

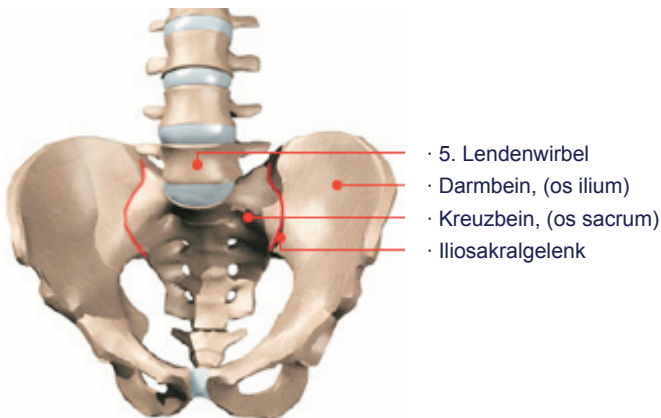
Um welche Erkrankung handelt es sich bei der Spondylitis ankylopoetica?

Die Spondylitis ankylopoetica ist eine chronisch entzündliche rheumatische Erkrankung, die zur Gruppe der seronegativen Spondylarthropathien gehört, in Schüben verläuft und meistens an den Iliosakralgelenken (Kreuzbein-Darmbein-Gelenken) beginnt. An der Wirbelsäule führt sie zu aufsteigenden, entzündlich zerstörenden Veränderungen der Wirbelgelenke und ganzer Wirbelsäulenabschnitte. Durch die zusätzlich bestehende Verkalkung der Längsbandstrukturen des Bandapparats der Wirbelsäule kommt es zur aufsteigenden Ankylose (Versteifung) der Wirbelsäule.

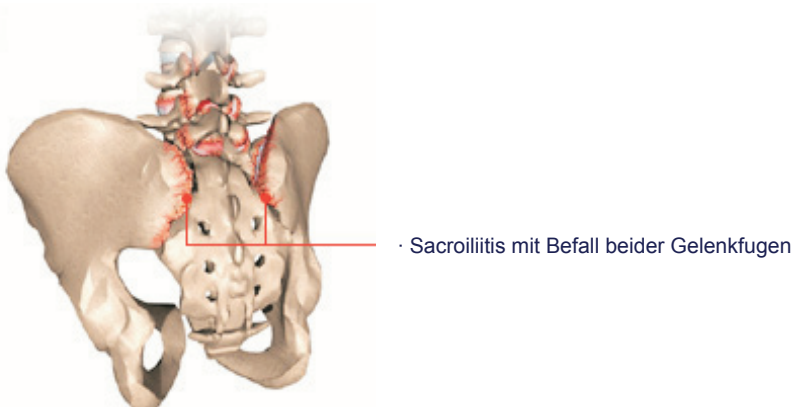
Männer sind häufiger betroffen als Frauen, die Krankheit beginnt bei den meisten Patienten zwischen dem 15. und 40. Lebensjahr.

Zusätzlich finden sich häufig entzündliche Veränderungen an den Gelenken der Extremitäten, entzündliche Reizungen an den knöchernen Ansätzen von Sehnen, Bändern und der Gelenkkapseln (so genannte Enthesiopathien) und oft ein Befall der Augen und des Herzens.

- Becken und Lendenwirbelsäule von vorn, Iliosakralgelenke (Verbindung zwischen Darmbein (os ilium) und Kreuzbein (os sacrum) regelrecht ausgebildet



- Becken und Lendenwirbelsäule von hinten, Sacroiliitis mit ausgeprägten entzündlichen Veränderungen und Anlagerung von Syndesmophyten



Wie entsteht diese Erkrankung?

Bis heute ist nicht bekannt, durch welche Ursachen die entzündlichen Prozesse ausgelöst werden. Bekannt ist, dass sich bei 95 % der Patienten mit dieser Erkrankung das genetische Merkmal HLA-B27 findet, so dass eine erbliche Grundlage vermutet wird.

