

## **S2k-Leitlinie „Kindlicher Knick-Senk-Fuß“**

**AWMF-Registernummer: 033/020**

Version vom Januar 2017

### **Federführende Fachgesellschaft**

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC)

### **Federführender Autorin**

Prof. Dr. Anna K. Hell

### **Beteiligte Fachgesellschaften**

Deutsche Gesellschaft für Sozialpädiatrie und Jugendmedizin e.V. (DGSPJ)

Gesellschaft für Neuropädiatrie e.V. (GNP)

Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie e. V. (GPR)

Gesellschaft für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie e. V. (GFFC)

Berufsverband der Ärzte für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (BVOU)

Deutscher Verband für Physiotherapie e. V. (ZVK)

Vereinigung für Kinderorthopädie (VKO)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>3</b>
1.1	Definition .....	3
1.2	Synonyme und Schlüsselwörter.....	3
1.3	Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie.....	3
1.3.1	<i>Flexibler Knick-Senk-Fuß.....</i>	<i>3</i>
1.3.2	<i>kontrakter / rigider kindlicher Knick-Senk-Fuß.....</i>	<i>4</i>
1.3.3	<i>Ursächliche Diagnosen orthopädisch / kinderorthopädisch.....</i>	<i>5</i>
1.3.4	<i>Differentialdiagnosen (pädiatrisch/ neuropädiatrisch) .....</i>	<i>5</i>
1.4	Klassifikation.....	5
1.5	Scores.....	6
<b>2</b>	<b>Anamnese .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Diagnostik .....</b>	<b>8</b>
3.1	Klinisch.....	8
3.1.1	<i>Allgemein pädiatrische / neuropädiatrische Diagnostik.....</i>	<i>8</i>
3.1.2	<i>spezielle orthopädische / kinderorthopädische Diagnostik.....</i>	<i>8</i>
3.1.3	<i>Apparative Analyse / Ganganalyse.....</i>	<i>9</i>
3.2	Bildgebung.....	9
3.2.1	<i>Röntgen:.....</i>	<i>10</i>
3.3	Schnittbildtechniken.....	11
3.3.1	<i>MRT.....</i>	<i>11</i>
3.3.2	<i>CT.....</i>	<i>11</i>
3.3.3	<i>Sonographie.....</i>	<i>12</i>
3.4	Funktionell.....	12
3.4.1	<i>Pedobarographie.....</i>	<i>12</i>
3.4.2	<i>Videoanalyse (beobachtende Ganganalyse).....</i>	<i>13</i>
3.4.3	<i>Instrumentelle 3D-Ganganalyse.....</i>	<i>14</i>
<b>4</b>	<b>Konservative Therapie.....</b>	<b>14</b>
4.1	Konservativ Einlagen / Orthesen.....	14
4.2	Physiotherapie.....	16
4.2.1	<i>Bei &lt; 6 Jahren.....</i>	<i>16</i>
4.2.2	<i>Schulkinder und Jugendliche.....</i>	<i>17</i>
<b>5</b>	<b>Operative Therapie .....</b>	<b>18</b>
5.1	Indikation zur operativen Therapie:.....	18
5.2	Operationsmethoden:.....	21
5.3	Postoperative Nachbehandlung:.....	23
5.4	Stufenschema diagnostisches und therapeutisches Vorgehen.....	24
<b>6</b>	<b>Prognose und Prävention .....</b>	<b>25</b>
6.1	Prognose.....	25
6.2	Prävention.....	25
<b>7</b>	<b>Referenzen.....</b>	<b>26</b>

# 1 Allgemeines

## 1.1 Definition

Der kindliche Knick-Senk-Fuß ist eine dreidimensionale Fußfehlstellung mit vermehrter Valgusstellung der Ferse und Abflachung der medialen Längswölbung. Man unterscheidet die flexible von der kontrakten (rigiden) Form.

## 1.2 Synonyme und Schlüsselwörter

flat valgus foot; valgus foot; Talus verticalis; Plattfuß; Talus obliquus; pediatric flat foot; Plano valgus foot; Knick-Senk-Fuß; Knick-Platt-Fuß

## 1.3 Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie

- $\leq 6$  Jahre ist der flexible Knick-Senk-Fuß fast ausschließlich physiologisch (Vorkommen bei 97% aller 19 Monate alten Kinder)
- Bis zum Alter von 10 Jahre bildet sich die mediale Fußlängswölbung zunehmend aus. Bei einem kleinen Anteil (10-jährige Kinder 4%) persistiert der Knick-Senk-Fuß oder wird progredient [1].
- Oberhalb von 10 Jahren, oder abhängig vom Reifegrad schon früher, besteht die Gefahr der Dekompensation mit zunehmender Rigidität. Nur die Minderheit der Kinder entwickelt eine Schmerzsymptomatik ( $<2\%$ ).
- Ein Risikofaktor zur Persistenz des Knick-Senk-Fußes stellt das Übergewicht im Kindesalter dar (62% der 6-jährigen mit Knick-Senk-Fuß sind übergewichtig) [1].
- Pathogenetische Faktoren können muskulär, knöchern und bindegewebig sein, wobei hier der Einfluss der Faktoren kontrovers diskutiert wird.

### 1.3.1 Flexibler Knick-Senk-Fuß

#### Untergruppe physiologisch flexibel

Der flexible Knick-Senk-Fuß im Kindesalter ohne neurologische oder syndromale Erkrankung stellt den Normalzustand dar. Er ist also physiologisch (97%; Altersabhängigkeit s.o.).

### Untergruppe neurogen flexibel

Beim kindlichen Knick-Senk-Fuß kommt es - bedingt durch eine Schwäche der Muskulatur im Sinne einer muskulären Hypotonie oder Laxizität des Bandapparates - im Prozess des Laufenlernens zu einem Knick-Senk-Fuß. Dies führt zu einer Störung der Gesamtstatik und zu einer Störung der komplex-motorischen Bewegungsübergänge, da das Gangbild nicht harmonisch ist.

