

Development of innovative training solutions in the field of functional evaluation aimed at updating of the curricula of health sciences schools



MODUL: BIOMECHANIK DES GANGS
DIDAKTISCHE EINHEIT B: BIOMECHANISCHE
VERÄNDERUNGEN IM GANG



Inhalt

1. ZIELE	3
2. EINLEITUNG	4
3. PHYSIOLOGISCHE ÜBERTREIBUNGEN BEIM NORMALEN GANG	5
4. GRUNDLEGENDE DYSFUNKTIONEN, DIE DIE MOBILITÄT BEEINTRÄCHTIGEN	6
ANGEBORENE DEFEKTE DES BEWEGUNGSAPPARATES	6
HALTUNGSSCHÄDEN	7
MUSKULOSKELETTALE ERKRANKUNGEN	7
NEUROLOGISCHE FUNKTIONSSTÖRUNGEN DES BEWEGUNGSAPPARATES	8
TRAUMATISCHE MUSKULOSKELETTALE VERLETZUNGEN.....	8
5. ARTEN DES PATHOLOGISCHEN GANGS	10
STEPPAGE	10
ATAXIC GAIT	11
ENTENGANG.....	11
HEMIPARETISCHER GANG	12
PARKINSONSCHES GANGBILD	12
PARETISCHER GANG	12
SPASTIC GAIT.....	12
PATHOLOGISCHER GANG AUFGRUND VON ASYMMETRIE IN DER LÄNGE DER UNTEREN GLIEDMASSEN	13
ANDERE ARTEN DES PATHOLOGISCHEN GANGS.....	14

Gangart mit kleinen Schritten	14
Krummer Gang	14
Apraxischer Gang	14
Kleinhirn Gangart.....	14
Stelzengang.....	14
6. AUSGEWÄHLTE VERÄNDERUNGEN, DIE IN DEN EINZELNEN STADIEN DES PATHOLOGISCHEN GANGBILDES AUFTRETEN	15
7. AUSGEWÄHLTE VERÄNDERUNGEN KINEMATISCHER GRÖßEN, DIE BEIM PATHOLOGISCHEN GANG AUFTRETEN	19
ZEIT-RAUM-PARAMETER	19
GELENKWINKELKURSE	21
8. BEISPIELE FÜR VERÄNDERUNGEN DER DYNAMISCHEN PARAMETER BEIM PATHOLOGISCHEN GANG	23
9. GEHEN AN KRÜCKEN ALS BEISPIEL FÜR PATHOLOGISCHES GEHEN	26
GANGARTEN AN UNTERARMGEHSTÜTZEN	27
BEISPIELE FÜR VERLÄUFE VON GELENKWINKELN BEIM SCHWUNG-GANG	30
10. BIOMECHANIK DES PATHOLOGISCHEN GANGS - FALLBEISPIEL	33
PERSON 1	33
PERSON 2	38
11. SCHLÜSSELIDEEN	45
12. LITERATURVERZEICHNIS	46

1. Ziele

- Lernen Sie die Arten des übertriebenen Gangs kennen.
- Lernen Sie die Arten des pathologischen Gangs kennen.
- Lernen Sie Beispiele für Veränderungen kinematischer und dynamischer Größen kennen, die bei ausgewählten Krankheiten, die die Gangregelmäßigkeit beeinflussen, aufgezeichnet wurden.

2. Einführung

Das Gehen ist eine der komplexesten motorischen Aufgaben. Eine Person in stehender Position wird am häufigsten als umgekehrtes Pendel mit zwei Freiheitsgraden (Knöchel- und Kniegelenk) beschrieben. Manchmal wird diesem Modell noch ein dritter Freiheitsgrad hinzugefügt, nämlich das Hüftgelenk. Eine solche Beschreibung spiegelt jedoch nur das wider, was bei Betrachtung der untersuchten Person in der Sagittalebene beobachtet werden kann. In der Tat kann man in jedem der Gelenke der unteren Extremität drei Freiheitsgrade angeben - Flexion / Extension, Adduktion / Abduktion und Rotation. In einem solch komplizierten System ist die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts dank der Arbeit der Muskeln der unteren Gliedmaßen möglich, sowie durch die Einstellung einzelner Segmente des Oberkörpers. Das Ganze ist eine äußerst komplizierte Aufgabe, bei der mehrere überdimensionale Antriebe wie Muskeln den Körper lenken müssen, damit er nicht fällt. Eine zusätzliche Schwierigkeit besteht darin, dass sich der Körper in ständiger Bewegung befindet. Ein solch komplexes mehrgliedriges System muss während des Gehens bewegt werden, indem es abwechselnd aus dem Gleichgewicht geworfen und dann wieder in dieses Gleichgewicht gebracht wird [9].

Die Notwendigkeit, ein so komplexes Mehrkomponentensystem zu steuern, bedeutet, dass irgendwelche Defekte - Krankheiten - diese Tätigkeit sehr mühsam und manchmal sogar unmöglich machen können. Diese Defekte können auf der Ebene des Steuerungssystems (Gehirnerkrankungen), der Informationsübertragung (alle neurologischen Erkrankungen) und auf der Ebene der kraftübertragenden Elemente (Muskelkrankungen) sowie des den ganzen Körper tragenden Skelettsystems (Frakturen, Gelenkerkrankungen) auftreten. Der Einfluss so vieler Faktoren auf das Gangvermögen führt auch zu Veränderungen in der Art und Weise, wie Sie sich bewegen, je nachdem, was sie verursacht hat. Deshalb werden im weiteren Teil der Arbeit definierte Gangtypen vorgestellt, gefolgt von Beispielen von Veränderungen kinematischer und dynamischer Größen, die beim Auftreten ausgewählter Krankheiten auftreten, zusammen mit einer Beschreibung, an welchen Stellen sich der Gang der untersuchten Person von dem als normal angenommenen Muster unterscheidet.

3. Physiologische Übertreibungen beim normalen Gang

Bevor wir zur Beschreibung von definierten Beispielen des pathologischen Gangs übergehen, werden Beispiele für die sogenannte Übertreibung des normalen Gangs vorgestellt. In der Regel haben Menschen, die diese Art des Gangs bemerken, keine ernsthaften Beschwerden. Das Auftreten eines abnormalen Gangs kann mit einem abnormalen Bewegungsmuster einhergehen, das wiederum z. B. durch einen abnormalen Muskeltonus, der unmittelbar nach der Geburt aufgetreten sein kann, oder durch frühere Verletzungen und Schäden bedingt sein kann.

Seindler identifizierte die folgenden Arten von übertriebenem Gangverhalten [2]:

Schwankender Gang

Sie tritt in der Regel bei Frauen auf und ist gekennzeichnet durch ein vermehrtes Anheben des Beckens und eine Senkbewegung in der Frontalebene sowie ein Kippen des Beckens auf der Seite des Schoßes bei gleichzeitiger größerer Absenkung der Schulter auf der Seite der Auflage.

Seemannsgang

Der Schwerpunkt hat eine übertriebene Seitwärtsneigung, in stärkerem Maße aber auch einen schwankenden Gang.

Majestätischer Gang

Übermäßige Beschleunigung und Streckung des Beins, bevor die Ferse den Boden berührt, das ist unnatürlich und unwirtschaftlich.

Steifer Gang

Sie zeichnet sich durch eine nicht natürliche Reduzierung von Becken- und Schulderschwingungen aus.

Kleine Schritte gehen

Sie kann bei Menschen mit kurzen unteren Gliedmaßen beobachtet werden, sie ist durch eine kurze Schrittlänge, aber eine hohe Schrittfrequenz gekennzeichnet.

4. Grundlegende Dysfunktionen, die die Mobilität beeinträchtigen

Die Unfähigkeit, sich richtig zu bewegen, kann die Folge vieler Krankheiten sein. Ihre Entstehung kann sowohl das Ergebnis der Krankheit als auch des externen Faktors sein. Aufgrund der hohen Komplexität der Gangaktivität sowie der Komplexität der Funktionsweise des menschlichen Körpers können Ganganomalien durch viele Faktoren verursacht werden, zu denen auch gehören können:

- Angeborene Defekte des Bewegungsapparates,
- Haltungsschäden
- muskuloskeletale Erkrankungen,
- neurologische Dysfunktionen des Bewegungsapparates,
- traumatische muskuloskeletale Verletzungen.

ANGEBORENE DEFEKTE DES BEWEGUNGSAPPARATES

Der Begriff "angeborene Defekte" umfasst alle Arten von pathologischen Veränderungen, die kausal mit der Periode des fötalen Lebens des Kindes zusammenhängen und sich entweder bei pränatalen Untersuchungen oder nach der Geburt manifestieren - sowohl bei der Geburt als auch während der weiteren Entwicklung.

Die Bildung dieses Defekttyps kann durch die folgenden Faktoren beeinflusst werden, die während des fötalen Lebens des Kindes auftreten:

- genetische Faktoren,
- lokale Schäden am Kind,
- Hypoxie,
- toxische Verbindungen,
- Infektionen,
- mütterliche hormonelle Störung,
- unsachgemäße Ernährung der Mutter,
- Alkohol trinken, rauchen oder andere Rauschmittel einnehmen,
- ionisierende Strahlung,
- Ultraposition (übermäßiges Verharren für einige Zeit in einer Position, z. B. in der Beugung der Hüfte).

Zu den Geburtsfehlern, die sich auf die Beeinträchtigung der Mobilität auswirken können, zählen die folgenden:

- Angeborene Mängel und Defekte der Gliedmaßen,
- Entwicklungsstörungen der Gliedmaßen, z. B. Hüftdysplasie, Hüftluxation,
- angeborene Fehlbildungen des Brustkorbs und des Halses, z. B. trichterförmige Brust, Schiefhals,

- Angeborene Fehlbildungen der Wirbelsäule, z. B. kurzer Hals, seitliche Verkrümmungen der Wirbelsäule.

HALTUNGSSCHÄDEN

Unter Haltungsschäden versteht man individuelle Abweichungen der Körperhaltung von der als normal angesehenen Norm. Haltungsstörungen können, insbesondere wenn sie unbehandelt bleiben, zu Funktionsstörungen anderer Organe und innerer Systeme führen, was sich nicht nur auf die Verschlechterung der Lebensqualität auswirkt (einschließlich eingeschränkter Mobilität), sondern im Extremfall zum Tod führen kann.

Haltungsschäden sind in der Regel mit einer Fehlstellung der Wirbelsäule verbunden. Sie treten auf:

- in der Sagittalebene, z. B. vertiefte oder flache zervikale oder lumbale Lordose,
- in der Frontalebene, wie z. B. die seitliche Verkrümmung der Wirbelsäule, d. h. die Skoliose.

Zu den Ursachen von Haltungsschäden gehören:

- neurogene Ursachen, zum Beispiel eine Nervenlähmung,
- myogen, zum Beispiel aufgrund von Muskeldystrophie,
- thorakogene Erkrankungen, die z. B. nach Herz-Kreislauf- oder Atemwegserkrankungen oder als Folge von thoraxchirurgischen Eingriffen auftreten.

MUSKULOSKELETTALE ERKRANKUNGEN

Erkrankungen der Bewegungsorgane treten innerhalb der Strukturen auf, aus denen dieses Organ besteht, d. h. sie können an den Knochen, Gelenken und den umgebenden Weichteilen auftreten, wie z. B. an Bändern, Sehnen und deren Scheiden, Schleimbeutelentzündungen, Menisken usw.

Ausgewählte muskuloskeletale Erkrankungen können einbezogen werden:

- aseptische Osteonekrose - ein Krankheitssyndrom, dessen Hauptmerkmal das Absterben von Knochen und bis zu einem gewissen Grad auch von Knorpelgewebe ist, das ohne Beteiligung pathogener Mikroorganismen auftritt. Die Krankheit kann zu Deformationen der Epiphysenknochen oder sekundären degenerativen Veränderungen führen. Als Ursache kommen z. B. Durchblutungsstörungen infolge von einklemmenden Gefäßen, Fehlbildungen oder Verletzungen in Frage.
- entzündliche Erkrankungen des rheumatoiden Typs - systemische Bindegewebserkrankung. Als Folge der Erkrankung treten Gelenkdeformitäten und Muskelschwund auf.

- degenerative Veränderungen - sie bestehen aus degenerativen Veränderungen, die hauptsächlich im Gelenkknorpel sowie in periartikulären Elementen auftreten. Zu den Ursachen gehören Verletzungen und Mikroverletzungen, die aus zyklischen Gelenküberlastungen resultieren (z. B. als Folge eines falschen Bewegungsmusters).
- Diskopathie und andere Veränderungen, die innerhalb der Wirbelsäule und der Iliosakralgelenke auftreten - diese Veränderungen können u. a. die Folge von Entzündungen innerhalb der wirbelsäulenstabilisierenden Strukturen, degenerativen Veränderungen und Zwischenwirbelbrüchen sein. Alle diese Erkrankungen sind mit einer Kompression der Nervenwurzeln oder im Extremfall des Rückenmarks verbunden, was zu starken Schmerzen führt, die die Leistungsfähigkeit und Beweglichkeit erheblich beeinträchtigen.

NEUROLOGISCHE DYSFUNKTIONEN DES BEWEGUNGSAPPARATES

Zu den häufigsten Ursachen für neurologische Funktionsstörungen des Bewegungsapparates gehören Schädigungen oder Störungen des Nervensystems - sowohl des zentralen als auch des peripheren. Diese Störungen wirken sich auf die Beeinträchtigung oder das Verschwinden der Skelettmuskelkontrolle und damit auf motorische Störungen des Bewegungsapparates, einschließlich Gangstörungen, aus.

Zu den neurologischen Ursachen der muskuloskelettalen Dysfunktion können gehören:

- Gehirnkrankheit,
- Entzündung des zentralen Nervensystems,
- Erkrankungen des Rückenmarks,
- neuromuskuläre Erkrankungen.

TRAUMATISCHE MUSKULOSKELETTALE VERLETZUNGEN

Verletzungen können in Makrotrauma und Mikrotrauma unterteilt werden.

Als Folge einer Verletzung können sowohl das zentrale und periphere Nervensystem als auch die Weichteile und Knochen, die den Bewegungsapparat bilden, beschädigt werden. Zu den Knochenschäden können alle Gelenkfrakturen oder -verrenkungen gehören. Weichteilverletzungen umfassen u. a. Prellungen, Quetschungen, Risse und Brüche von Strukturen wie Muskeln, Sehnen und Bändern.

