



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 26 129 T2** 2007.11.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 339 362 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 26 129.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/44426**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 998 286.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/043627**

(86) PCT-Anmeldetag: **27.11.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **06.06.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **A61F 2/42** (2006.01)
A61B 17/15 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
253517 P **28.11.2000** **US**

(73) Patentinhaber:
Ascension Orthopedics, Inc., Austin, Tex., US

(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:
**OGILVIE, F., William, Austin, TX 78703, US;
MUMME, W., Charles, Austin, TX 78729-7730, US;
STANLEY, K., John, Ormskirk, Lancashire, L39
3NH, GB**

(54) Bezeichnung: **INTERPHALANGÄRER GELENKERSATZ**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf eine Gelenkprothese, die dazu ausgebildet ist, ein menschliches Gelenk zu ersetzen und genauer auf eine verbesserte Gelenkprothese, die dazu ausgebildet ist, ein interphalangeales Gelenk des menschlichen Fingers zu ersetzen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Der erste längliche Knochen (Metacarpal) an der Basis eines jeden Fingers ist mit einem proximalen phalangealen Knochen durch das Metacarpal-Phalangeal (MCP) Gelenk verbunden. Der proximale phalangeale Knochen ist mit dem mittleren phalangealen Knochen durch das proximale interphalangeale (PIP) Gelenk verbunden. Das PIP Gelenk kann unabhängig von dem MCP oder dem distalen interphalangealen (DIP) Gelenk gebeugt werden. Diese variable wiederholbare Bewegung zusammen mit der Opponierbarkeit (engl. opposability) des Daumens ermöglicht ein Greifen von Objekten und das Ausführen der täglichen Verrichtungen, die von kritischer Wichtigkeit für die Menschen sind. Eine Beschädigung des PIP Gelenkes durch eine physische Verletzung oder eine Krankheit kann daher eine schwere physiologische Belastung darstellen, die einem Menschen zugefügt wird.

[0003] Degenerative Gelenkkrankheiten: Osteoarthritis (OA), posttraumatische Arthritis und rheumatische Arthritis (RA) des PIP Gelenkes rufen endlose Schmerzen und eine schlechte Funktion der Finger hervor. Patienten, die nur milde Symptome aufweisen, reagieren häufig auf Ruhen, Immobilisieren, nichtsteroidale Anti-Entzündungsmedikamente oder intra-Gelenk Spritzen von Steroiden. Patienten jedoch, die eine schwerere Form von Arthritis aufweisen, können eine vollständige Ersetzung des PIP Gelenkes benötigen.

[0004] Die häufigste Deformation bei Patienten, die an OA leiden, ist ein Verengen des Gelenkknorpels des PIP Gelenkes. OA ist eine hypertrophische Arthritis, die in einer Degeneration des Gelenkknorpels resultiert, was häufig primär oder sekundär zu Trauma oder anderen Zuständen auftritt, und solch eine Degeneration des Knorpels sorgt dafür, dass eine Bewegung des Gelenkes schmerzhaft ist. Die übliche Lösung ist eine Fusion des Gelenkes, was die Schmerzen eliminiert, aber das Gelenk nichtfunktionell zurück lässt. Dies ist besonders der Fall bei jungen Patienten mit normaler Greifstärke. Die bevorzugte Lösung ist die Installation einer PIP Gelenkprothese, aber es gab lange Zeit einen Bedarf für ein Ersatzgelenk, welches das ursprüngliche Gelenk mit einer neuen Oberfläche versieht, eine normale Gelenkbewegung ermöglicht und den Gelenkreaktionskräften widersteht, die von Patienten mit einer normalen

Greifstärke erzeugt werden.

[0005] Unterschiedliche Gelenkprothesen wurden entwickelt, um Fingergelenke zu ersetzen; von diesen haben jedoch die meisten das Ersetzen des MCP Gelenkes, wo der Finger die Hand trifft, zur Folge. Diese Gelenkprothesen umfassen typischerweise den Typus einer gefangenen Kugel-und-Sockel-Anordnung, um einen substantiellen Bereich einer Verschwenkbewegung in eine vertikalen Ebene zu ermöglichen, während sie manchmal ebenso eine beschränkte Seitwärtsverschiebung ermöglichen bei dem Versuch, eine Bewegung bereitzustellen, die genauer mit der des natürlichen Gelenkes korreliert. Gelenke dieses Typus sind normalerweise nicht zum Ersetzen der proximalen oder distalen interphalangealen Gelenke der Finger geeignet, da sie üblicherweise eine Struktur umfassen, die nicht wünschenswert groß und komplex ist, beispielsweise umfassen interphalangeale Gelenke wünschenswerter Weise nicht eine Seitwärts- oder Querschwenkung.

[0006] Beispiele für Fingergelenke, die spezifisch zum Ersetzen des menschlichen MCP Gelenkes ausgestaltet sind, sind in den US-Patenten Nr. 5,782,927, 4,731,087 und 4,231, 121 offenbart, wobei das im letzteren patentierte Gelenk als ebenso zur Verwendung als PIP oder DIP Gelenk geeignet dargestellt wird. US-Patent Nr. 4,725,280 offenbart ein Gelenk, welches spezifisch zur Verwendung beim Ersetzen des menschlichen PIP Gelenkes oder des DIP Gelenkes gestaltet ist. Das jüngere US-Patent Nr. 5,728,163 (17. März 1998) offenbart eine MCP Gelenkprothese, die angeblich ebenso als interphalangeale Gelenkprothese nützlich ist. Arbeiten wurden ebenso in den 1970ern an der Mayo Klinik durchgeführt, welche auf das PIP Gelenk zugeschnitten waren, und diese Arbeit wurde in einem Artikel von Linscheid, R. L. et al berichtet, mit dem Titel "Proximal Interphalangeal Joints Arthroplasty with a Toral Joint Design", Mayo Clin. Proc., 54, 227-240 (1979). Weitergehende Arbeit an diesem Projekt wurde in jüngerer Zeit in einem weiteren Artikel von Linscheid et al berichtet, mit dem Titel "Development of a Surface Replacement Arthroplasty for Proximal Interphalangeal Joints", The Journal of Hand Surgery, 22a, 286-298 (1979).

[0007] Obwohl verschiedene dieser PIP Gelenke bedingten Erfolg hatten, haben sie keine weitergehende Akzeptanz durch die Mediziner erhalten. Entsprechend wurde die Suche nach verbesserten Gelenken weitergeführt, die besonders zum Ersetzen des PIP Gelenkes geeignet sind, die auf eine solche Weise implantierbar sind, dass sie ihre Anbringung an den Phalangen ermöglichen, während sie gleichzeitig einen vertikalen Bereich einer Verschwenkbewegung bereitstellen, welcher nahezu die natürliche Gelenkbewegung annähert.

[0008] Ein wichtiger Gestaltungspunkt für PIP Gelenkprothesen ist die Minimierung der Abnutzung zwischen den sich treffenden Gelenkoberflächen. Die zusammentreffenden Oberflächen können bis zu einem solchen Grad miteinander zusammenpassen, dass biologische Fluide, welche normalerweise die Schmierung des Gelenkes bereitstellen würden, aus der PIP Gelenkprothese herausgepresst werden und das resultierende "trockene Gelenk" kann eine erhöhte Reibung zwischen den zueinander kongruenten Gelenkoberflächen erleiden. Daher herrscht nun die Meinung vor, dass eine PIP Gelenkprothese bevorzugt die Verwendung von im Wesentlichen zueinander kongruenten Gelenkoberflächen vermeiden soll.

[0009] Noch eine weitere wichtige Gestaltungsüberlegung für PIP Gelenkprothesen ist das Aufrechterhalten der Struktur und der Funktion des Bändergewebes, welches das Gelenk umgibt. Die Seitenbänder, welche sich entlang jeder seitlichen Seite des PIP Gelenkes erstrecken, umfassen sowohl fächerförmige Seitenbänder als auch strangförmige Seitenbänder (siehe [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#)). Die fächerförmigen Seitenbänder treten an beiden Seiten des distalen Abschnittes der proximalen Phalanx auf und dienen dazu, die volare Platte zu halten, wodurch sie einen wichtigen Teil des gesamten PIP Gelenkes ausformen. Die strangförmigen Seitenbänder, welche ebenso an beiden Seiten des distalen Abschnittes der proximalen Phalanx einsetzen, dienen dazu, einer Subluxations-Dislokierung des mittleren Phalanxgealknochens entgegenzuwirken; da sie an ungefähr dem Drehzentrum des PIP Gelenkes ansetzen, erfahren sie keine dramatische Veränderung in ihrer Spannung während der Flexion/Extension des PIP Gelenkes. Eine PIP Gelenkprothese sollte so gestaltet werden, dass sie bevorzugt nicht die Exzision der Anbringungsorte oder eine Durchtrennung der Seitenbänder benötigt und/oder der volaren oder palmar-Platte. Zusätzlich sollte eine PIP Gelenkprothese bevorzugt nicht die Weise verändern, in der sich die Seitenbänder und/oder die volare Platte während der PIP Gelenkflexion und Extension um das Gelenk herum wickeln.