Die Ursachen für einen flexiblen neurogenen Knick-Senk-Fuß im Kindesalter können sehr unterschiedlich sein: Häufig handelt es sich um eine gutartige muskuläre Hypotonie, die erworben und im Verlauf rückläufig ist. Die Ursache der muskulären Hypotonie muss aber geklärt sein. Daher ist auf allgemeinpädiatrische und neuropädiatrische Grunderkrankungen zu achten. Eine muskuläre Hypotonie kann aber auch bei bestimmten Syndromen Teil des Problems sein: klassische Beispiele sind die Trisomie 21 (Down-Syndrom) und das Rett-Syndrom. Hier gehört eine muskuläre Hypotonie zum Syndrom dazu und erschwert das Laufenlernen. Diese Kinder entwickeln einen Knick-Senk-Fuß, der therapiebedürftig ist. Die Grunderkrankung sollte aber anhand der klassischen Stigmata geklärt sein. Darüber hinaus muss an den neurogenen Knick-Senk-Fuß, bedingt durch eine infantile Cerebralparese, gedacht werden. Die infantile Cerebralparese geht sehr häufig initial mit einer muskulären Hypotonie einher. Die Spastik entwickelt sich oft erst später, zum Teil erst um das 4. Lebensjahr. Daher ist eine ausführliche Geburtsanamnese essentiell. Auch die Myelomeningozelen sind von Bedeutung, bzw. die Folge der Myelomeningozele oder auch unabhängig davon kann ein Tethered cord ebenfalls zu der Fußfehlstellung führen. Zu denken ist auch an eine neuromuskuläre Erkrankung: Die primären kongenitalen Myopathien oder auch früh beginnende Muskeldystrophien führen zu Fußfehlstellungen, ebenso wie eine hereditäre Neuropathie.

Auch Erkrankungen des Collagens, wie z. B. Collagen 6-Defekte, führen zu einer klaren Fußfehlstellung, hier noch besonders mit einem sogenannten Kalkaneus-Zeichen mit einem prominenten Kalkaneus.

Auf diese Differentialdiagnosen muss die Diagnostik abgestellt sein.

### **1.3.2 kontrakter / rigider kindlicher Knick-Senk-Fuß**

#### **Empfehlung:**

**Bereits im Säuglingsalter ist der sofort therapiebedürftige rigide Knick-Senk-Fuß (Talus verticalis= dorsolaterale Subluxationsstellung des subtalaren Gelenkkomplexes mit Achillessehnenverkürzung) von der flexiblen Form abzugrenzen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Der rigide Knick-Senk-Fuß kann sich aufgrund einer knöchernen Deformität oder durch eine neurologische Erkrankung (z.B. früh einsetzende Spastik) entwickeln. Die pathologische flexible Form kann in seltenen Fällen in eine rigide Form übergehen [2].

### 1.3.3 Ursächliche Diagnosen orthopädisch / kinderorthopädisch

- Physiologisch
- Knöcherner Fehlbildungen
  - Kongenitale Talus verticalis
  - Coalitio talocalcaneare / calcaneonaviculare ....
- Entzündlich
  - Infektiös
  - Inflammatorisch / rheumatisch
- Posttraumatisch
- Osteonekrosen (z.B. nach Chemotherapie)
- Knochen- und Weichteiltumoren

### 1.3.4 Differentialdiagnosen (pädiatrisch/ neuropädiatrisch)

#### **Empfehlung:**

Folgende pädiatrische / neuropädiatrische Differentialdiagnosen sind zu erwägen:

- Bindegewebserkrankungen (z.B. Ehlers-Danlos, Kollagen-6-Defekte...)
- Muskelerkrankungen (z.B. kongenitale Myopathien, Muskeldystrophien...)
- Neuropathien (z.B. HSMN Typ 1 [Hereditäre senso-motorische Neuropathie])
- Syndromale Erkrankungen (z.B. Trisomie 21, Rett-Syndrom...)
- Intraspinale Pathologien (z.B. Tethered Cord, Syrinx, Dysraphien...)
- Infantile Cerebralparesen

100% Zustimmung (starker Konsens)

## 1.4 Klassifikation

Die Heterogenität der Synonyme des kindlichen Knick-Senk-Fußes spiegelt sich in den verschiedensten Klassifikationen wider.

In der Praxis relevante Klassifikationen sind:

1. Unterteilung in
  - a. Flexiblen kindlichen Knick-Senk-Fuß
    - i. Physiologisch
    - ii. Neurogen
    - iii. Syndromale Erkrankungen

- b. Kontrakten / rigiden kindlichen Knick-Senk-Fuß
  - i. Knöcherne Pathologie (z.B. Coalitio, Talus verticalis ...)
  - ii. Syndromale Erkrankungen
  - iii. Sekundäre Pathologie (Nekrosen, sekundäre Folgen nach Arthritis, postinfektiös, inflammatorisch...)
2. Unterteilung in
  - a. Schmerzlos
  - b. Schmerzhaft
3. Unterteilung in
  - a. Kompensiert (komplette Aufrichtung der Fußwölbung im Zehenstand mit Varisierung des Rückfußes)
  - b. Dekompensiert (keine komplette Aufrichtung der Fußwölbung im Zehenstand mit verbleibender Valgisierung des Rückfußes; manuelle Flexibilität im Talonaviculargelenk ist noch vorhanden)

## 1.5 Scores

Aktuell vorhandene Scores zum kindlichen Knick-Senk-Fuß basieren auf dynamischen, statischen und ganganalytischen Aspekten.

Diese Scores können zur individuellen Therapieplanung hilfreich sein. Die derzeitige Datenlage lässt keine allgemeingültige Empfehlung zu.