Eine Verstauchung im Gelenk ist eine Verletzung, die auftritt, wenn äußere Kräfte, die auf den Bewegungsapparat einwirken, zu einer Überschreitung des physiologischen Bewegungsumfangs im Gelenk führen. Eine Verstauchung kann zu einer Dehnung oder Ruptur der Weichteile führen, die das Gelenk umgeben.

Eine Gelenkverrenkung ist eine viel schwerere Verletzung als eine Verstauchung, oft schwerwiegender als ein Knochenbruch. Sie tritt auf, wenn es zu einem vollständigen Verlust des Kontakts zwischen den Gelenkflächen kommt - der Kopf eines Knochens springt aus der Hüftpfanne des anderen Knochens, der das Gelenk bildet. In der Regel gehen Luxationen mit Weichteilverletzungen rund um das Gelenk, Knochenbrüchen und Blutgefäßschäden einher.



Abb. 1 Hüftluxation

5. Arten des pathologischen Ganges

Jede der im vorigen Kapitel genannten Ursachen für Schädigungen des Bewegungsapparates führt zu Veränderungen der Biomechanik des Ganges. Aufgrund der Merkmale der Bewegungsweise und der Ursachen der Störungen werden mehrere Typen des pathologischen Ganges unterschieden, die ineinander übergehen können [1]:

-Steppung ,

- ataktischer Gang,
- Entengang,
- hemiparetischer Gang,
- parkinsonsches Gangbild,
- paretischer Gang,
- spastischer Gang,
- pathologischer Gang aufgrund von Asymmetrie in der Länge der unteren Gliedmaßen,
- Gang mit kleinen Schritten,
- gebeugter Gang,
- Apraxischer Gang,
- Kleinhirn-Gangart,
- Stelzengang,

STEPPAGE

Auch bekannt als Pferdegang, Roosters Gang. Tritt bei Lähmungen des Peroneusnervs auf, bei Menschen mit schlaffen Paresen beider unterer Gliedmaßen. Am häufigsten und am stärksten betroffen sind die Muskeln der dorsalen Fußbeuger. Das vorherrschende Symptom ist das Vorhandensein des sogenannten Fallfußes. Der Kranke, der einen Schritt nach vorne machen will und gleichzeitig versucht, mit dem Fuß nicht auf den Boden zu kommen, ist gezwungen, die untere Extremität im Kniegelenk stärker zu beugen und höher zu heben.

ATAXIC GAIT

Der ataktische Gang tritt bei Patienten mit posteriorer Funiculis der Rückenmarksentzündung auf. Er ist durch Dysmetrie und ungleichmäßige Schritte gekennzeichnet. Er gehört zu den Fehlgangstypen symmetrischer Natur auf breiter Basis.

Beim ataktischen Gang wird die untere Extremität im Kniegelenk übermäßig nach vorne gebeugt. Dies wird von einem starken Aufprall mit dem Fuß auf dem Boden begleitet. Darüber hinaus ist der Gang ausgesprochen instabil.

Die Ursachen für diesen Zustand sind Propriozeptionsstörungen bei Erkrankung der Funiculi des Rückenmarks. Diese Gangart tritt daher bei Patienten mit propriozeptiven Empfindungsstörungen auf. Er ist typisch für Kleinhirn- und Rückenmarksataxie und Chorea.

ENTENGANG

Der Entengang tritt bei Menschen mit Lähmungen des Beckengürtels und der Oberschenkelmuskulatur auf, was wiederum zu einem seitlichen Schwanken beim Gehen und Schwierigkeiten beim Treppensteigen führt.

Die Hauptursachen für den Entengang sind Dysplasie, Luxation beider Hüftgelenke, Myopathien und Muskeldystrophie. Entengang kann auch verursacht werden durch:

- Hüftschmerzen - z. B. durch degenerative Erkrankungen oder rheumatoide Arthritis. In diesem Fall bewirkt die kompensatorische, seitliche Neigung des Rumpfes eine deutliche Reduktion der Belastung und damit auch der Schmerzen.
- Versagen der Abduktionsmuskeln des Hüftgelenks - bei einer Schwächung dieser Muskelgruppe kann die von ihr erzeugte Kraft nicht ausreichen, um das Becken in der einfachen Stützphase zu stabilisieren. Eine Schwäche der Abduktoren kann als Folge einer Krankheit oder Verletzung auftreten, die direkt die Muskeln oder die Strukturen zur Steuerung des Nervensystems betrifft
- strukturelle Anomalien der Hüfte - dazu gehören angeborene Hüftluxation (Hüftdysplasie), deformierte Hüfte, juvenile Exfoliation des Hüftkopfes. Jede dieser Bedingungen führt zu einer Verringerung der effektiven Länge des durchschnittlichen Gesäßmuskels, da der Trochanter major femoralis nach proximal zum Beckenrand wandert.

Zu Beginn der Stützphase bewirkt die Lähmung des Gesäßmuskels, dass sich der Rumpf zurückzieht und die Hüfte auf der Seite der betroffenen Extremität nach vorne streckt. Die mittlere Gluteusmuskelinsuffizienz ist der Grund für die fehlende Stabilisierung des Beckens in der Stützphase. Bei einseitiger Insuffizienz fällt beim Stehen auf einem kranken Bein das Becken auf die gesunde Seite (Trendelenburg-Symptom). Beim Gehen kippt das Becken abwechselnd auf die eine Seite und die Schultern auf die andere Seite (Duchenne-Symptom).

HEMIPARETISCHER GANG

Der hemiparetische Gang tritt bei Patienten mit spastischer Hemiparese zerebralen Ursprungs (z. B. nach Schlaganfall) auf. Der Gang ermöglicht erhaltene Bewegungen im Hüftgelenk (der Patient macht Halbkreise) bei fehlender Beugung im Kniegelenk. Der Fuß bleibt in Klumpfußstellung. Die fehlende Bewegung im Kniegelenk und die Stellung des Fußes ist die Folge einer Spastik (der sogenannten Wernicki-Mann-Anordnung).

Der Patient macht beim Gehen, aufgrund der fehlenden Bewegung in den Knie- und Sprunggelenken, bei einem Schritt mit einer kranken Gliedmaße einen Bogen ("mäht"). Er lehnt sich zur gesunden Seite hin (seitliche Beugung des Rumpfes). Aufgrund der Spastik ist die obere Gliedmaße oft am Ellenbogengelenk angehängt und gebeugt. Es besteht daher kein richtiges Gleichgewicht der oberen Gliedmaßen und des gesamten Körpers.

PARKINSONSCHER GANG

Der parkinsonsche Gang, auch bekannt als Gang mit kleinen Schritten, ist ein charakteristisches Symptom der Parkinson-Krankheit. Der Patient hat Schwierigkeiten, das Gehen einzuleiten und anzuhalten. Zusätzlich geht dies mit einer fehlenden physiologischen Beteiligung der oberen Gliedmaßen einher.

Das Symptom, das mit Bewegungsschwierigkeiten einhergeht, ist unter anderem mit der charakteristischen Figur des Erkrankten verbunden. Es ist versteift und nach vorne gelehnt, und der Patient selbst hat eine erhöhte Fähigkeit zu fallen. Zu den Haltungsstörungen gehören auch vertiefte Kyphose, Beugung der Hüft- und Kniegelenke.

PARETISCHER GANG

Der paretische Gang ist eine charakteristische Gangart, die bei schlaffer Parese beider unterer Gliedmaßen auftritt. Er basiert auf Hochziehen, Durchstechen und Schlurfen mit den Füßen, während die Kniegelenke aufgrund der Spastik immobilisiert sind. Der Patient hebt seinen Fuß kaum vom Boden ab. Er bewegt sich langsam und mühsam, wobei er sich normalerweise auf einen Stock stützt oder die Hilfe einer anderen Person in Anspruch nimmt.

Sie ist charakteristisch für beidseitige Läsionen der Pyramidenbahnen (meist auf Höhe der Wirbelsäule) oder Querverletzungen des Rückenmarks. Es ist auch ein Symptom für bilaterale Veränderungen in der weißen Substanz des Gehirns.

SPASTIC GAIT

Spastischer Gang, wie der Name schon sagt, tritt mit Spastik in den Hüft- und Kniegelenken auf. Spastischer Gang tritt meist bei Querschnittsgelähmten auf.

Der Patient beugt die Gliedmaßen leicht in den Gelenken, geht mit kleinen Schritten und scharrt mit den Füßen auf dem Boden. Die unteren Gliedmaßen bewegen sich langsam und steif, und die Oberschenkel sind stark angewinkelt. Dadurch können sich die Trommelstöcke beim Gehen kreuzen (Scherengang). Die Füße können plantarflexiert und invertiert sein. Außerdem kommt es vor, dass der Patient mit den Zehen auf dem Boden aufkommt. Generell wirkt der Patient beim Gehen eingeeengt.

Beim spastischen Gang rotiert das Becken oft falsch. Bei der Rückwärtsrotation scheint ein Bein mehr eingezogen zu sein. Im Gegenzug übernimmt ein leistungsfähigeres (nach vorne gestrecktes) Bein meist die meiste Last (wie bei einer Halbseitenlähmung).

Bei einem typischen spastischen Schritt trifft nicht die Ferse, sondern die Finger zuerst auf den Boden. Wenn der Rücken gekrümmt ist und eine Lordose auftritt, kann eine übermäßige Kyphose der Brustwirbelsäule auftreten. Aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung der Last, unterschiedlicher Längen der unteren Gliedmaßen und anderer Ursachen für die Asymmetrie der Steh- und Sitzhaltung tritt eine seitliche Krümmung der Wirbelsäule auf.

Darüber hinaus werden übermäßiges Schwingen der oberen Gliedmaßen oder übermäßige Abwehrreflexe beobachtet. Aus diesem Grund fehlen meist alternierende Armbewegungen. Es besteht eine Fehlstellung der Hände, wie in der früheren Periode der motorischen Entwicklung. Das Zurückziehen der Schultern kann von einem Zurückziehen des Beckens und der Hüften begleitet sein.

PATHOLOGISCHER GANG AUFGRUND VON ASYMMETRIE IN DER LÄNGE DER UNTEREN GLIEDMASSEN

Eine Asymmetrie in der Länge der unteren Extremitäten verursacht in der Regel ein Hinken der Person. Bei einer leichten Verkürzung der unteren Gliedmaßen (3-5 cm) kommt es zu keiner offensichtlichen Gangstörung, da der Patient diese Defekte durch eine Beckenkipfung ausgleicht. Bei einer größeren Verkürzung (über 5 cm) wird die Länge der unteren Gliedmaßen ausgeglichen, indem der Fuß der kurzen Gliedmaße auf das Pferd gestellt und die längere Gliedmaße im Knie gebeugt wird.

Die Schrittlänge nimmt auf der kürzeren Seite ab. Die Belastungszeit einer kürzeren Gliedmaße während des Gehens ist nicht reduziert, wie es beim Hinken aufgrund von Schmerzen in einer Gliedmaße der Fall ist. Außerdem gibt es auf der kürzeren Seite der Gliedmaße größere Beckenauslenkungen in der Frontalebene, wobei die Schultern auf der gegenüberliegenden Seite kippen.

Eine Gliedmaßenverkürzung kann real oder scheinbar sein.

Echte Verkürzungen treten u. a. als Folge von Störungen des Verknöcherungsprozesses auf, bei Zuständen nach Brüchen der Gliedmaßen, insbesondere wenn es zu einer Vereinigung mit falscher Positionierung der Knochenfragmente gekommen ist.

Die scheinbare Verkürzung tritt bei der Muskelkontraktur im Hüftgelenk und der Flexionskontraktur auf. Die Abduktionskontraktur bewirkt die scheinbare Verlängerung der unteren Extremität.

ANDERE ARTEN DES PATHOLOGISCHEN GANGS

Gangart mit kleinen Schritten

Bei dieser Art der Bewegung wird der Schritt vorwärts unnatürlich reduziert. Infolgedessen ist die Schrittlänge kleiner und die Anzahl der Schritte pro Zeiteinheit größer. Es ist zu beachten, dass dies bei Menschen mit kurzen unteren Gliedmaßen eine normale Art des Gangs ist. In anderen Fällen kann es das Ergebnis einer Funktionsstörung der Großhirnrinde sein oder z. B. durch einen Schlaganfall verursacht werden.

Krummer Gang

Tritt bei Kontraktion und Versteifung der Hüft- und Kniegelenke auf und schränkt die Bewegung der Lendenwirbelsäule ein.

Apraxischer Gang

Die Bewegungen des Patienten sind unbeholfen und unsicher. Ursache ist eine kortikale Störung der Bewegungsintegrationsprozesse, meist als Folge einer Schädigung des Frontallappens.

Kleinhirn-Gangart

Verursacht durch eine Schädigung der Kleinhirnbahnen oder -zentren, ist sie durch einen Mangel an Koordination gekennzeichnet.

Stelzengang

Ist die Wirkung der Vorfußamputation.

6. Ausgewählte Veränderungen, die in den einzelnen Stadien des pathologischen Gangbildes auftreten

Bei der Beschreibung der Biomechanik des pathologischen Gangs wird in der Regel auf die Werte und Zeitverläufe Bezug genommen, die für den Gang gesunder und sich korrekt bewegender Menschen gemessen wurden, d. h. Menschen, deren Gang sich nicht vom Bevölkerungsdurchschnitt unterscheidet. In diesem Kapitel werden ausgewählte Unterschiede, die im Gang kranker Menschen im Vergleich zu gesunden Menschen auftreten können, vorgestellt und dann als Beispiele für den pathologischen Gang die grundlegenden Unterschiede, die in der Gangbiomechanik von Menschen nach Hüftarthroplastik und Schlaganfall auftreten, aufgezeigt.

Bei der Beschreibung des Gehzyklus wird in der Regel eine klassische Beschreibung der einzelnen Elemente verwendet, die in eine Stütz- und Schwungphase unterteilt ist und diese Phasen dann in kleinere Perioden unterteilt.