HLA Antigene gehören zur Gruppe der Immunglobuline, sie finden sich in der Zellmembran. Sie spielen im menschlichen Immunsystem eine zentrale Rolle, da sie körpereigene und körperfremde Eiweißstoffe unterscheiden können und dadurch dem Immunsystem signalisieren können, welche körperfremden Stoffe (Antigene) bekämpft werden müssen.

Bei Patienten mit einer Spondylitis ankylopetica finden sich auch oft Infekte des Magen-Darm- und Urogenitaltrakts, die durch Klebsiellen hervorgerufen werden. Klebsiellen sind unbewegliche Bakterien mit einer Kapsel, die neben anderen Infektionen auch eine Lungenentzündung (Pneumonie), Meningitis (Hirnhautentzündung) und eine Blutvergiftung (Sepsis) hervorrufen können.

Die Klebsiellen besitzen mikrobielle O- und K-Antigene, das sind körperfremde Eiweißstoffe, die im menschlichen Organismus die Bildung von Antikörpern (Abwehrstoffen) anregen.

Auf dieser Grundlage vermutet man als eine mögliche Krankheitsursache, dass es in der menschlichen Immunabwehr bei HLA-B27 positiven Patienten mit gleichzeitig bestehender Klebsielleninfektion zu einer Kreuzreaktion zwischen den körpereigenen und bakteriellen Antigenen kommt, wodurch ein Autoimmunprozess ausgelöst wird, der dazu führt, dass zunächst gesunde Strukturen wie Wirbelgelenke und Wirbelkörper durch eine Fehlinformation vom eigenen Immunsystem angegriffen und geschädigt werden.

Welche Untersuchungen werden durchgeführt?**1. Rheumatologische Anamnese**

Die Erhebung einer speziellen rheumatologischen Krankengeschichte kann bereits durch die Befragung wertvolle Hinweise liefern, die eine erste Verdachtsdiagnose erbringen können.

- Von wo gehen die Schmerzen aus?
 - von den Gelenken?
 - von den Weichteilen?
 - von der Wirbelsäule?
- Wie ist der zeitliche Verlauf der Erkrankung?
 - akuter Beginn oder langsam steigend ?
 - in Schüben mit Phasen des Stillstands und der Verschlechterung?
 - zeigt der Schmerz einen typischen Tagesverlauf?
- Wie ist das Muster des Gelenkbefalls?
 - sind eher die großen oder kleinen Gelenke befallen?
 - ist nur ein Gelenk oder sind mehrere betroffen?
 - wandern die Beschwerden von Gelenk zu Gelenk?
- Da rheumatische Erkrankungen oft auch Organsysteme befallen, ist es sinnvoll, nach Auffälligkeiten in folgenden Bereichen zu suchen:
 - Nieren und ableitende Harnwege (Blasen-Harnröhrentzündungen, Balanitis, durchgemachte Geschlechtskrankheiten)?

· Entzündliche Erkrankungen

- Magen-Darmtrakt (Durchfälle, Blutbeimengungen)?
- Herz-Gefäßsystem
- Lunge
- Haut (Schuppenflechte, knotige Veränderungen, Schwellungen, Geschwüre)?
- Augensymptomatik (Brennen, Sehstörungen, Fremdkörpergefühl, Trockenheit, Rötung)?
- Fieber (Fieberschübe, Schüttelfrost)?
- Neurologische Symptomatik

2. Körperliche Untersuchung

Bei jeder körperlichen Untersuchung sollten sämtliche Organsysteme erfasst werden.

Wir beschränken uns hier in der nachfolgenden Aufstellung auf die wichtigsten klinischen Untersuchungen bei bestehendem Verdacht auf eine rheumatologische Erkrankung.

