
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	1	5	313,99
6	-	-	-
7	-	-	-
8	1	8	216,68
9	-	-	-
10	1	10	161,80
11	1	11	137,36
12	4	48	459,67
13	3	39	283,44
14	9	126	684,35
15	1	15	59,60
16	7	112	316,11
17	1	17	32,72
18	6	108	133,67
19	1	19	13,84
20	18	360	133,17
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
21			

Abb. 16 a: Patellaluxaktion-Kollektiv.

Häufigkeit (f_i) der gemessenen Winkelgrade (x_i); zusätzlich: Parameter zur Berechnung von Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (s)

x_i	f_i	$f_i \cdot x_i$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i$
:	:	:	:
21	2	42	5,92
22	2	44	1,04
23	4	92	0,31
24	10	240	16,38
25	4	100	20,79
26	8	208	86,07
27	3	81	54,96
28	11	308	306,66
29	4	116	157,75
30	4	120	211,99
31	1	31	68,56
32	4	128	344,47
33	1	33	105,68
34	2	68	254,48
35	-	-	-
36	4	144	705,43
37	-	-	-
38	2	76	466,96
39	-	-	-
40	1	40	298,60
	121	2.749	6.052,45

Abb. 16 b: Patellaluxation-Kollektiv.

Fortsetzung der Tabelle von Abb. 17 a (s. dort)

Meniskektomien		Patellaluxationen	
-/x	+/- 1 s	-/x	+/- 1 s
15,58	5,68	22,72	7,10
N = 181		N = 121	

Abb. 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Kollektive.

Meniskektomien			
+/- 1 s	9,90	-/x	21,26
+/- 2 s	4,22	-/+	26,94
↓			
+/- 1 s	10	-/x	21
+/- 2 s	4	-/x	27

Abb. 23: Meniscus-Kollektiv

Festlegung der Bereiche für +/- 1 s und +/- 2 s. Aus Gründen der Praktikabilität beim Messen werden die auf die Winkelgrade sich beziehenden Werte gerundet.

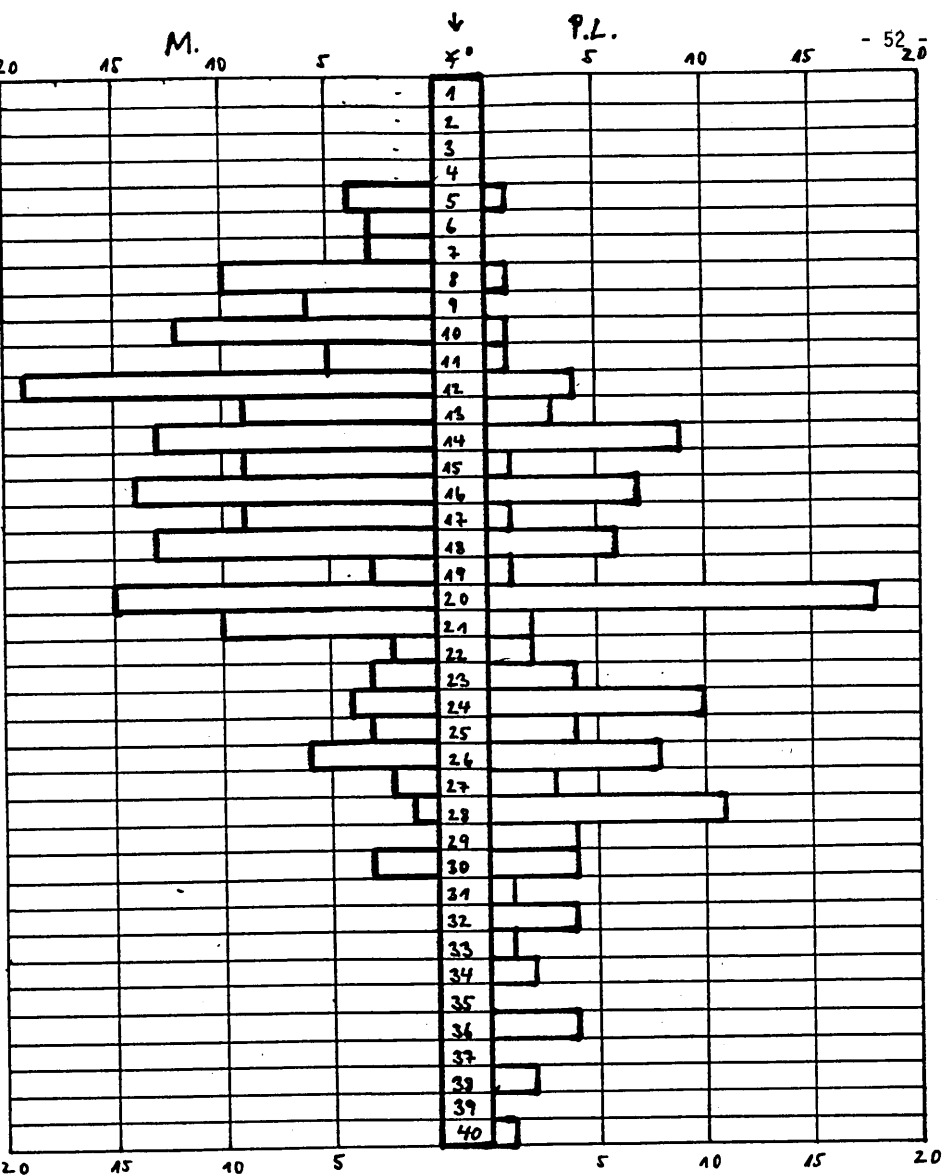


Abb. 18: Graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Winkelgrade.

Links Meniscektomien (M.), rechts Patellaluxationen (P.L.).
Deutliche Disparität des Verteilungsmusters beider Kollektive.

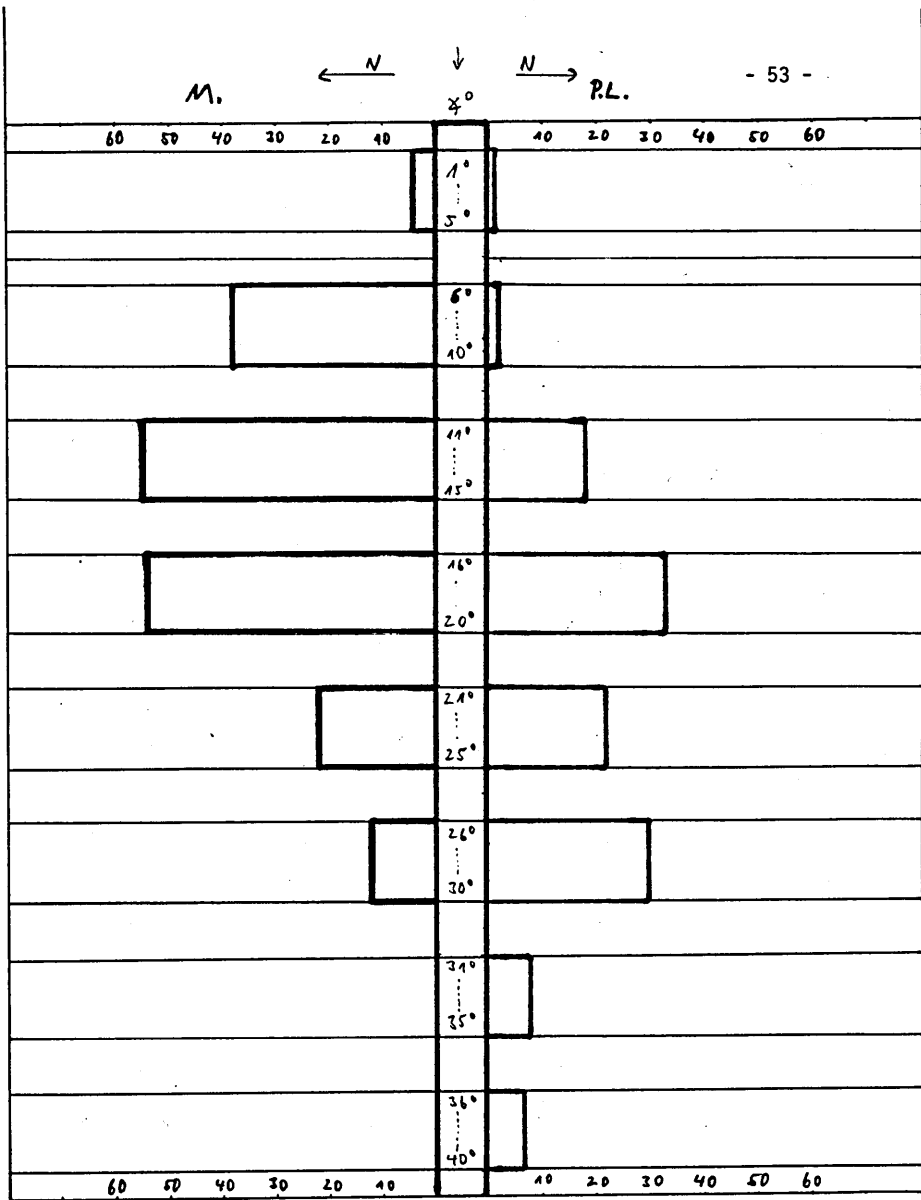


Abb. 19: Klassierung der Einzelwerte (Winkelgrade) in 5°-Intervalle.

Links Meniscektomien (M.), rechts Patellaluxationen (P.L.).
 Höchste Werte für M. (nur) bis 30°, für P.L. bis 40°. Größere
 Streuung der P.L.-Verteilung auf der rechten Seite.

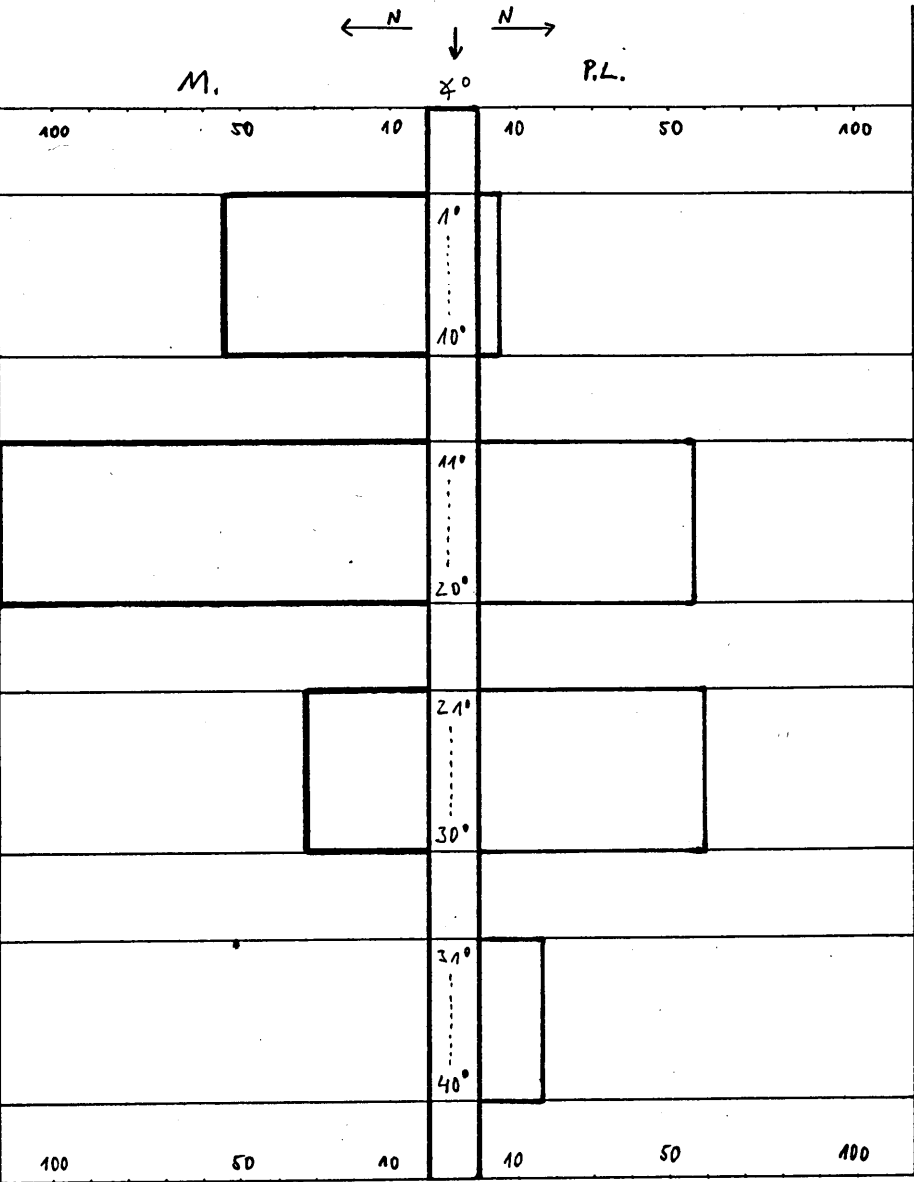


Abb. 20: Klassierung der Einzelwerte (Winkelgrade) in 10°-Intervalle.

Links Menispektomien (M.), rechts Patellaluxationen (P.L.).
Dieses größere Raster unterstreicht die erhebliche Verlagerung der P.L.-Verteilung zu höheren Winkelgraden.

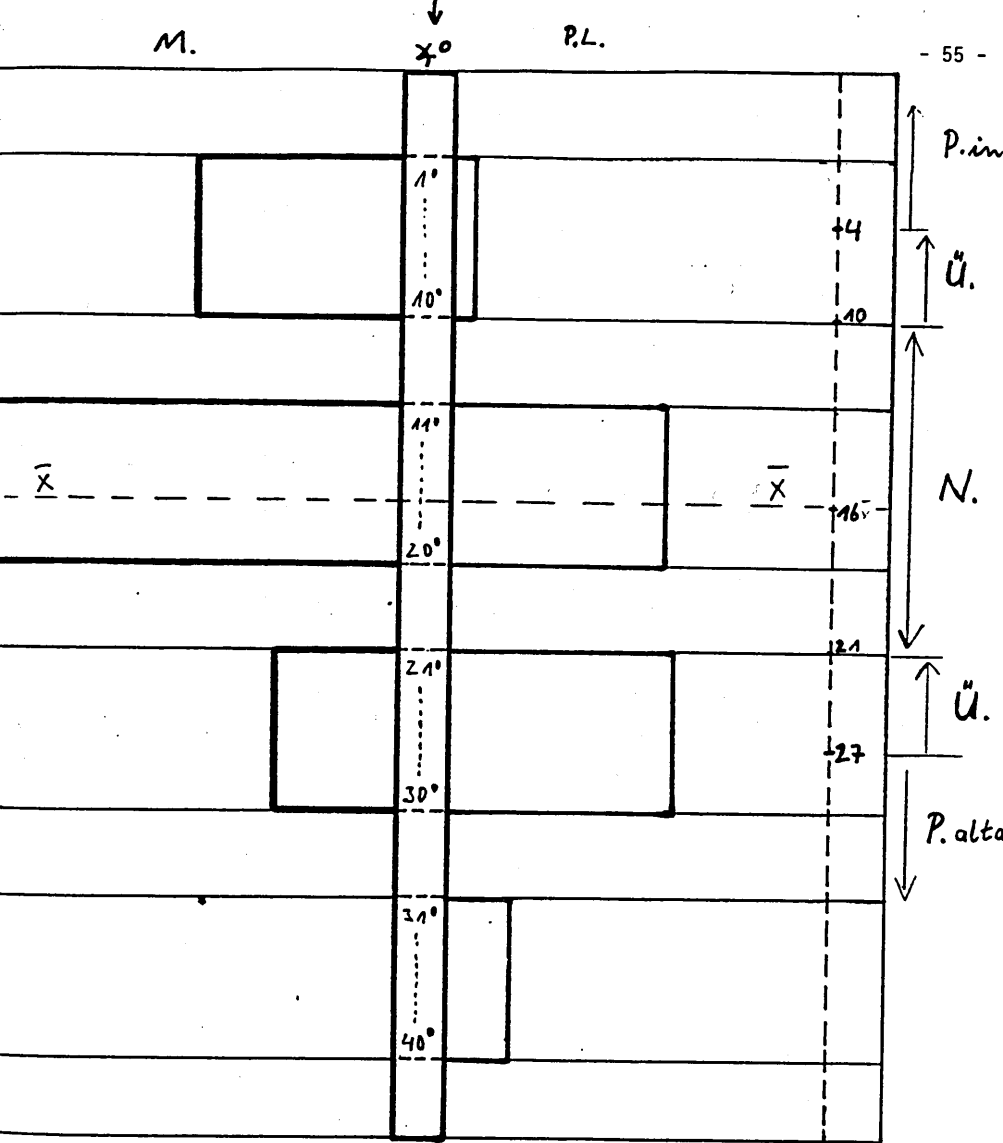


Abb. 20 a: Verteilung der untersuchten Kollektive - Normalbereich, Übergangsbereiche, pathologischer Bereich (Patella alta). Links: Meniscektomien (M.), recht: Patellaluxationen (P.L.)
 Normalbereich (+/- 1 s): 10° - 21° Mittelwert (\bar{x}): 16°
 Übergangsbereiche: 1. (- 1 s bis - 2 s): 4° - 10°
 2. (+ 1 s bis + 2 s): 21° - 27°
 Patella alta (größer + 2 s): größer als 27°
 (vgl. Abb. Abb. 17, 23, 25, 26, 27)

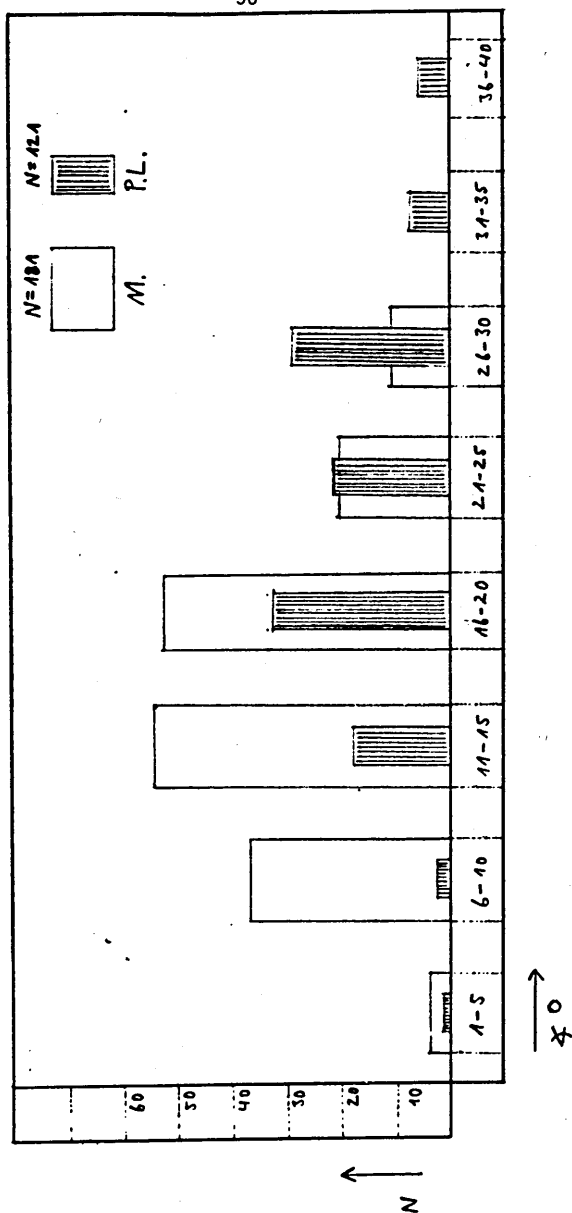


Abb. 27: Histogramm, Meniscektomien (M.) und Patellaluxationen (P.L.).