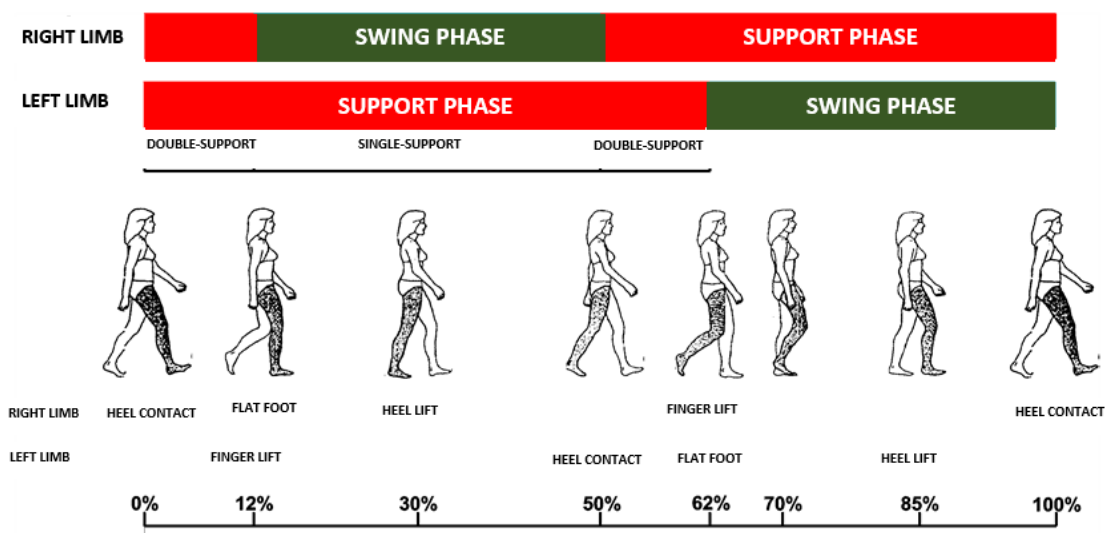


Abb. 2Gangphasen nach der klassischen Notation [10]

In Anbetracht der Tatsache, dass beim pathologischen Gang einige der Ereignisse, die während des Gangzyklus auftreten, nicht vorkommen oder ein verändertes Muster haben, gelten in der medizinischen Anwendung andere Wege zur Beschreibung des Gangzyklus als der klassische. Eine der bekanntesten ist die, die von der Abteilung für Physiotherapie und dem Pathokinesiologischen Dienst des Rancho Los Amigos Medical Center in Kalifornien entwickelt wurde. Dieses System wird, nach dem Namen des Zentrums, als Rancho Los Amigos Gangbeschreibungssystem bezeichnet. Dieses System identifiziert 8 aufeinanderfolgende Gangphasen, die direkt bei der klinischen Beurteilung von Gangstörungen verwendet werden können. Jede der Phasen bezieht sich auf charakteristische Gliedmaßenpositionen oder Merkmale der Bewegung, die als kritische Ereignisse bezeichnet werden. Diese Ereignisse sind in der Sagittalebene als der Ebene sichtbar, in der die größten Änderungen in der Winkelposition einzelner Segmente der unteren Extremität stattfinden.

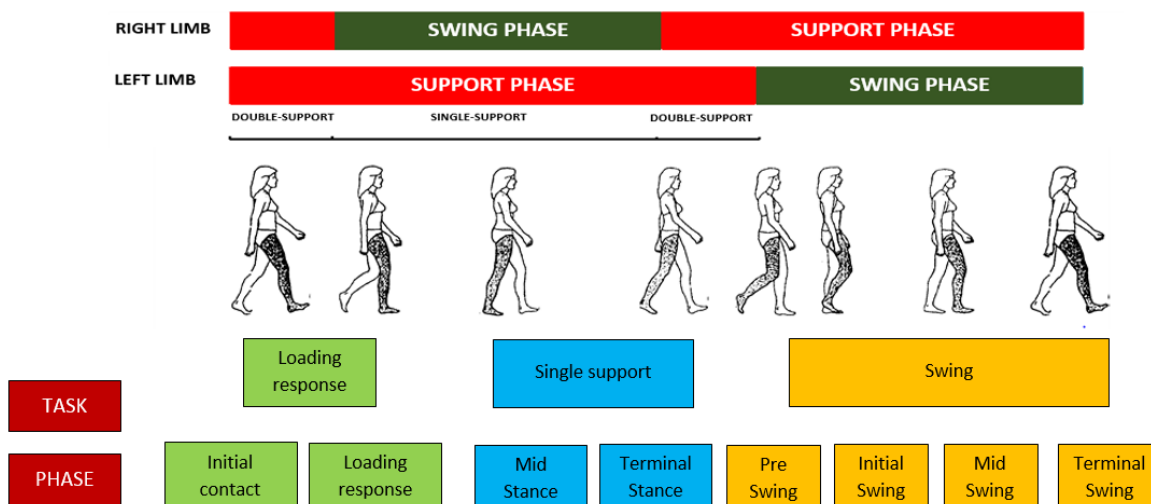


Abb. 3 Weitere Stadien des Gangs nach dem Gangbeschreibungssystem von Rancho Los Amigos

Die nächsten Phasen des Gangs sind nach den Aufzeichnungen von Rancho Los Amigos mit nachfolgenden Aufgaben der unteren Extremität verbunden. Im Folgenden werden die nachfolgenden Phasen des Gangs beschrieben, zusammen mit Hinweisen auf ausgewählte mögliche Abweichungen vom angenommenen Muster, die auf der Grundlage des beschriebenen Systems zu sehen sind [11].

Erstkontakt

Die Phase entspricht dem Kontakt des Fußes mit dem Boden, wodurch der nächste Gehzyklus beginnt. Bei einer gesunden Person beginnt diese Phase mit dem Aufsetzen des seitlichen Teils der Ferse auf den Boden. Sie ist auch der Beginn der Zwei-Stützen-Phase in der Analyse des Gangzyklus der gegenüberliegenden Gliedmaße.

Bei Gangstörungen kann der Beginn des Bodenkontakts des Fußes nicht von der Ferse ausgehen, sondern vom Aufsetzen des gesamten Fußes oder der Zehen. Diese Störungen können z. B. aus einer Spastik der Plantarflexormuskeln des Fußes, einer verminderten Beweglichkeit im Sprunggelenk oder aus Faktoren resultieren, die ein Absinken des Fußes während der Schwungphase verursachen.

Ladeverhalten

In dieser Phase wird das Körpergewicht schnell auf die Gliedmaße übertragen. Die Übernahme des Körpergewichts ist mit der Abfederung dieser Kraft durch Abflachen des Fußes verbunden. Diese Phase dauert so lange, bis die gegenüberliegende Gliedmaße den

Kontakt zum Boden verliert. Die meisten Muskeln arbeiten exzentrisch, d.h. sie erzeugen Kraft bei gleichzeitiger Längenzunahme. Dies dient dazu, die Bewegung teilweise zu verlangsamen, das Körpergewicht auf der Gliedmaße zu halten, aber auch um eine ununterbrochene Vorwärtsbewegung des Körpers zu gewährleisten.

Pathologisches Gehen in dieser Phase kann mit unsachgemäßer, exzentrischer Muskularbeit oder unsachgemäßer Fußarbeit verbunden sein, die statt einer gleichmäßigen Bewegung schnell zu Boden schlägt.

Mittelstellung

Dies ist die erste Phase in der Einzelstützphase des Gangs. Der gesamte Fuß haftet mit seiner gesamten Oberfläche am Boden und trägt das Gewicht des gesamten sich vorwärts bewegenden Körpers, der sich in dieser Phase genau darüber befindet. Ein wichtiges Element dieser Phase ist die Beibehaltung der Linearität der Gliedmaßen.

Die häufigsten Abweichungen von der Norm, die in dieser Phase zu sehen sind, sind die fehlende Linearität der Gliedmaße, die Überstreckung des Knies oder das Fallen des Beckens auf die gegenüberliegende Seite (Trendelenburg-Symptom), was auf das Versagen der Gesäßmuskeln der Gliedmaße bei der Unterstützung hinweist.

Endstellung

Es erfolgt eine weitere Bewegung des Körpers nach vorne über die untere Extremität. Das Körpergewicht beginnt, über den Vorderfuß gehalten zu werden. Die Aufgabe dieser Phase ist es, den Körperschwerpunkt aus der Stützebene zu bringen. Diese Phase endet, wenn die gegenüberliegende Gliedmaße auf dem Boden aufgesetzt wird. Für die ordnungsgemäße Durchführung dieser Phase ist eine gute Beweglichkeit in den Hüft- und Großzehengrundgelenken erforderlich. Der Mangel an richtiger Beweglichkeit in diesen Gelenken ist mit Abweichungen von der Norm in dieser Phase des Gangs verbunden.

Vorschwingen

Dies ist die Endphase der Unterstützung der analysierten Gliedmaße. Diese Gliedmaße wird schnell entlastet, indem das Körpergewicht auf die gegenüberliegende Gliedmaße verlagert wird. Dies ist die Vorbereitung für die Schwungphase und stellt gleichzeitig die zweite Periode der Zwei-Stützen-Phase dar.

Das häufigste Problem ist die unsachgemäße, unvollständige Verlagerung des Körpergewichts auf die gegenüberliegende Gliedmaße.

Anfänglicher Schwung

Dies ist die erste Phase der Schwungphase. Der Fuß wird über den Boden gehoben und der Oberschenkel beginnt, sich nach vorne zu bewegen.

Die häufigsten Probleme, die sich in dieser Phase bemerkbar machen, sind eine unzureichende funktionelle Verkürzung der Extremität oder das Fehlen einer aktiven Dorsalflexion des Fußes.

Mittelschwinge

In dieser Phase bewegt sich der Oberschenkel weiter nach vorne. Die Streckbewegung im Kniegelenk beginnt ebenfalls. Der Fuß wird in einer neutralen Position gehalten.

Die Probleme, die in dieser Phase auftreten, sind die gleichen wie in der anfänglichen Schwungphase: unzureichende funktionelle Verkürzung der Extremität oder das Fehlen einer aktiven Dorsalflexion des Fußes.

Klemmschaukel

Sie beginnt, wenn das Schienbein eine vertikale Linie kreuzt. Die Arbeit der Gliedmaße besteht darin, den Schwung des Unterschenkels zu verlangsamen und die Gliedmaße auf den anschließenden Bodenkontakt vorzubereiten. Im Kniegelenk findet eine Streckung der Gliedmaße statt. Die Muskeln arbeiten beim Abbremsen exzentrisch.

Das häufigste Problem, das in dieser Phase auftritt, ist eine unsachgemäße, exzentrische Muskelarbeit. Dies führt zu einer mangelnden Kontrolle über die Streckbewegung im Kniegelenk (unsachgemäßes Abbremsen dieser Bewegung), was wiederum dazu führt, dass der Unterschenkel mit zu hoher Geschwindigkeit nach vorne geworfen wird.

7. Ausgewählte Änderungen kinematischer Größen, die beim pathologischen Gang auftreten

Jede Gangstörung betrifft Veränderungen aller oder zumindest der meisten kinematischen Größen, die zur Beschreibung der Biomechanik des Gangs verwendet werden, d. h. Zeit-Raum-Werte, Gangattribute und -determinanten sowie kinematische Werte. Die Art der Veränderungen hängt von der Krankheit ab und ist oft ein charakteristisches Symptom, das die Bestätigung der Diagnose des Patienten ermöglicht.

ZEIT-RAUM-PARAMETER

Die Zeit-Raum-Parameter zur Beschreibung der Biomechanik des Gangs sind [10]:

- Ganggeschwindigkeit,
- Schritt oder Schrittlänge,
- Kadenz.

Der pathologische Gang ist am häufigsten mit Veränderungen im Wert der Zeit-Raum-Parameter verbunden. In der Regel ist die Schrittlänge verkürzt. Auch die Kadenz verändert sich. Beide Veränderungen wirken sich auf die Ganggeschwindigkeit aus, die in der Regel abnimmt.

Die Bestimmung von Änderungen des Wertes der Zeit-Raum-Werte des Gangs erfolgt in der Regel durch Vergleich mit den Durchschnittswerten. Beim normalen Gehen schwankt die Gehgeschwindigkeit gesunder Menschen zwischen 4 - 6 km/h. Die Schrittfrequenz liegt bei dieser Geschwindigkeit meist im Bereich von 90 - 120 Schritten pro Minute, die Schrittlänge bei 70 - 82 cm [1].

Die Analyse der Ganggeschwindigkeitsänderung sollte auch durch den Bezug des gemessenen Wertes auf den theoretischen Wert, der sich aus der Formel für die Komfortgeschwindigkeit ergibt, angereichert werden. Die Komfortgeschwindigkeit ist definiert als die Geschwindigkeit, die theoretisch die natürlichste ist. Sie kann aus der untenstehenden Formel bestimmt werden, die die Länge der Gliedmaßen der untersuchten Person berücksichtigt [6, 3, 8].

$$V_c = a\sqrt{gl} \quad (1)$$

wo:

g - Schwerkraftkonstante (9,81 m/s²)

l - Länge des Schenkels,

a - Proportionalitätsfaktor.

Der Koeffizient a beträgt laut Literaturberichten 0,4 nach [5] bzw. 0,42 nach [8].

Die Berechnung der Gehkomfortgeschwindigkeit nach dieser Formel ermöglicht es, festzustellen, ob die während des Tests gemessene Geschwindigkeit signifikant von der berechneten abweicht.

Die folgenden Diagramme zeigen die Werte für Gehgeschwindigkeit, Kadenz und Schrittlänge, die für eine Person nach einem Schlaganfall ermittelt wurden. Die Ergebnisse basieren auf eigenen Untersuchungen.