- Inspektion (Betrachtung)
 - Fehlstellungen, Asymmetrien oder Deformierungen des Skeletts?
 - Regelrechte Beinachsen?
 - Gelenke (Beweglichkeit, Gelenkerguss, Rötung, Schwellung)?
 - Muskulatur (zu wenig/zu stark ausgebildet, (= Atrophie/Hypertrophie), regelrechte Kraftentwicklung)?
 - Körperhaltung und Bewegungsablauf normal?
 - Haut und Schleimhäute (Hautveränderungen, Schuppenflechte, knotige Veränderungen, Wassereinlagerungen?)
- Palpation (Tasten)
 - Muskulatur: Muskelspannung (Muskeltonus) erhöht oder erniedrigt, Myogelosen (Hartspann), Triggerpunkte (Druckpunkte, von denen ein fortgeleiteter Schmerz ausgelöst werden kann)?
 - Schmerzauslösung (Druck-, Klopf-, Zug- oder Stauchschmerz)?
 - Schmerzauslösung in den Ansatzgebieten von Sehnen, Bändern und Gelenkkapseln (Enthesiopathie)?
 - Sehnen und Schleimbeutel entzündlich verändert?
 - Gelenke (Erguss, Beweglichkeit, Kapselverdickung, Reibegeräusche)?
 - Brustkorb (Atembewegungen regelrecht, Kompressionsschmerz auslösbar)?
- Funktionsprüfungen - Spezielle Funktionsprüfungen an der Wirbelsäule sind:
 - Aktive und passive Bewegungsprüfungen der Wirbelsäule (Beugung, Streckung, Drehung, Seitneigung)
 - Finger-Boden Abstand (Maß für die Gesamtbeugefähigkeit der Wirbelsäule)
 - Schober Zeichen (Messung der Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule)
 - Ott Zeichen (Messung der Beweglichkeit der Brustwirbelsäule)
 - Hinterhaupt-Wand Abstand (Maß für die Ausprägung der Brustkyphose)
 - Kinn-Brustbein Abstand (Hinweis auf die Halswirbelsäulenbeweglichkeit)
 - Tests für einen Befall des Iliosacralgelenks:
 - Dreiphasentest
 - Vorlaufphänomen
 - Mennell'scher Handgriff
- Weitere Funktionsprüfungen sind:
 - Beweglichkeitsmessung der Gelenke mit der Neutral-Null-Methode
 - Messung der groben Kraft an Armen und Beinen
 - Überprüfung der Gelenkstabilität

3. Apparative Diagnostik

· Konventionelles Röntgen

Da die Spondylitis ankylopoetica meistens mit dem Befall der Iliosacralgelenke beginnt, sind hier die ersten röntgenologischen Veränderungen mit unscharfen Gelenkkonturen, erosiven Knochendefekten und einer gelenknahen Knochenverdichtung (Sklerosierung) zu sehen. Im fortgeschrittenen Verlauf der Erkrankung ist die knöcherne Überbauung des Gelenks sichtbar (Ankylosierung).

Bei weiterer Zunahme der Erkrankung lassen sich in allen Wirbelsäulenabschnitten Knochenspangen (Syndesmophyten) erkennen, die einzelne Wirbel überbrücken und die Wirbelsäule dadurch zunehmend einsteifen. Die fortgeschritten eingesteifte Wirbelsäule wird auch Bambusstabwirbelsäule genannt.

· Becken und Lendenwirbelsäule mit geringen degenerativen Veränderungen



· Sakroiliitis mit Verknöcherung der Iliosakralgelenke, Lendenwirbelsäule im Sinne einer Bambusstabwirbelsäule versteift



Röntgenologisch lassen sich noch weitere entzündlich destruktive Veränderungen feststellen, die durch den Umbau der Wirbel durch eine Spondylodiszitis (Entzündung des Wirbels und der Bandscheibe) und durch Verknöcherung der Bandstrukturen der Wirbelsäule entstanden sind.

- Andersson Läsion (Defekte der Abschlussplatten der Wirbel als Zeichen der Spondylodiszitis)
- Romanus Läsion als Zeichen der Spondylitis anterior
- „scheinende Ecken“ an den vorderen Wirbelkörperandleisten durch Sklerosierung
- Verknöcherung der Wirbelgelenke und der Rippen-Wirbelgelenke
- Wirbelkörperdeformierungen (Kasten- und Tonnenwirbelform)

· Entzündliche Erkrankungen

· Zeichen der Segmentinstabilität

Bei zunehmender Einsteifung von Wirbelsäulenabschnitten, die von noch nicht versteiften Abschnitten unterbrochen sind, zeigen sich Zeichen der Degeneration und der Instabilität wie Drehgleiten der Wirbel, Pseudospondylolisthesis (Vorwärtsgleiten der Wirbel) und Osteochondrose

· In der seitlichen Aufnahme der Halswirbelsäule lassen sich Instabilitäten der oberen Halswirbelsäule (atlanto-axiale Instabilität) erkennen.