## 2 Anamnese

Die Anamnese zum kindlichen Knick-Senk-Fuß umfasst folgende Aspekte:

1. Allgemein pädiatrische Anamnese
  - a. Familienanamnese (Vorkommen symptomatischer Fußfehlstellungen)
  - b. Geburtsanamnese
  - c. Gewichts- und Größenentwicklung
  - d. Meilensteine der Entwicklung (insbesondere Beginn des freien Laufens)
  - e. Pädiatrische Begleiterkrankungen
  - f. Besondere sportliche / hochleistungssportliche Aktivitäten
  - g. Abgrenzung neurologischer Erkrankungen

Dazu gehört eine ausführlichste Anamnese, die die Geburtsumstände mit erfassen muss, mit Blick auf die erworbene infantile Cerebralparese. Wichtig sind dabei, die Apgar-Werte und den Nabelschnur-pH zu erfassen und auch nach Geburtskomplikationen zu fragen. In der klinisch-neurologischen Untersuchung fallen dann z. B. die Pyramidenbahnläsionen auf. Eine muskuläre Schwäche, bedingt durch eine primäre

Muskelerkrankung, gilt es auszuschließen. Das Fehlen der Muskeigenreflexe und sehr dünne Unterschenkel sind ein Hinweis auf eine Neuropathie. Eine Nervenleitgeschwindigkeit kann das sehr schnell klären. Bei Verdacht auf eine neuromuskuläre Erkrankung bietet sich darüber hinaus die Durchführung einer Muskelsonografie an. Auf syndromale Erkrankungen ist zu achten. Daher ist der Entwicklungsverlauf anamnestisch zu erfragen. Ein Tethered cord kann ebenfalls für die Fußfehlstellung verantwortlich sein. Es gilt auf Dysraphie-Zeichen zu achten, dabei insbesondere auf eine atypische Behaarung oder einen Neuroporus am Rücken. Wenn das Kind beim Gehen die Zehen beim Abrollen etwas hochzieht, ist das ein indirektes Zeichen für ein Tethered cord. Eine Laxizität der Gelenke fällt in der neurologischen Untersuchung auf. Syndromale Erkrankungen sind bei Bedarf mit molekulargenetischen oder zytogenetischen Untersuchungen auszuschließen.

#### Spezielle Anamnese der Fußpathologie

##### h. Schmerzanamnese

Die **Schmerzanamnese** dient zur Abgrenzung differentialdiagnostischer Überlegungen. Erfragt werden Schmerzlokalisation, Schmerzausstrahlung, Schmerzintensität und Schmerzcharakter. Schmerzen bei welcher Gehstrecke und welcher Belastungsart müssen erfragt werden. Ebenso ist eine frühe Ermüdbarkeit abzufragen.

##### i. Funktionsanamnese

Bei der **Funktionsanamnese** werden Hinken, Bewegungseinschränkung, Umknicken, Einschränkungen im Alltag, bei sportlichen Aktivitäten, wenn ja, bei welchen sportlichen Aktivitäten bzw. bei welchen allgemeinen Tätigkeiten erfragt. Im Rahmen der Gelenkbeurteilung müssen Schwellung, Bewegungseinschränkung und Entzündungszeichen evaluiert werden.

##### j. Schuhbeurteilung

Hilfreich beim Bewerten von Fußpathologien und deren Ursachen ist eine **Schuhanamnese**. Abgefragt werden sollten Probleme und Druckstellen beim Tragen von Schuhen. Von besonderer Bedeutung ist daher Stellung, Verformung und Abnutzung des getragenen Schuhs und eventuell getragener Einlagen.

#### **Empfehlung:**

**Die Evaluation des Knick-Senk-Fußes im Kindesalter umfasst das Erheben von Allgemein- und Risikofaktoren, eine Familienanamnese, eine Sozialanamnese, eine spezielle Anamnese zur Fußpathologie selbst und eine klinische Untersuchung. Dieses Procedere soll bei allen Kindern, die mit der Fragestellung „kindlicher Knick-Senk-Fuß“ vorgestellt werden, durchgeführt werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### **Empfehlung:**

**Bei Bedarf und mit gezielter Fragestellung sollen fachspezifische weitere Untersuchungsschritte eingeleitet werden, ggf. mit interdisziplinärem Behandlungsansatz, um auch Begleitpathologien nicht zu verpassen.**

90% Zustimmung (Konsens)

## **3 Diagnostik**

### **3.1 Klinisch**

#### **3.1.1 Allgemein pädiatrische / neuropädiatrische Diagnostik**

- Größe / Gewicht
- Begleiterkrankungen / Syndromale Erkrankungen
- Bindegewebs- und Muskeltonus
- Beobachtung des Gangbildes (siehe unten)
- Neurologische Untersuchung
- Kraftgrade
- Koordination

#### **3.1.2 spezielle orthopädische / kinderorthopädische Diagnostik**

- Inspektion (Beschwiellung, Fußform, Fehlstellung, Entzündungszeichen, Druckmarkierungen an der Haut, Vorfußabduktion [too many toe sign])
- Palpation (Knochen, Bänder, Sehnen)
- Achs- und Rotationsbeurteilung der gesamten unteren Extremität inkl. Beinlängendifferenz
- Bewegungsumfang (Neutral-Null-Methode) von Hüft-, Knie-, Oberem Sprung-, Unterem Sprunggelenk sowie Rück- und Vorfuß
- funktionelle Tests des Fußgewölbes (Aufrichtung beim funktionellen Zehenstand, Einbeinstand und Einbeinhüpfen; jack test= toe raising test; Silverskjöld Test)