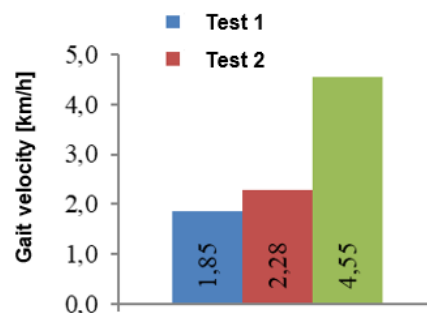


Abb. 4 Die ermittelte Ganggeschwindigkeit vor Beginn (Test 1) und nach Ende (Test 2) der Rehabilitation

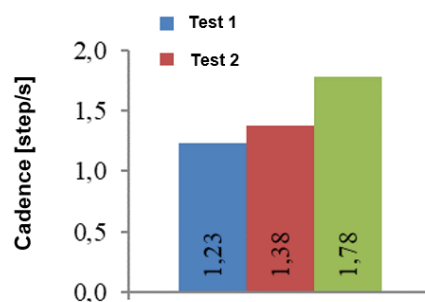


Abb. 5 Trittfrequenz vor Beginn (Test 1) und nach Ende (Test 2) der Rehabilitation ermittelt

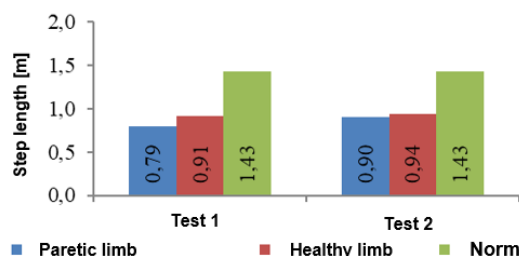


Abb. 6 Ermittelte Schrittlänge vor Beginn (Test 1) und nach Ende (Test 2) der Rehabilitation

GELENKWINKELVERLÄUFE

Der Verlauf der Gelenkwinkel gehört zu den Parametern, die am deutlichsten Veränderungen in der Biomechanik des pathologischen Gangs im Vergleich zum normalen Gang zeigen. In diesen Kurvenformen kann man sowohl nachfolgende Becken- und Gliedmaßenpositionen, gegenseitige Positionen der einzelnen Gliedmaßelemente als auch die Symmetrie der Bewegung beobachten.

Die Analyse der Verläufe von Gelenkwinkeln sollte in beiden Fällen durchgeführt werden:

- in Form von Winkelwerten in den Gelenken in den einzelnen Phasen des Gangs, bezogen auf die für den normalen Gang ermittelten Winkel,
- in Bezug auf die Qualität der Bewegung - ob sie ruckartig, wackelig ist oder der richtigen Flugbahn folgt,
- Form der Gelenkwinkeländerung über die Zeit - es sollte beobachtet werden, ob der resultierende Graph der Winkeländerung über die Zeit dem korrekten ähnlich ist, auch wenn der Bewegungsbereich, d.h. die Werte der Winkel, die in den nachfolgenden Bewegungsphasen erhalten werden, von der Norm abweichen.

Nachfolgend sind Beispiele für Verläufe von Gelenkwinkeln und Beckenwinkeln dargestellt, die bei eigenen Untersuchungen an einem Rehabilitanden nach einem Schlaganfall gewonnen wurden. Der Patient hatte eine linke Parese. Die dargestellten Ergebnisse wurden zu Beginn und am Ende der Krankenhausbehandlung gewonnen.

In den dargestellten Diagrammen sind folgende Änderungen zu beobachten:

- Ausrichtung des Beckens in der Sagittalebene (Tilt) - das Becken ist zu stark nach vorne gekippt - die Norm liegt bei etwa 10° ,
- Ausrichtung des Beckens in der Frontalebene (Obliquity) - während der Stützphase der linken Extremität vor der Rehabilitation (rote Linie) fällt das Becken für den größten Teil des Gangzyklus nach links,
- Ausrichtung des Beckens in der Transversalebene (Rotation) - der Verlauf ist annähernd normal,
- Winkelverlauf im Hüftgelenk in der Sagittalebene - zu geringe Streckung während der Stützphase,
- Winkelverlauf im Kniegelenk in der Sagittalebene - fehlende korrekte Beugung der linken Extremität in den sowohl zu Beginn als auch am Ende der Behandlung erhaltenen Kurvenformen,
- Winkelverlauf im Sprunggelenk in der Sagittalebene - keine richtige Dorsalflexion während der Stützphase. Absteigen des rechten Fußes während der Schwungphase.

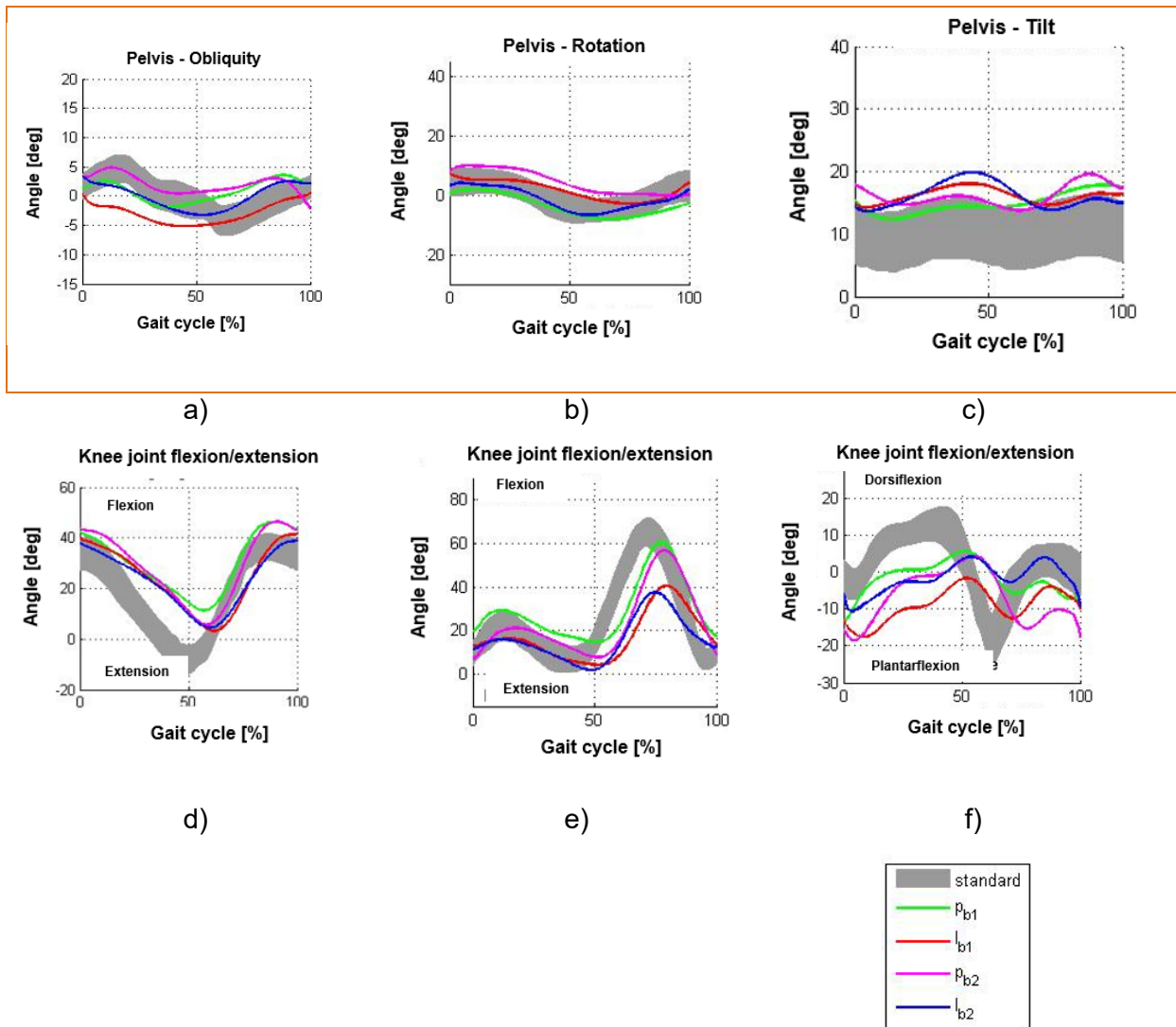


Abb. 7 Beispielhafte Verläufe der Beckenpositionierung a) in der Frontalebene, b) in der Transversalebene, c) in der Sagittalebene und Gelenkwinkel d) im Hüftgelenk, e) im Kniegelenk und f) im Sprunggelenk in der Sagittalebene, die für einen Patienten gewonnen wurden, der im Zusammenhang mit einem anamnestischen Schlaganfall behandelt wurde. Symbole: Standard - korrekter Verlauf, pb1 - Untersuchung der rechten Extremität vor Beginn der Behandlung im Krankenhaus, lb1 - Untersuchung der linken Extremität vor Beginn der Behandlung im Krankenhaus, pb2 - Untersuchung der rechten Extremität am Ende des Krankenhausaufenthalts, lb2 - Untersuchung der linken Extremität am Ende des Krankenhausaufenthalts. Ergebnisse basieren auf eigener Recherche.

8. Beispiele für Veränderungen der dynamischen Parameter beim pathologischen Gang

Änderungen der Gangkinematik spiegeln sich in Änderungen der dynamischen Parameter wider. Zu den am häufigsten analysierten gehören die Bodenreaktionen. Die Bodenreaktionen werden auf speziellen dynamometrischen Plattformen gemessen. Bei der Ganganalyse werden üblicherweise drei Komponenten der Bodenreaktion berücksichtigt:

- vertikale Komponente,
- anteroposteriore Komponente,
- mediolaterale Komponente.

Die Werte der Bodenreaktionen werden als Zeitverläufe dargestellt. Um einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Personen zu ermöglichen, sowie um die Kurvenformen zu normalisieren, werden die gemessenen Werte (Kräfte) auf das Gewicht der Testperson bezogen, wodurch das Ergebnis in Prozent angegeben wird (wobei das Körpergewicht 100 % entspricht). Die folgende Abbildung zeigt den korrekten Verlauf der Bodenreaktion, der für einen normalen Gang ermittelt wurde.

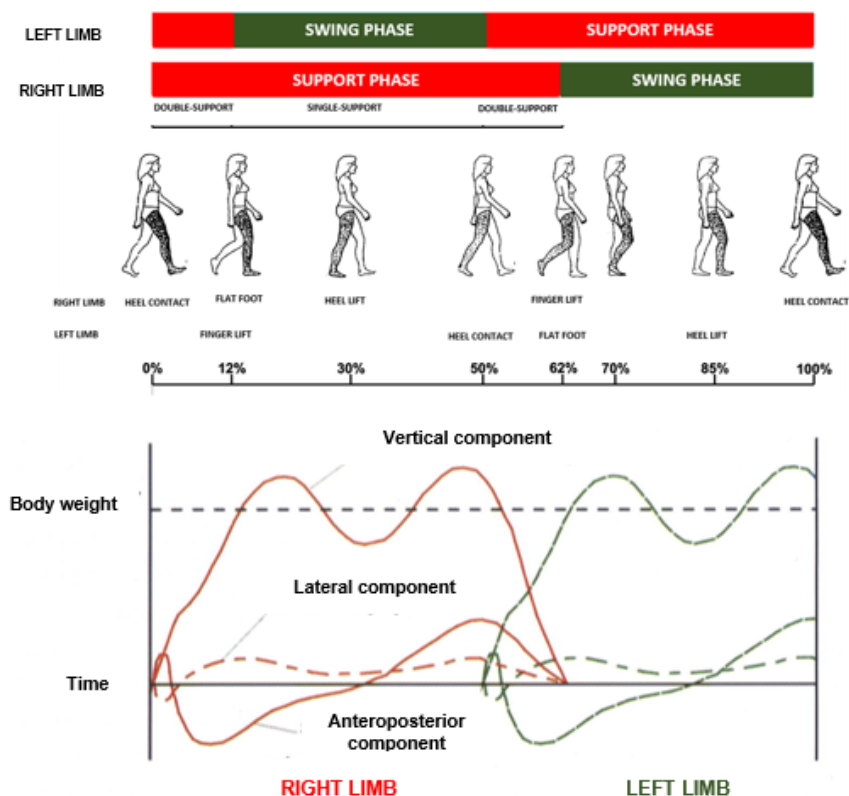


Abb. 8 Wellenformen der Bodenreaktion, die für den normalen Gang ermittelt wurden [10]

Beim pathologischen Gang sind in der Regel die dynamischen Elemente des Gangs gestört, d. h. die charakteristischen Maxima der vertikalen und anterior-posterioren Komponenten sind abgeflacht. Beispiele für Abweichungen von der Norm beim pathologischen Gang werden in den nächsten Beispielen dargestellt [12].

- kein charakteristisches Maximum in der vertikalen Komponente der Bodenreaktion in der Überlastphase (Fersenplateau)



Dieser Verlauf der Bodenreaktion kann die Folge einer zu schnellen Lastübertragung auf den gesamten Fuß sein. Er kann z. B. bei Menschen mit einer kürzeren Gliedmaße auftreten. Er kann auch die Auswirkung eines sanften Aufsetzens einer Gliedmaße sein.

- keine charakteristische Verringerung des Wertes der vertikalen Komponente der Bodenreaktion in der Entlastungsphase (Mittelland)



Dieser Reaktionsverlauf kann mit einem zu langen Kontakt der Ferse mit dem Boden verbunden sein. Er kann auch mit Beeinträchtigungen verbunden sein, die zu einem geschwächten oder fehlenden Vortrieb führen, z. B. degenerative Veränderungen oder andere Probleme mit dem Knie, sowie der Gang von Menschen mit Plattfüßen.

- übermäßige Verringerung der vertikalen Komponente der Bodenreaktion in der Entlastungsphase (Zentrale Depression)



Diese Reaktion kann dazu führen, dass es keinen Kontakt zwischen dem mittleren Teil des Fußes und dem Boden gibt. Ausgewählte Bedingungen, bei denen dieser Verlauf auftreten kann, sind Spastizität der Fußbeugemuskeln oder Probleme mit dem Patellofemoralgelenk.

- kein charakteristisches Maximum der vertikalen Komponente der Bodenreaktion in der Schubphase (Vorfußplateau)



Tritt bei Menschen auf, die eine größere Fersenlast als Vorfuß haben. Sie kann bei Plattfüßen, bei Menschen mit Hallux oder bei unsachgemäßer Arbeit der Plantarflexormuskeln des Fußes auftreten (keine Möglichkeit einer aktiven Luxation).

9. Gehen auf Krücken als Beispiel für pathologisches Gehen

Schäden am Bewegungsapparat können auch dazu führen, dass die selbstständige Bewegung erheblich erschwert oder unmöglich wird. Ein Element, das einen erkrankten Menschen unterstützen kann, sind orthopädische Unterarmgehstützen. Durch die Verwendung von orthopädischen Krücken wird die Art der Fortbewegung erheblich verändert. Es wird davon ausgegangen, dass man bei der Verwendung einer Krücke keine Krücken benutzen sollte, da dies die Wirbelsäule negativ beeinflusst, da es zu entzündlichen und degenerativen Veränderungen führen kann.