Deutliche Disparität beider Kollektive durch stärkere Rechtsverschiebung von P.L. auf der Abszisse.

Entsprechend der tabellarischen Verteilungsmuster in den Abbildungen 15 und 16 wird in Abbildung 19 die Häufigkeit der einzelnen Winkelgrade in graphischer Form dargestellt. Dabei wurde eine Graphik gewählt, die es ermöglicht beide Kollektive - sowohl Meniskektomien (M.) als auch Patellaluxationen (P.L.) - parallel darzustellen; dadurch ist ein direkter Vergleich möglich. Es zeigen sich deutliche Verteilungsunterschiede:

Bei den Meniskektomien liegt der höchst Winkelgrad bei 30° , während bei den Patellaluxationen Werte bis 40° vorliegen. Während beim Meniscus-Kollektiv die Werte einheitlicher und massierter um den Mittelwert herum gruppiert sind, findet sich bei den Patellaluxationen eine viel größere und uneinheitlichere Streuung.

Dies wird auch durch die Graphik in Abbildung 19 sehr deutlich; hierbei wurden die Einzelwerte der Winkelgrade klassiert, d.h. es wurden 5° -Intervalle gebildet. Die Tendenz zu vergleichsweise höheren Winkelgraden bei Patellaluxationen wird hier unterstrichen.

In Abbildung 20 ist eine weitere Klassierung der Daten in 10° -Intervalle vorgenommen worden. Durch dieses gröbere Raster zeigen sich Schwerpunkte und Richtungsverläufe. Auch hier werden Differenzen der beiden Kollektive sofort augenfällig.

Abbildung 21 zeigt die beiden Kollektive als doppeltes, übereinander gelegtes Histogramm: die schraffierten Säulen des Luxations-Kollektivs (P.L.) dokumentieren klar die disparitären Verhältnisse; das kommt hier durch die Rechtsverschiebung auf der Abszisse zum Ausdruck.

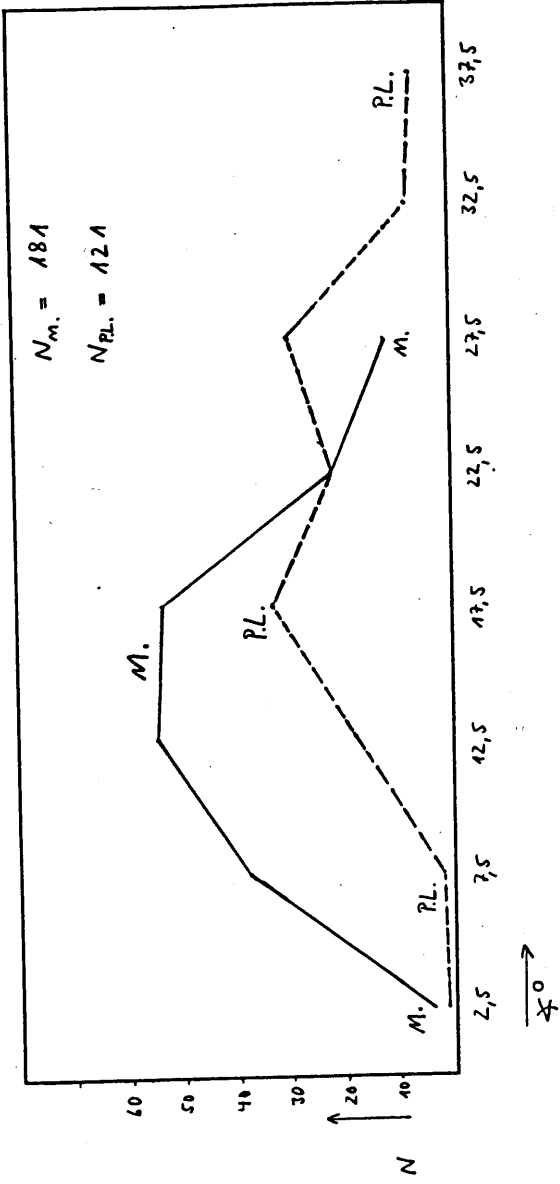


Abb. 22: Polygonzug, Meniscektomien (M.) und Patellaluxationen (P.L.).

Evidenz der unterschiedlichen Verteilung durch graphische Reduktion auf Polygonzüge.

Analog zu den Histogrammen in Abbildung 21 werden in der Graphik von Abbildung 22 diese vereinfachend als Polygonzüge dargestellt. Unterschiede zwischen Meniscus- und Luxations-Kollektiv - im Sinne einer *prima vista*-Differentialdiagnose - sind evident.

Mit den Menisekteomien wurde das Normal-Kollektiv festgelegt. Dafür sind in Abbildung 23 dazugehörige Bereiche für ± 1 s und ± 2 s angegeben. Aus Gründen der Praktikabilität beim Messen werden die auf die Winkelgrade sich beziehenden Werte gerundet.

Die beiden Bereiche (± 1 s, ± 2 s) stellen statistische Vertrauensbereiche (Konfidenzintervalle) dar, die sich auf die Gauß'sche Normalverteilung beziehen (Abb. 24 a - b). Dabei repräsentiert ± 1 s ein Konfidenzintervall von 95 % der Verteilung anzeigen.

Nach den in Abbildung 23 festgelegten Bereichen werden die Meßresultate beider Kollektive für das Konfidenzintervall von 68 % (± 1 s) in Abbildung 25 aufgeführt. Für das Meniscus-Kollektiv entspricht ± 1 s 131 = 72,38 % der Fälle, beim Patellaluxations-Kollektiv sind dies 54 = 44,63 %. - Zusätzliche sind Werte kleiner bzw. größer ± 1 s angegeben.

Für das Konfidenzintervall von 95 % (± 2 s) sind die korrespondierenden Werte in Abbildung 27 wiedergegeben. Beim Meniscus-Kollektiv liegen dabei 4 = 2,21 % der Fälle im Bereich größer ± 2 s, aber beim Luxations-Kollektiv sind dies 36 = 29,75 %. - Beide Kollektive unterschreiten nicht die Grenze in den Bereich kleiner ± 2 s.

Schließlich sollen noch die beiden Bereiche zwischen -1 s bis -2 s sowie $+1$ s bis $+2$ s (Übergangsbereiche) näher festgelegt werden. Gemäß Abbildung 27 ergibt sich hier für den Linksabzissenbereich: 26 = 14,37 % beim Meniscus-Kollektiv, aber nur 2 = 1,65 % beim Luxations-Kollektiv; für den Rechtsabzissenbereich: 24 = 13,26 % beim Meniscus-Kollektiv, aber 33 = 27,27 % beim Luxations-Kollektiv.

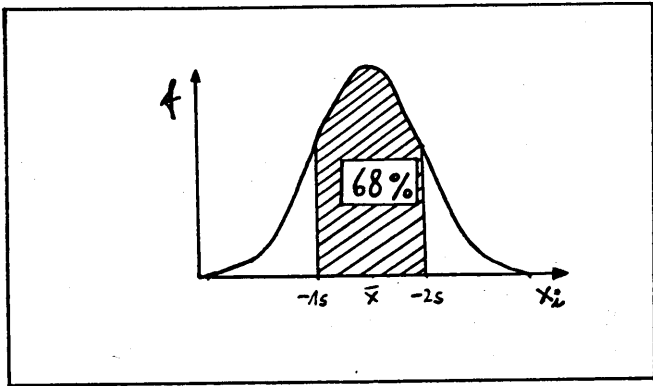


Abb. 24_a

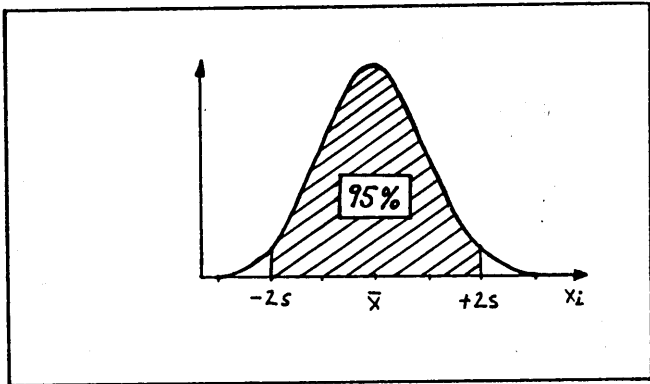


Abb. 24_b

Abb. 24 a-b: Konfidenzintervalle

Konfidenzintervalle stellen statistische Vertrauensbereiche dar, die sich auf die Gauß'sche Normalverteilung beziehen. Dabei repräsentiert $\pm 1s$ ein Konfidenzintervall von 68 % der Verteilung, während sich $\pm 2s$ auf 95 % beziehen.

Meniskektomien N=181	<1 s		+/- 1 s		>1 s	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%
	26	14,37	131	72,38	24	13,26

Patellaluxationen N=121	<1 s		+/- 1 s		>1 s	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%
	2	1,65	54	44,63	65	53,72

Abb. 25: Normalbereich (+/- 1 s) - nach Meniscus-Kollektiv abgeleitet.

Bei den Meniskektomien liegen 72,38 % der Fälle innerhalb der Norm, bei den Patellaluxationen sind dies 44,63 %.

Meniskektomien N=181	<2 s		+/- 2 s		>2 s	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%
	0	0	177	97,79	4	2,21

Patellaluxationen N=121	<2 s		+/- 2 s		>2 s	
	abs.	%	abs.	%	abs.	%
	0	0	85	70,25	36	29,75

Abb. 26: Bereiche für Patellae altae (größer + 2 s) und Patellae inferae (kleiner - 2 s).

Beim Meniscus-Kollektiv finden sich lediglich 2,21 % an Patellae altae, aber bei den Patellaluxationen imponieren 29,75 %.

Bei beiden Kollektiven finden sich keine Fälle von Patellae inferae.

Meniskektomien N=181	- 1 s bis - 2 s		+ 1 s bis + 2 s	
	abs.	%	abs.	%
	26	14,37	24	13,26

Patellaluxationen N=121	- 1 s bis - 2 s		+ 1 s bis + 2 s	
	abs.	%	abs.	%
	2	1,65	33	27,27

Abb. 27: Übergangsbereiche
(- 1 s bis - 2 s; + 1 s bis + 2 s)

Linksabzissenbereich: 14,37 % der Meniskektomien, aber nur 1,65 % bei den Patellaluxationen.

Rechtsabzissenbereich: 13,26 % bei M. - aber 27,27 % bei P.L.

Durch die (mehr als) Verdoppelung im Rechtsabzissenbereich drückt sich zahlenmäßig die schon beschriebene Tendenz der Patellaluxationen zu höheren Winkelgraden aus.

2.4 Diskussion

2.4.1 Andere Methoden

2.4.1.1 Methode nach Boon-Itt (1930)

Definition:

Diese Methode (Abb. 28) akzentuiert besonders geometrische Konstrukte und mathematische Berechnungen:

es werden diverse Meßstrecken definiert, um miteinander in Beziehung gesetzt zu werden, und anschließend wird ein Index errechnet, der als Quotient ein Maß für die Vertikalposition der Patella repräsentieren soll.

Dieser Index beträgt im Neutralfall 1,0 - bei Abweichungen nach oben wird eine Patella alta definiert.

Als Material werden 200 als normal angesehene Kniegelenke angegeben, wobei resultierend 8,5 % pathologische Fälle im Sinne einer Patella alta gefunden werden.

Diskussion:

Obwohl bei dieser Methode nach einer geometrischen Planskizze mehrere Meßstrecken festgelegt werden, sind diese m.E. nicht exakt definiert und bieten daher eine Potenzierung an Fehlermöglichkeiten. Abgesehen davon erscheint bei einer derartigen geometrisch-theoretischen Grundlage und ihres Bezuges auf zweidimensionale Verhältnisse eine entsprechende Berücksichtigung projektionsbedingter Variationen nicht vorzuliegen. Damit ist sozusagen die 3-Dimensionalität - und die sich hieraus regelhaft ergebenden Projektions-Variationen - ausgeschaltet und die Methode schon daher unrealistisch und nicht relevant.

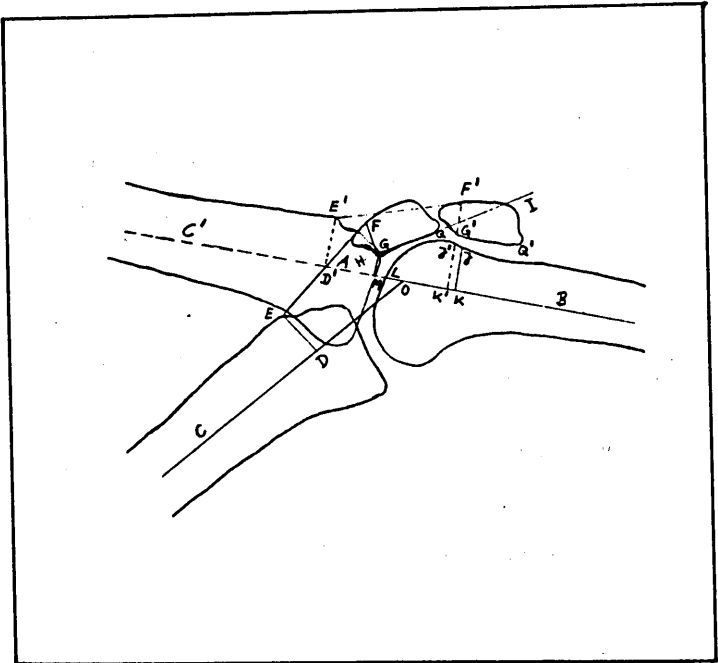


Abb. 2 & Methode nach Boon-Itt (1930).

Nach geometrischer Planskizze werden diverse Meßstrecken definiert.

Indexgrundlage: Quotient aus Meßstrecken. Ein Wert von 1,0 legt die Neutralposition fest, bei höheren Werten wird eine Patella alta angenommen.

Ein weiterer Grund dafür, daß die Methode keine praktische Anwendung findet, liegt sicher auch darin, daß sie zu komplex angelegt, daher sehr zeitraubend ist und dem Untersucher zu viele informelle Vorgaben aufbürdet.

2.4.1.2 Methode nach Blumensaat (1938)

Definition:

Es wird der Abstand zwischen der Patella-Apex und der sog. "Blumensaat"-Linie (BL) bestimmt. BL = durch Projektion der kortikalen Begrenzung der Fossa intercondylica femoris (Sulcus intercondylaris) gebildete Verdichtungszone -"Sklerosepfad"-, die als Linie festlegbar ist. Eine neutrale Position der Patella soll dann vorliegen, wenn die Verlängerung der BL nach ventral eben gerade die Patella-Apex berührt (Abb. 29).

Diskussion:

Diese Methode findet bei vielen Autoren Bezug. Für Untersuchungen wurde sie beispielsweise von Wiberg (1941), Andersen (1958), Ficat (1970) u.a. angewendet. Jedoch wurden auch schon in früheren Arbeiten recht unterschiedliche Ergebnisse erzielt, was konsekutive Studien regelrecht provozierte.

Es erfolgten zahlreiche weitere Untersuchungen, die das Postulat von Blumensaat nicht verifizieren konnten. Daher wurden verschiedene Modifikationen vorgeschlagen. Andersen (1958) definiert eine Patella alta erst ab einer zusätzlichen vertikalen Distanz zur BL von 5 mm; Brattström (1964, 1970) fordert 10 mm. Jacobsen/Bertheussen (1974) fanden eine derartige Variation, daß sie eine Mindestdistanz von 30 mm forderten. Eine qualitativ andere Forderung wird von Bandi (1976, 1977) erhoben, wonach bei Flexion von 50° der von Blumensaat beschriebene Kontakt eintreten soll. Insall/Salvati (1971) finden bei ihrer Untersuchung - wobei allerdings ein Kollektiv von 44 Röntgenbildern als sehr klein einzustufen ist - das Postulat von Blumensaat in keinem einzigen Fall bestätigt. Von Janssen (1979) wird auf einen qualitativen Gesichtspunkt aufmerksam gemacht: die Distanz Pa-

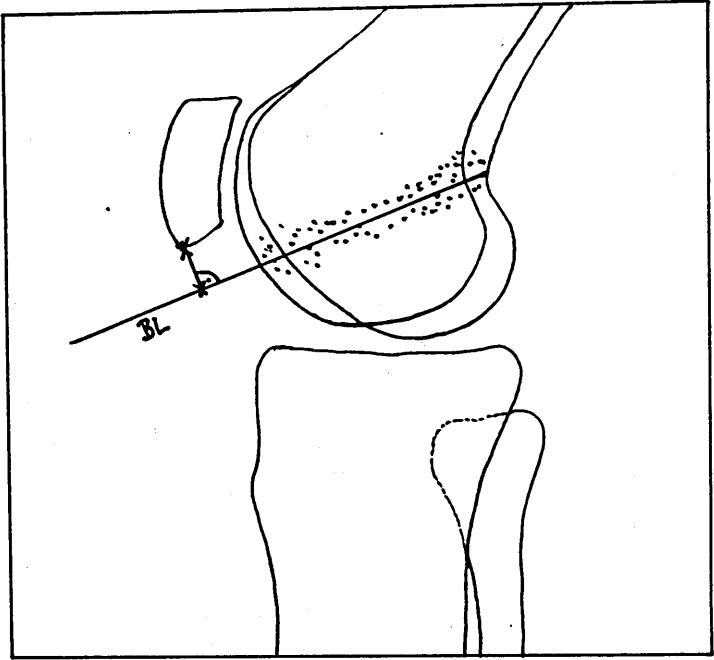


Abb. 29: Methode nach Blumensaat (1938).

Bestimmt wird der Abstand zwischen Patella-Apex und der sog. Blumensaat-Linie (BL).

Dabei ist BL die projektive Verdichtungszone der Begrenzung der Fossa intercondylaris femoris (Sulcus intercondylaris); dieser "Sklerosepfad" läßt sich als Linie festlegen.

Eine normal hohe Patella soll dann vorliegen, wenn die Verlängerung der BL nach ventral eben gerade die Patella-Apex berührt.

tella-Apex - verlängerte BL sei oft schwer meßbar, auch wenn man als Hilfsmaßnahme den Längsdurchmesser der Patella einzeichnen würde; Dieser sei ebenfalls schwer definierbar, da die Patella in sagittaler Bildebene als gekrümmter halbelliptischer Körper erscheine.