[0010] Die Kapselbänder queren jede seitliche Seite des PIP Gelenkes, so wie es in den [Fig. 2c](#) und [Fig. 2d](#) zu sehen ist. Beim Beugen des DIP Gelenkes wird jedes Kapselband gespannt und zieht das PIP Gelenk in die Flexion. Ähnlicher Weise wird beim Ausstrecken des proximalen Gelenkes das distale Gelenk durch das Kapselband in nahezu eine vollständige Extension gezogen. Eine Gelenkprothese sollte bevorzugt nicht mit der Funktion der Kapselbänder interferieren.

[0011] Noch eine weitere wichtige Gestaltungsüberlegung für eine PIP Gelenkprothese ist die Erhaltung der Struktur und Funktion des Sehnengewebes, wel-

ches das PIP Gelenk umgibt und anregt. Das PIP Gelenk kann nur gebeugt werden und ausgestreckt werden, da es nur einen Freiheitsgrad aufweist. Die Sehne des Extensor (engl. extensor expansion) ist der Extensormechanismus des Fingers. Die Sehnen des Extensor Digitorum formen die Sehnen des Extensors aller Finger aus, siehe [Fig. 2a](#) und [Fig. 2b](#). Die Sehne des Extensor Digiti Minimi trägt zur Sehne des Extensors des kleinen Fingers bei. Die Sehne des Extensor Indicis trägt zu der Sehne des Extensors des Zeigefingers bei. Die Lumbrien und Interossei tragen ebenso zu den Sehnen des Extensors der Finger bei. Die Sehnen des Flexor Digitorum Profundus (FDP) und des Flexor Digitorum Superficialis (GDS) formen den Flexionsmechanismus eines Fingers. Die FDS Sehne quert die Unterseite des PIP Gelenkes und verbindet sich mit der proximalen volaren Region der mittleren Phalanx. Die FDP Sehne quert die Böden sowohl des PIP, als auch des DIP Gelenkes, um sich an der proximalen volaren Oberfläche mit der distalen Phalanx zu verbinden.

[0012] Für jeden Finger quert das Medianband (engl. median band), welches ebenso als "mittlerer Gleiter" bezeichnet wird, der Sehne des Extensors, die Oberseite des PIP Gelenkes und befestigt sich an der proximalen dorsalen Oberfläche der mittleren Phalanx. Das Medianband der Sehne des Extensors wickelt sich um den distalen Kopf der proximalen Phalanx, wenn das PIP Gelenk von einer vollen Streckung in eine volle Beugung gebeugt wird, was bei dem PIP Gelenk nahezu 100 Grad ist. Der distale Kopf der proximalen Phalanx ist bikondylar, genau so wie der distale Kopf der mittleren Phalanx, und das Medianband verläuft zwischen den Kondylen des distalen Kopfes in einer interkondylaren Spalte. Die volare Oberfläche des distalen Abschnittes des Medianbandes weist eine bestimmte Region auf, die mit der interkondylaren Spalte des distalen Kopfes der proximalen Phalanx zusammenpasst und welche Professor John Stanley neulich das Interkondylare Centering Pad (ICP) genannt hat. Das ICP füllt im Wesentlichen die interkondylare Spalte auf und zentriert das Medianband der Sehne des Extensors zwischen den Kondylen des distalen Kopfes der proximalen Phalanx. Das ICP verbessert die laterale Stabilität des Medianbandes der Extensorstreckung, da es sich während der Flexion/Extension um das PIP Gelenk herum wickelt. Wenn das Medianband während der Extension des PIP Gelenkes seitlich verrutschen würde, würde sich der Drehmomentarm des Medianbandes, also der Abstand der Sehne vom Drehzentrum des Gelenkes, verkürzen, was wiederum den Betrag des Extensionsdrehmomentes, welches auf das PIP Gelenk bewirkt wird, verkleinern würde. Solch eine Situation wird darin resultieren, dass die Extension zurückbleibt, also eine Unmöglichkeit, das PIP Gelenk voll auszustrecken.

[0013] Das Medianband der Sehne des Extensors

ist während der Flexion des PIP Gelenkes (siehe [Fig. 2d](#)) aufgrund der passiven elastischen Eigenschaften der Extensormuskeln gespannt. Wenn sich das Medianband während der Flexion des PIP Gelenkes seitlich verschieben würde, würde die volare Subluxation/Diskokationskraft, die durch den Zug der FDS und FDP Sehne erzeugt werden würde, nur durch die Seitenbänder mit Widerstand versehen werden und die Gelenkoberflächen des PIP Gelenkes. Solch eine Situation würde die Wahrscheinlichkeit einer volaren Subluxation-Dislokation der mittleren Phalanx vergrößern. Eine PIP Gelenkprothese sollte bevorzugt nicht die Weise verändern, in der sich das Medianband und ICP der Sehne des Extensors während der PIP Gelenkflexion und Extension um das PIP Gelenk herumwickeln.

[0014] Die seitlichen Bänder der Sehne des Extensors queren jede seitliche Seite des PIP Gelenkes, queren es distal und umwickeln es dorsal, um sich entlang der dorsalen Oberfläche der mittleren Phalanx zu vereinigen. Die vereinigten seitlichen Bänder queren die Oberseite des DIP Gelenkes und sind an der proximalen dorsalen Oberfläche der distalen Phalanx angebracht. Während der Flexion des PIP Gelenkes verrutschen die Seitenbänder (wenn sie jede seitliche Seite des PIP Gelenkes queren) von einer Position oberhalb der Drehmitte des PIP Gelenkes in eine Position unterhalb der Drehmitte des PIP Gelenkes. Ein gutes PIP Gelenkprothesendesign sollte sich um die Funktion der Seitenbänder der Sehne des Extensors kümmern und es den Seitenbändern ermöglichen, sich während der Flexion-Extension normal zu bewegen.

[0015] Weiterhin offenbart US 3,991,425 eine Prothese gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, während US 5,728,163 eine phalangeale Gelenkprothese beschreibt, die einen Kopf und eine Basis aufweisen, die keine Anschläge aufweisen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0016] Eine Implantatvorrichtung wird zum Ersetzen des kompletten PIP Gelenkes des menschlichen Fingers bereitgestellt in Form einer Prothese, die aus zwei komplementären Elementen oder Teilen zusammengesetzt ist. Ein Element, welches als das PP (proximal phalangeal) Element bezeichnet wird, ersetzt den distalen Gelenkabschnitt des proximalen phalangealen Knochens, und das andere Element, welches als das MP (middle phalangeal) Element bezeichnet wird, ersetzt den proximalen Gelenkabschnitt des mittleren phalangealen Knochens. Das PP Element endet in einer im Allgemeinen bikondylaren konvexen Oberfläche, welche ein Gelenk mit einer dazu komplementären bikonkaven Oberfläche ausbildet, welche an dem proximalen Ende des MP Elementes ausgeformt ist. Unter einer "bikonkaven" Oberfläche ist eine Oberfläche gemeint, die zwei ne-

beneinander anliegenden flache, glatte Kavitäten aufweist, die eine Wölbung aufweisen, die komplementär ist zu, aber nicht kongruent ist mit, der konvexen Oberfläche der zwei Kondylen. Die Implantatvorrichtung wird in einem beschränkten Bereich von Größen von PP Elementen und MP Elementen bereitgestellt. Um die erwartete Variation in der Patienten-anatomie zu berücksichtigen, werden die Gestaltung und die Dimensionierung sorgfältig so kontrolliert, dass die bikonkave, Gelenk ausbildende Oberfläche einer gegebenen Größe eines MP Elementes die konvexe Gelenk ausbildende kondylare Oberflächen von PP Elementen von zumindest zwei, aber üblicherweise drei, unterschiedlichen Größen derer glatt aufnehmen und mit ihnen zusammenpassen, und umgekehrt. Ebenso ist ein bevorzugtes Verfahren zum Ersetzen eines verfallenen interphalangealen Gelenkes bereitgestellt.