Häufige Situationen, die den Einsatz von Krücken erfordern, sind Amputationen von Gliedmaßen sowie Verletzungen und mechanische Verletzungen wie Knochenbrüche. Krücken werden aber auch bei Arthrose der unteren Gliedmaßen eingesetzt, die starke Schmerzen verursacht, die dazu führen, dass sich der Patient nicht mehr selbständig bewegen kann.

Die orthopädische Unterarmgehstütze muss vor allem zwei Funktionen erfüllen: die Belastung einer oder beider Gliedmaßen reduzieren (das Körpergewicht wird teilweise oder vollständig von den oberen Gliedmaßen übernommen), sowie Gleichgewicht und Stabilität verbessern. Außerdem soll sie eine aufrechte Haltung ermöglichen und die Übertragung von sensorischen Signalen durch die Hände unterstützen.

Aus biomechanischer Sicht vergrößert der orthopädische Ball die Stützebene, indem er einen zusätzlichen Stützpunkt einführt. Er stellt eine Verlängerung der oberen Gliedmaßen dar und führt die Möglichkeit ein, diese bei der Bewegung in Stützphasen einzusetzen. Durch die Verwendung der Krücke mittels einer spezifischen Griffmethode wird eine erhebliche Anzahl von Bewegungsfreiheitsgraden eliminiert, was dem Patienten die Kontrolle der Stütz- und Bewegungsaktivitäten erleichtert.

Es können eine oder zwei Kugeln verwendet werden. Nachfolgend finden Sie eine Übersicht über den Grad der Entlastung bei Verwendung von einer und zwei Kugeln [4]:

- mit einer Krücke

Die Fortbewegung mit 1 Krücke bietet die Möglichkeit, die Gliedmaße von 0 bis 50% zu entlasten (Krücke auf der Seite der gesunden unteren Gliedmaße gehalten). Die Entlastung von 50 % der Gliedmaße wird dadurch konditioniert, dass die Krücke mehr von der unteren Gliedmaße wegbewegt wird als beim Gehen mit 2 Krücken. Wenn die Krücke mehr parallel zur unteren Extremität ist, wird die Entlastung weniger als 50% betragen.

- mit zwei Krücken

Die Fortbewegung mit 2 Krücken bietet die Möglichkeit, die Gliedmaße von 0 % (volle Belastung) bis 100 % (volle Entlastung) zu entlasten. Die Entlastung bei 0% entspricht einer 100%igen Belastung und kann als "Gehen mit Krücken" bezeichnet werden. Es ist zu beachten, dass trotz der Tatsache, dass die Fortbewegung mit Krücken mit 0% Entlastung der Gliedmaße möglich ist, diese beim Gangelernen nur sporadisch verwendet wird.

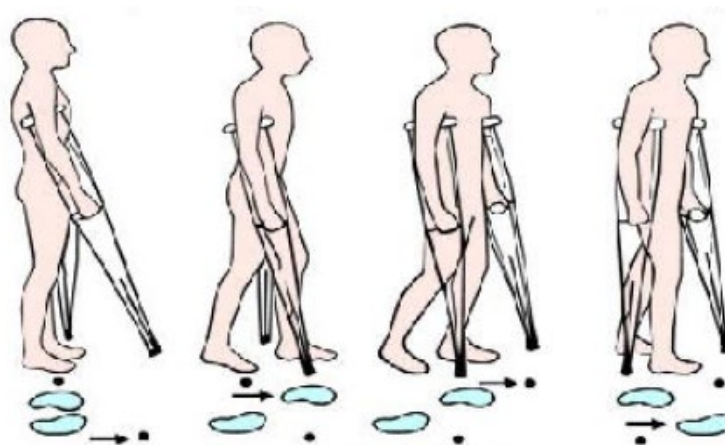
GANGARTEN AN UNTERARMGEHSTÜTZEN

Es können fünf Gehtechiken an Krücken unterschieden werden:

- Vier-Punkt-Gang,
- Drei-Punkt-Gang,
- Zwei-Punkt-Gang,
- swing-through-Gang,
- Swing-to-Gang.

Vier-Punkt-Gang

Sie ist gekennzeichnet durch die Sequenz linke Krücke, rechter Fuß, rechte Krücke, linker Fuß. Anschließend wiederholen Sie die Sequenz. Dadurch, dass immer drei Punkte den Boden berühren, ist eine sehr gute Stabilität gewährleistet. Dieser Gang ist angezeigt, wenn eine schlechte Koordination oder schwache Beine vorhanden sind und der Patient in der



Lage sein muss, jedes dieser Beine zu bewegen.

Abb. 9 Vier-Punkt-Gang [13]

Drei-Punkt-Gang

Die Sequenz eines solchen Gangs ist, beide Krücken und ein schwächeres Bein nach vorne zu verlagern, das Gewicht auf die orthopädischen Krücken zu verlagern, die stärkere Gliedmaße nach vorne zu verlagern und dann die Sequenz zu wiederholen. Diese Gangart ist recht schnell, wobei die behinderte Gliedmaße entlastet wird. Er ist indiziert, wenn eine Unfähigkeit besteht, die Last auf einem Bein zu tragen (Frakturen, Schmerzen, Amputationen)).

Zwei-Punkt-Gang

Die Sequenz eines solchen Gangs ist, die linke Krücke und das rechte Bein zusammen zu bewegen, dann die rechte Krücke und das linke Bein zusammen. Dann wird die Abfolge wiederholt. Dieser Gang ist schneller als ein Vierfüßlergang an Krücken. Indikation ist Schwäche in beiden Beinen oder schlechte Koordination.

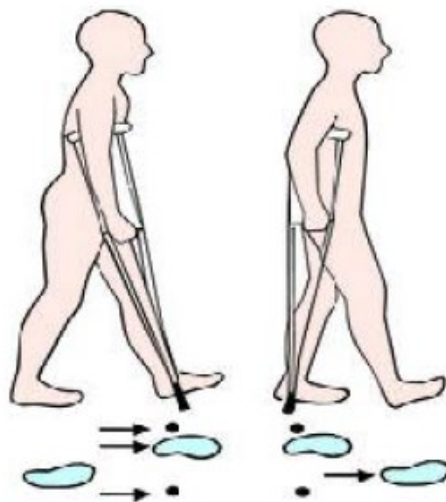


Abb. 10 Drei-Punkt-Gang [13]

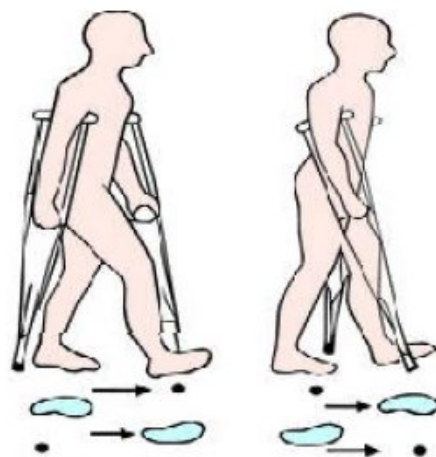


Abb. 11 Zwei-Punkt-Gang [13]

Swing-through-Gang

Die Sequenz eines solchen Spaziergangs besteht darin, beide Krücken nach vorne zu bewegen, die unteren Gliedmaßen leicht nach oben zu heben, das ganze Körpergewicht auf

beiden Krücken zu haben, die Beine oder ein Bein durch Schwingen zu bewegen. Dann wiederholen Sie die Sequenz. Dies ist das schnellste Krückengangmuster, das auch von Sportlern bei Wettkämpfen verwendet wird. Die Indikation ist die Unfähigkeit, die Last mit beiden Beinen zu tragen (Frakturen, Schmerzen, Amputationen)).

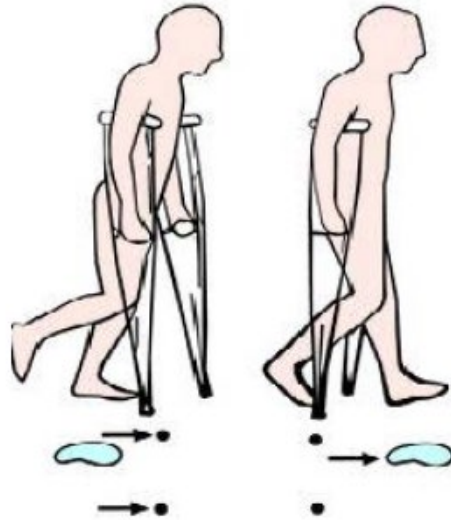


Abb. 12 Durchschwingender Gang [13]

Swing-to-Gang

Die Sequenz eines solchen Spaziergangs besteht darin, ein gesundes Bein mit dem Körpergewicht zu belasten, beide Krücken nach vorne zu bewegen, den Körper nach vorne zu neigen und beide Gliedmaßen gemeinsam nach vorne zu bewegen, wobei die Bewegung der Gliedmaßen parallel ist. Dann wird die Sequenz wiederholt. Es ist eine Art des Gehens mit Krücken, die relativ schnell und einfach zu erlernen ist. Wird verwendet, wenn beide Gliedmaßen schwach sind.

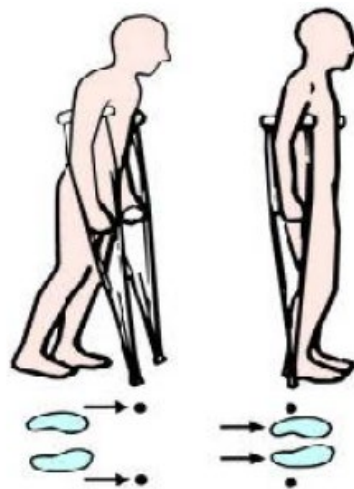


Abb. 13 Swing-to-Gait [13]

BEISPIELE FÜR VERLÄUFE VON GELENKWINKELN BEIM SCHWUNGGANG

Nachfolgend sind Beispiele für Änderungen der Gelenkwinkel und der Beckeneinstellungen während eines Zyklus des Swing-to-Gaits an Krücken dargestellt. Die Ergebnisse stammen aus eigener Forschung.

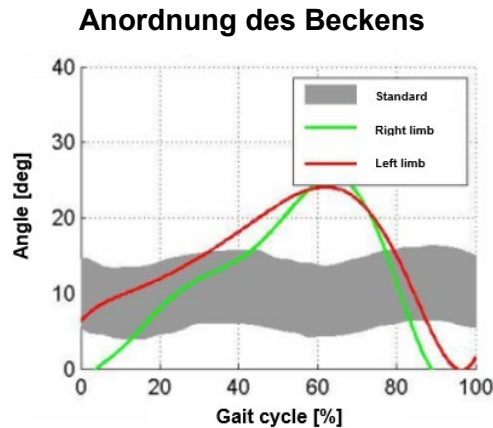


Abb. 14 Anordnung des Beckens in der Sagittalebene

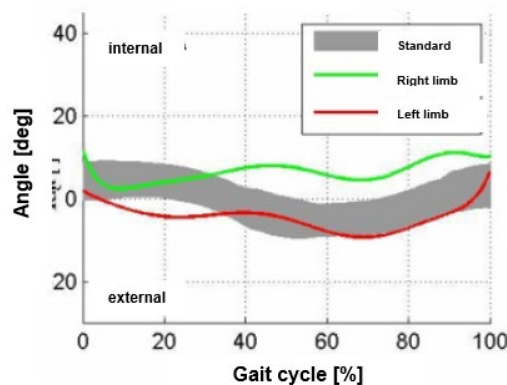
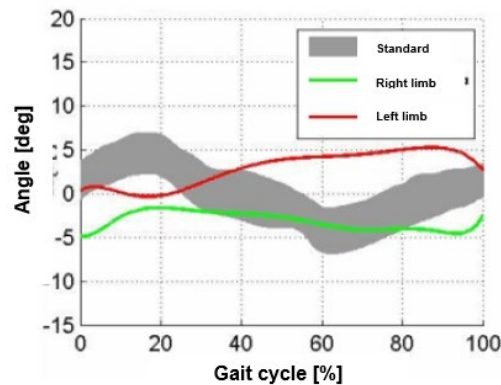
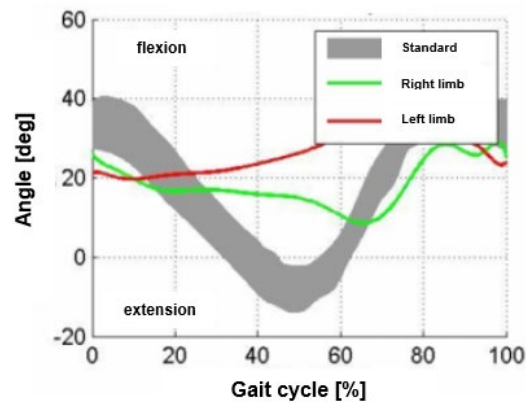


Abb. 15 Anordnung des Beckens in der Frontalebene

Abb. 16 des Beckens in der Transversalebene

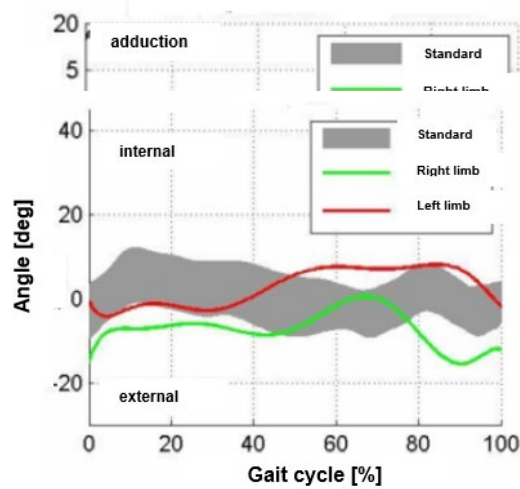


Hüftwinkel

Abb. 17Ändern des Winkels in der Sagittalebene (Flexion/Extension)

Abb. 18Ändern des Winkels in der Frontalebene (Abduktion\addktion)

Abb. 19Ändern des Winkels in der Transversalebene (Außen-/Innenrotation)



Winkelverlauf im Knie- und Sprunggelenk in der Sagittalebene

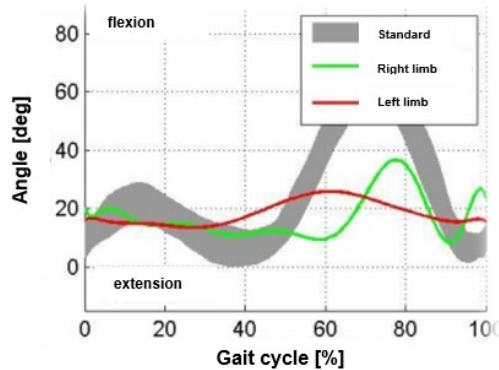


Abb. 20 Ändern des Winkels am Kniegelenk (Flexion/Extension)

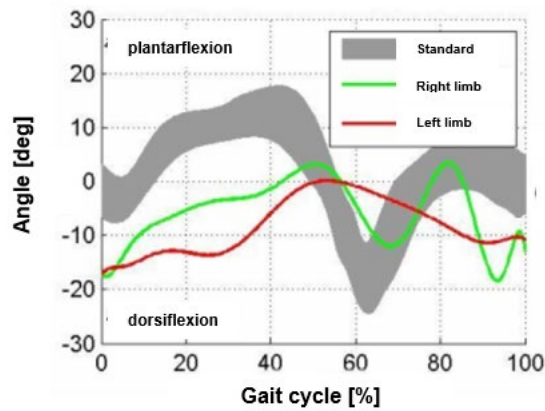


Abb. 21 Ändern des Winkels am Sprunggelenk (Dorsalflexion/Plantarflexion)

10. Biomechanik des pathologischen Gangs - Fallbeispiel

In diesem Kapitel werden die Fälle von pathologischem Gang vorgestellt, die auf der Grundlage eigener Untersuchungen besprochen wurden, deren vollständiges Ergebnis in einer von Michnik, Kopyto und Jochymczyk-Woźniak herausgegebenen Monographie [7] dargestellt wird. Die Messungen wurden an Kindern mit diagnostizierter Zerebralparese durchgeführt. Die Kinder wurden neben der Standard-Rehabilitation auch mit der Botulinum-Therapie behandelt. Die Ergebnisse, die vor und nach der Injektion von Botulinumtoxin erzielt wurden, sind dargestellt. Die Messungen wurden mit dem System BTS SMART durchgeführt.