*Anmerkung: Gemäß Elftmann kommt es beim maximalen Zehenstand zu einem sog. midtarsal Lock also durch die Gelenkgeometrie einer Aufrichtung der Fußlängswölbung. Daher sollte die Fußlängswölbung im Verlauf des Aufrichtens in den Zehenstand beurteilt werden und nicht im maximalen Zehenstand.*

- einwirkenden Muskel, Sehnen, Bänder (inkl. Wadenmuskulatur)
- Bewegungseinschränkung (z.B. bei der fibrösen kalkaneonavikulären Coalitio, die im MRT leicht zu übersehen ist)

### 3.1.3 Apparative Analyse / Ganganalyse

#### **Empfehlung:**

**Additiv kann zur anamnestischen und klinisch-funktionellen Untersuchung bei spezifischer Fragestellung die apparative Analyse, z.B. Pedobarografie oder Videoanalyse hinzugezogen werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### 3.2 Bildgebung

Die Indikationen zu radiologischen Untersuchungen bei kindlichem Knick-Senk-Fuß sind differenziert zu stellen.

#### **Empfehlung:**

**Eine radiologische Abklärung sollte beim schmerzhaften und/ oder kontrakten und rigiden Knick-Senk-Fuß erfolgen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Eine Röntgenaufnahme in exakter Technik ist erst ab dem Alter von 3 Monaten sinnvoll (Ossifikation).

#### **Empfehlung:**

**Folgende bildgebende Methoden stehen zur Klärung gezielter Fragestellungen zur Verfügung: Sonographie, Röntgen im Stehen oder unter Belastung, MRT, CT. Bei entsprechender Indikation soll als Methode der ersten Wahl eine Röntgenuntersuchung durchgeführt werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### 3.2.1 Röntgen:

#### Empfehlung:

Bei schmerzhaftem, dekompenziertem und rigidem/ kontraktem Knick-Senk-Fuß soll als Standarddiagnostik eine Röntgenuntersuchung des Fußes in zwei Ebenen (ap und exakt seitlich) unter Belastung bzw. beim stehfähigen Kind im Stand erfolgen. Korrekte Projektionen sind wichtig, um Fehldiagnosen zu vermeiden.

100% Zustimmung (starker Konsens)

#### Röntgenaufnahme im Stehen unter Belastung

**Cave:** Eine willkürliche oder unwillkürliche Aufrichtung des Fußes z.B. bei Kontakt mit kalter Standfläche oder Röntgenkassette ist zu vermeiden.

- Laterale Projektion (Standard)

*Radiologisch sind Winkelmessungen hilfreich, um die dreidimensionale Form des Fußes zu objektivieren. Diese Winkelmessungen sind die Basis für individuelle Verlaufskontrollen und Therapiemaßnahmen.*

Sinnvolle Winkelmessungen:

- Talus- Metatarsale-I-Winkel (Meary Winkel, lat. TMT-I-Winkel): normal =  $0^{\circ}$  ( $\pm 4$ ); Neugeborene  $20^{\circ}$  ( $9-31^{\circ}$ ), 8 jährige  $5^{\circ}$  ( $10-18^{\circ}$ )
- Talocalcaneärer Winkel: normal  $40^{\circ}$  ( $25-55^{\circ}$ )
- Costa-Bartani-Winkel (normal  $120-125^{\circ}$ )
- Calcaneusneigungswinkel (calcaneal pitch): normal  $20-30^{\circ}$  (Kinder  $17^{\circ} \pm 6^{\circ}$ )

- Dorsoplantare Projektion (Standard)

Sinnvolle Winkelmessungen:

- Talus-Metatarsale I-Winkel, dorsoplantar: normal =  $0 - 20^{\circ}$  (Kinder  $10^{\circ} \pm 7^{\circ}$ )
- Talocalcaneärer Winkel: normal  $25^{\circ}$  ( $15-35^{\circ}$ ); Neugeborene  $40^{\circ}$  ( $25-55^{\circ}$ )
- Winkel zwischen lateraler Calcaneus-Kontur und Metatarsale V: normal =  $0$
- Talonaviculare Abdeckung (talonavicular coverage) angegeben in Prozent oder als Winkel:  $20^{\circ} \pm 9,8^{\circ}$

- TMT-I- Index nach Hamel (Addition des TMT-1-Winkels (lat. Projektion) und des TMTB-I-Winkels (d.p. Projektion); *Vorzeichen beachten!*)
- Spezialaufnahmen
  - Schrägaufnahme innenrotiert bei V.a. Coalitio calcaneonavicularis
  - Projektion nach Harris bei V.a. Coalitio talocalcanearis
  - Projektion nach Saltzman (Dokumentation des Rückfußvalgus)
- Funktionsaufnahmen
  - Plantarflexion (DD Talus verticalis , Talus obliquus)

*Die publizierten Normwerte der genannten Winkel weisen eine gewisse Streubreite auf. Die hier angegebenen Werte beziehen sich auf: [3-12]*

### **3.3 Schnittbildtechniken**

[13]

#### **3.3.1 MRT**

MRT des Fußes (1.Wahl)

- zeigt nicht nur knöcherne, sondern auch knorpelige und fibröse Coalitiones
- ist auch aus strahlenhygienischen Gründen zu bevorzugen
- STIR (SPIR, SPAIR, T2 mit Fettsättigung) zeigen perifokales Ödem /Stressreaktion oder Stressfraktur
- Schichtdicke  $\leq 3$  mm, ausreichende Ortsauflösung
- sagittale Schichtorientierung zeigt Coalitio calcaneonavicularis
- coronare Schichtorientierung zeigt Coalitio talocalcanearis
- 3D Sequenzen (z.B. DESS): aufwendig aber sinnvoll bei V.a. andere oder multiple Coalitiones

MRT des Gehirns und/ oder des Spinalkanals zur Klärung neuropädiatrischer Differentialdiagnosen

#### **3.3.2 CT**

CT (2. Wahl)