[0017] Der Gelenk ausbildende Kopf des PP Elementes hat eine distale oder eine vordere konvexe bikondylare Gelenk ausbildende Oberfläche und eine proximale oder hintere Oberfläche, welche an dem Knochen in der Form von zwei sich miteinander schneidenden Ebenen anliegen wird, die sich zu den dorsalen und volaren Grenzen der bikondylaren konvexen Gelenk ausbildenden Oberfläche hin erstrecken. Der distale, konvexe, bikondylare Gelenk ausbildende Kopf des PP Elementes hat seitliche ebene Seiten, welche parallel zu dessen Längsachse liegen, aber so geneigt sind, dass die Breite (in Längsrichtung) des dorsalen Bereiches des Kopfes kleiner ist als die Breite der volaren Region des Kopfes. Diese angeschrägten, ebenen seitlichen Seiten des proximalen Kopfes stellen im Wesentlichen freie Wege für die fächerförmigen und strangförmigen Seitenbänder, die seitlichen Bänder der Sehne des Extensors und der Kapselbänder bereit, welche sich entlang jeder seitlichen Seite des PIP Gelenkes erstrecken. Die beiden Ebenen, welche die proximale Oberfläche des PP Elementes definieren, schneiden sich entlang einer Linie, die volar der Längsachse des PP Elementes und distal und volar zu dem Drehzentrum des PIP Gelenkes liegt, daher unterbricht eine Implantation die Anbringungsorte der Seitenbänder oder die Anbringungsorte der volaren Platte nicht. Diese Gestaltung, in der die seitliche Dimension des dorsalen Abschnitts des bikondylaren distalen Kopfes des PIP Elementes kleiner sind als die seitlichen Dimensionen seines volaren Abschnitts, erlauben es den seitlichen Bändern der Sehne des Extensors, sich während der Flexion/Extension normal zu bewegen. Die volare Platte dieser proximalen Oberfläche liegt in einem Winkel von weniger als 45° von der langen Achse des Implantats, bevorzugt ungefähr 30°, wobei diese Orientierung die Extraktionskraft minimiert, die durch die exzentrischen Gelenkreaktionskräfte erzeugt wird.

[0018] Der proximale, Gelenk ausbildende Kopf des

MP Elementes weist eine im Wesentlichen elliptische Außenform auf, außer eines Reliefmittels an seiner dorsalen Seite, und weist eine bikonkave, Gelenk ausbildende Oberfläche auf. Dieses dorsale Relief soll das ICP aufnehmen und stellt sicher, dass die motivierende und stabilisierende Funktion des mittleren Bandes aufrechterhalten werden. Der Kopf wird so geformt, dass er entlang seiner volaren Seite dünner ist, um nicht die Anbringungsorte der Seitenbänder zu unterbrechen, so dass eine Interferenz mit der volaren Platte während der Flexion verhindert wird und um einen freien Pfad für die Seitenbänder bereitzustellen. Das Reliefmittel an der dorsalen Seite des MP Elements ist so proportioniert, dass es einen freien Pfad für das Medianband der Sehne des Extensors bereitstellt, um es um den Gelenk ausbildenden Kopf des gegenüberliegenden PP Elementes herum zu wickeln. Weiterhin wird, da das Medianband einen freien Pfad aufweist, das ICP des mittleren Bandes die Interkondylarspalte des proximalen phalangealen Elementes ausfüllen und das Medianband während der Flexion-Extension lateral stabilisieren. Ebenso hat der Kopf des MP Elementes zwei dorsale Ausstülpungen, die an einer Grenze der bikonkaven, Gelenk ausbildenden Oberfläche angeordnet sind und so geformt sind, dass sie sich im Allgemeinen über die Kondylen der Gelenk ausbildenden Oberfläche des Kopfes des PP Elementes hinweg in einem ausreichenden Abstand erstrecken, um einer Subluxation-Dislokation des mittleren phalangealen Knochens in der volaren Richtung zu widerstehen, wenn sich der Finger in der Extension befindet.

[0019] Die Erfindung stellt eine interphalangeale Gelenkprothese gemäß dem Anspruch 1 bereit. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0020] Die verbesserte PIP Gelenkprothese realisiert die vorgenannten Aufgaben, Merkmale und Vorteile auf eine Weise, die bei einer sorgfältigen Beachtung der detaillierten Beschreibung klar erkennbar ist, wenn sie in Verbindung mit den Zeichnungen betrachtet wird, wobei in diesen bestimmte bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben werden, welche die unterschiedlichen Merkmale der Erfindung umfassen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0021] [Fig. 1](#) ist eine schematische, teilweise geschnittene Ansicht der menschlichen Handknochenanatomie, die das generelle Einsetzen eines künstlichen PIP Gelenkes zeigt.

[0022] [Fig. 2a](#) und [b](#) sind Seitenansichten und dorsale Ansichten, die die Anordnung der Sehne des Extensors, Seitenbänder des normalen PIP Gelenkes zeigt, wenn der proximale phalangeale Knochen und der mittlere phalangeale Knochen in einer vollen

Streckung sind, wobei die distale Phalanx an der Obenseite ist.

[0023] [Fig. 2c](#) und [d](#) sind seitliche Aufsichten, die im Wesentlichen die Anordnung des Kapselbandes des normalen PIP Gelenkes zeigen, wenn der proximale phalangeale Knochen und der mittlere phalangeale Knochen entweder in einer vollen Ausstreckung oder in einer vollen Beugung sind.

[0024] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht einer PIP Gelenkprothese, die unterschiedliche Merkmale der Erfindung umfasst, die das proximale phalangeale Element und das mittlere phalangeale Element in einer vollen Erstreckung zeigen und insbesondere die seitliche Seite des Kopfes des proximalen phalangealen Elementes und das Relief zeigt, welches dorsal in den Kopf des mittleren phalangealen Elementes hereingeschnitten ist.

[0025] [Fig. 3a](#) ist eine seitliche Aufsichtsansicht des PIP Gelenkes der [Fig. 3](#).

[0026] [Fig. 3b](#) ist eine Draufsicht oder dorsale Ansicht des PIP Gelenkes der [Fig. 3](#).

[0027] [Fig. 3c](#) ist eine perspektivische Ansicht der PIP Gelenkprothese der [Fig. 3](#), welche das proximale phalangeale Element und das mittlere phalangeale Element um 90° gebeugt zeigt.

[0028] [Fig. 3d](#) ist eine seitliche Draufsicht des PIP Gelenkes, so wie es in [Fig. 3c](#) gezeigt ist.

[0029] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht des mittleren phalangealen Elementes der [Fig. 3](#).

[0030] [Fig. 4a](#) ist eine Rückansicht des Elementes der [Fig. 4](#).

[0031] [Fig. 5](#) ist eine perspektivische Ansicht des proximalen phalangealen Elementes der [Fig. 3](#).

[0032] [Fig. 5a](#) ist eine perspektivische Ansicht des proximalen phalangealen Elementes der [Fig. 3](#).

[0033] [Fig. 6](#) ist eine seitliche Aufsicht auf das Ersatz PIP Gelenk, das in [Fig. 3a](#) gezeigt ist, welche teilweise im Querschnitt durch eine der kondylaren Kontaktebenen ist.

[0034] [Fig. 6a](#) ist eine vergrößerte fragmentarische schematische Schnittansicht, welche die relativen Proportionen der Gelenk ausbildenden Kontaktoberflächen, die in [Fig. 6](#) gezeigt sind, darstellt.

[0035] [Fig. 6b](#) ist eine Draufsicht oder dorsale Ansicht des Ersatz PIP Gelenkes, das in [Fig. 3b](#) gezeigt ist, wobei Teile im Querschnitt gezeigt sind.

[0036] [Fig. 6c](#) ist eine vergrößerte fragmentarische schematische Schnittansicht, welche die relativen Proportionen der Gelenk ausbildenden Kontaktoberflächen von der Perspektive aus, die in [Fig. 6b](#) gezeigt ist, darstellt.

[0037] [Fig. 6d](#) ist eine seitliche Schnittansicht durch die mittlere Ebene des Ersatz PIP Gelenkes, das in [Fig. 3a](#) gezeigt ist, wobei sie den Bereich der interkondylaren Spalte zeigt.

[0038] [Fig. 7a](#) ist eine schematische Seitenansicht eines proximalen phalangealen Knochens und eines mittleren phalangealen Knochens in der vollen Erstreckung, wobei das Ersatz PIP Gelenk der [Fig. 3](#) darin eingesetzt ist und in einem teilweisen Schnitt durch eine der kondylaren Kontaktebenen hindurch gezeigt ist.