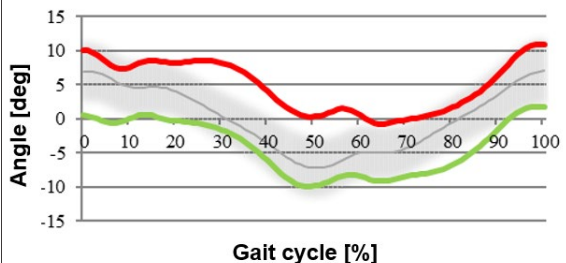
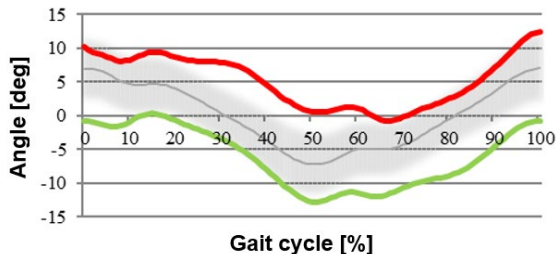
PERSON 1

Ein Patient mit diagnostizierter Diplegie im Alter von 7 Jahren, mit einem Körpergewicht von 24 kg und einer Körpergröße von 128 cm (BMI-14,63, 29. Perzentile, Normalgewicht).

Untersuchung vor der Injektion von Botulinum	Untersuchung 6 Monate nach Injektion von Botulinum
Becken	
<p style="text-align: center;">Gait cycle [%]</p> <p>Sagittalebene: Beckenvorneigung leicht erhöht auf etwa 15° (Norm bis 12°)</p>	<p style="text-align: center;">Gait cycle [%]</p> <p>sagittale Ebene: das Becken ist sagittal korrekt positioniert</p>
<p style="text-align: center;">Gait cycle [%]</p> <p>Frontalebene: Das Becken ist für den größten Teil des Gehzyklus korrekt positioniert. Nur zu Beginn der Stützphase der linken Extremität ist das Becken leicht nach rechts geneigt (linke Beckenwirbelsäule)</p>	<p style="text-align: center;">Gait cycle [%]</p> <p>Frontalebene: Die Beckenbewegung ist annähernd normal, aber während der Schwungphase der linken Extremität ist das Becken leicht nach rechts geneigt (linke Darmbeinwirbelsäule oben). Maximaler</p>

oben - Beckenwinkel von 4 ° bei normalen 0°).

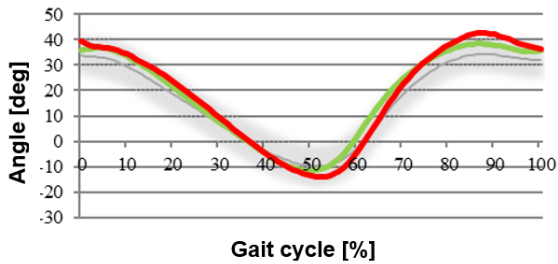
Kippwinkel von 4 ° bei Standard 0°



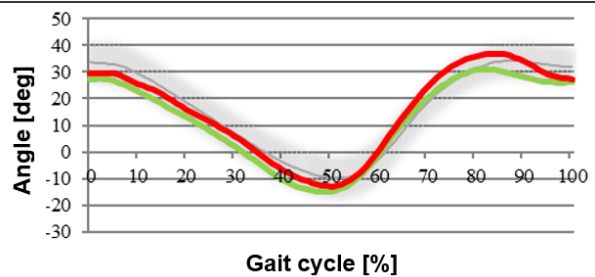
Transversalebene: die Art der Bewegung ist ähnlich wie normal, jedoch ist das Becken während des gesamten Gangzyklus in einer falschen Position - nach rechts verdreht (linke Iliakalwirbelsäule zu weit vorne). Zu Beginn der Stützphase der linken Extremität beträgt der Winkel 10°, während der Standard 7° beträgt. Dann, während der Belastung und des Vortriebs der linken Gliedmaße, ist die rechte Iliakalwirbelsäule nicht vollständig nach vorne geschoben (im Moment der Ablösung der linken Gliedmaße 0°, wenn der Standard 5° ist). Der Winkel zu Beginn der Stützphase des rechten Gliedes ist 0°, wenn der Standard 7° beträgt. Im Moment der Ablösung der rechten Gliedmaße vom Boden beträgt der Beckenwinkel 12°, wenn der Standard 5° beträgt.

Transversalebene: die Art der Bewegung ist ähnlich wie normal, jedoch ist das Becken während des gesamten Zyklus des Gehens in einer falschen Position - nach rechts verdreht (linke Iliakalwirbelsäule zu weit vorne). Zu Beginn der Stützphase der linken Gliedmaße beträgt der Winkel 10°, wenn der Standard 7° ist. Dann, während der Belastung und des Vortriebs der linken Gliedmaße, wird die rechte Beckenwirbelsäule nicht vollständig nach vorne geschoben (im Moment der Ablösung der linken Gliedmaße, Beckenwinkel 0° bei Norm -5°). Zu Beginn der Stützphase der rechten Gliedmaße ist der Winkel 0° bei Norm 7°. Im Moment der Ablösung der rechten Gliedmaße vom Boden ist der Beckenwinkel 8°, wenn die Norm 5° beträgt.

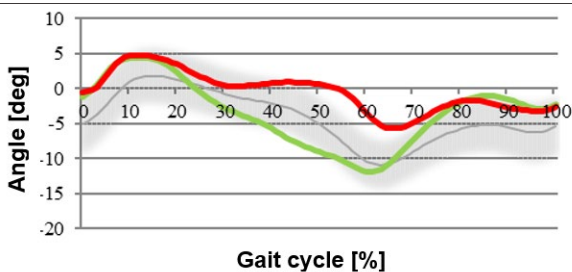
HIP-GELENK



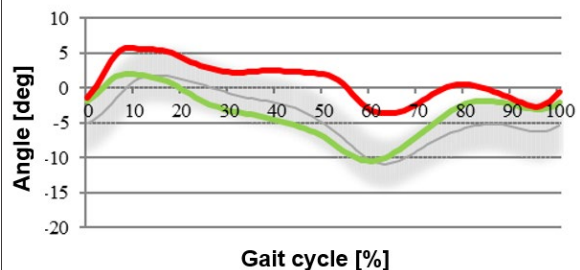
Flexion/Extension: beide unteren Gliedmaßen in korrekten Positionen. Nur am Ende der Schwungphase ist die linke Gliedmaße zu stark gebeugt (42°, wenn der Standard 34° ist und der Winkelbereich 39° beträgt).



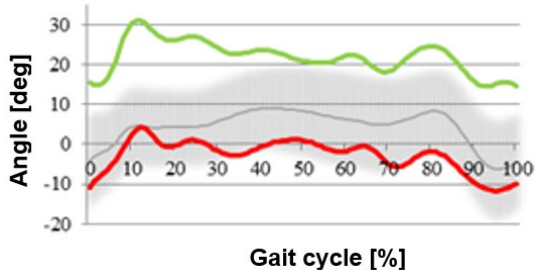
Beugung / Streckung: beide unteren Gliedmaßen sind während des größten Teils des Gehzyklus korrekt positioniert. Nur am Ende der Schwungphase zu beschleunigte Streckung, aber der Winkel beider Gliedmaßen liegt im korrekten Bereich der Winkel



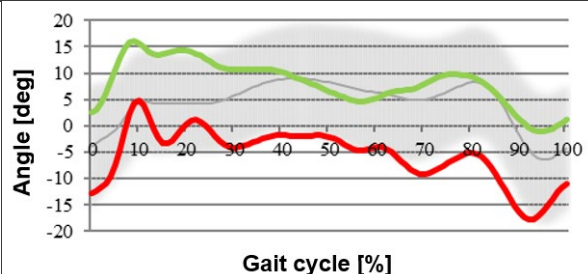
Adduktion/Abduktion: Die Bewegung der rechten Gliedmaße ist nahe der Norm, im zweiten Teil der Schwungphase weicht der Winkel leicht von der Norm ab (-1° bei der Norm -5° und korrektem Winkelbereich -3°). Die linke Extremität ist nur zu Beginn der Stützphase korrekt eingestellt. Im zweiten Teil der Stützphase gibt es keine Abduktion, während in der Schwungphase die Abduktion vor dem nächsten Bodenkontakt der rechten Extremität zu klein ist und sich der Norm nähert.



Adduktion/Abduktion: Bewegung der rechten Gliedmaße korrekt. Linke Extremität während des gesamten Gehzyklus, außer im Moment des Bodenkontakts, 2° bis 5° zu stark adduziert. Wenn der linke Fuß vom Boden abgelöst wird, beträgt der Winkel in der linken Extremität -3°, wenn der Standard -10° und der korrekte Winkelbereich -6° ist.



Rotation: in der linken Gliedmaße weicht der Kurvencharakter leicht vom normalen ab, aber innerhalb des gesamten Gangzyklus



Rotation: Bewegung in der rechten Gliedmaße, außer zu Beginn der Entlastung richtig eingestellt. Zu Beginn der Überlastung

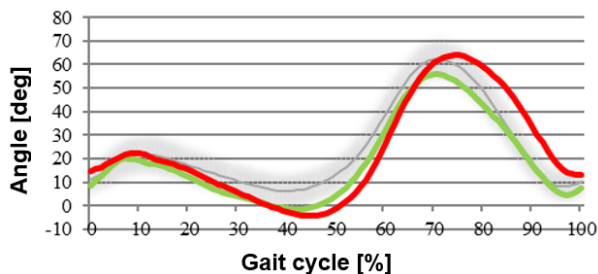
liegt er im normalen Bereich von gesunden Personen. Keine Innenrotation - die Gliedmaße bleibt für den größten Teil des Gehzyklus in der Nähe von 0°. Im Moment des Kontakts des Fußes mit dem Boden ist der Winkel -10°, wenn der Standard -3° ist, im Moment des Ablösens ist der Winkel 0°, wenn der Standard 7° ist. Sehr hohe Innenrotation der rechten Extremität. Sie kann auch das Ergebnis einer unbemerkten versehentlichen Änderung der Position des Stabes am Oberschenkel sein.

rotierte die rechte Gliedmaße nach innen im Winkel 16° bei einem Standard von 5° und einem Bereich der richtigen Bewegung von 12°. In der linken Gliedmaße ist die Art der Bewegung in der Stützphase falsch - große Winkelschwankungen. Die Bewegung in der linken Gliedmaße wird in der zweiten Hälfte der Stützphase stabilisiert und im weiteren Teil des Gangzyklus ist die Natur der Bewegung normal, aber sie erfolgt an der Grenze des Normalen mit der nach außen gedrehten Gliedmaße.

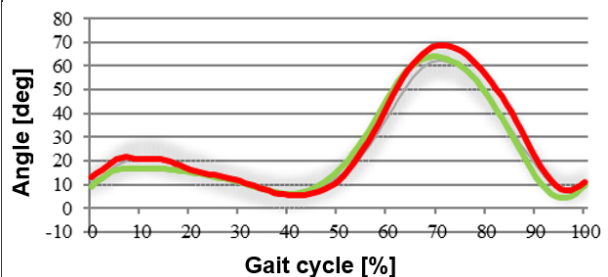
KNIEGELENK

Flexion/Extension: Der Winkelverlauf in der rechten Extremität ist annähernd normal. In der linken Extremität ist der Charakter des Verlaufs annähernd korrekt. Leicht verzögerte Extension in der Stützphase vor dem Ablösen des Fußes vom Boden und

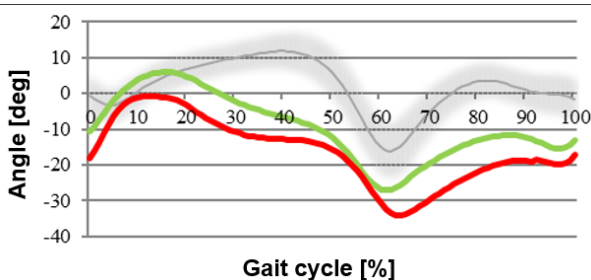
Flexion/Extension: korrekter Winkel für beide Libmen. Leichte Asymmetrie während der Entlastung in der Stützphase (ca. 15%) und der zweiten Hälfte der Schwungphase (ca. 10%)



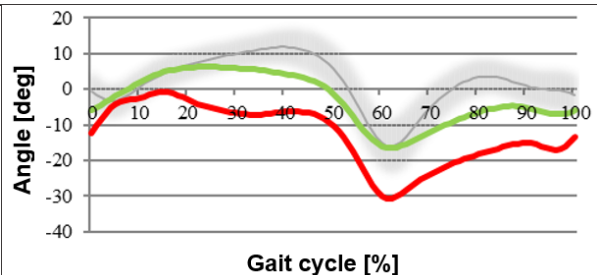
Flexion in der Schwungphase. Eine leicht erhöhte Hyperextension in der linken Extremität (-3° bei 0°) und zu viel Flexion im zweiten Teil der Schwungphase.