- wenn MRT und Röntgenaufnahmen nicht konklusiv
- zeigt knöcherne Details in hoher Auflösung

- 3D–Aufnahmen mit Oberflächenrekonstruktion möglich
- Nachteil: Strahlenexposition junger Patienten

Digitale Volumentomographie (wenn möglich statt CT)

- Vorteile: Geringere Strahlenexposition, Aufnahme im Stehen

### **3.3.3 Sonographie**

- Muskelsonographie bei V.a. neuromuskuläre Erkrankung
- Gelenksonographie zum Nachweis/Ausschluss eines Ergusses oder einer Tendovaginitis

Indikation und Durchführung

- kongenitalen Knick-Senk-Fuß Darstellung des Talus verticalis und Talus obliquus möglich.
- V.a. entzündliche Veränderungen
- Nachweis/Ausschluss von Gelenkergüssen talonavicular gut möglich, talocalcaneal nur durch geübte Untersucher.

Nachweis/Ausschluss einer Tendovaginitis.

## **3.4 Funktionell**

### **3.4.1 Pedobarographie**

Die Pedobarographie gibt Aufschluss darüber, wie sich die Kraft auf die plantare Fläche (=Druck) des Fußes beim Bodenkontakt verteilt. Zur Diagnostik werden bei Kindern überwiegend Plattformsysteme beim Barfußgehen eingesetzt. Die Druckverteilung eignet sich insbesondere zur weniger kosten- und zeitintensiven Verlaufsdokumentation. Man sollte grundsätzlich mehrere Versuche analysieren, am besten beim Gehen (eventuell beim Joggen oder Rennen). Eine ausreichende Auflösung zur klinischen Diagnostik ist essentiell. Die Pedobarographie lokalisiert abnormale Druckspitzen und Areale mit fehlender Belastung und lässt dadurch Rückschlüsse über das Abrollverhalten und die Stabilität des Fußes zu.

### **Empfehlung:**

**Zur Beurteilung der Druckverteilungsbilder von Knick-Senk-Füßen können folgende Aspekte hilfreich sein:**

- 1) Kommt es zu einer punktuellen, medialisierten Kalkaneus-Belastung?**
- 2) Ist die Gesamtauflagefläche des Fußes vergrößert?**
- 3) Kommt es zu einem Durchbrechen des Längsgewölbes mit medialen Druckspitzen?**
- 4) Gibt es Hinweise auf einen Fersenhochstand?**
- 5) Ist die Belastungszone des Kalkaneus verlängert?**
- 6) Dekompensiert der Fuß beim Rennen?**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### **3.4.2 Videoanalyse (beobachtende Ganganalyse)**

#### **Empfehlung:**

**Zusätzlich sollte die Fuß- und Gesamtkörperbewegung beim Barfußgehen und -rennen dokumentiert werden. Ideal und wünschenswert ist eine standardisierte Videoaufnahme (von vorn, hinten und beiden Seiten).**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Sie bietet Gelegenheit zur Begutachtung des verlangsamten Bewegungsablaufes. Die Ansicht der unteren Extremität sollte bis einschließlich des Beckens gewährleistet sein. Auch die Patella oder Fersenslängsachse kann farblich markiert werden. Oberflächlich spielt die Einschätzung der Ganggeschwindigkeit, Dynamik (insbesondere beim Rennen), gleichmäßige Bewegungsqualität und -kontrolle, sowie Symmetrie in Stand- und Schwungphase eine Rolle. Besonders auf schmerzinduziertes Schonhinken sollte geachtet werden. Auch Hinweise auf assoziierte Co-Morbiditäten werden evtl. sichtbar: Bei der Ansicht von vorn sollte auf Rotationsfehlstellungen der Hüfte- und des Unterschenkels geachtet werden. Von der Gangrichtung abweichende Patellen- bzw. Fußöffnungswinkel liefern Verdachtsmomente hierfür. Auch ein Beckenschiefstand in Folge unilaterer prominenter Fußpathologie sollte ausgeschlossen werden. Sagittal kann eine Rekurvation des Knies durch Hyperlaxizität auffallen. Bezüglich des Fußes geht ein verfrühtes Abheben der Ferse in Folge kurzer Wadenmuskeln oft mit einer Dekompensation des Fußhebels einher. Die Höhe des Längsgewölbes spielt hier eine wichtige Rolle. Aus der Frontalen sieht man, ob der Vorfuß nach lateral abweicht oder der erste Strahl durchweg supiniert beißt. Man erkennt auch, ob eine Extensoren-Substitution (angehobene Großzehe) notwendig ist, um das Längsgewölbe zu stabilisieren. Die Eversion und Re-Inversion der Ferse zu Beginn

und Ende der Standphase sollte begutachtet werden, um rigide Fehlstellungen auszuschließen. Neben dem Visuellen könnten auch akustische Zeichen, wie ein lautes 'Aufplatschen' auf fehlende Funktionalität hinweisen.

### 3.4.3 Instrumentelle 3D-Ganganalyse

Um die komplexen Bewegungen bei klinisch diagnostizierten Fehlstellungen detailliert darzustellen, sind weitere Informationen aus der 3D Ganganalyse hilfreich. Dies gilt insbesondere für die Abklärung medizinischer Grenzfälle und von komplexen 3D-Deformitäten. In speziellen Ganglaboren wird der Bewegungsablauf beim Gehen mehrmals mit Hochgeschwindigkeitskameras aufgenommen. Für die Analyse werden kleine reflektierende Kugeln auf die Haut angebracht und deren Bewegung im Raum erfasst. So können dynamische Gelenkwinkel und Segmentbewegungen des Fußes detailliert überprüft werden. Zusätzlich werden Kräfte mittels im Boden eingelassener Kraftmessplatten aufgezeichnet. Dadurch können Gelenkbelastung und kraftproduzierende Fähigkeiten quantifiziert werden, was Anhaltspunkte über ausreichende Funktionalität liefert. Zur Interpretation werden individuelle Durchschnittsdaten mit denen eines altersäquivalenten Normkollektivs verglichen. Global wird z.B. quantifiziert, ob das Kind langsamer als gewöhnlich geht, oder ob eine Asymmetrie der Schrittlänge vorliegt. Hinweise auf funktionelle, laterale Ungleichheit der Fehlstellung können u.a. anhand der Dauer der Einbeinunterstützungsphasen gefolgert werden. Reproduzierbare Untersuchungen sind im Allgemeinen ab etwa 6 Jahren möglich.