[0039] [Fig. 7b](#) ist eine Seitenansicht in einem Teilschnitt durch eine der kondylaren Kontaktebenen hindurch, die das Gelenk der [Fig. 7a](#) in einer 90° Flexion zeigt.

[0040] [Fig. 7c](#) ist eine Ansicht ähnlich zu der [Fig. 7a](#), die entlang der Längsachse des PIP Gelenkes gesehen ist, wobei das Kapselband entfernt ist, welche eine Region der interkondylaren Spalte des Kopfes der PP Elementes und die Position des Medianbandes und des ICP darstellt.

[0041] [Fig. 7d](#) ist eine Seitenansicht in einem Teilschnitt durch die Mittelebene eines proximalen phalangealen Knochens und eines mittleren phalangealen Knochens in einer 90° Flexion, wobei das PIP Gelenk der [Fig. 3](#) darin eingesetzt ist und wobei das Kapselband entfernt ist.

[0042] [Fig. 7e](#) ist eine Schnittansicht entlang der Linie e-e der [Fig. 7d](#), die die ICP Füllung der interkondylaren Spalte des Kopfes des proximalen phalangealen Elementes zeigt und die Relativposition der seitlichen Bänder der Sehne des Extensors.

[0043] [Fig. 8](#) ist ein Bild des ICP des Medianbandes der Sehne des Extensors in einer freigelegten und distal zurückgeworfenen Form.

[0044] [Fig. 9](#) ist eine Darstellung einer bevorzugten Schnittführung, die beim Präparieren eines abgenutzten Gelenkes für ein Implantat verwendet werden kann.

[0045] [Fig. 10–Fig. 13](#) sind perspektivische und explosions-perspektivische Ansichten, welche die chirurgische Vorbereitung eines abgenutzten PIP Gelenkes für die Implantation einer Implantatsprothese an dem distalen Ende der proximalen Phalanx zeigt.

[0046] [Fig. 10A](#) und [Fig. 11A](#) sind schematische

Seitenansichten, die die proximalen und mittleren Phalangen zeigen, so wie sie sich jeweils in den [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) zeigen, wobei die Bereiche, die geschnitten werden müssen, durch eine Kreuzschraffur angedeutet sind.

[0047] [Fig. 14](#) ist eine vergrößerte rechte Seitenansicht der [Fig. 12](#), die das Schneidewerkzeug in Draufsicht und die proximale Phalanx im Schnitt zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0048] Die vorliegende Erfindung ist auf eine interphalangeale Gelenkprothese gerichtet und ermöglicht das Ersetzen eines erkrankten oder beschädigten menschlichen Fingergelenks. Die bevorzugte Prothese ist so gestaltet, dass ein ständiges Implantat den Ort des PIP Gelenkes einnimmt.

[0049] In [Fig. 1](#) ist eine menschliche rechte Hand **5** aus der dorsalen Perspektive gezeigt, wobei die proximale Phalanx **7** und die mittlere Phalanx **9** des Ringfingers (mit **4** bezeichnet) eine schematische Darstellung eines PIP Gelenkes **11** umfasst. Wie am besten in [Fig. 3](#) zu sehen ist, umfasst die PIP Gelenkprothese **11** ein erstes oder PP Element **13**, welches ein Gelenk mit einem zweiten oder MP Element **15** ausbildet. Das PP Element **13** ist implantiert in und ersetzt das distale Ende der proximalen Phalanx **7** und das MP Element **15** ist implantiert in und ersetzt das proximale Ende der mittleren Phalanx **9**.

[0050] Das PP Element **13** umfasst einen Stammabschnitt **17**, welcher als ein integraler Abschnitt mit einem Kopfabschnitt **19** ausgeformt ist. Der Kopfabschnitt hat eine konvexe, bikondylare Oberfläche **21** und eine rückwärtige oder proximale Oberfläche **23**, welche durch zwei sich schneidende Ebenen geformt sind.

[0051] Wie am besten vielleicht in [Fig. 3a–Fig. 3d](#) und [Fig. 5](#) und [Fig. 5a](#) zu sehen ist, hat das PP Element **13** eine Längsachse (die sich horizontal in [Fig. 3a](#) erstreckt), welche die Mittelachse des Stammes **17** ausformt, und die Rückoberfläche **23** des Kopfes **19** ist durch eine erste Ebene **23a** ausgeformt, die im Wesentlichen senkrecht zu der Längsachse liegt. Diese Ebene erstreckt sich über die Längsachse hinaus um einen Abstand, der gleich zu oder ungefähr 20% des Radius des größten Bogens an der konvexen kondylaren Oberfläche (siehe [Fig. 6a](#)) ist, wo sie eine zweite schräge Ebene **23b** schneidet, welche dazu in einem Winkel von zwischen ungefähr 110° und ungefähr 130° orientiert ist. Es wird verstanden werden, dass die proximale Phalanx des Patienten geschnitten werden muss um zwei zueinander komplementäre Oberflächen zu haben, welche präzise mit diesen beiden sich schnei-

denden Ebenen zusammenpassen. Der Stammabschnitt **17** kann jegliche geeignete Querschnittsform aufweisen, beispielsweise kreisförmig, im Wesentlichen rechteckig oder polygonal, bevorzugt hat er eine trapezförmige Form, die sich in ihrer Breite gleichmäßig entlang seiner Länge verringert, wie am besten in [Fig. 3b](#) und [Fig. 6b](#) zu sehen ist. Der Stammabschnitt **17** wird innerhalb des Markes oder einer Medularkavität der proximalen Phalanx des Patienten aufgenommen.

[0052] Die Gelenk ausbildende Kopfoberfläche **21** ist, wie am besten vielleicht in [Fig. 5](#) zu sehen, mit zwei Oberflächen ausgeformt, die spiegelbildlich zueinander sind, die an gegenüberliegenden Seiten der Symmetrieebene liegen, welche eine vertikale (dorsal nach volar) Ebene ist, welche die Längsachse des Elementes **13** umfasst. Diese konvexe Gelenk ausbildende Oberfläche hat im Wesentlichen ein Paar von Kondylen **25**, welche durch ein zentrales Tal **27** voneinander getrennt sind. Die distalen oder Gelenk ausbildende Oberfläche des Kopfes **19** ist bevorzugt gleichmäßig in ihrer Form und erstreckt sich über ungefähr im Wesentlichen 200° der Gelenk ausbildenden Oberfläche, wie am besten aus den [Fig. 6](#) und [Fig. 6a](#) zu sehen ist; die Begrenzungen der Oberfläche sind durch den Ort der beiden Ebenen **23a** und **23b** definiert, welche beide distal und/oder volar von der Drehachse beabstandet sind. Jede der beiden Kondylen ist gleichmäßig und kann durch die Rotation einer bogenförmigen Linie um eine horizontale Achse erzeugt werden (siehe [Fig. 6a](#) mit Bezugnahme auf R1). Das Tal **27** dazwischen ist auch glatt geformt, beispielsweise wie durch den Radius R4 der [Fig. 6c](#) gezeigt, und resultiert in der Erzeugung einer Kerbe in beiden Ebenen **23a** und **23b**.

[0053] Der Kopf **19** weist ein Paar laterale Oberflächen **29** auf, die bevorzugt eben sind und die durch Ebenen definiert sind, die parallel zu der Längsachse des Elementes liegen. Diese Ebenen sind jedoch nicht parallel zueinander, sondern sind in gleichen Winkeln zu der Symmetrieebene des Elementes **15** orientiert, so dass sie sich entlang einer Linie schneiden, welche innerhalb der Symmetrieebene liegt, wobei die Linie im Wesentlichen oberhalb des Kopfes selbst angeordnet ist. Diese Ebenen liegen bevorzugt in einem Winkel zwischen ungefähr 7° und ungefähr 17° bezüglich der Symmetrieebene angeordnet und bevorzugt ungefähr 10° und diese Neigung zum Kopf (am besten in [Fig. 5a](#) zu sehen) stellt einen Freiraum für die Seitenbänder bereit, wie nachfolgend detaillierter beschrieben werden wird.