Von Hepp (1983) wird eine Umrechnungstabelle für verschiedene Flexionsgrade vorgeschlagen, wobei Mittelwerte und einfache sowie doppelte Standardabweichungen angegeben sind; danach sind dann die jeweiligen Werte zu ermitteln, die die entsprechende Distanz Patella-Apex - verlängerte BL darstellen sollen. Der so gefundene Wert ist dann schließlich einer der insgesamt vier Klassen - Normalbereich, Patella alta, Übergangsbereich, Patella baja - zuzuordnen. Allerdings sind - nach eigenen Angaben des Autors (Hepp, 1983) - nicht alle Tabellenwerte mit genügend großen Kollektiven überprüft und ausreichend abgesichert.

Nach eigenen Untersuchungen (1984) - bei Kollektiven von Meniskekтомien (frische Traumen, keine anderen Knieerkrankungen) mit mehr als 400 Röntgenbildern - wurde, wie bei den meisten anderen Autoren, die Unzutreffenheit des Blumensaat'schen Postulats bestätigt. Eine eingehendere statistische Aufbereitung der Daten wurde vom Autor bislang nicht vorgenommen, da der "Tatbestand" offensichtlich ist.

Theoretisch handelt es sich bei der Methode nach Blumensaat um eine einfache Methode, es werden nur zwei Meßlinien benötigt. Praktisch jedoch ist sie problematisch, da grundlegende Parameter nicht berücksichtigt sind. Wie z.B. Janssen (1977), Hertel (1979) u.a. erwähnen, weist die Patella viele plastische Varianten auf, die hier etwa an der Patella-Apex zum Tragen kommen, wenn Elongation, Projektion und nicht optimale Kontrastierung die Festlegung eines distalen Begrenzungspunktes nicht exakt ermöglichen. Die entsprechende Meßstrecke kann somit bedeutende Fehler beinhalten.

Die Festlegung der BL scheint sehr viel besser möglich - wenn auch hier gewisse Abweichungen zu berücksichtigen sind (näheres hierzu unter: Methode nach Janssen).

Wichtiger scheint nicht nur, daß rotationsbedingt und aus obigen Gründen Fehler beim Messen möglich sind, sondern, daß durch die "Kleinheit" der Meßstrecke (vertikal) und die Linearität des Meßwertes verhältnismäßig große Fehler auftreten können. Damit bietet die Methode m.E. für reproduzierbare und vergleichbare Untersuchungen keine ausreichende Grundlage.

Diejenigen der oben angeführten Autoren, die eigenen Untersuchungen zufolge von Blumensaat divergierende quantitative Meßwerte angeben, berücksichtigen nicht genügend die genannten immanenten Meßschwierigkeiten und Fehlermöglichkeiten und finden daher Begrenzung in ihrer Aussagefähigkeit.

Weitergehend in dieser Hinsicht ist der Vorschlag von Hepp (1983) mit der Umrechnungstabelle. Hierin sind zum einen der Vorteil einer Differenzierung zu sehen, zum anderen aber auch zwei Nachteile: die oben angeführten, komplexen Meßschwierigkeiten sowie zusätzlich rotatorisch und röntgentechnisch bedingte Fehler bleiben ohne adäquate Berücksichtigung.

Daher erscheint der Hinweis von Janssen (1977 s.o.) wichtig, der auf qualitative Faktoren aufmerksam macht: Variation der Patellaform, ihrer Längsdurchmesser und des apikalen Extrempunktes.

2.4.1.3 Methode nach Insall/Salvati (1971, 1972)

Definition:

Der größte diagonale Durchmesser der Patella (= LP) wird in Beziehung gesetzt zur Länge des Ligamentum patellae (= LT). Der Quotient LP/LT soll bei Werten um 1,0 eine neutrale Patellaposition angeben, bei 0,8 und kleiner eine Patella alta, bei 1,2 und größer eine Patella infera.

Index von 1971: LT/LP

Index von 1972: LP/LT

(vgl. Abb. 30)

Anmerkung:

1971 wird der Quotient als Verhältnis LT/LP definiert. 1972 definieren die Autoren - ohne explizite Begründung - den Quotienten als Verhältnis LP/LT (also im umgekehrten Verhältnis). Konsekutiv wurde bei vielen diesbezüglichen Untersuchungen eine ziemliche Verwirrung ausgelöst - Resultat: verschiedene Autoren beziehen sich mal auf den einen, mal auf den anderen Quotienten, so daß oft Fehlbewertungen stattfinden.

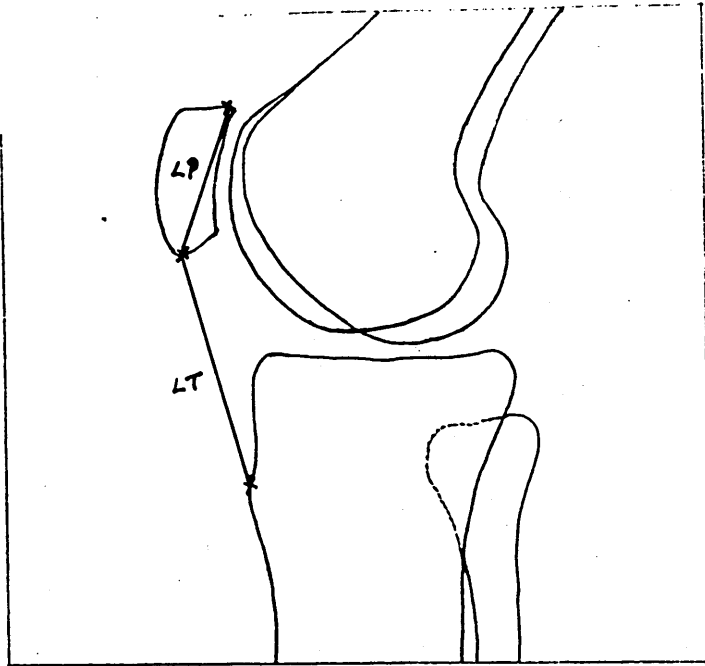


Abb. 30: Methode nach Insall/Salvati (1971, 1972).

Der größte diagonale Durchmesser der Patella (LP) wird in Beziehung gesetzt zur Länge des Ligamentum patellae (LT).

Index-Grundlage: LP/LT .

Neutralposition bei 1,0

Patella alta: bei 0,8 und kleiner

Patella infera: bei 1,2 und größer

Index von 1971: LT/LP

Index von 1972: LP/LT

Diskussion:

Lancourt/Christini (1975) reproduzieren die Methode an einer eigenen Untersuchung mit vier Kollektiven ("normal patients, dislocation of the patella, chondromalacia, apophysitis of the tibial tubercle") und geben die gleichen Werte für den Index von 1972 (LP/LT) an, nämlich 1,0 für "normal patients", 0,8 für "dislocations" - (0,86 für "chondromalacia", 1,2 für "apophysitis o.t.tib.tub.").

In bezug zu Lancourt/Christini werden in der Untersuchung von Hepp (1983) für den Index von 1972 (LP/LT) abweichende Werte angegeben; es werden vier Kategorien unterschieden: Normalbereich - Index = 0,8 bis 1,04; Übergangsbereich - Index = 0,75 bis 0,79 und 1,05 bis 1,14; Patella alta - Index = unter 0,75; Patella baja - Index = ab 1,15.

Demgegenüber beziehen sich Jacobsen/Bertheussen (1974) und Vignes (1979) auf den Index von 1971 (LT/LP) und geben für eine Patella alta einen Wert von 1,3 und größer an. Bei Insall/Salvati wird schon ab 1,2 eine Patella alta diagnostiziert.

Es gibt also verschiedene Zahlen und Zahlenbereiche, sowie verschiedene Grenzwerte nach oben und unten, die die beiden Indices von Insall/Salvati charakterisieren sollen. Bezüglich der Aussagekraft im Sinne einer eindeutig verwertbaren Quantifizierungs-Maßzahl erscheinen die Indices problematisch.

Neben dem Maßzahlaspekt ergeben sich andere - m.E. schwerwiegende - physiologisch/pathologisch-radiologische Probleme:

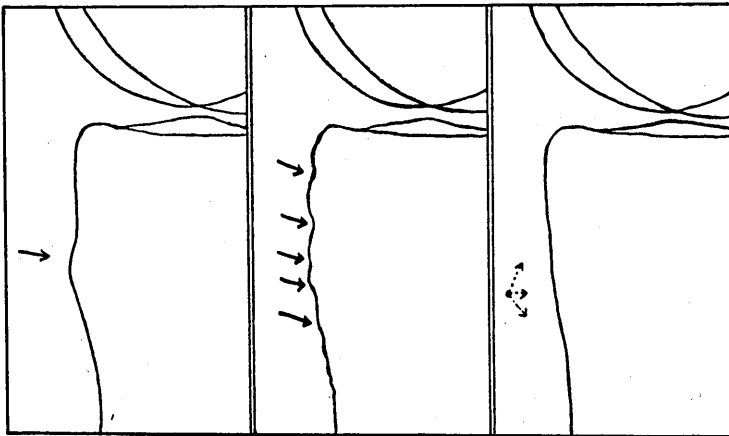


Abb. 31 : Variationen der proximalen Tibiakonturen.

Die Tuberositas tibiae kann nach ventral deutlich prominent sein (ausgeprägt z.B. bei M. Osgood-Schlatter), es können sich auch mehrere Pseudo-Tuberositae zeigen, oder es imponiert eine völlig plane (oder gar konkave) Kontur. Daher ist der distale Ansatzpunkt des Ligamentum patellae nicht exakt und reproduzierbar festlegbar. - Das belastet die Methode Insall/Salvati erheblich.

(a) Insall/Salvati (1971) postulieren, die distale Insertion des Ligamentum patellae "appeared to be acceptably constant, and this measurement may therefore be disregarded for clinical evaluation." - Es ist inzwischen aber mehrfach darauf hingewiesen worden, daß dies nicht zutrifft (z. B. Janssen, 1979; Hepp, 1983). Es gibt viele Variationen hinsichtlich der Formgebung (Abb. 31) der proximalen Tibiastrukturen (Hertel, 1979) respektive der Tuberositas tibiae, die z.B. deutlich nach ventral prominent sein kann - wie bei M. Osgood-Schlatter - oder es können sich mehrere Pseudo-Tuberositae zeigen, oder aber es imponiert eine völlig plane oder gar konkave Kontur. - Daher ist - im Gegensatz zum Postulat von Insall/Salvati - der distale Ansatzpunkt des Ligamentum patellae regelhaft nicht exakt festlegbar.

(b) Der größte diagonale Durchmesser der Patella ist ebenfalls nicht als konstant voraussetzbar; zum einen treten anatomische Unterschiede (Abb. 31 a) von ca. 10 mm nach Angabe von de Vriese (1908) auf, was bei einer Gesamtlänge von ca. 4,7 - 5,8 cm als erheblich anzusehen ist. Nach eigenen Beobachtungen können sowohl unter physiologischen wie unter pathologischen Bedingungen Unterschiede von bis zu 20 mm auftreten; von Janssen (1979) wird explizit herausgestellt, daß die Längsachse der Patella schwer festlegbar sei, weil diese als gekrümmter halbelliptischer Körper erscheine (s.o.; die Projektion des Patellakörpers im seitlichen Strahlengang variiert in der Formgebung rotationsabhängig ganz erheblich).

Auch von Hertel (1979) wird auf die Vielzahl der vorkommenden Patellaformen hingewiesen und eine orientierende Einteilung in Typen I - IV vorgeschlagen (vgl. Abb. 9).

Zum anderen wird vom Autor auf röntgentechnisch bedingte Fehler - wie oben angeführt - hingewiesen (vgl. a. Bernau, 1982). Es ergeben sich also auch hier - wie unter (a) - bedeutende Fehlermöglichkeiten zur Erfassung eines Parameters, der zur Index-Berechnung heranzuziehen ist.

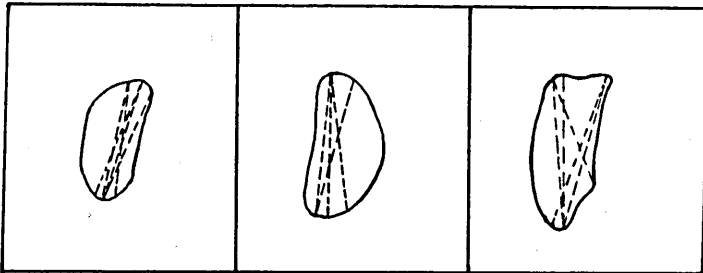


Abb. 31 a: Patella-Durchmesser, Profilansicht.

Meßtechnisch wird der größte diagonale Durchmesser der Patella verwendet. Er ist jedoch nicht als konstant voraussetzbar; radiologisch sind beide Referenzpunkte variabel. Es lassen sich anatomische wie radiologisch bedingte Unterschiede von 10 - 20 mm finden. Dies muß bei metrischen Methoden - wie bei Insall/Salvati, Trillat und Hepp - berücksichtigt werden.

(c) Länge des Ligamentum patellae:

Analog zum Längsdurchmesser der Patella wird auch dieser Wert als konstant vorausgesetzt. Nach anatomischen Präparationen wird eine Länge von 4,5 - 6,0 cm (Fick, 1904) angegeben - also auch hier ein enorm streufähiger Bereich von 1,5 cm. Desweiteren wird von Insall/Salvati der distale Insertionsbereich (s.a. unter (a) - vage und unzutreffend definiert: "The point of insertion is unusually represented on the radiograph by a clearly defined notch, which may be used as a point of reference if the tendon cannot be adequately visualized." - Unter "usually" ist nichts Präzises zu definieren und der Terminus "clearly defined notch" wird unter (a) der notwendigen Korrektur unterzogen.

Auch für diesen Teil-Parameter bleibt festzuhalten, daß der gewichtige Fehler - "stress" in die Indexermittlung eingeht.

(d) Tibia-Condylen-Tangente: Sie wird von Insall/Salvati dazu verwendet, als Hilfsmaß die Konstanz/Inkonstanz der Höhe der Tuberositas tibiae zu prüfen. Von der ventralen Verlängerung der Tangente wird lotgerecht nach distal die Verbindung zur "clearly defined notch" hergestellt (vgl. Abb. 31 b). Resultierend wird angegeben, die Insertion sei "acceptably constant" - vgl. auch oben die diesbezüglichen Bewertungen. Ein weiterer Aspekt hierzu: Es wird außer Acht gelassen, daß projektionsbedingt erhebliche Variationen bei der Festlegung der Tangente auftreten können; naturgemäß ergeben sich auch daraus bemerkenswerte Fehlermöglichkeiten bezüglich exakter Messungen.

Die Methode nach Insall/Salvati erscheint insgesamt "prima vista" als nicht zu komplex und mit Bezug zu klinischen und biologischen Verhältnissen. Bei näherer Betrachtung ergeben sich jedoch schwerwiegende meßtechnische Probleme, da die angegebenen Meßstrecken und -punkte nicht den tatsächlichen Verhältnissen entsprechen, und damit exakte Messungen mit ableitbaren Indices schwer möglich erscheinen.

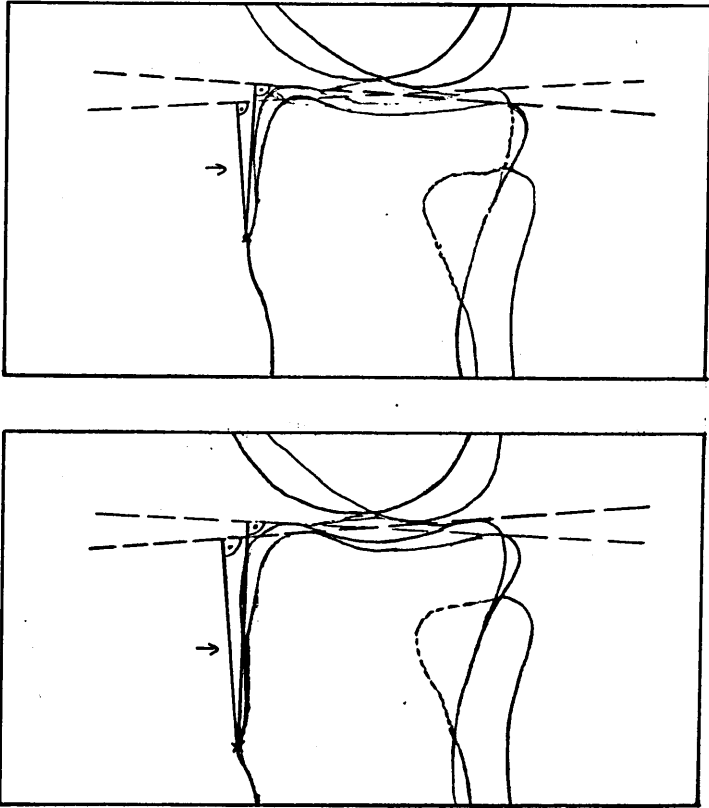


Abb. 31 b: Variation von Tibia-Condylen-Tangente und Tuberositas tibiae, Profilansicht.

Die Abbildungen zeigen, daß es unterschiedliche Tangenten sowie verschiedene Höhenniveaus aus der Tuberositas tibiae geben kann. - Danach läßt sich die Feststellung von Insall/Salvati - wonach dieses Höhenniveau annähernd konstant ist - nicht aufrecht erhalten.

- Von vorneherein ungeeignet ist die Methode bei M. Osgood-Schlatter und bei operativen Eingriffen an der Tuberositas tibiae sowie bei rekonstruierenden Maßnahmen, da in diesen Fällen kein konstanter Referenzpunkt für die Tuberositas tibiae festlegbar ist. Selbstverständlich beinhaltet dies auch entsprechende Nachuntersuchungen und Verlaufskontrollen.

Anmerkung:

Wenn manche Untersucher doch nach der Methode nach Insall/Salvati messen wollen, so möchte ich an dieser Stelle anregen, geeignete Modifikationen zu suchen, um klarere und exaktere Definitionen der Meßgrößen zu bekommen, bevor dann Indices abgeleitet werden - schließlich sollen diese ja eine reelle Aussagefähigkeit haben.

2.4.1.4 Methode nach Trillat (1972)

Definition:

Diese Methode (Abb. 32) ist vom Prinzip her angelehnt an die Methode nach Insall/Salvati. Sie umgeht jedoch die Schwierigkeit der Festlegung der distalen Insertion des Patellaligaments. Stattdessen wird als Meßstrecke (PT) die Verbindung zwischen Patella-Apex und dem ventral-proximalen Pol des Tibiacondyls definiert (vgl. Abb. 32). Die zweite Meßstrecke (LP) ist - wie bei Insall/Salvati - als größter diagonaler Durchmesser der Patella festgelegt.

Daraus abgeleitet ergibt sich der Index PT/LP mit einem Mittelwert von 0,5. Eine Patella alta liegt bei Werten größer 0,5 vor, eine Patella baja (infera) bei kleiner 0,4.

Diskussion:

Es handelt sich um eine Modifikation der Methode nach Insall/Salvati, wobei das Problem der distalen Patella-Ligament-Insertion umgangen wird. Dies ist ein Vorteil. Allerdings entsteht auch ein neuer Nachteil: Der distale Punkt der Strecke PT ist nicht ausreichend exakt definiert, gleichzeitig bleiben projektionsbedingte Fehler unberücksichtigt.