## 4 Konservative Therapie

### 4.1 Konservativ Einlagen / Orthesen

#### **Empfehlung:**

**Der flexible schmerzlose physiologische Knick-Senk-Fuß soll nicht therapiert werden, ebenso nicht bei Kindern unter 6 Jahren ohne neuromuskuläre Erkrankungen oder Fehlbildung. Eine Einlagen- und Orthesenversorgung ist beim schmerzlosen physiologischen Knick-Senkfuß nicht notwendig.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Eine Indikation zur Einlagenversorgung besteht bei:

- schmerzhaften flexiblen Knick-Senk-Fuß,
- Subluxation im Fußwurzelbereich,

- fehlender Aufrichtung im funktionellen Zehenstand.

Die Einlagenversorgung (alternativ auch Fußorthesenversorgung genannt) kann stützende, bettende und sensomotorische Elemente beinhalten. Alle Einlagen sind individuell nach dreidimensionalem Fußabdruck zu fertigen. Eine Einlagen/Fußorthesenversorgung mit sensomotorischem Charakter setzt ein reaktionsfähiges Nerven-, Muskel- und Skelettsystem voraus.

**Empfehlung:**

**Sensomotorische Einlagen/ Fußorthesen sollten wegen ihrer propriozeptiven Stimulation bevorzugt werden.**

90% Zustimmung (Konsens)

Eine evidenz-basierte Studienlage liegt derzeit hierzu nicht vor. Rein mechanisch wirkende Einlagen aus hartem Material haben keinen positiven Einfluss auf die kindliche Fußentwicklung [14].

**Empfehlung:**

**Beim neuromuskulären und kontrakten Knick-Senk-Fuß sollte eine hochschalige Einlagenversorgung oder eine knöchelübergreifende dynamische Fuß-Sprunggelenkorthese (DAFO) mit sensomotorischem Design eingesetzt werden, solange keine strukturelle Wadenmuskelverkürzung vorliegt.**

90% Zustimmung (Konsens)

**Empfehlung:**

**Eine Nachtschienenversorgung mit Orthesengelenken bei Verkürzungstendenz der Waden- und Peronealmuskulatur kann additiv sinnvoll sein.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

## 4.2 Physiotherapie

Die Interventionen der Physiotherapie richten sich nach Alter und Befund.

### **Empfehlung:**

**Mit Beginn einer physiotherapeutischen Therapie soll eine Befund- und Verlaufsdokumentation erfolgen.**

90% Zustimmung (Konsens)

### **Empfehlung:**

**Bei allen Fußfehlstellungen soll auch der physiotherapeutische Befund der gesamten unteren Extremität (insbesondere Achsfehlstellungen, Drehfehler und Bewegungseinschränkungen) berücksichtigt und ggf. mitbehandelt werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### **Empfehlung:**

**Ist der Knick-Senk-Fuß in Zusammenhang mit z.B. einer Zerebralparese (CP), einer Myelomeningocele (MMC), einer Trisomie 21, einer Arthogryposis multiplex congenita (AMC), einer Muskelerkrankung und/oder anderen angeborenen Erkrankungen diagnostiziert, ist eine Physiotherapie auf neurophysiologischer Grundlage (Bobath/Vojta) als additive Maßnahme wünschenswert und sollte unter Umständen so früh wie möglich begonnen werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### 4.2.1 Bei < 6 Jahren

Beim physiologischen Knick-Senk-Fuß ist Physiotherapie nicht erforderlich, eine ausführliche Elternberatung aber sinnvoll.

### **Empfehlung:**

**Bei Kindern <6 Jahre mit physiologischem Knick-Senk-Fuß sollen weiche Schuhe mit ausreichender Längenzugabe und genügender Weite ab sicherem Laufen zum Schutz getragen werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

**Empfehlung:**

**Der natürliche Bewegungsdrang soll ausnutzt und unterstützt werden, ebenso wie Barfußlaufen auf wechselnden Untergründen, Rennen und z.B. Klettern.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Nicht förderlich sind Lauflern-Hilfen und vorzeitiges passives Hinstellen vor Beginn des freien Gehens.

#### **4.2.2 Schulkinder und Jugendliche**

Indikationen zur physiotherapeutischen Behandlung dieser Altersgruppe:

- unzureichende Aufrichtung des Fußgewölbes
- Bewegungseinschränkungen in den Sprung- und Fußgelenken
- Fehlstellung der Beinachsen (Varus/Valgus, Torsion) und/oder muskuläre und/oder ligamentäre Dysbalancen
- Belastungsschmerzen im Fuß

Therapieansätze und Schwerpunkte:

- Propriozeptionstraining (Wahrnehmungsschulung) bzgl. der Dysbalancen und Erarbeitung von Korrekturmechanismen

**Empfehlung:**

**Es sollte eine Anleitung für ein Heimprogramm mit Integration der Fußgymnastik in den Tagesablauf, z.B. beim Zähneputzen, den Hausaufgaben etc., erfolgen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Bei deutlichen Auffälligkeiten sind positive Erfahrungen mit Übungen/ Hausprogramm aus dem Konzept der Spiraldynamik bekannt.