[0054] Das zweite oder MP Element **15** ist ähnlich mit einem Kopf **31** und einem Stamm **33** ausgeformt, wie am besten vielleicht in [Fig. 4](#) zu sehen. Der Stamm **33** kann im Allgemeinen so geformt sein, wie vorher genannt, aber so wie er in [Fig. 3a](#), [Fig. 3b](#) und [Fig. 4a](#) gezeigt ist hat er bevorzugt einen allgemei-

nen Querschnitt, der etwas breiter ist als die korrespondierende Dimension des Stammes **17**. Wie am besten in [Fig. 6](#) zu sehen ist, ist die Längsachse des MP Elementes volar zu der Längsachse des PP Elementes verschoben. Der Verschiebungsbetrag liegt zwischen 5% und 15% und bevorzugt ungefähr 10% des Radius R1, welcher der größte Kurvenradius der Kondyle ist. Diese Verschiebung ist vorteilhaft, da diese Verschiebung den Grad vergrößert, zu dem sich die Sehne des Extensors um den Kopf des PP Elementes herum wickelt und dies ermöglicht es dem Finger, sich einfacher zu erstrecken. Der Stamm **33** definiert auch die Längsachse des distalen Elementes **15**, so wie es am besten in [Fig. 3a](#) zu sehen ist, die longitudinalen Achsen des PP und MP Elementes sind im Wesentlichen koaxial. Der Kopf **31** hat eine distale oder Rückoberfläche **35**, die im Wesentlichen eben ist, der Bereich jedoch, der den im Wesentlichen im Querschnitt trapezförmigen Stamm umgibt, wird glatt in die Rückoberfläche **25** eingepasst, durch eine Hohlkehle (engl. fillets) mit einem kleinen Radius, wie am besten in [Fig. 3a](#) und [Fig. 6](#) zu sehen ist. Der Kopf **31** hat eine rechteckige Umfangsoberfläche **37**, welche in ihrer Außenlinie bogenförmig ist, welche ein Paar von Seitenoberflächen **37a** aufweist, die im Allgemeinen einen konstanten Radius haben, eine volare Oberfläche **37b** eines größeren Radius, welcher sich in die beiden Seitenoberflächen einpasst, und eine dorsale Oberfläche **37c**, welche mit einem Paar von Ausstülpungen **39** ausgeformt ist, die durch einen breiten zentralen Spalt **41** geteilt ist. Zusätzlich, wie es am besten in den [Fig. 3a](#) und [Fig. 6](#) zu sehen ist, ist der dorsale Bereich des Kopfes wesentlich dicker als der volare Bereich aus Gründen, die nachfolgend erklärt werden.

[0055] Der Kopf **31** hat eine proximale oder vordere Oberfläche **43**, welche bikonkav ist, ein Paar von Sockeln **43a** bereitstellend, um die Kondylen **25** des PP Elementkopfes **19** aufzunehmen, wobei die Sockel **43a** durch einen glatten Grat **43b** voneinander getrennt sind, der entlang einer vertikalen (oder dorsalen nach volaren) Symmetrieebene angeordnet ist, welche beide Längsachsen beider Elementen umfasst. Wie detailliert nachfolgend erklärt werden wird, sind, obwohl der Kopf **31** so proportioniert ist, dass er den Kopf **19** des PP Elementes in der vollen Erstreckung dominiert, die Proportionen des Spalts **41** so, dass sie nicht mit den Fingerbändern in diesem Bereich interferieren, insbesondere dem Medialband und dem ICP.

[0056] Die proximale Oberfläche **43** des Elementes **15** ist bevorzugt mit einer Anfassung **45** in der volaren Region ausgeformt, welche sowohl einen Freiraum für die Bänder und für das Anbringen an der volaren Platte, als auch eine Gelenkfunktion des MP Elementkopfes um den PP Elementkopf in die volle Flexion bereitstellt.

[0057] Die Orte der fächerförmigen Seitenbänder, der strangförmigen Seitenbänder und der Kapselbänder wurden vorhergehend beschrieben, zusammen mit denen der Sehne des Extensors und einer bestimmten Sehne, beispielsweise dem Extensor digiti minimi. Diese sind in unterschiedlicher Weise in den [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2d](#) und in [Fig. 7a](#) bis [Fig. 8](#) gezeigt. Um ein abgenutztes PIP Gelenk zu ersetzen würde der Chirurg den Finger beispielsweise dorsal öffnen, um einen Zugang zu dem Medianband bereitzustellen, welches an einem proximalen Ort abgetrennt wird und dann abgestreift wird, so wie es in [Fig. 8](#) und [Fig. 10](#) gezeigt ist, um das abgenutzte Gelenk freizulegen. Die beiden ebenen Schnitte werden durchgeführt, um das distale Ende der proximalen Phalanx 7 zu entfernen, beispielsweise durch das Durchführen eines ersten Schnittes senkrecht zu der Längsachse dessen und dann eines zweiten Schnittes volar dessen in einem Winkel von ungefähr 120° dazu. Eine Führung 51 zur Unterstützung beim Durchführen solcher Schnitte ist in [Fig. 9](#) gezeigt. Wenn es sorgfältig durchgeführt wird, kann das Entfernen so ausgeführt werden, dass es die Seitenbänder, die Kapselbänder oder die volare Platte nicht stört.

[0058] Um die Schnitfführung 51 zu verwenden, führt der Chirurg einen ersten Schnitt senkrecht zu der Längsachse der proximalen Phalanx 7 aus. Diese Prozedur ist in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeigt, in denen das Medianband durchtrennt wurde und dann rückwärts abgestreift wurde von den beiden phalangealen Knochen 7, 9 des PIP Gelenkes, welches in 90° Flexion gezeigt ist. In dem nächsten Schritt wird das distale Ende der proximalen Phalanx 7 (welche in [Fig. 10A](#) kreuzschraffiert gezeigt ist) entfernt durch einen Schnitt senkrecht zu der Längsachse der proximalen Phalanx. Das Resultat ist in [Fig. 11](#) gezeigt, in der die abgetrennte Spitze 7a in einer explodierten Ansicht gezeigt ist, was eine flache, distale Endstirnfläche an der proximalen Phalanx 7 zurücklässt. Der Medularkanal wird dann ausgeräumt, um ein Einsetzen des Schneidewerkzeuges 51 vorzubereiten, welches beim Entfernen des volaren Abschnittes des distalen Endes der proximalen Phalanx unterstützt, welcher in [Fig. 11A](#) kreuzschraffiert ist.

[0059] Wie am besten in [Fig. 9](#) und [Fig. 14](#) zu sehen ist, hat die Schnitfführung 51 einen Kopf 53, der eine flache rückwärtige Oberfläche 55 aufweist, welche, in ihrer Betriebsposition, an der flachen Oberfläche anliegen wird, welche in das distale Ende der proximalen Phalanx 7 hereingeschnitten wurde. Sich senkrecht von der rückwärtigen Oberfläche 55 aus erstreckend ist ein Stamm 57, welcher so geformt ist, dass er in den Medularkanal eintreten kann. Ein kurvenförmiger Griff 59 ist mit dem Kopf 53 integriert und erstreckt sich dorsal und rückwärts von diesem aus, wobei er eine gebogene Kurve 61 nach unten aufweist und dann eine rückwärtige Kurve aufwärts. Der

Griff 59 ist so gestaltet, dass er es dem Chirurgen einfach ermöglicht, den Stamm 57 voll in die proximale Phalanx einzusetzen, so dass die flache Rückoberfläche 55 an dem geschnittenen distalen Ende anliegt. Eine Unteroberfläche 63 des Kopfes 53 ist in einem Winkel von präzise 60° mit der flachen Rückoberfläche 55 des Kopfes geschnitten, um als eine Führung zum Führen des Schnitts zu dienen, durch den die volare Scheibe (siehe 7b in [Fig. 13](#)) entfernt wird, um zwei flache Oberflächen an dem distalen Ende der proximalen Phalanx 7 zurückzulassen, die präzise in einem Winkel von 120° zueinander stehen. Die Scheibe 7b ist in [Fig. 13](#) zu sehen, in der die Schnitfführung 51 entfernt wurde, nachdem der Schnitt geführt wurde, wobei sie das proximale Ende der mittleren Phalanx 9 für den nächsten Schritt während der Vorbereitung für die Gelenksimplantation freilegt. Der Kopf 53 umfasst auch eine glatte Bohrung 65, welche an jedem Ende kegelstumpfförmige Kanten aufweist, welche sich lateral durch den Kopf hindurch parallel zu der Rückoberfläche 55 erstrecken. Die Bohrung 65 ermöglicht es dem Chirurgen, die Führung einfach aus dem Medularkanal durch das Ansetzen eines kleinen Werkzeuges und Auswärtsziehen an einem Ort nahe der Längsachse des Stammes 57 herauszuziehen.