Ein weiterer, beschriebener Nachteil - wie bei Insall/Salvati - bleibt auch hier bestehen: Die Inexaktheit der Festlegung von LP. Im näheren wird hierauf - um Wiederholungen zu vermeiden - nicht mehr eingegangen (vgl. hierzu die Ausführungen unter Punkt 2.4.1.3).

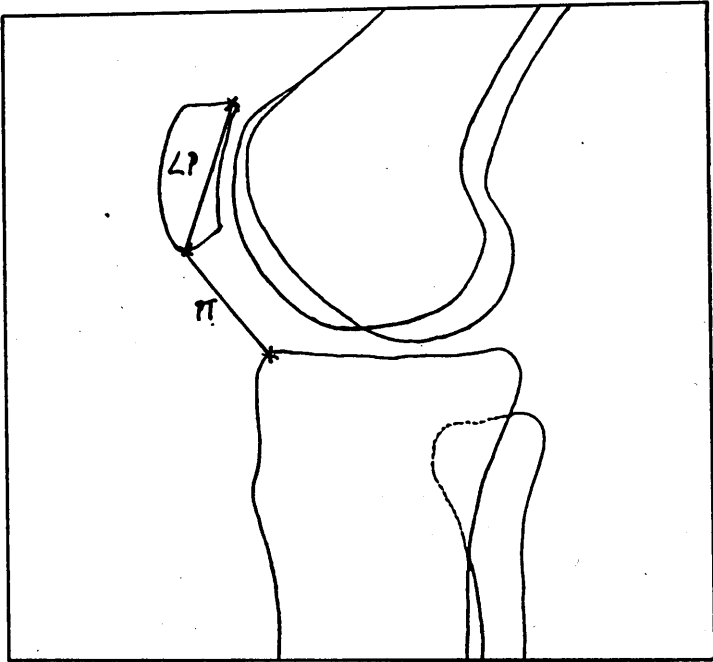


Abb. 32: Methode nach Trillat (1972).

Wie bei Insall/Salvati (1971, 72) wird auch hier eine Meßstrecke durch den größten diagonalen Durchmesser der Patella (LP) festgelegt. Die zweite Meßstrecke ist die Verbindung zwischen Patella-Apex und dem ventral-proximalen Pol des Tibiacondyls (PT).

Index-Grundlage: PT/LP.

Patella alta: bei 0,5 und größer

Patella baja/infera: 0,4 und kleiner

Das Verhältnis PT/LP impliziert falsch "große" und falsch "kleine" Indexwerte in den Fällen, bei denen hypoplastische bzw. elongierte (magnifizierte) Patella vorliegen. So werden solcherlei zu erwartende Störfaktoren des Indexes anhand einer vergleichenden Untersuchung von Vignes (1979) deutlich; er findet einen Mittelwert von 0,63 (Trillat: 0,5), eine Patella alta bei größer 0,9 (Trillat: 0,5).

Es ist demnach auch bei dieser Methode - wie bei Insall/Salvati - nach weiteren Modifikationen zu suchen, die größere Genauigkeit und Aussagefähigkeit bringen.

2.4.1.5 Methode nach Laurin (1977)

Definition:

Voraussetzung ist eine Flexion von 90° . An den distalen ventralen Femurschaft wird eine Tangente gelegt. Bei cranialer Verlagerung der Patella über dieses Tangentenniveau hinaus besteht eine Patella alta (Abb. 33).

Diskussion:

Die Methode ist einfach definiert. - Ein erstes praktisches Problem besteht darin, daß in Klinik und Praxis kaum Projektionen in 90° Flexion angefertigt werden. Daher sind vergleichende Studien nicht zu erstellen und die Methode ist insofern nicht relevant.

Meßtechnisch ist das Verwenden der Tangente nicht ohne weiteres unproblematisch: Bei Torsion bzw. Rotation ergeben sich unterschiedliche Quer-Durchmesser des Femurschaftes, die - abhängig von der Femur-Längsachse (wie von Horsman et. al., 1977, in einer eingehenden Meßstudie angegeben) - eine entsprechende Variation der Tangente bedingen.

Konsekutiv ist dann auch die Patellahöhe unterschiedlich. Damit sind nicht unbeträchtliche Fehlmessungen zu erwarten. - Quantifizierungen wären allerdings erst nach ausreichenden empirischen Meßstudien möglich.

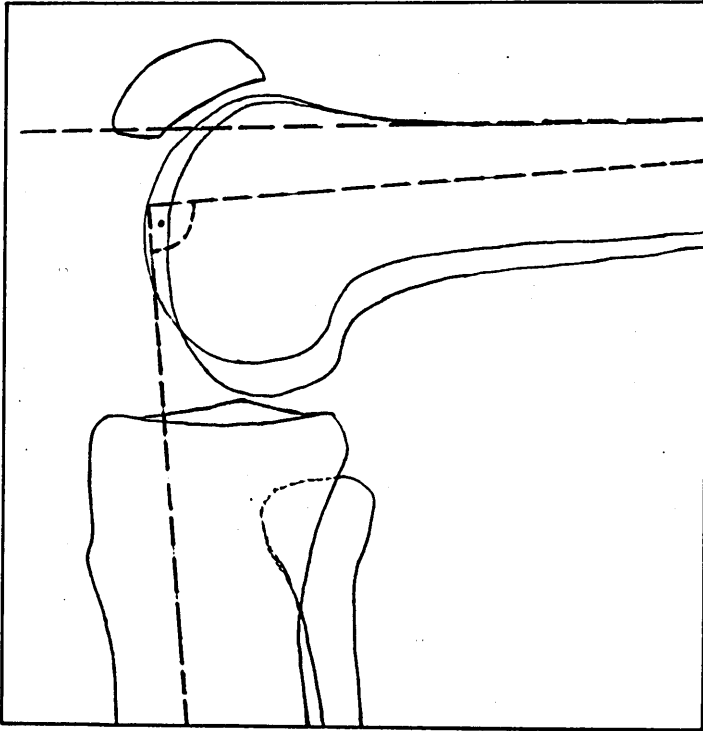


Abb. 33: Methode nach Laurin (1977).

Voraussetzung ist hier eine Flexion von 90°.

An den distalen-ventralen Femurschaft wird eine Tangente gelegt. Bei cranialer Verlagerung der Patella über dieses Tangentenniveau hinaus besteht eine Patella alta.

2.4.1.6 Methode nach Blackburne/Peel (1977)

Definition.

Es werden die zwei Meßstrecken A und B festgelegt (Abb. 34). A ist die senkrechte Höhendistanz von der distalen Patella-Artikulationsbegrenzung zur ventral verlängerten Tibiacondylentangente (TCT). B ist die Länge der Patella-Artikulationsfläche. Der Quotient A/B stellt das Maß für das Patella-level dar.

Normalwert: bei 0,8 - Patella alta: bei größer 1,0.

Diskussion:

Problematisch ist die Festlegung der TCT (vgl. Abb. 34 a). Durch komplexe Rotationskombinationen (Valgität/Varität und IRO/ARO bzw. ITO/ATO) sind erhebliche Variationen vorgegeben.

Etwas weniger problematisch erscheint die Festlegung der Strecke B: Der distale Extrempunkt der Patellaartikulation ist - nach eigenen Erfahrungen - gut zu bestimmen (und fehlerfreier), viel besser als die Patella-Apex (Elongation, biologische Variation - vgl. auch oben) und analog dazu die Patella-Basis (biologische Variation - s.o., Einflüsse durch Quadriceps-Tendinosen).

Insgesamt ist demnach auch diese Streckenfestlegung nicht ohne weiteres fehlerfrei möglich.

Allerdings ist die als erheblich anzunehmende Fehlermöglichkeit m.E. vor allem durch die oben beschriebene Variation der TCT als konditionierendem Faktor gegeben.

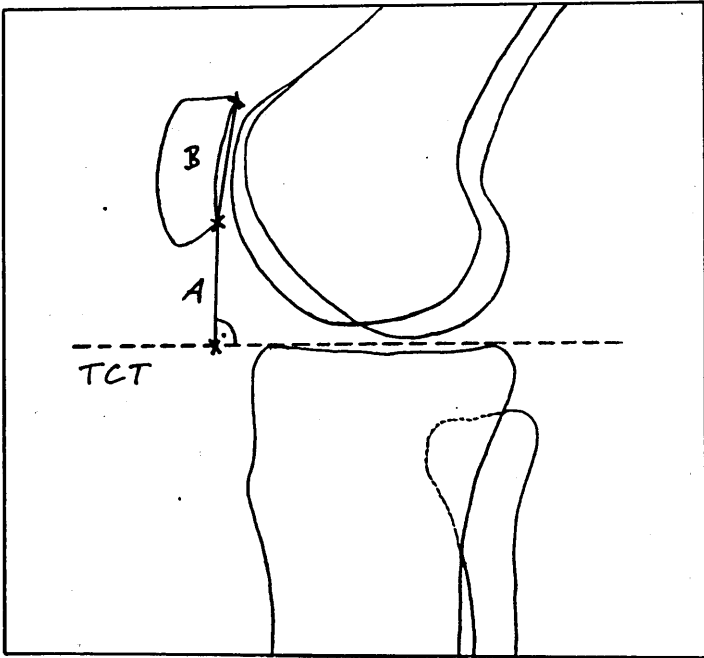


Abb. 34: Methode nach Blackburne/Peel (1977).

Zwei Meßstrecken werden festgelegt:

A ist die senkrechte Höhendistanz von der distalen Patella-Artikulationsbegrenzung zur ventral verlängerten Tibiacondylentante (TCT).

B ist die Länge der Patella-Artikulationsfläche.

Index-Grundlage: A/B .

Normalwert: bei 0,8

Patella alta: bei 1,0 und größer

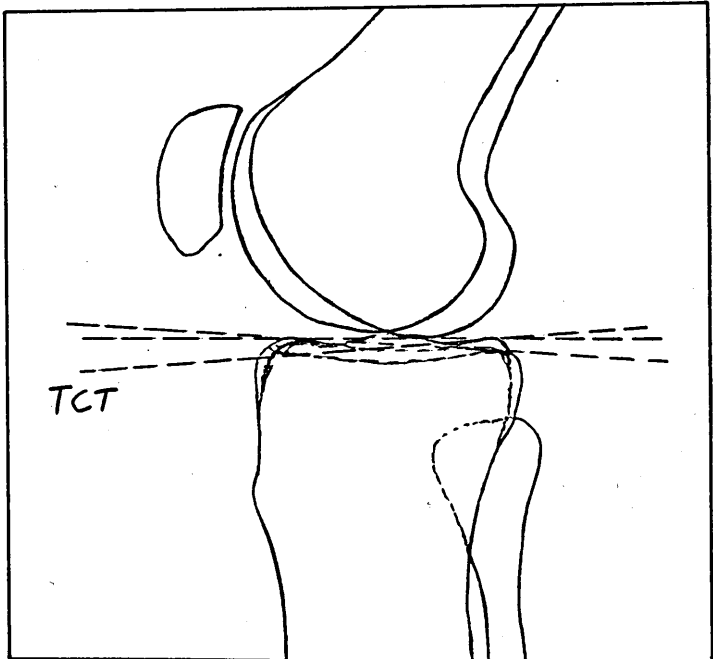


Abb. 34 a: Variation der Tibia-Condylen-Tangente.

Die Festlegung der TCT ist problematisch. Sowohl durch Valgität/Varität als auch durch Innen-/Außenrotation bzw. -torsion verändern sich die Konturen der Condylen. Zusätzlich können röntgentechnisch bedingte Artefakte Bildveränderungen hervorrufen.

Bezüglich der Resultate verhält es sich so, wie bei den meisten anderen Methoden auch, daß unterschiedliche Untersucher unterschiedliche Ergebnisse bekommen; so fällt auf, daß schon von Blackburne/Peel selbst eine größere Streuung um den gefundenen Mittelwert von 0,8 angegeben wird, nämlich 0,54 bis 1,06. Bezüglich der Patella alta - bei Blackburne/Peel größer 1,0 - wird von Vignes (1979) 1,2 festgelegt und von Hepp (1983) 1,1. Demgegenüber bestätigen Jakob/ v. Gumpfenberg/Engelhardt (1981) in ihrer Studie die originären Werte von Blackburne/Peel.

Vom methodischen Ansatz her gibt es den eindeutigen Vorteil gegenüber Insall/Salvati, daß die Schwierigkeit der Festlegung der distalen Insertion des Patellaligaments umgangen wird. Damit ist die Methode auch bei M. Osgood-Schlatter und M. Sinding-Larsen - Johansson anwendbar.

Der Index A/B wird in seiner Aussagefähigkeit durch die geschilderten Fehlerquellen erheblich relativiert. Daher erscheint auch bei dieser Methode notwendig, nach Modifikationen zu suchen, die die Fehlersystematik deutlich minimieren.

2.4.1.7 Methode nach Janssen (1979)

Definition:

Es werden zwei Winkelgeraden definiert, aus denen sich der entsprechende Patellahöhenwinkel konstituiert (Abb. 35).

Die erste Gerade wird von der schräg durch die Condylen verlaufenden "Sklerosezone" gebildet, die der unteren Blumensaatlinie (uBL) entspricht. Die zweite Gerade wird vom unteren Patellapol zum Schnittpunkt der Blumensaatlinie mit den hinteren Condylengrenzen gezogen. Durchschnittlicher Winkelwert: 10°.

Diskussion:

(a) Erstmals in der Literatur wird bei der Bewertung von seitlichen Profilaufnahmen ein Winkelmaß als Kriterium herangezogen. Bisherige Methoden bedienten sich linearer Meßwertgrößen und daraus abgeleiteter Quotienten als Indices. Aufgrund der oben bereits mehrfach aufgezeigten komplexen Meßtechnik-Schwierigkeiten und der damit verbundenen Fehlermöglichkeiten erscheint das hier neu vorgestellte Maß in Form eines Winkels als sehr viel geeigneter. Der Winkel reduziert sich nicht auf ein bzw. zwei Dimensionen, sondern berücksichtigt als räumliches Maß zusätzlich die dritte Dimension. Wenn man sich die röntgentechnisch sowie physiologisch und pathophysiologisch immanenten räumlichen Achsen- und Formvariationen versucht annähernd vorzustellen (nähere Ausführungen hierzu siehe weiter oben), dann wird deutlich, daß eine räumlich orientierte Maßzahl entsprechende Fehler besser "schlucken" bzw. adäquater minimieren kann als ein- oder zweidimensionale Maße. In dieser Hinsicht ist das neu geschaffene Maß zur Positionsbestimmung der Patella in vertikaler Ebene als eindeutige - und gleichzeitig qualitative - Verbesserung gegenüber früheren Methoden zu betrachten.

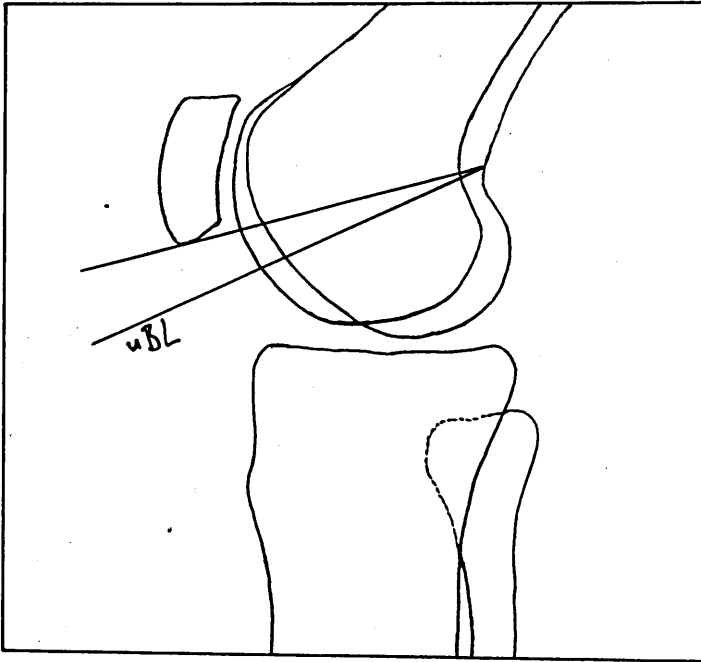


Abb. 35: Methode nach Janssen (1978).

Es werden zwei Winkelgeraden definiert, aus denen sich der entsprechende Patellahöhenwinkel konstituiert.

Erste Gerade: schräg durch die Femurcondylen verlaufende "Sklerosezone", entspricht der unteren Blumensaatlinie (uBL).

Zweite Gerade: Verbindung vom unteren Patellapol zum Schnittpunkt der Blumensaatlinie mit den hinteren Femurcondylengrenzen.

Durchschnittlicher Winkel: 10° .

(b) Eine - wenn auch beherrschbare - Variation bietet die Lagebestimmung der Blumensaatlinie. Hierüber finden sich in der Literatur verschiedene Angaben. Von Brattström (1970) werden sehr extreme Werte angegeben: 45° (Mittelwert) zwischen Femurlängsachse und Blumensaatlinie, bei einer ebenfalls großen Streuung zwischen 27° - 60° . Dagegen geben Jakobsen/Bertheussen (1974) bedeutend günstigere Werte an: 33° (zwischen 26° - 40°). Ähnlich günstigere Werte liegen nach eigenen Untersuchungen vor: 35° (zwischen 32° - 38°).

Es sei in diesem Zusammenhang nochmals ausdrücklich auf röntgentechnische Artefakte - wie oben angeführt - hingewiesen, die erhebliche Variationen bzw. Fehlmessungen bewirken können. Daher sind derart extreme Resultate wie bei Brattström (1970) in ihrer Grundlage und in ihrem Material differenzierter zu hinterfragen.

(c) Der Bereich der dorsalen Condylengrenzen erscheint ebenfalls differenzierungswürdig; eine eingehende Erörterung hierzu erfolgt bei der Diskussion der eigenen Methode (s. dort).

(d) Die Patella-Apex bietet entsprechende Meß-Schwierigkeiten und -variationen (vgl. hierzu die obige Diskussion bezüglich Patella-spitzensyndrom, S. 29, auf die Janssen mit mündlicher Information, 1984, hingewiesen hat).

2.4.1.8 Methode nach Caton/Deschamps (1982)

Definition:

Benutzt werden zwei Meßstrecken (Abb. 36): 1.: AP = Ausdehnung der retropatellaren Gelenkfläche.

2.: AT = kürzeste Verbindung von der distalen Gelenkfläche zum proximal-ventralen Tibiacondyl. Die beiden Strecken werden zueinander ins Verhältnis gesetzt und ergeben den Index AT/AP.

Diskussion:

Die Methode stellt eine Adaption und Modifikation von zwei früheren Methoden dar:

(a) Zum einen findet sich der Bezug zu Blackburne/Peel (1977), s.o., wobei die dortige Strecke B der hiesigen Strecke AP entspricht. Die dortige Strecke A wurde nicht berücksichtigt.

(b) Zum zweiten wird Bezug genommen auf Trillat (1972), s. dort, dessen Meßstrecke PT mit Referenz zur Patella-Apex verlagert wird zur distalen Patellagelenkfläche (AT).