· Magnetresonanztomographie (MRT) und Computertomographie (CT)

Mit dieser Untersuchung können die knöchernen Veränderungen der Sacroiliacalgelenke und der benachbarten Weichteile gut dargestellt werden.

Im Bereich der Wirbelsäule sind Ödeme oder Zysten (Flüssigkeitsansammlungen), Knochennekrosen (Knochenareale mit zerstörtem Knochen), Rückenmark und Weichteile sehr gut zu beurteilen.

· Skelettszintigraphie

Sie kann im Frühstadium der Erkrankung nur in Kombination mit den klinischen und konventionellen Röntgenbefunden die Diagnose einer Spondylitis ankylopoetica erhärten.

4. Labordiagnostik

· Bestimmung des HLA-B27 Antigens

· Bestimmung der weißen Blutkörperchen (Leukozyten), der Blutsenkungsgeschwindigkeit und des C-reaktiven Proteins als Hinweise für eine vorliegende Entzündung.

· Rheumafaktorbestimmung ist immer negativ („seronegative Spondyloarthritis“)

Welche Kriterien gibt es, die die Verdachtsdiagnose einer Spondylitis ankylopoetica erhärten?

Da diese Erkrankung unterschiedliche Verlaufsformen und Erscheinungsbilder hat und ähnliche Symptome anderer Krankheiten zeigt, ist es schwierig, sich auf ein definitives Beurteilungsschema festzulegen, das die Diagnose der Erkrankung sicher zulässt. Es gibt deshalb verschiedene Kriterien und Gradeinteilungen, die in der Gesamtheit der individuell erhobenen Befunde zu sehen sind, teilweise mit Punkten bewertet werden und die Diagnosestellung erleichtern.

1. Gradeinteilung der Sacroiliitis

Grad 0: Normalbefund

Grad 1: Gelenkspalt verwaschen und gering sklerosiert

Grad 2: Erosionen, starke Sklerosierung, Gelenkspalt unregelmäßig und erweitert

Grad 4: Erosionen, Gelenkspaltverschmälerung, Gelenkspalt teilweise oder komplett ankylosiert (verknöchert)

2. Kriterien des Kreuzschmerzes vom entzündlichen Typ

· Schleichender Krankheitsbeginn vor dem 40. Lebensjahr

· Schmerzen seit mindestens 3 Monaten bestehend

· Morgensteifigkeit

· Besserung der Beschwerden

3. Frühdiagnosekriterien der Spondylitis ankylopoetica

· HLA-B27 Antigen positiv, Blutsenkungsgeschwindigkeit erhöht

· Positive klinische Untersuchungszeichen der Sacroiliacalgelenke

· Entzündliche Erkrankungen

- Beweglichkeit der Hals- und Lendenwirbelsäule eingeschränkt
- Spontan- und Druckschmerz des knöchernen Brustkorbs
- Atembewegungen des Brustkorbs eingeschränkt
- Hinweise auf Gelenkbeteiligung oder Enthesiopathien
- Augensymptomatik (Iritis, Iridozyklitis) (Entzündung der Regenbogenhaut)

4. New York Kriterien, die sinnvoll erst bei länger bestehender Erkrankung angewendet werden können, da die röntgenologischen Veränderungen an den Sacroiliacalgelenken erst im Laufe der Erkrankung auftreten (zwischen dem 2. und 10. Krankheitsjahr).

Klinische Kriterien:

- starke Bewegungseinschränkung der Lendenwirbelsäule
- akute oder frühere Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule und des lumbosacralen Übergangs
- eingeschränkte Atembreite in Höhe des 4. Zwischenrippenraum

Eine gesicherte Spondylitis ankylopoetica liegt nach diesen Kriterien vor, wenn eine beidseitige Sacroiliitis Grad 3 oder 4 mit einem der klinischen Kriterien, eine beidseitige Sacroiliitis Grad 2 mit klinischem Kriterium 1 oder eine einseitige Sacroiliitis Grad 3 oder 4 mit den klinischen Kriterien 2 und 3 nachweisbar ist.