[0060] Das proximale Ende der mittleren Phalanx 9 ist für das Implantat auf eine Weise vorbereitet, welche das dorsale Tuberkel des proximalen Endes der mittleren Phalanx bewahrt durch das Entfernen der Gelenk ausbildenden Oberfläche in der Region darunter auf eine Weise, welche das Anbringen des ICPs an den dorsalen Tuberkeln nicht stört. Jegliches geeignetes Verfahren des Entfernens kann verwendet werden, beispielsweise durch ein einfaches Handbohren oder durch das Herstellen von zwei flachen Bohrungen in die Stirnfläche, welche den Medularkanal flankieren und so geformt sind, dass sie im Allgemeinen zu der Umfangsumrisslinie des Kopfes des MP Elementes an dem Ort seiner Seitenkanten 37a komplementär ist und dann geeignetes Fortbohren der volaren Region, die dazwischen liegt. Eine geringe Menge an Formung kann ausgeführt werden, wenn es notwendig ist, den Kopf in dem Bereich des Spaltes 41 aufzunehmen. Sobald die angemessene Aushöhlung durchgeführt wurde, um die Form des flachen distalen Bereiches des Kopfes 31 aufzunehmen, wird der Medularkanal ausgeräumt um den Stamm 33 aufzunehmen. Wenn beide der Elemente installiert sind, wird das Gelenk des Fingers durch erneutes Nähen des proximalen Endes des Medianbandes in seiner Position und durch Schließen des Fingers dorsal des Gelenkes zusammengesetzt.

[0061] Es sollte aus dem vorher Genannten klar werden, dass die schrägen Seitenflächen 29 des Kopfes 19 des PP Elementes einen wichtigen Freiraum für die fächerförmigen und strangförmigen Bänder und die seitlichen Bänder der Sehne des Exten-

sors bereitstellen. Weiterhin ist die Halterung des dorsalen Tuberkels in der mittleren Phalanx **9**, in der das ICP angebracht ist, und die Formung des Kopfes **31** in dem Spaltbereich so, dass der Abschnitt, der sich hervor erstreckt, jegliche Interferenz während der Flexion des Gelenkes vermeidet, um es den Fingern zu ermöglichen, in einer vollständig normalen Weise zu funktionieren, nachdem die Gelenkprothese **11** installiert wurde.

[0062] [Fig. 6](#) und [Fig. 7a](#) zeigen das Gelenk **11** in der vollen Streckung und zeigen die vorteilhafte Gegenwart der Ausstülpung **39** an dem volaren Bereich des Kopfes **31** des MP Elementes, welche aus der Proportionierung des Kopfes **31** resultiert, so dass er in dem dorsalen Bereich dicker ist als in dem volaren Bereich. Als ein Resultat überlagern die Ausstülpungen **39** die beiden Kondylen **25** in einer dorsalen Richtung und stellen eine dorsale Auskrugung bereit, welche jeglicher volaren Subluxations-Dislokation des mittleren phalangealen Knochens **9** entgegen wirkt. Gleichzeitig ist der Vorteil des Zusammenpassens des distalen Endes des proximalen phalangealen Knochens **7** mit der Rückoberfläche des PP Elementes, welches durch die beiden sich schneidenden Ebenen definiert ist, ebenso klar. Da die untere oder volare Ebene **23b** in einem Winkel von weniger als 45° bezüglich der Längsachse des Implantats vorliegt, bevorzugt in einem Winkel von ungefähr 30° von diesem, minimiert diese Orientierung die Extraktionskraft, die durch die exzentrischen Gelenkreaktionskräfte erzeugt wird.

[0063] Das relative Positionieren und Proportionieren der beiden Gelenk ausbildenden Oberflächen wird nachfolgend unter Bezugnahme auf unterschiedliche der Figuren beschrieben werden, umfassend die [Fig. 6](#) bis [Fig. 6d](#) und die [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7d](#). Im Allgemeinen sind die kondylaren, Gelenk ausbildenden Oberflächen so ausgebildet, dass sie das Auftreten eines trockenen Gelenkes zu verhindern und es ist wichtig, dass sie nicht zueinander kongruent sind und bevorzugt dass sie nicht-sphärische Oberflächen aufweisen, aber das Letztere ist nicht kritisch. Darüber hinaus wurde herausgefunden, dass durch das sorgfältige Proportionieren dieser nicht kongruenten Oberflächen Sätze von PP Elementen **13** in zwei oder drei unterschiedlichen Größen akzeptabel in Kombination mit einem MP Element einer bestimmten Größe verwendet werden können und umgekehrt, was als die Eigenschaft zum "size-up" und "size-down" eines bestimmten Paares zusammenpassender PP und MP Elemente bezeichnet wird. Dieses wünschenswerte Resultat wird durch das derartige Gestalten des interphalangealen Gelenkes erreicht, dass der Kontakt normalerweise nur an einem einzigen Punkt an jeder der konkaven Kavitäten und entlang einer korrespondierenden Linie an der jeweiligen konvexen Flächen der aufeinander treffenden Oberflächen als ein Resultat der Rela-

tivbewegung zwischen ihnen auftritt, welche stattfindet, wenn sich das Gelenk zu und von einer Position der vollen Erstreckung und einer Position von, beispielsweise, 90° Beugung bewegt, so wie es beispielsweise in [Fig. 3a](#) und [Fig. 3d](#) und ebenso in [Fig. 7c](#) und [Fig. 7d](#) gezeigt ist.

[0064] Die Besonderheiten der nicht kongruenten Oberflächen werden am besten in der den [Fig. 6a](#) und [Fig. 6c](#) gesehen, in denen die unterschiedlichen Radien der Wölbung illustriert sind. In [Fig. 6a](#) repräsentiert die horizontale Linie, die durch L bezeichnet ist, die Längsachse des Gelenkes **11**, welche ebenso bevorzugt die Längsachse des PP Elementes **13** ist, wobei die Achse des MP Elements volar zu dieser verschoben ist. [Fig. 6a](#) ist eine schematische Ansicht und zeigt, dass der größte Kurvenradius R1 der Oberfläche an der konvexen Kondyle kleiner ist als der dazu korrespondierende Kurvenradius R2 der konkaven Kavität des distalen Elementes. Sie zeigt ebenso den Abstand, der durch D bezeichnet ist, um den die Schnittlinie zwischen den beiden Ebenen **23a** und **23b**, welche die rückwärtige oder proximale Oberfläche des PP Elementes **13** definieren, volar zu der Längsachse verschoben ist.

[0065] Ebenso zeigt die schematische Ansicht der [Fig. 6c](#) die jeweiligen Proportionierungen der beiden Gelenk ausbildenden Oberflächen in einer horizontalen Ebene, senkrecht zu der vertikalen Ebene entlang der die [Fig. 6a](#) gesehen wurde. In dieser Ansicht sind beide der Kondylen **25** gezeigt, um die Dimensionierung des glatten Tales **27** und des Grats **43b** zu zeigen, welcher zentral davon liegt, entlang der Symmetrieebene des Implantats. Es kann wiederum gesehen werden, dass der Kurvenradius R3 der horizontalen Ebene der konvexen Kondyle kleiner ist als der Kurvenradius R5 der konkaven Kavität **43a**. Gleicherweise zeigt ein Vergleich der gewölbten Oberflächen des Grats und des Tales, dass das Tal **27** mit einem Kurvenradius R4 ausgeformt ist, der im Wesentlichen kleiner ist als der Radius R6 des Grats **43b**. Da der Radius R3 im Wesentlichen kleiner ist als der Radius R1, ist die Oberfläche der konvexen Kondyle nicht sphärisch. Gleicherweise sind die Kurvenradien R2 und R5 der konkaven Kavitäten **43a** in der proximalen Oberfläche **43** des MP Elementes **15** in diesem schematischen Ausführungsbeispiel unterschiedlich. Dieses Arrangement stellt sicher, dass es einen angemessenen Raum zwischen den Gelenk ausbildenden Oberflächen der Elemente **13** und **15** gibt, um das Einbringen von synovialen Fluid zu ermöglichen und dadurch der unvorteilhaften Erzeugung eines trockenen Gelenkes vorzubeugen.