Es wird deutlich, daß die Autoren explizit Wert darauf legen, nicht den von Insall/Salvati benutzten größten diagonalen Durchmesser der Patella (vgl. hierzu die Diskussion bei Insall/Salvati) zu verwenden, sondern es vorziehen - analog zu Blackburne /Peel - einen Bezug zur distalen Patellaartikulation zu finden.

Allerdings bleibt nach wie vor das nicht unbeträchtliche Meßfehlerproduzierende Problem des proximal-ventralen Tibiacondylenpunktes und der dazugehörigen variationsträchtigen TCT bestehen. - Daher hat auch dieser neue Index in seiner Aussagefähigkeit als kritisch zu gelten.

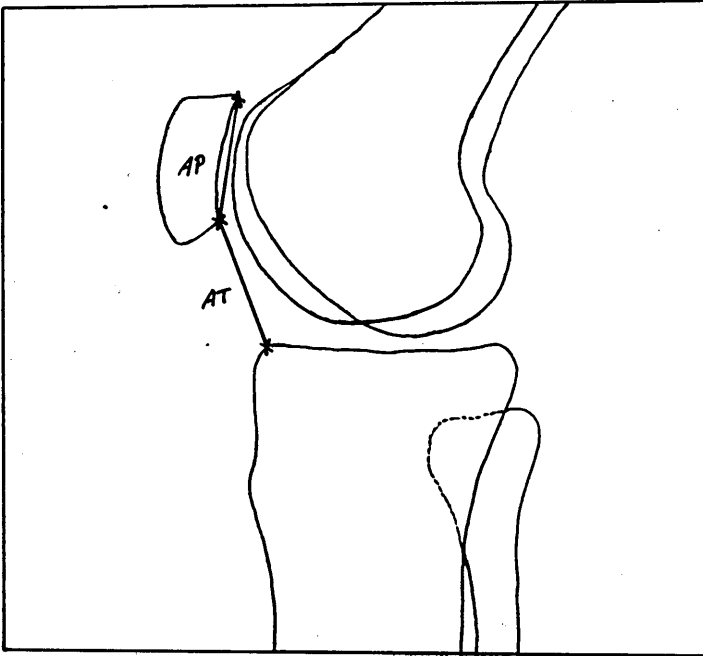


Abb. 36: Methode nach Caton/Deschamps (1982).

Auch hier werden zwei Meßstrecken benutzt:

AP = Ausdehnung der retropatellaren Gelenkfläche

AT = kürzeste Verbindung von der distalen Patellagelenkfläche zum proximal-ventralen Tibiacondyl

Index-Grundlage: AT/AP .

Mittelwert: 0,96

Patella alta: 1,3 und größer

Patella infera: 0,6 und kleiner

2.4.1.9 Methoden nach Hepp (1983, 1984)

Definition:

(Abb. Abb. 37, 38, 39)

I. Analog zu Janssen werden die beiden Winkelgeraden gebildet (s. dort), mit der Modifikation, daß die eine Gerade durch den distalen Begrenzungspunkt der Patellagelenkfläche geführt wird. Beide Geraden bestimmen den Patellahöhenwinkel.

II. Modifizierend nach Blumensaat wird von der Patellabasis das Lot auf die Blumensaatlinie gefällt. Diese Distanz wird als Maß für die Patellahöhe angesehen.

III. Modifizierend nach Janssen (s.dort) wird neben der BL als der ersten Geraden, die zweite Gerade als Verbindung des dorsalen Schnittpunktes der BL mit "dem" Femurcondylus bis zu Patellabasis definiert. Der gesuchte Winkel wird analog zu I. gebildet.

Diskussion:

ad I.:

(a) Bezüglich des Vorteils von Winkelmaßen sei hier auf die Besprechung bei Janssen hingewiesen (s. 2.4.1.7).

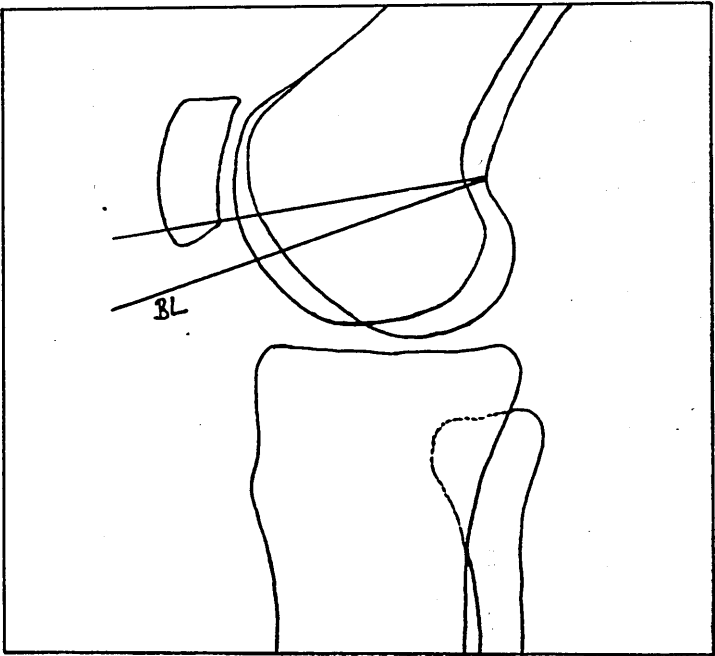


Abb. 37: Methode nach Hepp (1983), I., modifiziert nach Janssen (1979).

Analog zu Janssen s. dort) wird die erste Winkelgerade von der Blumensaatlinie gebildet, während die zweite Gerade durch den distalen Begrenzungspunkt der Patellagelenkfläche geführt wird.

Beide Geraden bestimmen den Patellahöhenwinkel.
(ohne Zahlenangaben)

(b) Die Bezugnahme auf den distalen Begrenzungspunkt der Patellage-
lenkfläche bietet Vorteile gegenüber der Patella-Apex. Letztere
zeigt größere Inkostanz in Formgebung und Lage; so werden beispiels-
weise bei elongierten bzw. magnifizierten Patellae entsprechende
Einflüsse auf die Meßwerte wirksam. Auch können sich an der Apex
kontrastschwache Ausziehungen oder "rarefizierende" Ausläufer
finden, die es dann erschweren eine exakte Begrenzung festzulegen
(bei der Femoropatellararthrose finden sich fast regelmäßig
osteophytäre Anbauten, die zu Meßungenauigkeiten führen können).
Diese Schwierigkeiten gibt es bei der distalen Gelenflächenbegren-
zung der Patella nicht. Auch läßt sich diese - nach eigenen Untersu-
chungen an über 800 Röntgenbildern - gut und reproduzierbar auffin-
den. Daher wird die von Hepp (1983) als größere Meßschwierigkeit an-
gesprochene Auffassung in dieser Hinsicht nicht geteilt.

(c) Die BL ist weiter oben bereits mehrfach besprochen (s. dort).

(d) Analog zu Janssen (1979, s. dort unter (c)), wird auch hier vom
Autor der Bereich der hinteren Femurcondylen als näher differenzie-
rungswürdig angesehen; eine eingehende Erörterung erfolgt bei der
Diskussion der eigenen Methode (s. dort).

ad II.:

Die Schwierigkeiten der Festlegung des größten diagonalen Durchmes-
sers der Patella wurden bereits bei Insall/Salvati (Kap. 2.4.1.3,
(b) näher ausgeführt. Für die hier vorliegende Methode bedeutet
dies, daß mit konsekutiven Rückwirkungen auf die Ausmessung des per
definitionem gefällten Lotes zu rechnen ist, und zwar im Sinne einer

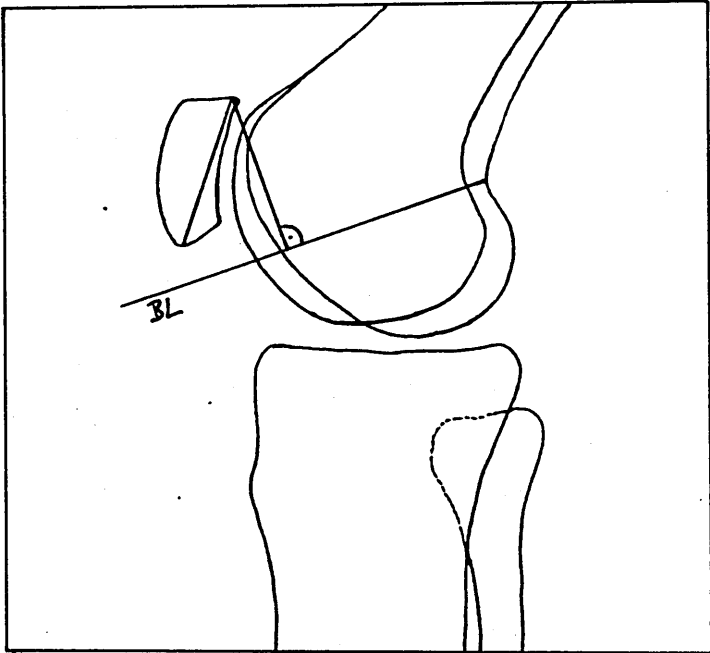


Abb. 38: Methode nach Hepp (1984), II.

Modifizierend nach Blumensaat (vgl. Abb.29) wird von der (proximalen) Patellabasis das Lot auf die Blumensaatlinie gefällt.

Diese Distanz wird als Maß für die Patellahöhe angesehen. Es werden für verschiedene Flexionsgrade Umrechnungstabellen angegeben.

Patella alta: oberhalb der doppelten Standardabweichung

Patella infera: unterhalb der doppelten Standardabweichung

Normalbereich: innerhalb der einfachen Standardabweichung

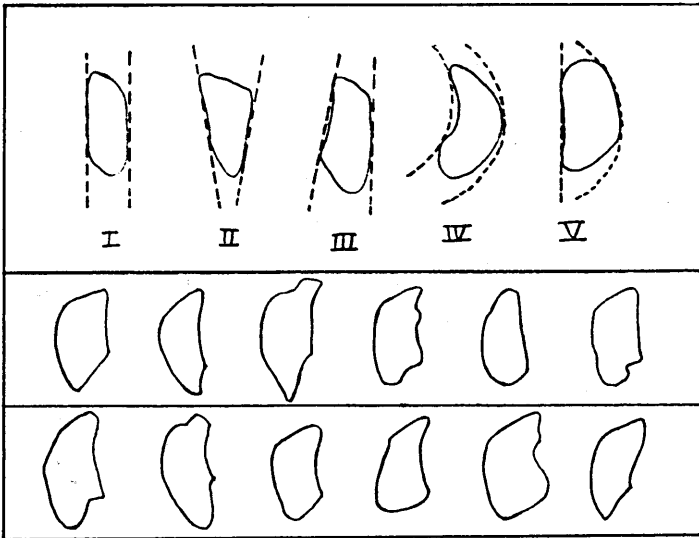


Abb. 38 a: Formvarianten der Patella, Profilansicht.

Oben: vereinfachtes Schema zur Einteilung der Patellaformen; Typ I-IV nach Hertel (1979), Typ V nach Hepp (1983).

Mitte und unten: exemplarische Darstellung vorkommender Varianten der Patellaform.

Verkürzung bzw. Verlängerung, die 10 mm oder mehr betragen können (vgl. Abb. 31 a). Hinsichtlich der patellaren Formvarianten sei neben der reichlichen Fülle exemplarisch auf die definierten Typen I und II nach Hertel (1979), sowie V nach Hepp (1983) sowie Übergangsformen zwischen diesen hingewiesen (Abb. 38 a). Anhand des Bildmaterials werden die Befunde und die aufgezeigten Effekte recht deutlich.

Insgesamt wird diese Methode als weniger aussagefähig angesehen als die Winkel-bezogenen Methoden nach Janssen (1979), Hepp (1983, 1984) und die vom Autor vorgestellte Methode.

ad III.:

(a) In Analogie zu II. bleibt auch hier die Relativierung des Patellabasispunktes bestehen.

(b) Die Verwendung eines dorsalen Schnittpunktes der BL mit "dem" Femurcondylus erscheint nicht genügend differenziert; da dieser Aspekt bei der neu vorzustellenden Methode eine gewichtige Rolle spielt, wird diesbezüglich auf die dortige eingehende (Definition und) Diskussion verwiesen (vgl. 2.2 sowie 2.4 ff.).

(c) Wie bei der Originalmethode nach Janssen (1979) wird auch hier der räumlichen Gegebenheit durch das Winkelmaß vermehrt Rechnung getragen; daher wird diese Methode - eingeschränkt durch die angeführten Konditionen - als aussagekräftiger angesehen als die Methode II. (Hepp, 1984).

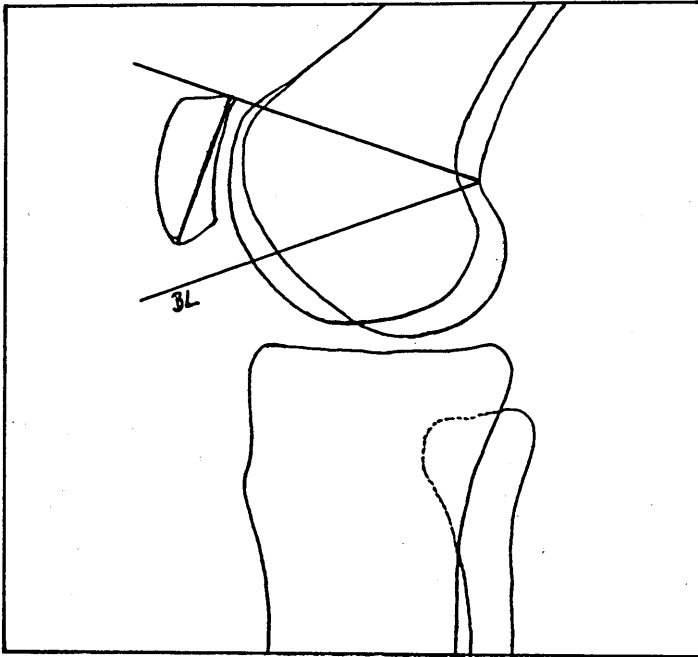


Abb. 39: Methode nach Hepp (1984), III.

Modifizierend nach Janssen (1979), s.o., wird neben der Blumensaatlinie (BL) als der ersten Geraden die zweite Gerade als Verbindung des dorsalen Schnittpunktes der BL mit "dem" Femurcondylus bis zur Patellabasis definiert. Beide Geraden schließen den Patellahöhenwinkel ein. (Werte für Normalbereich, Patella alta/ infera wie in Abb. 38 angegeben)

2.4.2 Resultate

2.4.2.1 Eigene Resultate

In der vorliegenden Untersuchungsserie wird bei einem Normalkollektiv von meniskektomierten Patienten (N = 181) bei 2,21 % das Vorliegen einer Patella alta gefunden. Das Vergleichskollektiv von N = 121 Patienten mit Patellaluxationen weist dagegen mit 29,75 % Patellae altae einen deutlich höheren Anteil auf (vgl. a. Abb. 26).

Per definitionem entspricht dies dem Anteil der Verteilung, der oberhalb der doppelten Standardabweichung (größer + 2 s) liegt (s.o., 2.3). Würde man den Bereich größer + 1 s wählen, so würde ein recht hoher Anteil (13,26 %) an Patellae altae bei den "normalen" Kniegelenken vorliegen - dies erscheint zu hoch. Wenn nun die nach Abb. 27 definierten Übergangsbereiche nicht bestünden, hätte das zur Folge, daß - innerhalb +/- 2 s - ein Anteil von 70,25 % der Patellaluxationen als "normal" eingestuft würde - auch dies wäre nicht realistisch. Daher bietet sich die Festlegung von Übergangsbereichen an (vgl. Abb. 27).

Bezüglich der Patella alta bedeutet dies, daß in einem Bereich von 21° - 27° (entspricht + 1 s bis + 2 s), der entsprechende Übergangsbereich zu suchen ist, wobei die Patellahöhe hier nicht mehr als normal angesehen wird, jedoch auch noch kein pathologischer Status definiert wird. Hier fände sich eine Patella sub-alta/sub-luxans (vgl. Abb. Abb. 20 a und 27).

Erst bei einem Winkel von 27° und größer (entspricht größer + 2 s) findet man eine Patella alta (vgl. Abb. Abb. 20 a und 26). Diese findet sich - wie oben angeführt, bei ca. 2 % der "Normal"-Patienten sowie bei ca. 30 % der Patienten mit Patellaluxationen.

Bemerkenswert ist, daß man auch im Normalkollektiv *Patellae altae*, wenn auch nur wenige (2 %), finden kann. Andererseits zeigen die untersuchten Patellaluxationen, daß nicht immer eine *Patella alta* angenommen werden kann, sondern in ca. 30 % der Fälle. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß bezüglich des oben definierten Übergangsbereiches weitere ca. 30 % (exakt 27,27 %, s. Abb. 27) als fakultativ pathologische Patellahöhe bzw. als nicht mehr normaler Befund anzusehen sind.

Mit der verwendeten Methode ist es also möglich, eine *Patella alta* zu diagnostizieren. Ebenso lassen sich Subspezifizierungen in Übergänge zum Normalen und zum Pathologischen treffen. Darüber hinaus sind die Untersuchungsergebnisse des pathologischen Kollektivs deutlich abgrenzbar zum Kontrollkollektiv.

Unter Berücksichtigung der klinisch geforderten Entität der Patellaluxation erhebt sich die Frage, warum der Patellahöhenwinkel in 44,63 % der Fälle (vgl. Abb. 25) als normal gemessen wurde. Die Ursache hierfür ist komplex: röntgenologische Schwierigkeiten bzw. Artefakte (z.B. Flexionsgrad bei Aufnahme, Justierung des Zentralstrahls), vorhandene ITO und Valgität, Patellagröße, Meßfehler bei Auswertung.

Als besonders relevant für den Prozentsatz normaler Höhenpositionen ist hervorzuheben, daß aus Gründen einer Wandlung bei der Indikation zur operativen Behandlung (Krogius-Roux) zunehmend auch *Patellae* mit Patellasubluxationen operiert wurden. Die Ausprägung der Dysplasie-merkmale ist bei diesen Patienten weniger stark ausgebildet, also auch die Veränderung der Höhenposition der *Patella* (*Patella alta*) weniger eklatant. Diese Patienten fanden jedoch ebenfalls Eingang in das Kollektiv II. (P.L.).

Als praktischer Hinweis für die Klinik läßt sich folgendes festhalten:

1. Durchschnittswert des normalen Patellahöhenwinkels bei 16° , Normbereich zwischen 10° - 21° .
2. Übergang zur pathologischen Patellahöhe zwischen 22° - 26° .
3. Pathologischer Höhenwinkel ab 27° mit Bezeichnung Patella alta.

2.4.2.2 Vergleich mit anderen Resultaten

Um Vergleiche anstellen zu können, werden im folgenden Resultate verschiedener Methoden aufgeführt; dabei sind jeweils prozentuale Anteile an Patellae altae (P.a.) von Normalkollektiven (N.) und Patellaluxationskollektiven (P.L.) gegenübergestellt (s. Abb. 40).