KNOCHENGELENK

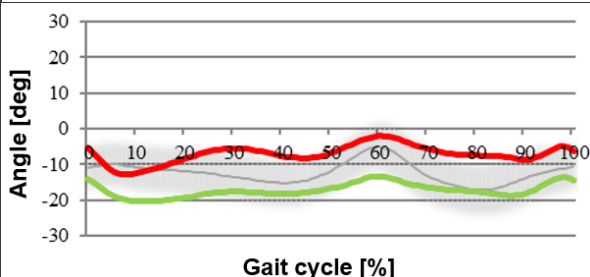


Plantar-/Dorsalflexion: Das Absinken des



Plantar- / Dorsalflexion: Der Verlauf der

Fußes wird in beiden Gliedmaßen beobachtet. Die linke Extremität ist während des gesamten Gehzyklus in Plantarflexion. Zum Zeitpunkt des Kontakts beträgt der Fußwinkel in der linken Gliedmaße -19° - Plantarflexion - Norm ist 0° . Dann wird der Fuß nach dorsal gebeugt, bis ein maximaler Winkel von 0° erreicht ist (Entlastungsphase) und geht dann wieder in Plantarflexion. Im Moment der Ablösung beträgt der Fußwinkel in der linken Extremität -33° , wenn die Norm -15° ist. Der Winkel in der rechten Gliedmaße, wenn der Fuß den Boden berührt, beträgt 10° (Plantarflexion), wenn der Standard 0° ist. Dann, während der Entlastung, erreicht der Fuß einen Winkel von 6° (Dorsalflexion) und beginnt sofort die Plantarflexion und bleibt in dieser Flexion bis zum Ende des Gehzyklus. Im Moment der Ablösung beträgt der Winkel in der rechten Extremität 27° , während der Standardwert 15° beträgt. Es besteht eine Asymmetrie zwischen rechter und linker Extremität.

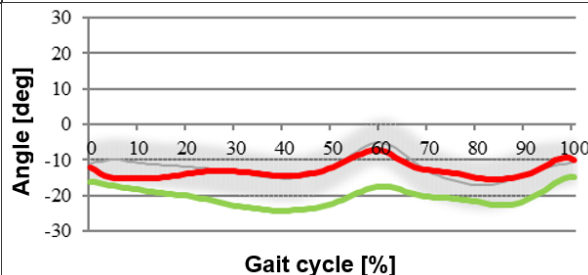


Fußrotation: Die Rotationswinkel in beiden Füßen liegen im normalen Bereich. Sichtbare Asymmetrie zwischen der rechten und linken Extremität - der rechte Fuß befindet sich während des gesamten Gehzyklus in einer größeren Außenrotation als der linke. Die Art der Bewegung in beiden Gliedmaßen ist während des größten Teils des Gehzyklus korrekt - nur in der linken Gliedmaße, wenn der Fuß unbelastet ist, dreht sich der Fuß nach innen, während beim Gehen die korrekte Drehrichtung nach außen ist.

Zum Zeitpunkt der Berührung beträgt der Fußwinkel der linken Gliedmaße -6° - Auswärtsdrehung - (Norm ist 10°). Im Moment der Ablösung ist der Fußwinkel in

rechten Extremität ist nahezu normal. Leichte Abweichungen von der Norm am Ende der Entlastung und zu Beginn der Vortriebsphase (maximal 7°) und während des Schwungs (maximal 11°). Im Moment des Kontakts, -5° Winkel, beim Abheben des Fußes vom Boden -15° - beide Werte liegen innerhalb der Norm.

Die Beschaffenheit des linken Gliedmaßenverlaufs ist annähernd normal, während der gesamte Verlauf um 10° bis 17° zur Plantarseite verschoben ist. Im Moment des Kontakts beträgt der Winkel -11° (Norm 0°), im Moment des Abhebens des Fußes vom Boden -30° (Norm -15°). Fußsenkung ist sichtbar.



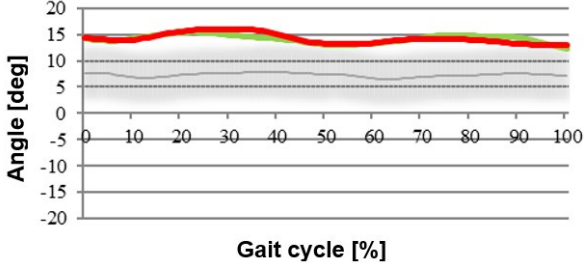
Fußrotation: Die Bewegung der linken Extremität liegt im normalen Bereich. In der rechten Extremität befindet sich der Fuß während der gesamten Stützphase in übermäßiger Außenrotation und während der Schwungphase an der Grenze des normalen Gangs. Sichtbare Asymmetrie zwischen den Gliedmaßen.

Zum Zeitpunkt der Berührung beträgt der Fußwinkel in der linken Gliedmaße -10° - Auswärtsdrehung - (Norm ist -10°). Zum Zeitpunkt der Ablösung beträgt der Fußwinkel in der linken Gliedmaße -6° bei der Norm -5° . Winkel in der rechten Extremität, wenn der Fuß den Boden berührt -16° (Plantarflexion), wenn die Norm -10° ist.

<p>der linken Extremität - 1° bei der Norm -5°. Winkel in der rechten Extremität, wenn der Fuß den Boden berührt - 14° (Plantarflexion) bei der Norm 10°. Im Moment der Ablösung beträgt der Winkel in der rechten Gliedmaße -12° bei der Norm -5°.</p>	<p>Im Moment der Ablösung beträgt der Winkel in der rechten Gliedmaße -18° bei der Norm -5°.</p>
---	--

PERSON 2

Ein Patient mit Diplegie mit Parese der rechten Seite im Alter von 3 Jahren und 7 Monaten, mit einer Körpergröße von 100 cm und einem Körpergewicht von 14 kg. Ein BMI von 14 (3. Perzentile) klassifiziert den Probanden zu den untergewichtigen Kindern. Bei der zweiten Untersuchung nach 6 Monaten Behandlung lag der Body-Mass-Index bei 14,7; 19. Perzentil (Körpergröße 101 cm, Gewicht 15 kg).

Untersuchung vor der Injektion von Botulinum	Untersuchung 6 Monate nach Injektion von Botulinum
PELVIS	
 <p>sagittale Ebene: erhöhte Beckenvorneigung bis zu 16 ° (Norm bis zu 12°).</p>	<p>sagittale Ebene: erhöhte Beckenvorneigung während des gesamten Gangzyklus. Zum Zeitpunkt des Bodenkontakts beträgt der Winkelwert 16° (Standard 8°). Dann, bei der Lastaufnahme, steigt die Vorwärtsneigung</p>

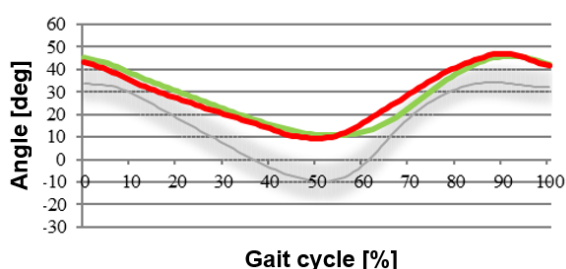
	<p>Angle [deg]</p> <p>Gait cycle [%]</p> <p>auf 19° in der linken und 17° in der rechten Gliedmaße, um in der Schwungphase in beiden Gliedmaßen auf 15° zurückzugehen. Geringfügig (ca. 3° - 4°) vergrößerter Bewegungsumfang</p>
<p>Angle [deg]</p> <p>Gait cycle [%]</p> <p>Frontalebene: Zu spätes Anheben des Beckens auf der linken Seite in der Stützphase des linken Limbus und dann zum Ende der Stützphase des linken Limbus in Beckenneigung (linke Seite oben). Während der Schwungphase der linken Gliedmaße ist das Becken parallel zum Boden. Fehlende Anhebung der rechten Beckenseite zu Beginn der Stützphase der rechten Gliedmaße.</p>	<p>Angle [deg]</p> <p>Gait cycle [%]</p> <p>Frontale Ebene: Zu Beginn des Gangzyklus der linken Extremität befindet sich das Becken in einem Winkel von -4° (Norm 1°) und erreicht dann während der Stützphase einen Wert von 3°. In der Schwungphase der linken Extremität sinkt das Becken nach links. Winkel zu Beginn der Stützphase des rechten Gliedes -2°. Dann starker Beckenhochstand während der Stützphase (maximal 7° bei 3° Norm). Dann, in der Schwungphase der rechten Gliedmaße, geht die rechte Seite des Beckens nach unten (bis zu einem Winkel von -3°) und bleibt schräg bis zum Ende des Gangzyklus der rechten Gliedmaße. Die Art der Bewegung wurde beibehalten, der Bewegungsumfang jedoch auf 10° vergrößert (die Norm ist 6°). Linkes Fallen während der Schwungphase</p>
<p>Im Allgemeinen ist das Becken nach rechts gekippt (linker ASIS oben) oder in neutraler Position.</p> <p>Angle [deg]</p> <p>Gait cycle [%]</p> <p>Transversalebene: Die Art der Bewegung</p>	<p>Angle [deg]</p> <p>Gait cycle [%]</p> <p>Transversalebene: die Art der Bewegung</p>

bleibt erhalten, aber die rechte Seite wird in der Schwungphase viel schneller und weiter nach vorne "geschoben".

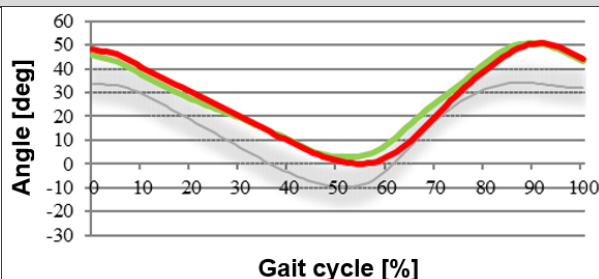
Der Winkel zum Zeitpunkt des Kontakts der linken Gliedmaße beträgt 7° , während er bei der rechten Gliedmaße 11° beträgt (die Norm ist 7°). Am Ende der Stützphase der linken Gliedmaße beträgt der Winkel des Beckens -13° (Norm -6°). Dies ist auf die starke Rotation des Beckens nach rechts während des Schwungs der rechten Extremität zurückzuführen. Der Schwung der rechten Gliedmaße ist mit übermäßiger Beckenarbeit verbunden - es sieht so aus, als ob es einen Beckenschwung gibt, um die Gliedmaße zu bewegen. Der Schwung des linken Gliedes ist viel schwächer. Wahrscheinlich ein Problem mit der linken Gliedmaße. Erhöhter Bewegungsumfang auf 20° (Norm 14°).

bleibt erhalten, allerdings mit einem vergrößerten Bewegungsumfang (24° , Norm 14°) - es kommt zu einer starken Vertiefung der Beckenrotation am Ende der Stützphase und zu Beginn der Schwungphase.

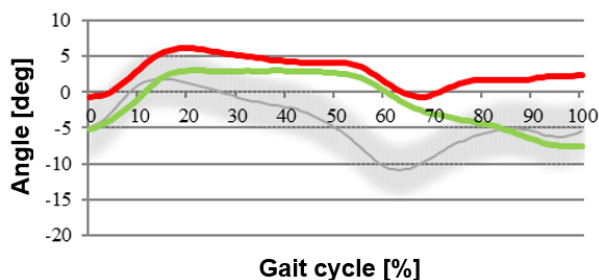
HIP-GELENK



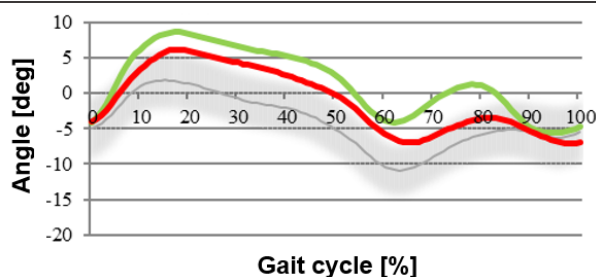
Flexion/Extension: Zu Beginn der Stützphase beträgt der Winkel in beiden Gliedmaßen 45° (Norm 32°). Am Ende der Stützphase beträgt der Winkel in der linken Gliedmaße 20° und in der rechten Gliedmaße 10° (Norm 0°). Der Bewegungsbereich für beide Gliedmaßen beträgt 35° . Die Art der Bewegung ist erhalten geblieben, während des gesamten Gangzyklus befindet sich die Gliedmaße in übermäßiger Flexion.



Flexion/Extension: Die Art der Bewegung bleibt erhalten, aber beide Gliedmaßen sind während des gesamten Gehzyklus übermäßig gebeugt. Zu Beginn der Stützphase beträgt der Winkel in beiden Gliedmaßen 48° (Standard 32°). Die Differenz von 15° bis 20° zwischen dem gemessenen Verlauf und dem Standardverlauf bleibt während der gesamten Stützphase beider Gliedmaßen erhalten. Zu Beginn der Schwungphase nähert sich der Verlauf den Standardwerten an. In der zweiten Hälfte der Stützphase tritt dagegen eine tiefere Beugung im Hüftgelenk auf (50° bei Norm 33°)



Adduktion/Abduktion: zu Beginn der Stützphase Winkel in der linken Extremität 0° (am Rande des Normbereichs, die Norm ist -5° - Abduktion). Danach folgt die eigentliche Adduktion, die jedoch während der gesamten Stützphase konstant bleibt (ca. 5°), erst am Ende der Stützphase auf Null fällt und in der Schwungphase auf 2° ansteigt. Im Moment des Ablösens vom Boden beträgt der Winkel der linken Extremität 0° (Norm -10°). Das rechte Glied ist zu Beginn der Stützphase korrekt eingestellt, bleibt aber wie das linke Glied fast während der gesamten Stützphase in Adduktion. Am Ende der Stützphase ist die rechte Gliedmaße adduziert (beim Lösen der rechten Gliedmaße ist der Winkel 0° , Norm -11°), in der Schwungphase wird sie fortgesetzt, bis am Ende der Schwungphase Normalwerte erreicht werden. Die Natur der Bewegung beider Gliedmaßen bleibt nur zu Beginn der Stützphase erhalten. Bewegungsbereich in der linken Gliedmaße 7° und in der rechten Gliedmaße 11° (Norm 13°).