[0066] Die spezifischen, nicht kongruenten Formen der Gelenk ausbildenden Oberflächen des Gelenkes **11** bieten sich auch dazu an, ein PP Element durch ein MP Element einer etwas unterschiedlichen Größe aufzunehmen, um es am besten an eine Patientena-

anatomie anzupassen. Wie in [Fig. 6c](#) gezeigt, wird der Kontakt zwischen den beiden Gelenk ausbildenden Oberflächen in zwei parallelen Ebenen auftreten, welche als Kontaktebenen bezeichnet werden, die voneinander um einen Abstand d_1 beabstandet sind. Um die Implantation in Gelenke von Patienten zu vereinfachen, die Knöchel unterschiedlicher Größe aufweisen, könnten die Implantate **11** in Sätzen von unterschiedlich großen Komponenten hergestellt werden, zum Beispiel Größen A bis F, wobei die Größe A die Kleinste ist und die Größe F die Größte. In jedem dieser Sätze wird der Abstand d_1 bezüglich des PP Elementes und des MP Elementes für jegliche Größe genau der Gleiche bleiben; die Länge der Radien R_1 und R_2 werden jedoch zum Beispiel von Satz A bis zum Satz B größer werden. Aufgrund dieser einzigartigen Konstruktion und der Proportionierung jedoch kann jedoch zum Beispiel ein PP Element der Größe C akzeptabel mit einem MP Element der Größe B, C oder D zusammengebracht werden (oder umgekehrt), da die relative Wölbung der Kondyle so sein wird, dass selbst bei einer Größe größer oder kleiner, so wie es der Fall sein könnte, der Radius R_1 der Wölbung der Kondyle geringer sein kann als der Radius R_2 der Wölbung der Kavität, so dass der Gleitkontakt während der Gelenkbewegung noch vollständig akzeptabel ist. Zusätzlich wird, da die Sätze in ihrer Größe größer werden, der Kopf des PP Elementes, also der Abstand zwischen den seitlichen Seiten **29**, etwas wachsen, genau so wie die Breite und die Höhe des Kopfes **31** des MP Elementes, ohne die Wölbung der Gelenk ausbildenden Oberflächen zu behelligen.

[0067] Zusammenfassend wird die Möglichkeit des size-up und size-down durch Mittel des Steuerns des Ortes und der Größe der Kurvenradien der Gelenk ausbildenden Oberflächen der bikondylaren Gelenkprothese so wie folgt erreicht: (1) Der Abstand zwischen den Kontaktebenen (d_1), die in [Fig. 6c](#) gezeigt sind, wird für die unterschiedlichen PIP Gelenkgrößen konstant gehalten, (2) der Radius R_5 , der in [Fig. 6c](#) gezeigt ist, ist immer größer als der Radius R_3 , und die Radien R_5 und R_3 verändern sich nicht zwischen den Sätzen, und (3) der Radius R_2 , der in [Fig. 6c](#) gezeigt ist, ist stets größer als der Radius R_1 . Proximale und distale Gelenkkomponenten der unterschiedlichen Größen werden zusammenkommen und miteinander Gelenke ausbilden, solange die oben genannten Kriterien erfüllt sind. Diese Anordnung stellt daher dem Chirurgen einen deutlichen Vorteil bereit. Sie ermöglicht es ihm eine Auswahl zu haben, wenn, so wie es häufig der Fall ist, die Anatomie eines besonderen Patienten so ist, dass beide Komponenten einer einzigen Größe nicht bevorzugt sein würden; mit dieser Anordnung kann der Chirurg entweder je nach Notwendigkeit ein size-up oder ein size-down durchführen und daher eine überlegene endgültige Passung bereitstellen.

[0068] Sobald das Gelenkimplantat **11** installiert wurde und der Finger in seine ursprüngliche Orientierung zurückgebracht wurde und zusammengenäht wurde, wird die Situation, die in [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7d](#) gezeigt sind, erhalten. Zum Beispiel kann bezüglich der [Fig. 7a](#) gesehen werden, wie die schrägen seitlichen Oberflächen **29** des Kopfes **19** des PP Elementes Freiräume für die Kapselbänder bereitstellen und dass das Medianband exzellent in dem Tal **27** zwischen den Kondylen **25** des Kopfes des PP Elementes und in der Spalte **41** des Kopfes des MP Elementes aufgenommen wird. Wenn der Finger von einer Position der vollen Erstreckung (in [Fig. 7a](#) gezeigt) in die Position der Flexion (in [Fig. 7b](#) gezeigt) bewegt wird, gleiten die Bänder sanft entlang der geneigten Oberfläche **29** des Kopfes und ohne substantielle Interferenz. In [Fig. 7c](#), in der die Bänder aus Illustrationszwecken entfernt sind und die Schnittansicht entlang der Ebene der Symmetrie des Implantats aufgenommen wird, kann gesehen werden, dass der dickste Abschnitt des ICP exzellent in der Spalte **41** des Kopfes aufgenommen wird und dass der Ort des Anbringens des Medianbandes an der mittleren Phalanx **9** ungestört verbleibt. Diese wünschenswerte Aufgabe ist ein Resultat des Erzeugens einer Kavität in der proximalen Stirnfläche der mittleren Phalanx **9** und des korrekten Proportionierens des Spaltes **41** in der dorsalen Oberfläche des Kopfes **31**. In der begleitenden [Fig. 7d](#), welche das Gelenk in einer 90° Flexion zeigt, verbleibt das ICP in dem Tal **27** zwischen den Kondylen, in denen es passend aufgenommen ist, so wie in [Fig. 7e](#) gezeigt, welche eine Schnittansicht ist, die im Allgemeinen entlang der Linie e-e der [Fig. 7d](#) aufgenommen ist.

[0069] Die PP und MP Elemente **13**, **15** sind bevorzugt aus biokompatiblen Materialien hergestellt, die ein Elastizitätsmodul im Bereich dessen eines natürlichen, lebenden Knochens aufweist, wobei ein Beispiel hiervon eine Struktur ist, die aus einem Graphitsubstrat, welches mit Pyrokarbon beschichtet ist, ist. Wichtiger sind die Elemente **13** und **15** aus Materialien hergestellt, die eine hinreichende Härte aufweisen, die unter normale Belastung, von der ausgegangen wird, dass sie sie während der Verwendung erfahren wird, nicht signifikant gestaucht werden. Wiederum erfüllt mit Pyrokarbon beschichtetes Graphit diese Spezifikation und stellt ebenso äußere Oberflächen bereit, welche einen guten Widerstand gegen Abnutzung bereitstellen, so dass es seine originalen Oberflächenkonturen, auch nach Jahren nach der Implantation, behalten wird. Jedoch können, wenn zusätzliche Festigkeit als wünschenswert erachtet wird, die Elemente aus pyrolytischem Karbon geformt werden, welches auf einem Kohlenstoff-Kohlenstoff-Faserkompositmaterial geschichtet ist, welches eine höhere Zugfestigkeit als Graphit aufweist.

[0070] Obwohl die Erfindung bezüglich bestimmter bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wur-

de, können unterschiedliche Veränderungen und Modifikationen, die einem Fachmann nahegelegen hätten, durchgeführt werden, ohne vom Umfang der Erfindung, welche ausschließlich durch die angefügten Ansprüche definiert ist, abzuweichen. Beispielsweise sollte, obwohl das Interphalangealgelenk bezüglich des Ersetzens eines PIP Gelenkes beschrieben wurde, verstanden werden, dass durch ein Verändern der relativen Größen der Elemente **13**, **15** diese ebenso zur Verwendung in einem DIP Gelenk ausgebildet sein können.

Patentansprüche

1. Interphalangeale Gelenkprothese umfassend: erste und zweite Elemente (**13**, **15**), die zusammenpassende Köpfe (**19**, **31**) aufweisen, die eine gleichmäßige Anwinkelung im Wesentlichen innerhalb einer einzigen, sich von dorsal nach volar erstreckenden Ebene erlauben, wobei der erste Elementkopf (**19**) aufweist (a) eine proximale Oberfläche (**23**), die durch zwei sich schneidende Ebenen definiert ist, die an komplementären Oberflächen, die in ein Fingerglied eines Patientenfingers hereingeschnitten sind, zur Anlage kommen, (b) einen Stammabschnitt (**17**), der sich von diesen aus längs erstreckt, wobei er so proportioniert ist, dass er innerhalb der Knochenmarkshöhle des einen Fingerglieds aufgenommen werden kann, und (c) eine konvexe bikondyläre Gelenk ausbildende Oberfläche (**21**) mit einem zentralen Tal (**27**), das während des Beugens des Gelenks einem Abschnitt volar des Stammabschnitts ausgesetzt ist, wobei der zweite Elementkopf (**31**) aufweist (a) eine bikonkave Gelenk ausbildende Oberfläche (**43**) für seine proximale Oberfläche, die mit der konvexen Gelenkoberfläche des ersten Elements zusammenpasst, und (b) einen Stammabschnitt (**33**), der sich von dieser aus längs erstreckt, und der so proportioniert ist, dass er innerhalb der Knochenmarkshöhle des benachbarten Fingerglieds aufgenommen werden kann, und wobei der zweite Elementkopf (**31**) in dessen dorsaler Oberfläche eine Kerbe (**41**) aufweist, die zentral angeordnet ist und mit der Längsachse des zweiten Elements so ausgerichtet ist, dass sie nicht die Anhänge an dem dorsalen Tuberkulum des proximalen Kopfes des mittleren Fingerglieds stört, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das zentrale Tal (**27**) in einem Bogen und in eine dorsale interkondyläre Kerbe herein erstreckt, die in der vollen Ausdehnung des interphalangealen Gelenkes offengelegt ist.

2. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Gelenkkopf (**19**) seitliche Oberflächen (**29**) aufweist, die durch ein Paar von Ebenen definiert sind, die parallel zu der Längsachse des ersten Elementes aus-

gerichtet sind, und die in einem Winkel von zwischen ungefähr 7° und ungefähr 17° bezüglich der Vertikalen orientiert sind, so dass der dorsale Bereich des Kopfes enger als dessen volarer Bereich ist.

3. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden sich schneidenden Ebenen, die die proximale Oberfläche definieren, in einem Winkel von ungefähr zwischen 110° und 130° ausgerichtet sind.

4. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sich die beiden Ebenen entlang einer Linie schneiden, die volar der Längsachse des ersten Elementes, und distal und volar zu einem Mittelpunkt, um den sich das Gelenk dreht, liegt.

5. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die volare Ebene der beiden Ebenen in einem Winkel von weniger als 45° bezüglich der Längsachse des ersten Elements ausgerichtet ist.

6. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kopf (**31**) des zweiten Elements in seinem seitlichen Umfang im Wesentlichen elliptisch ist, außer in der dorsalen Kerbe (**41**).

7. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Elementkopf (**31**) längs in dem dorsalen Bereich dicker ist als in dem volaren Bereich und den ersten Elementkopf (**19**) dominiert, wenn das Gelenk in seiner vollen Erstreckung ausgerichtet ist.

8. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die bikonkave Gelenkoberfläche in die konvexe Gelenkoberfläche des ersten Elementes an Punkten entlang zweier Kontaktlinien in zwei parallelen Ebenen eingreift und die bikonkave Oberfläche einen mittleren Grat umfasst, der ausgerichtet ist mit, aber beabstandet ist von der Oberfläche des zentralen Tales der konvexen Gelenkoberfläche.

9. Interphalangeale Gelenkprothese gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die konvexe bikondyläre Gelenkoberfläche einen gleichmäßigen Kurvenradius in der von dorsal nach volar liegenden Ebene und einen dazu unterschiedlichen Kurvenradius in einer dazu senkrechten, seitlichen Ebene aufweist, und wobei die bikonkave Oberfläche gleichfalls einen gleichmäßigen Kurvenradius in der von dorsal nach volar liegenden Ebene und einen dazu unterschiedlichen Kurvenradius in der dazu senkrechten, seitlichen Ebene aufweist.

10. Satz von interphalangealen Gelenkprothesen umfassend Gruppen von ersten Elementen und Gruppen von zweiten Elementen gemäß Anspruch 9, wobei die Elemente unterschiedliche Größen aufweisen, aber eine problemlose Anwinkelung im Wesentlichen von dorsal nach volar erlauben.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

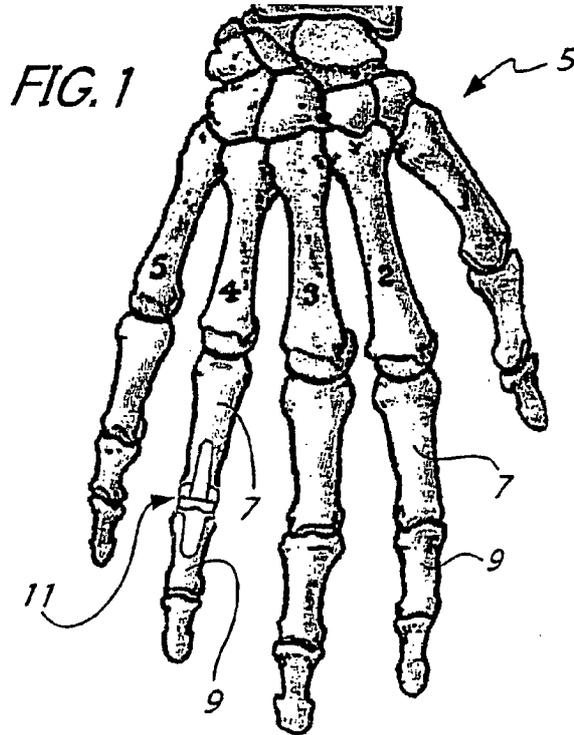
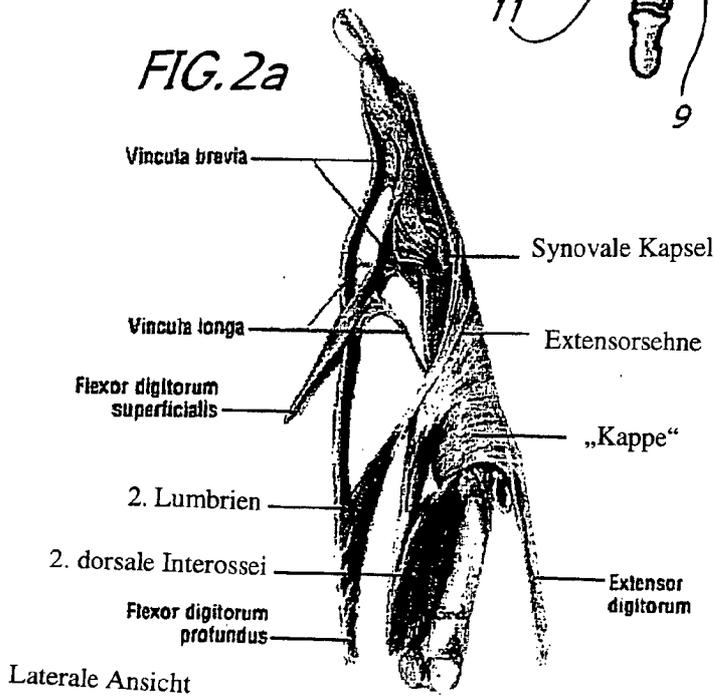
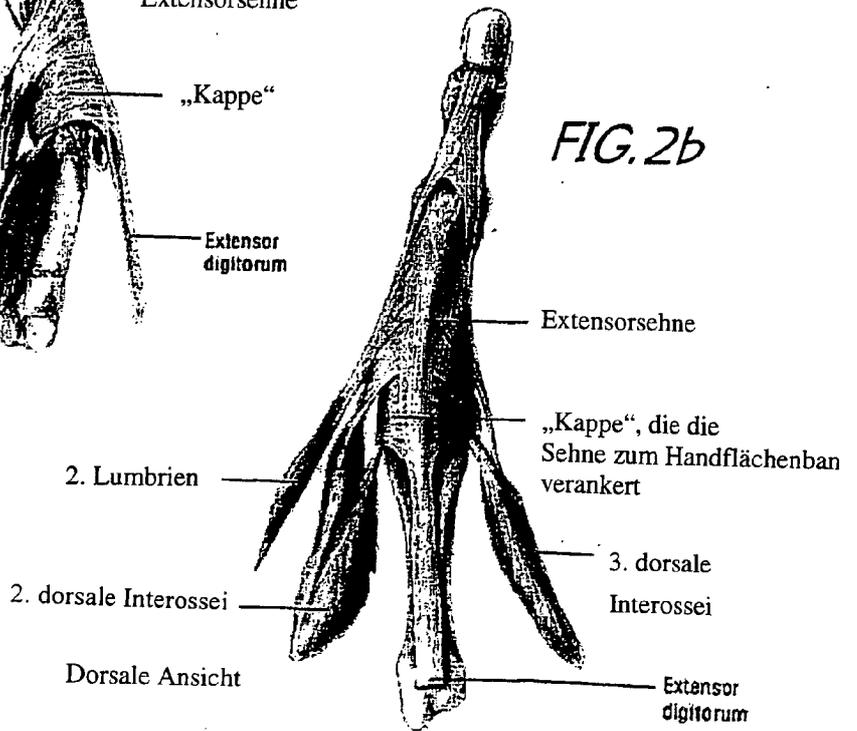


FIG. 2a



Laterale Ansicht

FIG. 2b



Dorsale Ansicht