Die Auflistung in Abb. 40 zeigt die Unterschiede der Ergebnisse an diagnostizierten Patellae altae, die teilweise als erheblich zu bewerten sind. So liegen für die Normalkollektive Minimalwerte bei 1,5 %, Maximalwerte bei 10 %. Etwas bessere Näherungen liegen bei den Patellaluxationen vor. Der erste sehr stark abweichende Wert bezüglich der Blumensaat-Methode ist der von Andersen (72 %); der zweite deutlich differierende Wert ist der von Hepp (45 %) nach der Insall/ Salvati-Methode. Die übrigen Werte von 28 %, 37,5 % 26,5 %, 29,8 % zeigen gute Näherungen. Einziger Ausrutscher nach unten ist hier der Wert von 11,5 % (Hepp, Methode II).

2.4.2.3 Schlußfolgerung und Wertung

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß nach verschiedenen Methoden unterschiedliche - teilweise sogar sehr stark differierende - Ergebnisse erzielt werden können. In manchen Vergleichsfällen lassen sich auch einander ähnliche Werte finden, jedoch beziehen sie sich auf wenige Untersuchungen, nicht aber auf die Großzahl.

Abb. 40:	
Methode nach:	Resultate (Untersucher): - P. a. -
++ Boon-Itt (1930):	N. - 8,5 % (Boon-Itt) P.L. -/-
++ Blumensaat (1938):	N. - 1,5 % (Hepp) - 2 % (Vignes) P.L. - 72 % (Andersen) - 28 % (Hepp)
++ Insall/Salvati (1971/72):	N. - 4 % (Ins./Salv.) - 8 % (Vignes) - 6,7 % (Hepp) P.L. - 45 % (Hepp)
++ Laurin (1977):	N. - 10 % (Pässler/Thomsen) P.L. - / -
++ Blackburne/Peel (1977):	N. - 10 % (Vignes) - 4,5 % (Hepp) P.L. - 27,5 % (Hepp)
++ Hepp (1983/84)	N. - 2,8 % (Hepp) P.L. - 26,5 % (Hepp, III) - 11,5 % (Hepp, II)
++ Kirschner 1984	N. - 2,2 % (Kirschner) P.L. - 29,8 % (Kirschner)

Abb. 40: Untersucht wurden Patellapositionen (P.a. = Patella alta) bei Normalkollektiven (N.) und Patellaluxations-Kollektiven (P.L.). -

Es wurden verschiedene Methoden (zur Bestimmung der Patella alta) durch jeweils unterschiedliche Untersucher angewendet. - Bemerkenswert sind die teilweise erheblichen Meßunterschiede (s.a. Text). Zum Vergleich sind unten die eigenen Ergebnisse angefügt.

Bemerkenswert ist ferner die Beobachtung, daß nicht nur zwischen den einzelnen Methoden differierende Ergebnisse vorliegen, sondern daß dies auch auf die inzwischen zahlreichen in der Literatur beschriebenen Studien bezüglich ein und derselben Methode zutrifft. Dieser Effekt erhält durch seine Häufigkeit systematischen Charakter. Die Gründe hierfür können komplex sein, sie erfordern analytische Abklärung; angedeutet bleibt jedoch das methodische wie morphometrische Problem, zu unabhängigen jederzeit wiederholbaren und ausreichend zuverlässigen Meßergebnissen zu kommen.

2.4.3 Eigene Methode

2.4.3.1 Eigene Methode im Vergleich mit anderen Methoden

Definition: s.o. Kap. Methode (2.2),

vgl. Abb. Abb. 13 a - c und 14 a - c

Diskussion:

In Anlehnung an die Originalmethode nach Janssen (1979) und die entsprechende Modifikation von Hepp (1983) wird hier ein methodischer Ansatz vorgestellt, der im Sinne exakter Meßmöglichkeiten einige praktische Techniken einführt, die eine bessere Differenzierung der in vivo-Verhältnisse ermöglichen. Im folgenden werden einzelne methodische Aspekte analysiert und mit anderen Methoden verglichen.

(a) Femurcondylen:

Bei früheren Methoden finden die medialen und lateralen Condylen bei der Messung des Patellahöhenwinkels entweder überhaupt keine Berücksichtigung, oder sie werden unklar definiert, oder nicht differenziert und im Singular angesprochen. Bei näherer Analyse von Röntgenbildern in seitlicher Projektion erhebt sich dabei die Frage, wie man die meist mit Doppelkonturen imponierenden Condylen differenzieren kann, wenn man beispielsweise Referenzpunkte für exakte Messungen festlegen will (vgl. Abb. 41).

Hierfür werden die oben angegebenen Techniken entwickelt; sie sind nicht nur für wissenschaftliche Studien von Interesse, sondern auch - da der Aufwand überschaubar bleibt - für den Routinebetrieb zu empfehlen.

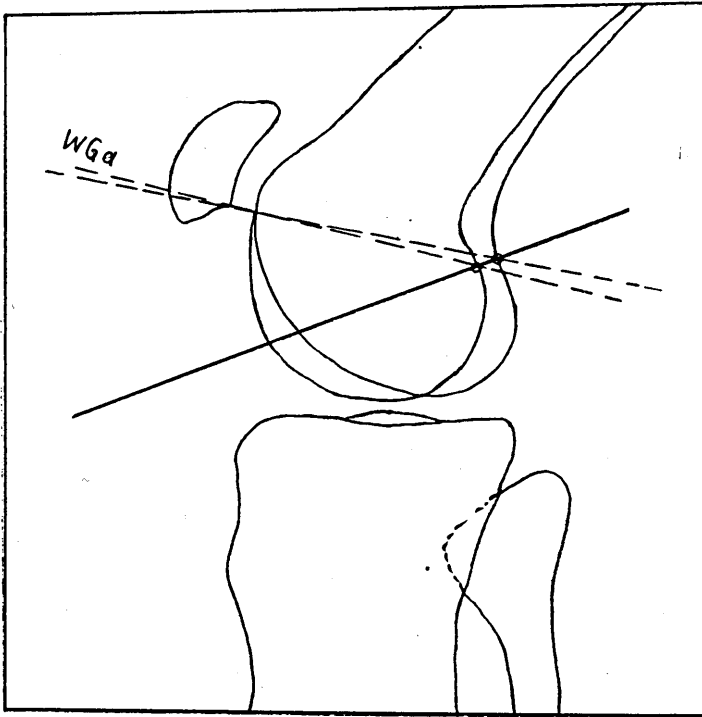


Abb. 41: Variation der Winkelgerade a (WGa).

Bei früheren Methoden zur Ausmessung des Patellahöhenwinkels werden die Femurcondylen (insbesondere im dorsalen Bereich) nicht klar definiert bzw. nicht differenziert (medialer und lateraler Condylus!). Eine sichere Unterscheidung ist jedoch für exakte morphometrische Verfahren unerlässlich. - Die in der Abb. gezeigte Fehlermöglichkeit wird bei der eigenen Methode vermieden.

Bei der Auswertung werden sowohl rotationsbedingte (ARO/IRO) Projektionsergebnisse bei der Lagerung berücksichtigt, als auch ähnliche Artefakte durch Veränderungen des Zentralstrahls (Zimmer-Brossy, 1979) und immanente Rotationen, d.h. anlagebedingte ITO bzw. ATO.

Hieraus wird deutlich, daß es vielfache Fehlermöglichkeiten gibt, die der exakten Messung im Wege stehen können. - Mit den hier vorgestellten Techniken lassen sich diese Fehler vermeiden.

(b) Distale Begrenzung der Patellarrückfläche:

Dieser Bezugspunkt findet sich ebenfalls bei der Modifikation von Hepp (1983), sowie bei den ganz andersartigen Methoden nach Blackburne/Peel (1977) und Caton/Deschamps (1982) als Referenzpunkt (er wurde weiter oben bereits eingehend diskutiert, s. dort: 2.4.1.6, Seite 84 und 2.4.1.9, Seite 93). Gegenüber der Patella-Apex - wie bei Blumensaat, Janssen, Insall/Salvati, Trillat, Hepp verwendet - bietet dieser Bereich den Vorteil größerer anatomischer Konstanz (nach distal elongierte Patellae lassen ihn ohne Einfluß); ebenso ist er erheblich günstiger als der größte diagonale Durchmesser der Patella - wie bei Insall/Salvati, Trillat, Hepp verwendet - (s. Diskussion oben), der noch einige Variation bietet. Außerdem wird durch diesen Referenzpunkt stärker die Mechanik und Pathophysiologie des Femoro-Patellargelenkes berücksichtigt.

(c) Blumensaatlinie (BL), (vgl. a. 2.4.1.2/2.4.1.7):

Wie oben unter 2.4.1.2 definiert, entspricht die Blumensaatlinie einer durch Projektion der kortikalen Begrenzung der Fossa intercondylaris femoris (Sulcus intercondylaris) gebildeten Verdichtungszone - einem "Sklerosepfad" -, die als Linie darstellbar ist. Bei qualitativ guten Röntgenbildern ist es kein Problem, die Linie möglichst exakt festzulegen. Anders ist dies bei zu schwach oder bei zu stark belichteten Bildern.

Bei den ersteren (zu dunkle Bilder) finden sich zu wenig Referenzpunkte, so daß eine Gerade/Linie nicht exakt genug festzulegen ist. Bei den zu stark belichteten Röntgenbildern kann die Blumensaatlinie nach wie vor festlegbar sein, jedoch verschwimmen oft die strukturellen Besonderheiten derart, daß der Linienverlauf variierend ist. Daher ist für exakte Messungen zu fordern, daß nur radiologisch optimale Bilder verwendet werden.

Hierzu gehört auch die Vermeidung der oben angeführten rotatorischen Effekte (bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen kann dies durch Anwendung des Fußwinkelgerätes nach Janssen (1979) vermieden werden, wobei z.B. eine artefizielle IRO/ARO korrigiert werden kann), Fehler bei der Lagerung, sowie falsche Zentrierung des Zentralstrahls.

Diese Aspekte deuten auf Variationsmöglichkeiten bezüglich metrischer Methoden und abgeleiteter Indices. Zum Ausdruck kommt dies durch verschiedene in der Literatur angegebene Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen (z.B. Andersen, 1958; Bandi, 1977; Vignes, 1979). Lage und Variation der Blumensaatlinie lassen sich durch einen Winkel zwischen Femurlängsachse und Blumensaatlinie angeben. Brattström (1970) nennt hier einen sehr extremen Wert, nämlich 45° bei ebenfalls großer Streuung zwischen $27^\circ - 60^\circ$. Dagegen geben Jacobsen/Bertheussen (1974) bedeutend günstigere Werte an: 33° bei Streuung zwischen $26^\circ - 40^\circ$. Auch eigenen Untersuchungen zufolge liegen die Werte günstiger: 35° , Streuung $32^\circ - 38^\circ$.

Auch hier zeigt sich die Erfordernis der Suche nach Fehlenstresskomponenten und ihrer konsekutiven Einbeziehung bzw. Berücksichtigung in die Meßmethoden. Solcherart korrigierte Methoden sind dann eher in der Lage, konkretere Werte und engere Streubereiche anzugeben.

(e) Bedeutung von Winkelmaßen

(vgl. hierzu die diesbezüglichen Besprechungen unter 2.4.1.7 sowie 2.4.1.9):

Die Mehrzahl der bekannten Methoden bedienen sich linearer Meßwertgrößen; dabei werden (eindimensionale) Linien selbst als Parameter zur Etablierung von Indices benutzt, oder es werden zwei Linien aus Meßstrecken abgeleitet und determinieren Indices in Form von Quotienten.

Nun haben eindimensionale Parameter aus Gründen des biologischen Materials sowie der meßtechnischen Kautelen zur Folge, daß entsprechende Variationen (Verkürzung/Verlängerung der Meßstrecken) auch geringgradiger Art bereits zu ausgeprägten Veränderungen der Indices führen. Dies gilt nicht in gleicher Weise für einen räumlichen - also dreidimensionalen - Parameter, wie ihn ein Winkelmaß darstellt. Im Vergleich zur Methode nach Janssen (1979) werden hier größere Winkelwerte erreicht; dies bedeutet, besser anschaulichere Werte und geringere Meßfehler. So können entsprechende Meßfehler durch Integrationsfähigkeit des Winkels eher minimiert werden. Bei rotatorischen Effekten beispielsweise entstehen Veränderungen u.a. der Quer- und Längsdurchmesser der Femurcondylen (Horsman et al., 1977; vgl. 2.4.1.5), davon abgeleiteter Distanzen zu tibialen oder patellaren Strukturen, Veränderungen der Konfiguration der Tibiacondylen mit Schwierigkeit der Festlegung einer entsprechenden Tangente und davon abgeleiteter Höhendistanz zur Tuberositas tibiae (vgl. Methoden nach Insall/Salvati, Blackburne/Peel, Trillat u.a.) etc. etc.

Ähnlich weitere Beispiele lassen sich bei den oben besprochenen Methoden aufzeigen - die Störanfälligkeit der verwendeten Indices ist nicht unbeträchtlich.

2.4.3.2 Klinische Bedeutung der Patella alta

(a) Vorkommen:

Die Patella alta ist Ursache der sehr häufig vorkommenden sogenannten Chondropathia patellae.

Neben einem isolierten Patellahochstand (Patella alta simplex) ist dieser gehäuft anzutreffen zusammen mit anderen Störungen des FPG. So ist er oftmals nachweisbar beim Innentorsionsfehler des distalen Femur (Janssen, 1981); hierbei liegt eine Dysplasie des FPG vor (d. h. eine dysplastische Anlage der femoralen Trochlea bzw. der Patellagleitbahn, wie auch des Patellakörpers selbst); ferner besteht eine Bandlaxität sowie eine muskuläre Schwäche des M. Quadriceps.

Auch bei spastischen und schlaffen Lähmungen liegt häufig eine Patella alta vor.

(b) Funktionell-mechanische Störungen des Streckerzuges (M. Quadriceps):

Bei isoliertem Patellahochstand (Patella alta simplex) kann sich die "Outerbridge-ridge" (Outerbridge, 1961) entwickeln, wobei an der proximalen Knochenknorpelgrenze eine osteophytäre Wulstbildung auftritt, über die die Patella bei der Biegung springt - mit dem Ergebnis der Chondromalacia patellae in Feld IV und V.

Bei gleichzeitiger Lateralisation (Patella alta et lateralisata) entwickelt sich über die Stadien der Subluxation und Luxation schließlich die Arthrose.

Dieser chronologische Vorgang ist in vivo sehr variabel, bedingt durch die multifaktorielle Genese. Allerdings ist die Morbiditätsprogression bei einmal eingetretenen und sich summierenden Schäden irreversibel.

(c) Konsequenzen:

Konservative Therapie:

Der durch Patellahochstand verursachte Knorpelschaden der Patellarückfläche ist zunächst eine Domäne der konservativen Therapie, z.B. mit physikalischen Maßnahmen und Quadricepstraining.

Bei Erstluxation der Patella ist zunächst ebenfalls die konservative Therapie ausreichend. - Die Reposition erfolgt oft spontan, sonst ist sie leicht passiv durchführbar. Anschließend wird eine Oberschenkelgipshülse für einige Wochen (ca. 3) angelegt (klinisch unterschiedliche Angaben für Zeitdauer der Gips-Ruhigstellung). Bereits frühzeitig kann mit isometrischem Quadricepstraining begonnen werden. Nach Gipsabnahme folgt aktive Mobilisierung und möglichst forcierte Quadriceps-Beübung.

Bei späteren chronifizierenden Reizzuständen und arthrotischen Veränderungen können physikalische und medikamentöse Maßnahmen erfolgen.

Operative Therapie:

Bei rezidivierender oder habitueller Patellaluxation ist eine operative Korrektur indiziert, um die funktionelle Resitution zu gewährleisten und um weitere Gelenkschäden zu vermeiden.

Neben einer Vielzahl von Methoden hat sich das Vorgehen nach Kroggius-Roux gut bewährt (Baumgartner/Ochsner/Schreiber, 1983; Cotta/Hinz/Puhl, 1980). Dabei wird nach Kroggius die Patella passiv gefesselt: Mobilisierung eines medialen Kapselstreifens und laterale Fixierung, Vernäherung des medialen Defektes.

Effekt: Medialisierung der Patella.

Nach Roux wird (nach Wachstumsabschluß!) die Tuberositas tibiae nach medial verlagert.

Eine Variante von Roux besteht in dem Vorgehen nach Goldthwait (Baumgartner/Ochsner/Schreiber, 1983) - (bei Patienten vor Wachstumsabschluß - Schonung der Tibiaapophyse) -: Teilverlagerung des Ligamentum patellae, wobei der laterale Anteil mobilisiert, medialisiert und unter Spannung fixiert wird. Laterale Retinaculumspaltung.

Schlußfolgerung:

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß die Höhenlokalisierung der Patella durch Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" einen besonders wichtigen diagnostischen Baustein mit konsekutiven therapeutischen Konsequenzen darstellt.

2.4.3.3 Schlußfolgerung und Wertung:

Vorteile der hier aufgezeigten Methode zur Bestimmung des Patellahöhenwinkels "a" gegenüber bisher bekannten Methoden bestehen in der relativ breiten Anwendungsmöglichkeit. Sie ist unabhängig gegenüber Affekten der Patella-Apex, wie z.B. bei M. Sinding-Larsen-Johannsson oder bei anlagebedingten Dysplasien, oder auch gegenüber radiologisch-artefiziellen Effekten. In diesem Zusammenhang werden - wenn auch unterschiedlich - die Methoden nach Boon-Itt, Blumensaat, Insall/Salvati, Trillat, Laurin, Janssen, Hepp (II/III), bezüglich der Aussagekraft relativiert (s.a.o. die spezifischen Kapitel).

Unabhängigkeit beim Messen besteht auch gegenüber Variationen der Tuberositas tibiae, wie etwa durch Veränderungen bei M. Osgood-Schlatter oder durch die Vielzahl physiologischer Normvarianten (vgl. Abb. 31 und 31 b). In diesem Fall sind die Methoden nach Boon-Itt und besonders nach Insall/Salvati kritisch zu betrachten (vgl. a. die näheren Besprechungen oben).

Ebenfalls unabhängig ist die vorliegende Methode gegenüber den Tibiacondylen (vgl. Abb. 34 a). Diese zeigen insbesondere radiologisch bedingte Variationen, die erhebliche Meßschwierigkeiten bereiten können, versucht man exaktere Referenzpunkte zu finden oder Tangenten anzulegen. - Hierbei sind die Methoden nach Boon-Itt, sowie Insall/Salvati, Trillat, Blackburne Peel und Caton/Deschamps - allerdings in unterschiedlichem Ausmaß - anfällig; sie können recht unterschiedliche Meßergebnisse veranlassen.

Die hier vorgestellte Methode berücksichtigt Schwierigkeiten bisheriger Verfahren. Die dabei verwendeten Meßparameter werden analysiert. Dabei zeigt sich, daß die für die Messung notwendigen Faktoren nicht exakt genug festzulegen sind. Dabei werden entsprechende Untersuchungsergebnisse durch nicht unbeträchtliche Fehler belastet. Konsequenzen ergeben sich dabei nicht nur im diagnostischen Bereich, sondern auch therapeutisch, wenn etwa bei OP-Indikationen keine klaren Grundlagen gegeben sind.