**Empfehlung:**

**Bei Bewegungseinschränkungen und Kontrakturen im Sprung- und Fußgelenksbereich sollen nach Ausschluss einer Coalitio mobilisierende Techniken aus der Manuellen Therapie, Dehnungen und Redressionen zum Einsatz kommen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

### **Empfehlung:**

**Besondere Aufmerksamkeit soll auf die Dehnung der Wadenmuskulatur, sowie auf die antagonistische Kräftigung der Fußheber gerichtet werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

## **5 Operative Therapie**

### **5.1 Indikation zur operativen Therapie:**

Die Indikationsstellung zur Operation des kindlichen Knick-Senk-Fußes wird relativ selten gestellt. Sie berücksichtigt verschiedene Aspekte von denen die Wesentlichen wie folgt angegeben sind:

#### **Aspekte für die Indikationsstellung zur Operation:**

- Alter der Patienten:
  - *bis zum 6. Lebensjahr (Kleinkindesalter):*

Ein therapiebedürftiger Knick-Senk-Fuß bei Kindern <6 Jahre ohne neuromuskuläre oder genetische Erkrankung stellt eine Rarität dar.
  - *7.-10.Lebensjahr (Kindesalter):*

### **Empfehlung:**

**In sehr schweren Fällen kann die Indikation zur operativen Behandlung schon in der ersten Lebensdekade bestehen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

- 11.-16.Lebensjahr (Jugendalter):

**Empfehlung:**

**Notwendige operative Maßnahmen können hier am besten vor der skelettalen Ausreifung des Fußes durchgeführt werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

- Das Auftreten einer einseitigen oder doppelseitigen Deformität  
Ein beidseitiger Knick-Senk-Fuß führt seltener zur Indikation einer operativen Korrektur als ein Einseitiger.
- Die Ausprägung der verschiedenen Komponenten der Deformität im Vor- und im Rückfuß:

*Sagittalebene* = Absinken der medialen Längswölbung im TN-Gelenk; im NC-Gelenk oder kombiniert am gesamten medialen Fußrand.

*Frontalebene* = Rückfußvalgusabweichung (passiver und aktiver Korrekturgrad sind dabei zu testen). Der Grad der passiven und der aktiven Korrekturfähigkeit stellt eine wesentliche Information für die Auswahl der evtl. einzuschlagenden Operationstechniken dar. In der Frontalebene ist auch die Stellung des Vorfußes zum Rückfuß nach passiver und aktiver Korrektur des Rückfußes zu beachten.

**Empfehlung:**

**Insbesondere soll bei der Analyse des Knick-Senk-Fußes eine rigide Vorfußsupination ausgeschlossen werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Die *Transversalebene* betrifft die Abduktion des Rück- und des Vorfußes.

- Die Schmerzangaben des Patienten:  
Symptomatische Knick-Senkfüße zeigen oft typische Schmerzlokalisationen, die in die Therapieentscheidung mit einfließen müssen. Die Schmerzen treten meistens unter

Belastung an verschiedenen anatomischen Stellen auf. Typische richtungsweisende Schmerzpunkte beim kindlichen Knick-Senk-Fuß sind am Fußinnenrand (mediales Gewölbe in Höhe des Taluskopfes, des Os naviculare oder des Os cuneiforme mediale), am Fußaußenrand (unter der Fibula und im Sinus tarsi) sowie ggf. auch proximal am Knie zu suchen. Auch eine etwaige Verkürzung oder ein Gegenspannen der Wadenmuskulatur und ein Anspannen der Peronealsehnen und -muskeln (= der sog. Peronealspasmus) sind bei passiver Bewegungsprüfung des Rückfußes zu beachten.

- Die Entwicklung der Deformität im zeitlichen Verlauf:  
Diese Befunde, die sich nur dann bestimmen lassen, wenn sorgfältig erhobene Vorbefunde verfügbar sind, stellen weitere wichtige Hilfswerkzeuge für eine Indikationsstellung zur Operation dar.

#### **Empfehlung:**

**Es soll bei der Indikationsstellung zur Operation versucht werden, Parameter zu finden, mit denen festgestellt werden kann, ob und in welchem Grade sich die Fußdeformität im zeitlichen Verlauf (6-12 Monate) verändert hat (besser, gleich bleibend oder schlechter geworden): Symptomatik, klinischer Befund, Röntgendiagnostik, sowie funktionelle Gangdiagnostik.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

#### **Empfehlung:**

**Bei Verschlechterung und bei deutlichem Funktionsdefizit und Symptomen kann die OP-Indikation beim kindlichen Knick-Senk-Fuß gestellt werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

#### **Empfehlung:**

**In schweren Fällen kann die Indikationsstellung schon in der ersten Lebensdekade bestehen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

#### **Empfehlung:**

**Der Einfluss von proximalen Achsendeformitäten soll dabei ebenfalls einbezogen werden.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

Art der Operationstechniken anhand der operierten Strukturen:

- Weichteiloperationen mit Muskelverlängerungen (tendinöse oder intramuskuläre Verlängerungen)
- Weichteiloperationen mit Gelenkkapsel- und Bandraffungen
- Weichteiloperationen mit Lösung kontrakter Gelenkkapseln und -bänder
- Weichteiloperationen mit Sehnenversetzungen bzw. Sehnenraffungen (=Sehnenverkürzungen)
- Gelenkoperationen mit der Implantation einer extraartikularen Anschlagssperre (sog. Arthrorise)
- Gelenkoperationen mit der Versteifung eines oder mehrerer Gelenke
- knöcherne Operationen mit der Einfügung eines Knochenkeiles (autolog, heterolog oder allogene)
- knöcherne Operationen mit Durchtrennung und Verschiebung bzw. Verlagerung von Knochen in einer, zwei oder drei Ebenen

**Empfehlung:**

- **Kombinationseingriffe können für Füße mit komplexen, dreidimensionalen Deformitäten nötig sein.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

## **5.2 Operationsmethoden:**

Die nachfolgende Liste gibt die häufigeren beim kindlichen Knick-Senk-Fuß angewendeten Operationstechniken gegliedert nach ihrer Indikation, der Technik, den Ergebnissen und ihren möglichen Nachteilen und Problemen an.