Welche Symptome findet man bei der Spondylitis ankylopoetica?

- Wirbelsäule, Brustkorb und Becken
 - Sacroiliitis mit tief sitzenden Rückenschmerzen
 - Entzündlicher Rückenschmerz
 - Wirbelkörperdeformierung
 - Deformierung und Einsteifung der Wirbelsäule (Bambusstabwirbelsäule)
 - Verkalkung vornehmlich der Längsbandstrukturen des Bandapparats der Wirbelsäule
 - Im Verlauf veränderte Körperhaltung durch die zunehmende Versteifung der Wirbelsäule, die Lendenwirbelsäule flacht ab, die Brustwirbelsäule krümmt sich und bildet einen Buckel
 - Reaktive Osteoporose (Knochenschwund) durch Immobilität
- Wirbelbrüche

Durch den Verlust der Elastizität und Beweglichkeit der Wirbelsäule können im fortgeschrittenen Stadium schon leichte Unfallmechanismen dazu führen, dass hauptsächlich im Bereich des zervikothorakalen Übergangs (Hals-Brustbereich) und des thorakolumbalen Übergangs (Brustkorb-Lendenbereich) Wirbelbrüche entstehen. Die Wirbelbrüche werden durch die Kombination der bestehenden Krankheitsfaktoren Osteoporose, fehlende Elastizität und teilweiser Einsteifung von Wirbelsäulenabschnitten verursacht, da die Wirbelsäule die einwirkenden Kräfte nicht mehr dämpfen und weiterleiten kann. Es kann zu Kompressionsfrakturen (Stauchungsbrüchen) oder verschobenen Brüchen (Luxationsfrakturen) mit neurologischen Ausfällen, bis hin zur Querschnittlähmung kommen.
- Wirbelsäuleninstabilität im Bereich des Kopf-Halswirbelsäulenübergangs (okzipito-zervikale Instabilität), (atlantoaxiale Instabilität)
- Einschränkung der Brustkorbatmung, die durch die Verknöcherung und Versteifung der Rippen-Wirbelgelenke und der Verbindung der Rippen zum Brustbein verursacht wird und in Kombination mit einer kyphotischen Deformierung der Brustwirbelsäule („Buckel“) zu ausgeprägten Atemstörungen führen kann.

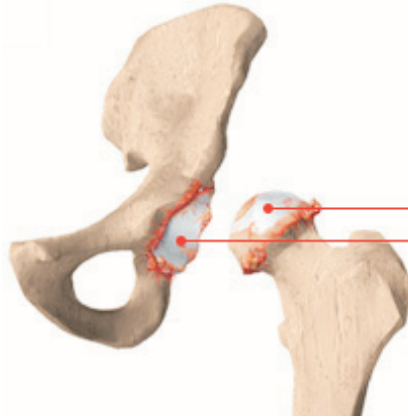
· Entzündliche Erkrankungen

· Periphere Gelenke

· Normales Hüftgelenk

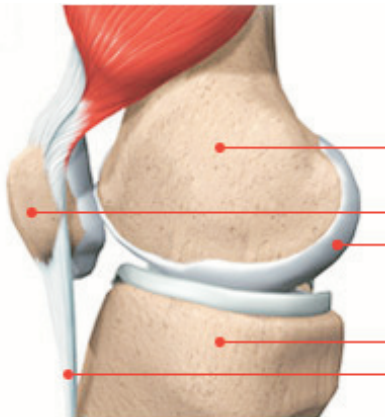


· Hüftgelenksarthrose mit destruktiven Veränderungen des Hüftkopfs und der Hüftgelenkspfanne