Hier soll die vorliegende Methode ein weiter entwickeltes Modell darstellen, wobei Meßparameter exakter und reproduzierbar definiert sind und dadurch gröbere Meßfehler vermieden werden.

Bezüglich bisheriger Methoden bleibt offen, nach geeigneten Modifikationen bzw. Verfahren zu suchen, um bessere Adaptionen der Meßtechniken an die dreidimensionalen Verhältnisse sowie an die Fehlerinduktiven Faktoren zu erreichen. Es bleibt zu hoffen, daß solcherart neu zu etablierende Modifikationen sowie neu zu schaffende, subtile Verfahren zu einheitlicheren Daten und besseren Vergleichsmöglichkeiten führen. Dies erscheint notwendig, will man der Klinik verbesserte diagnostische und therapeutische Möglichkeiten eröffnen. - Dem Bemühen auf dem Weg etwas weiter zu kommen, gilt auch die vorliegende Studie.

3. Zusammenfassung

Das Kniegelenk besitzt hohe Morbidität. Hierbei stellt das Femoropatellargelenk (FPG) häufig den Ausgangspunkt von Affektionen dar. Neben erworbenen sind auch zahlreiche anlagebedingte Störungen des FPG bekannt. Große Bedeutung kommt den Dysplasien des FPG und Dystopien bzw. Dislokationen der Patella zu.

In diesem Zusammenhang lassen sich gehäuft Lageanomalien der Patella - meist als Patella alta imponierend - beobachten. Diese Lageanomalien zu bestimmen und damit ein geeignetes diagnostisches Kriterium zu begründen, ist eine wesentliche Intention der vorliegenden Studie.

Einleitend werden anatomische Gegebenheiten dargestellt, thematisch besonders interessierende Aspekte werden näher betrachtet; dies gilt v.a. für funktionelle Aspekte. Auch auf die breite und meist komplexe Ätiopathogenese patellarer Affektionen wird näher eingegangen - der vorgestellte methodische Ansatz nimmt hierauf vielfach Bezug.

Es wird eine Methode entwickelt, die die Bestimmung der (vertikalen) Patellaposition (Patellahöhenwinkel "a") in möglichst exakter und reproduzierbarer Weise ermöglicht. Bei diesem Verfahren werden potentielle Fehlermöglichkeiten besonders beachtet, damit bereits beim Festlegen einzelner Meßstrecken und -punkte gröbere systematische Fehler vermieden werden.

Als Normalkollektiv wurden 181 Patienten mit frischen Meniscusläsionen selektiert, während das pathologische Kollektiv 121 Patienten mit Patellaluxationen und Patellasubluxationen beinhaltete. Bezüglich der Häufigkeit des Vorkommens einer Patella alta zeigten beide untersuchten Kollektive deutliche Unterschiede; im Normalkollektiv

fanden sich ca. 2 % Patellae altae, bei den Patellaluxationen waren es ca. 30 %; darüber hinaus sind weitere ca. 30 % Patellae altae im Übergangsbereich als fakultativ pathologisch zu berücksichtigen.

Ein normaler Patellahöhenwinkel (± 1 s) liegt zwischen 10° - 21° , bei einem Mittelwert von 16° . Ein fakultativ pathologischer Winkel findet sich bei 4° - 10° bzw. 21° - 27° . Bei einer Patella alta ist der Höhenwinkel größer als 27° (größer + 2 s).

Andere aus der Literatur bekannte Methoden werden dargestellt und analytisch nach Vor- und Nachteilen erörtert. Anschließend werden alle Methoden - einschließlich der eigenen - kritisch miteinander verglichen; hieraus lassen sich manche Tendenzen, Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede und noch ungelöste Schwierigkeiten eruieren.

Die vorliegende Methode wird auch für den klinischen Routinebetrieb empfohlen. Hierzu werden praktische Hinweise gegeben.

4. Anhang

4.1 Exemplarische Original-Röntgenbilder

- siehe folgende Seiten -

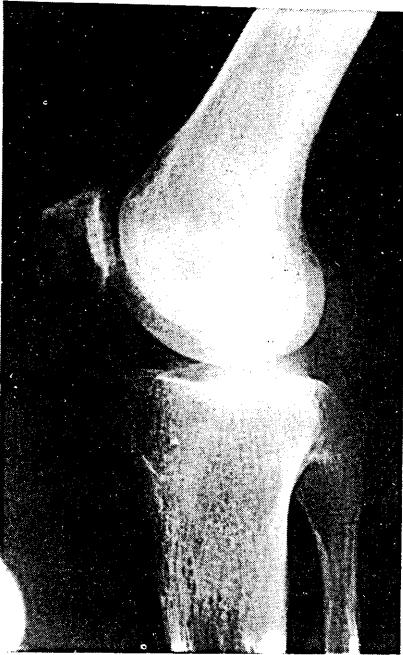


Abb. 42: Profilansicht bei 30° Flexion.

Deutlich nachweisbare ARO/ATO (Ventralisierung des medialen Femurcondylus, korrespondierend stellt sich der laterale Condylus in der dorsalen Kontur dar).

Vermehrte Dorsalisierung des Fibulaköpfchens sowie Vergrößerung der Tibia-Fibulaschaftdistanz.

Beispiel für plane Kontur der Tuberositas tibiae - Schwierigkeit für hieraus bezogene Meßmethoden (z.B. Insall-Salvati), vgl. Abb. 31.

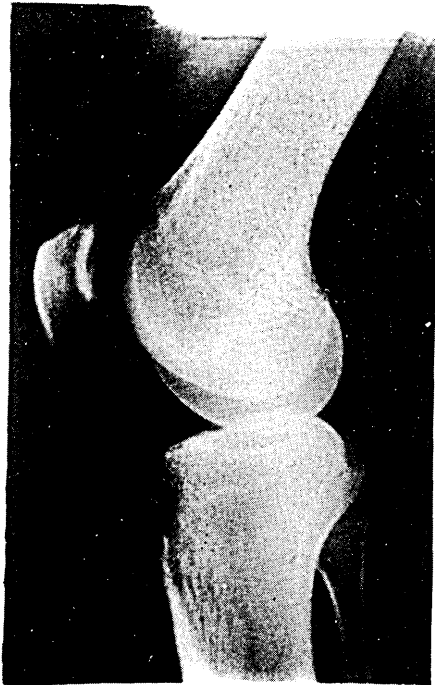


Abb. 43: Profilansicht bei 30° Flexion.

Beispiel für Innentorsionsfehler. Der mediale und laterale Condylus schneiden sich im vorderen (ventralen) Bereich. Deutliche Überprojektion hinsichtlich Varität/Valgität. - Gut auffindbare Tuberositas tibiae, ausgeprägte Haglund-Delle.

Patellahöhenwinkel "a" bei 16° im Normalbereich.

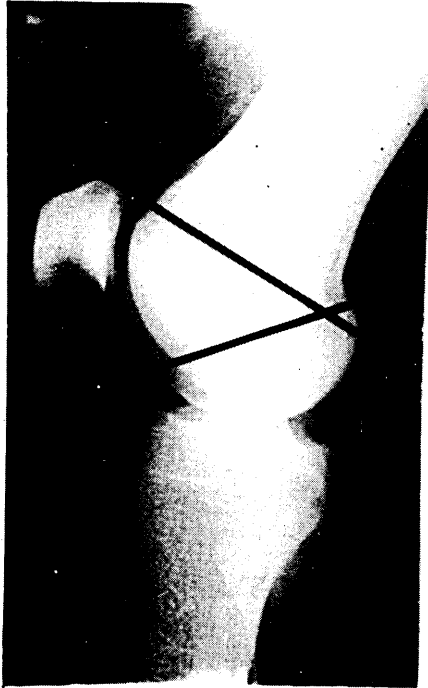


Abb. 44: Profilansicht, schlechte Projektion durch Fehlrotation.
Es liegt eine ARO/ATO vor. Hierbei ist der mediale Femurcondylus innerhalb der Bildebene ventral verlagert, entsprechend überprojiziert sich der laterale Condylus vermehrt nach dorsal.
Deutlich sichtbar ist die hier ausgeprägte Überprojektion der proximalen Tibia- und Fibulaanteile.
Cave: ungenaue Festlegung der cranialen Patellabasisbegrenzung (wie bei Methode Hepp III verwendet).

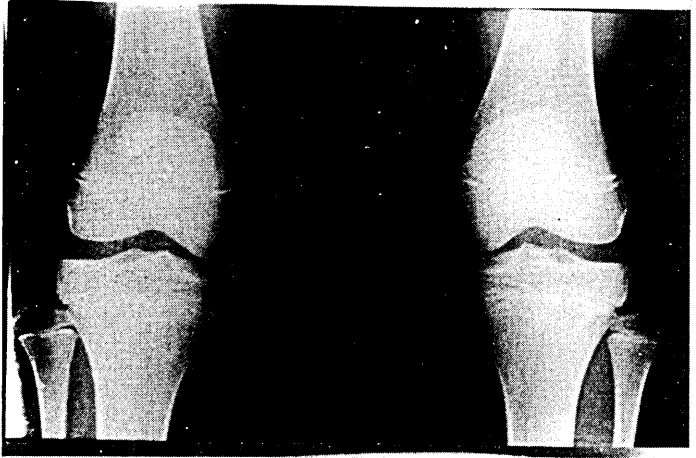


Abb. 45: a.p.-Projektion.

Patella nicht in Gelenkspalthöhe - genaue Festlegung nicht möglich.

Eminentiae intercondylares verschoben (IRO/ITO). - Fibulaköpfchen rotationsbedingt (IRO) annähernd frei dargestellt (nicht zu I/3 verdeckt).



Abb. 46: Profilansicht, 30 ° Flexion.

Annähern rotationsneutral, geringe Außenrotation.

Beispiel für Schwierigkeit bei Festlegung der Tuberositas tibiae - dies belastet die Methode nach Insall/Salvati (1971/72) erheblich.

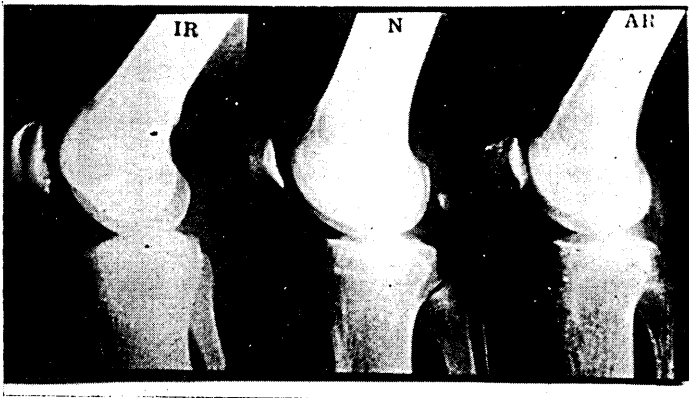


Abb. 47: Innenrotation, Neutralposition, Außenrotation.

Bei Innenrotation deutliche Überschneidung der medialen und lateralen Condylen (IR) im ventralen Bereich, Rotation der distal-dorsalen Condylenteile im Sinne von Varität/Valgität, vermehrte Überlagerung des Fibulaköpfchens. -

Mittleres Bild zeigt fast Neutralposition (N) - es ist noch geringe Innenrotation vorhanden.

Rechts deutliche Außenrotation, medialer und lateraler Femurcondylus überschneiden sich im dorsalen Bereich, der mediale Condylus liegt mehr ventral.

Bei N und AR ist die Tuberositas tibiae nicht exakt festlegbar.

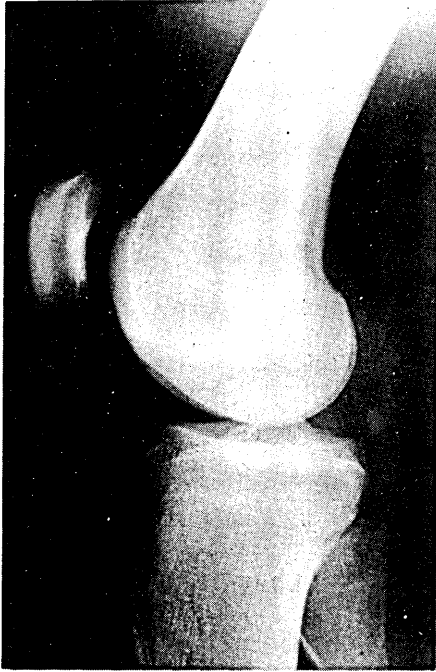


Abb. 48: Seitliche Profilaufnahme.

Neutralposition in der Projektion der Femurcondylen, keine Rotation (IRO/ARO), Patella-Condylen-Durchsicht vorhanden. Patella alta, 31°.

Fibulaköpfchen etwas tief, dorsale Spitze frei (evtl. Varietät, evtl. cranio-caudal veränderter Zentralstrahl).



Abb. 49: a.p.-Projektion.

Bds. deutlich hochstehende Patellae, die auch lateralisiert sind, bei Patellaluxation.

Innentorsionsfehler des distalen Femur - medialer Femurcondylus steiler/runder, schmaler, mediales Tibiaplateau vermehrt konkav, laterale Femur- und Tibiacondylen flacier und breiter. Tibia und Fibula innenrotiert. (Eminentiae intercondylares stehen nicht übereinander).



Abb. 50: a.p.-Projektion.

Deutlich hochstehende und medialisierte Patella, Innentorsionsfehler mit Patellaluxation.



Abb. 51: Tangential-Aufnahme nach Knutsson.

Patella-Typ IV nach Baumgartl, gelöstes erbsgroßes Fragment ("Loose fracture").

Es findet sich hier eine deutlich veränderte pathologische Patella. Auch die Gleitbahn (femorale Trochlea) ist pathologisch abgeflacht und unsymmetrisch.

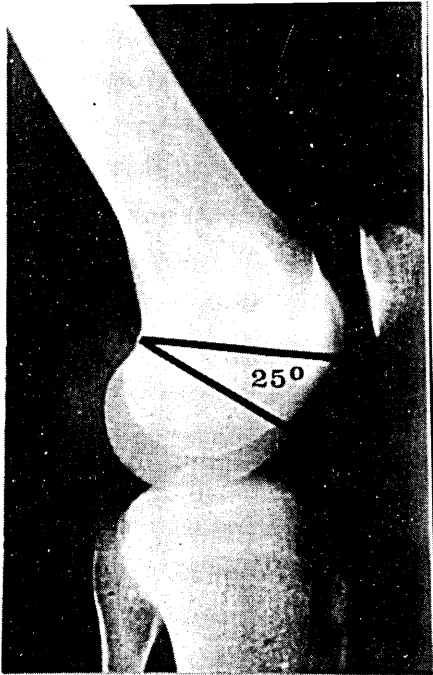


Abb. 52: Profilansicht, Patella alta.

30° Flexion, Innentorsionsfehler

Nach Methode Janssen (eingezeichnet - Meßfaktor u.a. Patella-Apex) findet sich hier eine Patella alta bei 25°.

Nach eigener Methode (Meßfaktor hier: distale Begrenzung der Patellagelenkfläche) findet sich ebenfalls eine Patella alta, aber bei 33°.

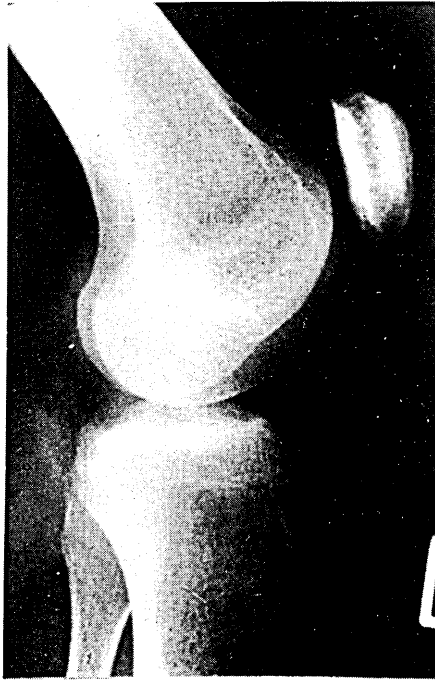


Abb. 53: Patella alta, Profilansicht.

Seitliche Funktionsaufnahme, 30° Flexion.

Projektionsbedingte Außenrotation (dorsaler Schnittpunkt beider Femurcondylen, medialer Condylus ventralisiert).

Patellahöhenwinkel "a": 32° = Patella alta (größer als 27°).

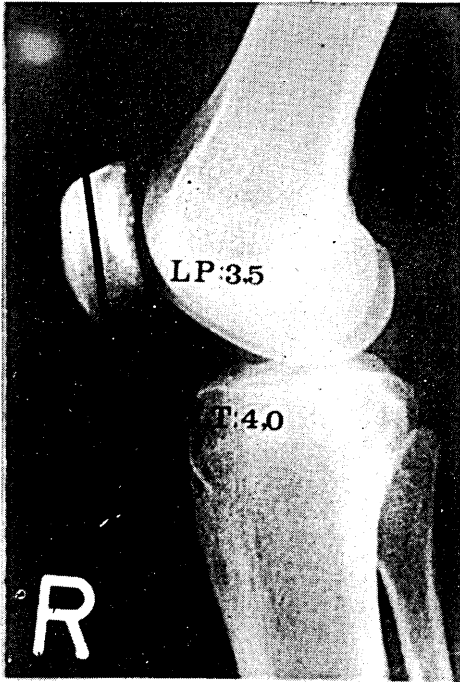


Abb. 54: Methode Insall/Salvati (1971/72).

(vgl. a. Abb. 30)

LP/LT ergibt 0,8 - danach liege eine Patella alta vor.

Nach der eigenen Meßmethode ergibt sich jedoch ein Patella-
höhenwinkel "a" von 17° - danach liegt eine normale Patel-
lahöhe vor.

(eigene Methode: Normalwert: bis 21°, Übergangsbereich/
evtl. pathologisch: bis 27°, Patella alta: größer als 27°).

Meth. Ins./Sal. - Cave: Tuberositas tibiae als Meßpunkt
nicht exakt festlegbar!

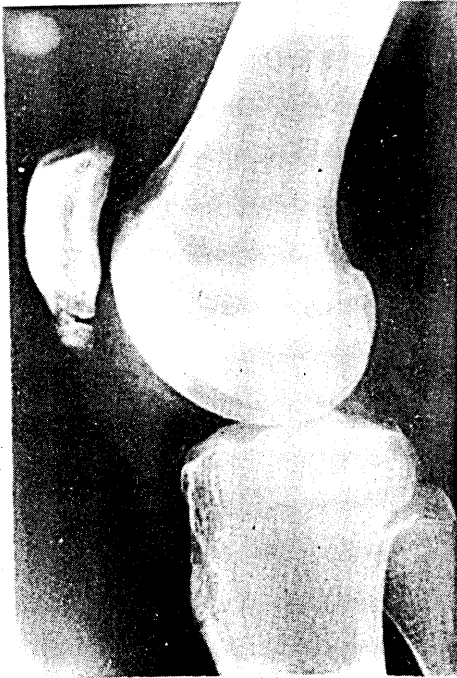


Abb. 55: Profilaufnahme.