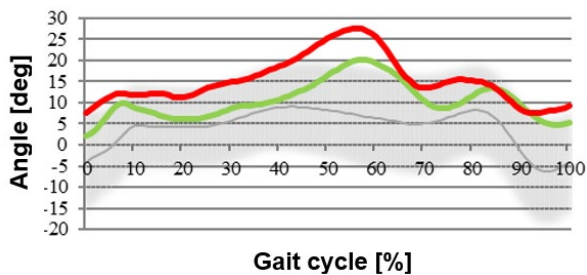


Adduktion/Abduktion: Zu Beginn der Stützphase ist der Winkel in beiden Gliedmaßen 0° (Normwert). Dann werden beide Gliedmaßen adduziert (6° in der linken und 8° in der rechten Gliedmaße, Normwert 2°). Im Moment der Ablösung des Fußes vom Boden sind beide Gliedmaßen leicht abduziert (-5° linke Gliedmaße und -3° rechte Gliedmaße, Norm -10°). In der Schwungphase ist die Bewegung in der linken Gliedmaße annähernd normal, in der rechten Gliedmaße kommt es zuerst zu einer Adduktion bis zu einem Winkel von 1° und dann zu einer Abduktion bis zu normativen Werten -5° .

Rotation: Der Rotationswinkel der rechten

Rotation: während der Stützphase nähert sich die Bewegung beider Gliedmaßen dem Normalwert an. Während der Schwungphase werden beide Gliedmaßen zuerst nach außen gedreht, dann erfolgt eine Innenrotation und anschließend wieder eine Außenrotation (linke Gliedmaße zu Beginn

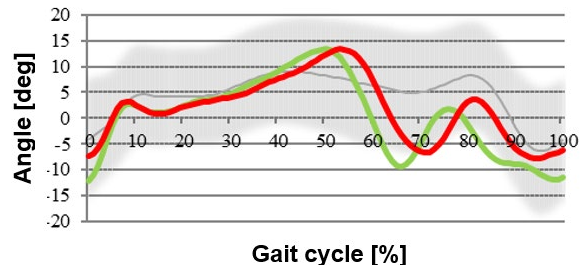
Extremität liegt im oberen Bereich der Norm. Die linke Gliedmaße ist während des



gesamten Gangzyklus übermäßig nach innen rotiert

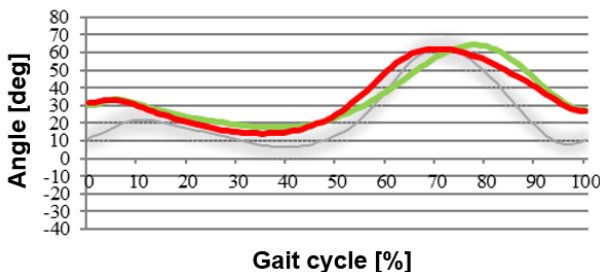
der Stützphase erreicht -1° - ein Wert nahe dem Normwert - während pkd (-12°).

Während der ersten Hälfte der der Schwungphase nahm der

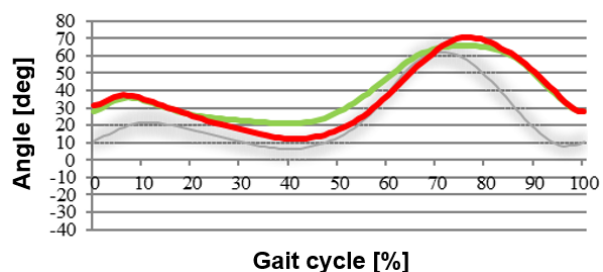


Bewegungsumfang in beiden Gliedmaßen zu

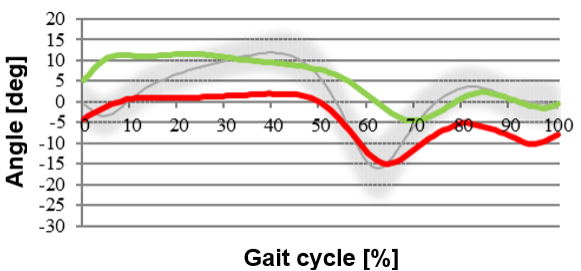
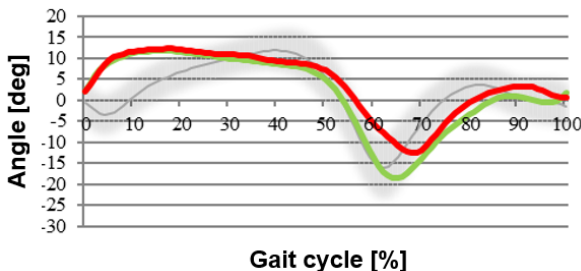
KNIEGELENK

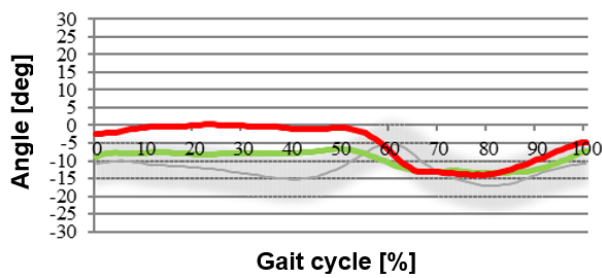


Flexion/Extension: Im Moment des Kontakts beträgt der Winkel in beiden Gliedmaßen 30° , (Norm 10°). Dann tritt in beiden Gliedmaßen eine Streckbewegung auf, die sich während der Lastannahme durch die Gliedmaßen den normativen Werten nähert (linker Gliedmaßenwinkel 15° , rechter Gliedmaßenwinkel 18° , Norm 10°). Dann kommt es in beiden Gliedmaßen zu einer zu frühen Extensionsbewegung, die in der Mitte der Schwungphase normative Werte erreicht (maximale Flexion in der linken Gliedmaße 62° , in der rechten Gliedmaße 65° , Norm 60°). In der rechten Extremität ist die maximale Flexion verzögert. In beiden Gliedmaßen ist die Art der Bewegung erhalten geblieben mit einem reduzierten Bewegungsumfang auf 47° (Norm 54°)



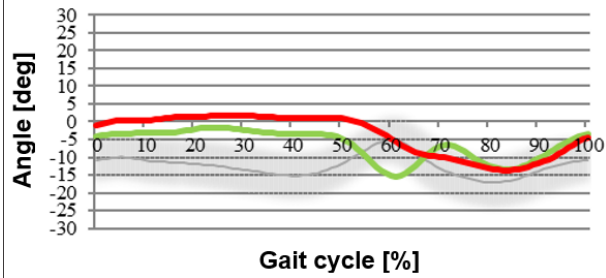
Flexion/Extension: Die Art der Bewegung ist ähnlich wie normal, aber für den größten Teil des Gehzyklus sind beide Kniegelenke übermäßig gebeugt. Zu Beginn der Stützphase beträgt der Winkel in beiden Gliedmaßen 30° (Standard 10°). Am Ende der Stützphase und zu Beginn der Schwungphase nähert sich der Winkel in der linken Gliedmaße dem Standardwert, während er in der rechten Gliedmaße während der gesamten Stützphase in übermäßiger Beugung bleibt. Zum Zeitpunkt der Ablösung beträgt der Winkel in beiden Gliedmaßen 40° (Norm). In der zweiten Hälfte der Schwungphase gibt es in beiden Gliedmaßen keine richtige Streckung.

KNOCHENGELENK	
 <p style="text-align: center;">Gait cycle [%]</p> <p>Plantarflexion / Dorsalflexion: Zum Zeitpunkt des Kontakts beträgt der Fußwinkel in der linken Extremität -5° - Plantarflexion (die Norm ist 0°). Dann wird der Fuß auf einen Winkel von 0° eingestellt und bleibt in dieser Position fast bis zum Ende der Stützphase, wenn die Plantarflexion auf einen Winkel von -15° (Normwert) erfolgt. In der Schwungphase bleibt die linke Extremität weiterhin in der Plantarflexion, die zwischen -5° und -10° schwankt. Die rechte Extremität wird im Moment des Kontakts auf einen Winkel von 5° eingestellt. Dann erfolgt ein Anstieg auf einen Winkel von 10°, in dem die Extremität fast bis zum Ende der Stützphase verbleibt. Am Ende der Stützphase wird der rechte Fuß in eine leichte Dorsalflexion (2° - Norm ist Plantarflexion -15°) gestellt. Im zweiten Teil der Schwungphase ist die rechte Extremität korrekt eingestellt.</p> <p>In der linken Extremität gibt es keine Dorsalflexion während des gesamten Gangzyklus. In der rechten Extremität besteht jedoch eine begrenzte Plantarflexion. Der Bewegungsumfang der linken Gliedmaße beträgt 15° und der rechten Gliedmaße 16° (Norm 28°). Gestörter Bewegungskarakter in beiden Gliedmaßen.</p>	 <p style="text-align: center;">Gait cycle [%]</p> <p>Plantar- / Dorsalflexion: bei beiden Gliedmaßen beträgt der Winkel zum Kontaktzeitpunkt 2° (normal 0°) und steigt dann auf ca. 10° (Dorsalflexion) an. Dieser Wert wird in beiden Gliedmaßen fast bis zum Ende der Stützphase beibehalten. Vor dem Ablösen des Fußes vom Boden erfolgt in beiden Gliedmaßen eine Dorsalflexion bis zum Maximalwert zu Beginn der Schwungphase -12° in der linken und -18° in der rechten Gliedmaße (normal -16°). Danach erfolgt die Dorsalflexionsbewegung bis zum Erreichen eines Winkels von etwa 2° zu Beginn der Stützphase.</p>



Fußrotation: linke Extremität in neutraler Position (0°) während der gesamten Stützphase. Ganz am Ende der Stützphase kommt es zu einer Außenrotation (im Moment des Ablösens der Winkel -5°). Die Außenrotation wird während der gesamten Schwungphase beibehalten. Bei der rechten Extremität beträgt der Winkel zum Zeitpunkt des Bodenkontakts -10° (normativer Wert) und bleibt fast bis zum Ende der Stützphase erhalten (fehlende Außenrotation bis -15°). Im Moment der Ablösung der rechten Extremität vom Boden und in der Schwungphase vertieft sich die Außenrotation auf -13° (Normwert ist -17°), gefolgt von einer Innenrotation bis zu einem Winkel von 10° .

In beiden Gliedmaßen blieb der Charakter der Bewegung in der Schwungphase erhalten, während er in der Stützphase gestört war. In der linken Gliedmaße beträgt der Bewegungsumfang 15° , in der rechten Gliedmaße 8° (Norm ist 12°).



Fußdrehung: linke Extremität in neutraler Position (0°) während der gesamten Stützphase. Ganz am Ende der Stützphase kommt es zu einer Außenrotation (im Moment der Ablösung der Winkel -5°). Die Außenrotation wird während der gesamten Schwungphase beibehalten (annähernd normal). Bei der rechten Extremität beträgt der Winkel zum Zeitpunkt des Bodenkontakts -5° (Norm -10°) und bleibt fast bis zum Ende der Stützphase erhalten (keine Vertiefung der Außenrotation auf -15°). In der Schwungphase findet eine abwechselnde Außen- und Innenrotation statt.

11. Wichtige Ideen

- Ausgewählte Dysfunktionen des Bewegungsapparates
- Arten des pathologischen Gangs.
- Ausgewählte Veränderungen der kinematischen und dynamischen Größen beim pathologischen Gang
- Gehen an Krücken als Beispiel für pathologisches Gangbild
- Analyse der kinematischen Größen beim pathologischen Gang

12. Literaturverzeichnis

- [1] Błaszczuk J.W.: Biomechanika kliniczna, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2004.
- [2] Dega W.: Ortopedia i rehabilitacja, Wydawnictwo PZWL, Warszawa 2006.
- [3] England SA, Granata KP.: The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait&Posture*, 2007, 25, 172–8.
- [4] Konieczny G., Wrzosek Z.: Wybrane dysfunkcje narządu ruchu. W: Podstawy rehabilitacji dla studentów medycyny. Red. Zdzisław Wrzosek. PZWL Wydawnictwo Lekarskie, 2012
- [5] McAndrew PM, Dingwell JB, Wilken JM.: Walking variability during continuous pseudo-random oscillations of the support surface and visual field. *J Biomech*, 2010, 43, 1470–5
- [6] McAndrew Young PM, Dingwell JB.: Voluntary changes in step width and step length during human walking affect dynamic margins of stability. *Gait&Posture*, Elsevier B.V.; 2012, 36, 219–24
- [7] Michnik R., Kopyta I., Jochymczyk-Woźniak K.: wykorzystanie metod inżynierskich w analizie chodu dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2016
- [8] Rábago CA, Dingwell JB, Wilken JM.: Reliability and Minimum Detectable Change of Temporal-Spatial, Kinematic, and Dynamic Stability Measures during Perturbed Gait. Haddad JM, editor. *PLoS One* 2015;10:e0142083
- [9] Syczewska M., Lebiódowska M., Kalinowska M.: Analiza chodu w praktyce klinicznej, [W:] Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000, Pod red. Macieja Nałęczca, Tom 5, Biomechanika i inżynieria rehabilitacyjna, Red. Romuald Będziński [i in.], Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2004
- [10] Tejszerska D., Świtoński E.: Biomechanika inżynierska, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004
- [11] Wallmann H.W.: Physical Matters: Introduction to Observational Gait Analysis. *Home Health Care Management & Practice*, December 2009, 22 (1)
- [12] <https://docplayer.pl/7488681-Podstawy-biomechanicznej-analizy-chodu-czlowieka.html> 01.2020
- [13] http://medicaldictionary.thefreedictionary.com/_/viewer.aspx?path=MosbyMD&name=crutch_gait.jpg 01.2020.



Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.