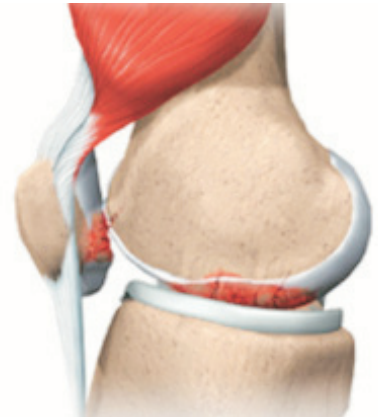
· Knorpeldestruktion des Hüftkopfs
· Knorpeldestruktion der Gelenkpfanne

· Knie seitlich, Normalbefund



· Femurkondylen (Oberschenkel)
· Kniescheibe
· Gelenknorpel
· Schienbeinkopf
· Kniescheibensehne (Patellarsehne)

· Knie seitlich, Arthrose der Kniescheibenrückfläche und der Oberschenkelrolle

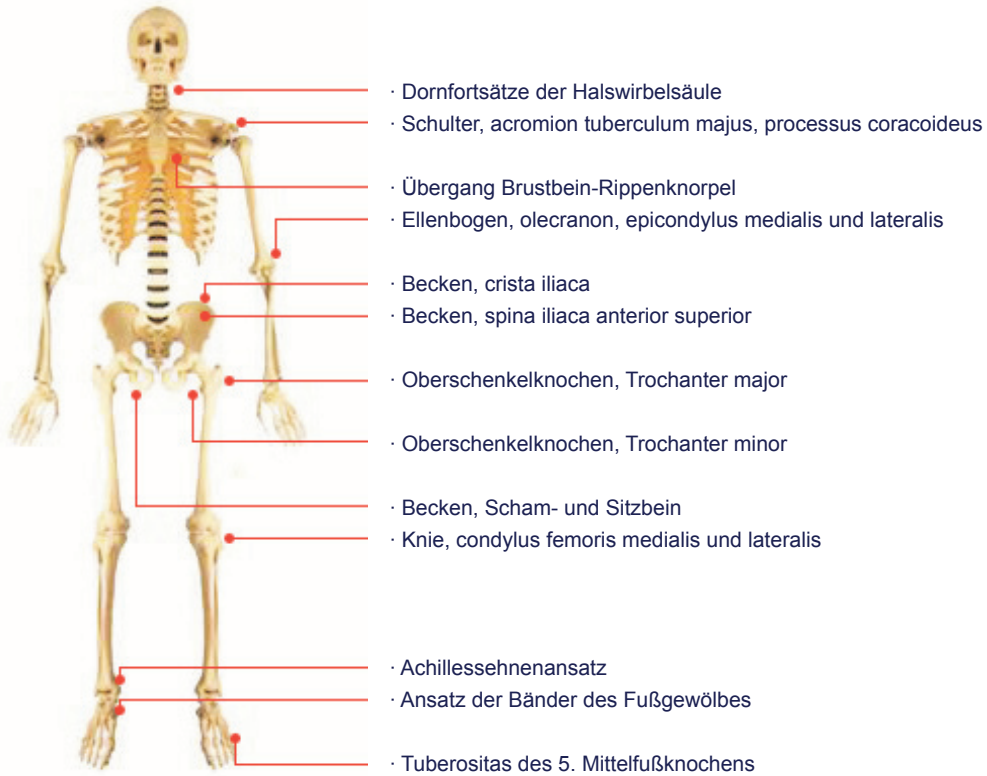


· Seltener mit Befall der Finger- und Zehengelenke, Ellenbogen- und Sprunggelenke

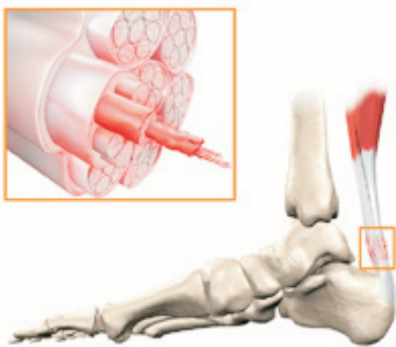
· Entzündliche Erkrankungen

· Enthesiopathien

- mit Schmerzen und Entzündungen in den Ansatzgebieten von Sehnen und Bändern, die häufigsten Verteilungsmuster sehen Sie hier:

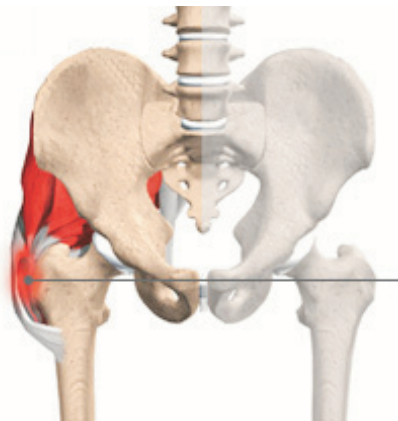


· Enthesiopathie der Achillessehne (Sehnenansatzreizung)



· Entzündliche Erkrankungen

- Enthesiopathie im Bereich des Trochanter major am Oberschenkelknochen mit Reizung des Schleimbeutels.



· Schleimbeutelentzündung (bursitis subtrochanterica)

- weitere Organmanifestationen
 - Herzbeteiligung mit Klappenfehler der Aortenklappe (Aorteninsuffizienz), Entzündung der Hauptschlagader (Aortitis), Herzrhythmusstörungen und Herzbeutelentzündung.
 - Beteiligung der Lunge mit einer zystischen Lungenfibrose
 - Augenbeteiligung mit Entzündung der vorderen Augenkammer und der Regenbogenhaut (Iridozyklitis)
 - Nierenbeteiligung mit Nephritis und sekundärer Amyloidose
 - Neurologische Beteiligung im fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung mit Rückenmarkskompression und Cauda equina Syndrom.

Wie verläuft diese Erkrankung?

Der Verlauf dieser Krankheit ist nur schwer abzuschätzen, da sich eine Vielfalt von Verlaufsvarianten zeigt. Die Erkrankung verläuft normalerweise über Jahre in Schüben, kann aber in seltenen Fällen auch mit ausgeprägten Entzündungsreaktionen sehr schnell zur Versteifung der Wirbelsäule führen. Es gibt Verläufe, bei denen sich auf Dauer nur die Sacroiliitis ohne weitere wesentliche Symptome zeigt. Erschwerend kommt bei der Beurteilung hinzu, dass die exakte Diagnose oft erst nach einigen Jahren der Krankheitsdauer gestellt werden kann, da radiologische Zeichen der Sacroiliitis erst nach einigen Jahren auftreten können.

Die zu Beginn auftretende Entzündung der Iliosacralgelenke führt zu einer Instabilität, wodurch das Becken aufgerichtet wird. Durch diese statische Veränderung wird im weiteren Verlauf eine „kompensatorische Kettenreaktion“ ausgelöst. Durch die Steilstellung des Beckens kommt es zur Abflachung der Lendenwirbelsäule, die physiologische Lordosekrümmung verschwindet. Der Körperschwerpunkt wird vor die Körperachse verlagert, was zu einer kompensatorischen Verstärkung der Brustkyphose führt, es bildet sich ein Buckel, der mit zunehmender Erschlaffung der langen Rückenstreckmuskulatur und weiterer Schwerpunktverlagerung nach vorne die Brustkyphose weiter verstärkt. Der Kopf und damit auch der Blick ist in dieser Position auf den Boden gerichtet, wodurch es zur kompensatorischen Verstärkung der Halswirbelsäulenlordose kommt.

Durch die Beckenaufrichtung werden die Hüftgelenke überstreckt, was durch eine vermehrte Beugung der Kniegelenke ausgeglichen wird. Die Fehlposition der Hüft- und Kniegelenke führt zu Beugekontrakturen, die insgesamt die Deformierung der Wirbelsäule verstärken.

Die entzündliche Verknöcherung der Brustbein-Rippengelenke und der Rippen-Wirbelgelenke führen zusammen mit der Deformität des Brustkorbs zu Atemstörungen.

Wie wird die Spondylitis ankylopoetica behandelt?

Es gibt keine Therapie, die zur Heilung der Erkrankung führt.