30° Flexion, leichte Außenrotation

(dorsale Überschneidung des medialen und des lateralen Femurcondylus, dorsaler Anteil des medialen Condylus ventralisiert).

Distaler Patellapol zeigt separiertes Fragment: evtl. liegt hier ein M. Sinding-Larsen-Johansson vor - ggf. handelt es sich aber auch um einen akzessorischen Knochenkern (da noch kein Patellaanschluß vorhanden).

Cave: Bei Verwendung der Patella-Apex als Meßpunkt, wie bei den Methoden nach Blumensaat, Janssen, Insall/Salvati, Trillat, Hepp.



Abb. 56: Fußwinkelgerät nach Janssen.

Mit dieser Vorrichtung können beim Anfertigen von Röntgenbildern des Kniegelenkes einstelltechnisch bedingte Fehler vermieden werden, z.B. artefizielle Innen- und Außenrotationen. Nach vorheriger Ausmessung des habituellen Fußwinkels kann dieser auf der Winkelskala des Gerätes exakt nachgestellt, also simuliert werden; damit werden willkürliche Rotationsfehler ausgeschlossen.

Das Gerät kann sowohl für a.p.-Aufnahmen wie auch für Tangential- und seitliche Aufnahmen verwendet werden.

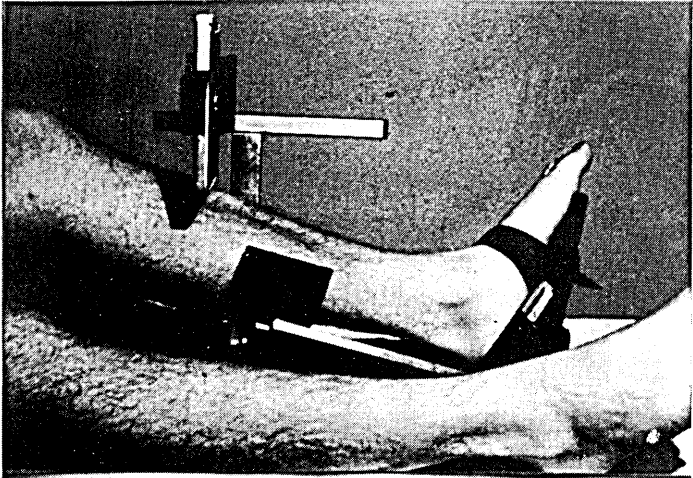


Abb. 57: Fußwinkelgerät nach Janssen.

Seitliche Ansicht, hier zur Anfertigung von Tangentialaufnahmen der Patella.

Hier wird deutlich, daß bei Innen- und Außenrotation im Kniegelenk die Projektion der Patellaform auf die Bildplatte - aufgrund ihrer ungleichmäßig ellipsoiden Plastizität - erheblich variieren muß.

Durch das Gerät wird ein willkürlicher Rotationsfehler vermieden.

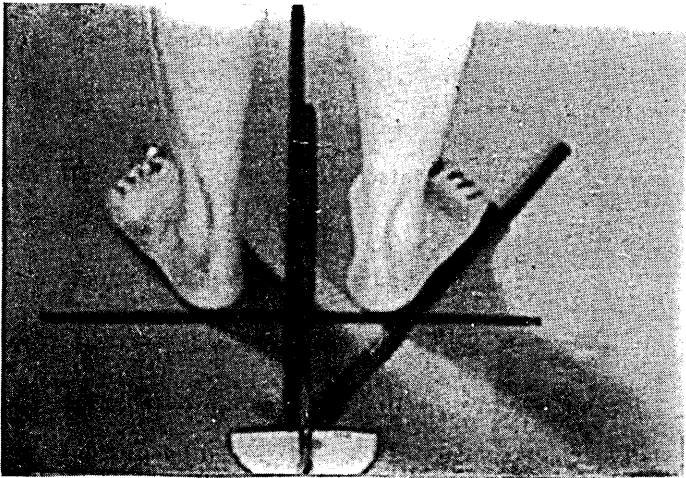


Abb. 58: Habituelle Fußstellung.

Mittels Winkelmesser kann die habituelle Fußstellung exakt ermittelt werden. Der so gefundene Winkel kann dann bei der Verwendung des Fußwinkelgerätes nach Janssen zur Anfertigung von Röntgenbildern des Kniegelenkes nachgestellt, also simuliert werden. Dadurch werden situationsfalsche Neutralstellungen sowie Innen- und Außenrotationen vermieden.

4.2 Literatur

- Andersen, P.T.: Congenital deformities of the knee joint in dislocation of the patella and achondroplasia. Acta orthop. scand. 28, 26 - 50, 1958
- Andersen, D., Baumgartl, F., Gremmel, H.:
Die Röntgendiagnostik des Femoropatellargelenkes und ihre klinische Bedeutung. Radiologe 1, 216 - 222, 1961
- Bandi, W.: Vorverlagerung der Tuberositas tibiae bei Chondromalacia patellae und femoro-patellarer Arthrose. Hefte z. Unfallheilk. 127, 175 - 186, 1976
- Bandi, W.: Die retropatellaren Kniegelenkschäden. Pathomechanik und pathologische Anatomie, Klinik und Therapie. Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie. Band 4, Huber, Bern-Stuttgart-Wien, 9 - 42, 1977
- Baumgartl, F.: Das Kniegelenk. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1964
- Baumgartner, R., Ochsner, P.E., Schreiber, A.:
Checkliste Orthopädie, 135, 297 - 299, 1983
- Bernau, A.: Orthopädische Röntgendiagnostik. Urban und Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 166 - 186, 1982
- Blackburne, J.S., Peel, T.E.:
A new method of measuring patella height. J.B.Jt. Surg. 59-B (2), 241 - 242, 1977
- Blumensaat, C.: Die Lageabweichungen und Verrenkungen der Kniescheibe. Ergebn. Chir. Orthop. 31, 137 - 223, 1938
- Boon-Itt, S.B.: The normal position of the patella. Amer. J. Roentg. 24, 389 - 394, 1930
- Brattström, H.: Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of the patella. Acta orthop. scand. Suppl. 68, 5 ff., 1964

- Brattström, H.: Patella alta in non-dislocating knee joints. Acta orthop. scand. 41, 1970
- Büttner, H.: Röntgenologische Untersuchungen über anatomische Veränderungen an Kniegelenken mit Patellaluxation. Inaug.-Diss., Würzburg, 1969
- Caton, J., Deschamps, G., Chambat, P., Lerat, J.L., Dejour, H.: Les rotules basses. A propos de 128 observations. Rev. Chir. Orthop. 68 (5), 317- 325, 1982
- Clauss, G., Ebner, H.: Grundlagen der Statistik. H. Deutsch, Frankfurt/M.-Zürich, 1972
- Cotta, H., Hinz, P., Puhl, W.: Orthopädie, 276-77, 1980
- Cotta, H., Puhl, W.: Pathophysiologie des Knorpelschadens. Hefte z. Unfallheilk. 127, 1-22, 1976
- Ficat, P.: Pathologie fémoro-patellaire. Masson, Paris, 1970
- Ficat, P.: Les déséquilibres rotuliens. De l'hyperpression à l'arthrose. Masson, Paris, 1973
- Ficat, P., Ficat, C., Bailleux, A.: Syndrome d'hyperpression externe de la rotule (S.H.P.E.), son intérêt pour la connaissance de l'arthrose. Rev. Chir. Orthop. 61, 39 - 59, 1975
- Ficat, P., Hungerford, D.S.: Disorders of the patello-femoral joint. Masson, Paris-New York-Barcelona-Milan, 1977
- Fick, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Band I- III. Fischer, Jena, 1904 - 1911
- Fürmaier, A.: Beitrag zur Mechanik der Patella und des Gesamtkniegelenkes. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 46, 78-90, 1953
- Goymann, V.: Umlenkung und Flächenpressung im femoro-patellaren Gelenk. Hab.-Schr., Essen, 1975

- Grueter, H.: Praearthrotische Deformität und Arthrosis deformans am Kniegelenk. Inaug.-Diss., Köln, 1955
- Grueter, H.: Untersuchungen zum Patellahinterwandschaden. Z. Orthop. 91, 486-501, 1959
- Harrison, M.H.M., Schajowicz, F., Trueta, J.:
Osteoarthritis of the hip. A study of the nature and evolution of the disease. J.B.Jt. Surg. 53-B, 589, 1953
- Hehne, H.-J.: Das Patellofemoralgelenk, Enke, Stuttgart, 1983, 5-8, 198 - 201
- Heim, U., Baltensweiler, J.:
Checkliste Traumatologie. Thieme, Stuttgart-New York, 136 - 142, 1981
- Hepp, W.R.: Radiologie des Femoro-Patellargelenkes. Bücherei des Orthopäden, Band 37, Enke, Stuttgart, 1983
- Hepp, W.R.: Zwei neue Methoden zur Bestimmung der Patellahöhe. Z. Orthop. 122, 159-166, 1984
- Hertel, F.: Der Kniestreckapparat im seitlichen Röntgenbild. Formvarianten der Kniescheibe und des Schienbeinkopfes und ihre biomechanischen Auswirkungen. Vortrag DGOT-Kongreß, Basel, 1979
- Horsman, A., Leung, W.K., Bentley, H.B., McLachlan, M.S.F.:
Effect of rotation on radiographic dimensions of the humerus and femur. Brit. J. Radiol. 50, 23-28, 1977
- Insall, J., Salvati, E.:
Patella position in the normal knee joint. Radiology 101, 101 - 104, 1971
- Insall, J., Goldberg, V., Salvati, E.:
Recurrent dislocation and the high riding patella. Clin. Orthop. 88, 67 - 69, 1972
- Jacobsen, K., Bertheussen, K.:
The vertical location of the patella. Acta orthop. scand. 45, 436 - 445, 1974

- Jakob, R. P., v. Gumpenberg, S., Engelhardt, P.:
Does Osgood-Schlatter Disease influence the position of the patella? J.B.Jt. Surg. 63-B (4), 579 - 582, 1981
- Janssen, G.: Zur Ätiologie der Patellaluxation Z. Orthop. 116, 656 - 666, 1978
- Janssen, G.: Formvarianten des Femoropatellargelenkes als Präarthrose. Z. Orthop. 116, 457 - 558, 1978
- Janssen, G.: Das funktionsgerechte Standardröntgenbild des Kniegelenkes In: Funktionelle Diagnostik in der Orthopädie, DGOT, hrsg. v. Morscher, E., 169 - 172, Enke, Stuttgart, 1979
- Janssen, G.: Fehlerquellen bei der Ausmessung der Standard-Röntgenbilder des Kniegelenkes. Orthop. Praxis 15, 468 - 470, 1979
- Janssen, G.: Der Patella alta-Genu-recurvatum-Komplex. Orthop. Praxis 6, 484 - 488, 1980
- Janssen, G.: Der Innentorsionsfehler des Kniegelenkes. Orthop. Praxis 3, 227 - 231, 1981
- Janssen, G.: Der Innentorsionsfehler der unteren Extremität und die Indiktion zur intertrochantären Osteotomie. In: Gelenknahe Osteotomien bei der Dyplasiehüfte des Adoleszenten und jungen Erwachsenen. Symposium Würzburg 1982, hrsg. v. Rütt, A. u. Küswetter, W., Thieme, Stuttgart-New York, 285 - 295, 1983
- Janssen, G.: Das Patellaspitzenyndrom, Orthop. Praxis 1, 19. Jahrg., 12 - 15, 1983
- Janssen, G.: Fußwinkelgerät zur funktionsgerechten Standard-Röntgenaufnahme des Kniegelenkes. "telos" GmbH, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 25, 6108 Weiterstadt 3
- Janssen, G.: Mündliche Mitteilung, 1984

- Janssen, G., Prüssner, P.:
Torsionsvarianten des distalen Femur und ihre Bedeutung als Prägonarthrose. Z. Orthop. 115, 620 ff., 1977
- Johansson, S.: Eine bisher anscheinend unbekannte Erkrankung der Patella. Z. Orthop. Chir. 43, 82 - 87, 1924
- Knutsson, F.: Über die Röntgenologie des Femoropatellargelenkes sowie eine gute Projektion für das Kniegelenk. Acta radiol. 22, 371 - 376, 1941
- König, F.: Mikroskopische Beobachtungen an Knorpelgewebe im ultravioletten Licht. Verh. phys.-med. Ges. Würzburg 49, 160 - 172, 1924
- Lancourt, J.E., Christini, J.A.:
Patella alta and patella infera. Their etiological role in patellar dislocation, chondromalacia and apophysitis of the tibial tubercle. J.B.Jt. Surg. 57-A, 1112 - 1115, 1975
- Lang, J., Wachsmuth, W.:
Bein und Statik, Springer, Berlin, 1972
- Laurin, C.A.: The investigation of the patello-femoral joint. J.B.Jt. Surg. 59-B, 107, 1977
- Läwen, A.: Über Knorpelresektion bei traumatischen Gelenkstörungen. Arch. klin. Chir. 138, 222 - 227, 1925
- Medlar, R.C., Lyne, E.D.:
Sinding-Larsen-Johansson disease. J.B.Jt. Surg. 60-A, 1113, 1978
- Merchant, A.C., Mercer, R.L., Jacobson, R.H., Cool, C.R.:
Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. J.B.Jt. Surg. 56-A, 1391 - 1396, 1974
- v. Meyer, H.: Die Mechanik des Kniegelenkes. Arch. Anat. Physiol. wiss. Med., 497 - 538, 1853
- Morscher, E.: Resultate der subcapitalen Keilosteotomie bei der Epiphysiolysis capitis femoris. Z. Orthop. 49, 256, 1961

- Muhr, G., Wagner, M.:
Kapsel-Band-Verletzungen des Kniegelenks. Springer,
Berlin-Heidelberg-New York, 1981
- Osgood, R.B.: Lesions of the tibial tubercle occurring during adolescence. Boston Med. Surg. J. 148, 114 - 117, 1903
- Outerbridge, R.E.:
The etiology of chondromalacia patellae. J.B.Jt. Surg. 43-B, 752 - 757, 1961
- Pässler, H.H., Thomsen, L.:
Zum Problem der röntgenologischen Bestimmung des Patellahochstandes. Unfallchir. 2, 41 - 42, 1976
- Payr, E.:
Das "Patellenspiel" und seine Bedeutung für die Pathologie des Kniegelenkes. Chirurg 1, 66 - 76, 1929
- Peltesohn:
Das Verhalten der Kniescheibe bei der Little'schen Krankheit. Diss. Leipzig 1901, zit. nach Büttner, H: Röntgenologische Untersuchungen über anatomische Veränderungen an Kniegelenken mit Patellarluxation. Inaug.-Diss., Würzburg, 10, 1969
- Platzer, W.:
Bewegungsapparat, Thieme, Stuttgart, 1975
- Reichelt, A.:
Die juvenile Osteochondrose der Tibiaapophyse. In: Bücherei des Orthopäden, Band 7, Enke, Stuttgart, 1971
- Rohleder, O.:
Ätiologie und Symptomatologie der Praeluxatio patellae. Zbl. Chir. 76, 103 - 115, 1951
- Rohleder, O.:
Das klinische Bild der Patellargleitweg. Z. Orthop. 96, 192 - 197, 1962
- Rohleder, O.:
Die Torsionsverhältnisse des Kniegelenkes und ihr Einfluß auf den Patellargleitweg. Z. Orthop. 96, 192 - 197, 1962
- Schlatter, C.:
Verletzungen des schnabelförmigen Fortsatzes der oberen Tibiaepiphyse. Bruns Beitr. klin. Chir. 38, 874 - 887, 1903

- Sinding-Larsen, C.M. F.:
A hitherto unknown affection of the patella in children. *Acta radiol.* 1, 171 - 173, 1921/22.
- Smillie, I.S.: *Diseases of the knee joint*, Churchill Livingstone, Edinburgh-London-New York, 1974
- Smillie, I.S.: *Injuries of the knee joint*, 5th ed., Churchill Livingstone, Edingburgh-London-New York, 1978
- Smillie, I.S.: *Diseases of the knee joint*, 2nd ed., Churchill Livingstone, Edinburgh-London-New York, 1980
- Starck, D.; Frick, H.:
Repetitorium anatomicum. Thieme, 12. Aufl. Stuttgart, 1972
- Trillat, A.: *Anomalie de hauteur de rotule. Patella alta, patella baja*. Journées lyonnaises de chirurgie du genou, 1972
- Vignes, L.: *Etude critique de patella alta*. Thèse med. 515, Bordeaux, 1979
- De Vriese, B.: *Zur Anatomie der Patella*, *Anat. Anz.* 32, 163 - 169, 1908
- Wellhöner, H.H.: *Allgemeine und systematische Pharmakologie und Toxikologie*, 2. Aufl., Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 1976
- Wiberg, G.: *Roentgenographic an anatomic studies on the femoropatellar joint*. *Acta orthop. scand.* 12, 319 - 410, 1941
- Wiles, P.; Andrews, P.S., Bremner, R.A.:
Chondromalacia of the patella. *J.B.Jt. Surg.* 42-B, 65 - 70, 1960
- Zimmer, E.A., Zimmer-Brossy, M.:
Röntgen-Fehleinstellungen erkennen und vermeiden. 2. Aufl., Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 143 - 147, 1979

Beruflicher Werdegang

Walther Kirschner, geb. am 13.03.1953 in Zrenjanin/Jugoslawien.

Abitur 1973 in Wiesbaden.

Nach abgeleistetem Grundwehrdienst ab Frühjahr 1975 2 Semester Studium der Psychologie und Volkswirtschaft in Frankfurt/M.

Im Frühjahr 1976 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt/M. Während des Studiums Ausbildung in Serologie und nachfolgend serologische Nacht- und Bereitschaftsdienste beim Blutspendedienst Hessen in Frankfurt/M.

Medizinisches Staatsexamen im Oktober 1983, Approbation als Arzt im November 1983.

Im Dezember 1983 Beginn einer Dissertation.

Neben Praxisvertretungen in der Allgemeinmedizin Tätigkeiten als Assistenzarzt für Allgemein- und Unfallchirurgie sowie für Kinderchirurgie. Im Rahmen der Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Beteiligung am studentischen Unterricht.

Fertigstellung der Dissertation im Dezember 1985.

Wiesbaden, den 18.12.1985

Walther Kirschner

.....
Walther Kirschner



- Ehrenwörtliche Erklärung -

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

'Eine Methode zur Bestimmung der Patellaposition in der Sagittalebene
- mit kritischer Analyse anderer Verfahren -'

an der Orthopädischen Universitätsklinik Friedrichsheim in Frankfurt am Main
(Direktor: Prof.Dr.med. W.Heipertz)

unter Leitung von Herrn

Priv. - Doz. Dr.med. G.Janssen

ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät bzw. Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Wiesbaden, den 18.12.1985



(Walther Kirschner)

UB Frankfurt



55 858 691

✓