Die konservative Therapie stützt sich auf die Kombination folgender Behandlungsmethoden:

- Medikamentöse Behandlung
 - Entzündungshemmung
 - durch NSAR (nicht-steroidale Antirheumatica)
 - durch Cortisonpräparate, die wegen der Nebenwirkungen nicht als Dauertherapeutikum eingesetzt werden können
 - TNF-alpha-Blocker (Tumor-Nekrose-Faktor alpha), eine noch neue Medikamentengruppe, die das TNF-alpha, ein Zytokin, das bei rheumatischen Erkrankungen, auch bei der Spondylitis ankylopoetica erhöht ist und wohl eine große Rolle bei der entzündlichen Gelenkzerstörung spielt, blockiert
 - Durch Injektion des radioaktiven Isotops Radium 224 können die Entzündungen günstig beeinflusst werden.
 - Schmerzmedikamente
 - Muskelrelaxantien
 - Eine Behandlung mit so genannten „langfristig krankheitsmodifizierenden“ Medikamenten wie zum Beispiel Sulfalazin oder Methotrexat kann angewendet werden, wenn der Krankheitsverlauf durch einen starken Befall der großen Gelenke bestimmt wird. Bei einem reinen Befall der Wirbelsäule ist die Anwendung umstritten.
- Aktive und passive Bewegungstherapie

Die Bewegungstherapie muss mit angepasster sportlicher Aktivität, Haltungs- und Bewegungsschulung, Ausgleich der bestehenden muskulären Dysbalancen, Atem- und Ausdauertraining regelmäßig und intensiv zur Erhaltung und Verbesserung der Wirbelsäulen- und Gelenkbeweglichkeit durchgeführt werden.
- Physikalische Therapie mit Bestrahlung, Massagen, Elektrotherapie, Kälte- und Wärmeanwendung und anderen, die dazu hilft, die Muskulatur zu lockern und Entzündungen zu verringern.
- Weitere mögliche Behandlungsmethoden sind Homöopathie, Phytotherapie, Traditionelle Chinesische Medizin, Neuraltherapie und begleitende psychologische Betreuung mit Entspannungstechniken
- Eine operative Therapie bei der Spondylitis ankylopoetica kann erforderlich werden,
 - Bei massiven Deformitäten der Wirbelsäule:

Wenn die Verkrümmungen der Wirbelsäule so stark sind, dass innere Organe, wie zum Beispiel die Lunge, eingeengt werden und die Lebensqualität durch die stark gebeugte Haltung massiv eingeschränkt ist, dann können Korrekturosteotomien zur Aufrichtung der Wirbelsäule durchgeführt werden.
 - Bei massiver Instabilität von Wirbelsegmenten:

Bei teilweise versteifter Wirbelsäule, die von noch nicht versteiften Wirbelsegmenten unterbrochen sind, kann es zur Instabilität dieser Wirbelsegmente kommen.

Die instabilen Segmente werden dann operativ versteift (Spondylodese)
 - Bei Wirbelbrüchen wird in der Regel eine operative Stabilisierung des Wirbelbruchs durch dorso-ventrale (vom Rücken und Bauch ausgeführte) Stabilisierungsverfahren erreicht.
 - Bei bestehendem Befall großer Gelenke mit entzündlicher Destruktion kann die operative Versorgung mit künstlichen Hüft- oder Kniegelenken erforderlich werden.

· Entzündliche Erkrankungen

Es gibt verschiedene Operationsverfahren, die zur korrigierenden Aufrichtung der Wirbelsäule oder bei Instabilitäten zum Einsatz kommen. Folgende Operationsmethoden werden in unserer Abteilung abhängig von der bestehenden Indikationsstellung häufig durchgeführt:

- bei überwiegend lumbaler Kyphose:
 - Pedikelsubstraktionsosteotomie mit langstreckiger Instrumentation
 - multisegmentale Smith-Peterson Osteotomie (Chevron-Osteotomie) mit langstreckiger Pedikelinstrumentation
- bei thorakaler Kyphose:
 - komplette Wirbelkörperresektion mit Aufrichtungsspondylodese
- bei thoracocervicaler Manifestation:
 - thoracocervicale Aufrichtungsspondylodese mit Pedikelsubstraktion bei TH 1
- bei hochcervicaler Manifestation:
 - C1/C2 Fusion in Harms-Technik