- Wadenmuskelverlängerung und Achillessehnenverlängerung:
  - Indikation: strukturelle Spitzfußkomponente eines Knick-Senkfußes bei klinischer Testung unter invertorischer Verriegelung des Rückfußes; getestet wird unter Kniebeugung und bei Kniestreckung, um den Anteil des M. Gastrocnemius und des M. Soleus an der Spitzfußkomponente zu unterscheiden und ggf. selektiv anzugehen.
  - Hinweis: Bei der Methode besteht die Gefahr der zu ausgedehnten Schwächung der Wadenmuskelfunktion mit der Gefahr eines Hackenfußes.
- Verlängerung der verkürzten Pronatoren (M. Peroneus brevis und tertius)

- Indikation: Rigide Verkürzung der Pronatoren-Muskulatur bei passiver Bewegungsprüfung der Reponierbarkeit des Rückfußes.
- Hinweis: Theoretisch ist eine Überkorrektur durch exzessive Schwächung möglich. Der M. Peroneus longus muss wegen seiner stabilisierenden Wirkung auf den medialen Fußrand möglichst erhalten bleiben.
- Rückversetzung des Ansatzes der M. Tibialis anterior-Sehne am Fußinnenrand auf das Os naviculare:
  - Indikation: Die Indikation wird nur in Ausnahmefällen als Kombinationseingriff gestellt.
  - Hinweis: Diese OP wurde in der Vergangenheit als sogenannte Naviculare-Umschlingung beschrieben und häufig angewendet. Sie wird aktuell nur mehr selten eingesetzt, da keine eindeutigen Langzeitergebnisse vorliegen.
- Raffung und Distalisierung der Sehne des M. Tibialis posterior und der medialen Gelenkkapsel des Talonaviculargelenkes inkl. Raffung des Spring-Ligamentes (Lig. calcaneonaviculare plantare)
  - Indikation: Als Teilaspekt von Knickfußkorrekturen wird diese Technik weiterhin auch im Erwachsenenalter bei der Tibialis posterior Insuffizienz angewendet. Als isolierte Methode kommt sie nur noch vereinzelt zur Anwendung.
  - Hinweis: Als alleinige Methode meist Unterkorrektur, da nur eine begrenzte Wirkung auf den Knick-Senk-Fuß besteht. Die Technik wird deshalb meist mit zusätzlichen Skelettoperationen (z.B. OP nach Evans oder/und Calcaneusverschiebung) kombiniert.
- Subtalare Arthrorise mit verschiedenen alloogenen Implantatmaterialien
  - Indikation: Die subtalare Arthrorise stellt die mit Abstand häufigste Operationsmethode des kindlichen Knick-Senk-Fußes dar. Da sie als mechanische Anschlagssperre gegen die Eversion des Subtalargelenkes wirkt, ist sie nur bei passiv in allen Ebenen vollständig ausgleichbaren Deformitätskomponenten indiziert.
  - Hinweis: Jede strukturelle Teilkomponente eines Knick-Senk-Fußes wie z.B. eine Torsionsdeformität, eine Spitzfußdeformität oder eine Vorfußsupinationsstellung sind zusätzlich bzw. gesondert zu korrigieren. Bei nicht ausreichendem Effekt lässt sich die Methode durch andere Verfahren ersetzen. Nachteile sind mögliche Implantatlockerungen, ein Peronealspasmus und seltene Überkorrekturen. Eine Konversion in andere Methoden ist mit wenig Aufwand möglich, was die Verbreitung dieser Methode unterstützt.
- OP nach Evans (Calcaneusverlängerung)
  - Indikation: Diese Operation ist bei symptomatischen kindlichen Knick-Senk-Füßen mit hohem Korrekturpotential aber erheblich größerem Operationsaufwand möglich.

- Hinweis: Diese Methode wird je nach dem Vorliegen zusätzlicher Deformitätskomponenten mit weiteren Techniken häufig kombiniert.

Mögliche Entnahmebeschwerden des Knochenkeiles (Beckenkamm) und mögliche Unter- oder seltener Überkorrekturen in einen Klumpfuß mit verstärkter Fußaußenrandbelastung.

- OP nach Gleich (Calcaneusverschiebung nach medial)
  - Indikation: Diese Operationstechnik ist vor allem bei ausgeprägter Rückfußvalguskomponente (Deformität in der Frontalebene) indiziert.
  - Hinweis: Bis auf die theoretische Möglichkeit der Unter- oder Überkorrektur sind kaum Probleme berichtet worden. Pseudarthrosen sind am Calcaneus bisher nicht beschrieben worden.
- OP nach Cotton (dorsal aufklappende Osteotomie des Os Cuneiforme mediale)
  - Indikation: Rigide Supinationsstellung des Vorfußes bzw. des ersten Strahles.
  - Hinweis: Mögliche Entnahmeprobleme (Beckenkamm) und die Unter- oder die Überkorrektur, welche sich aber ohne großen Aufwand nachkorrigieren lassen.
- Temporäre Epiphysiodese der distalen Tibia
  - Indikation: Wachstumslenkung bei Valgusdeformität im oberen Sprunggelenk bis zur Horizontalisierung der Gelenkebene. Hier muss u.U. schon frühzeitig (< 10 Jahre) korrigiert werden.
  - Hinweis: Engmaschige Kontrollen, um das Korrekturpotential zu erkennen. Metallentfernung bei Erreichen der Achskorrektur, um Überkorrekturen zu vermeiden.

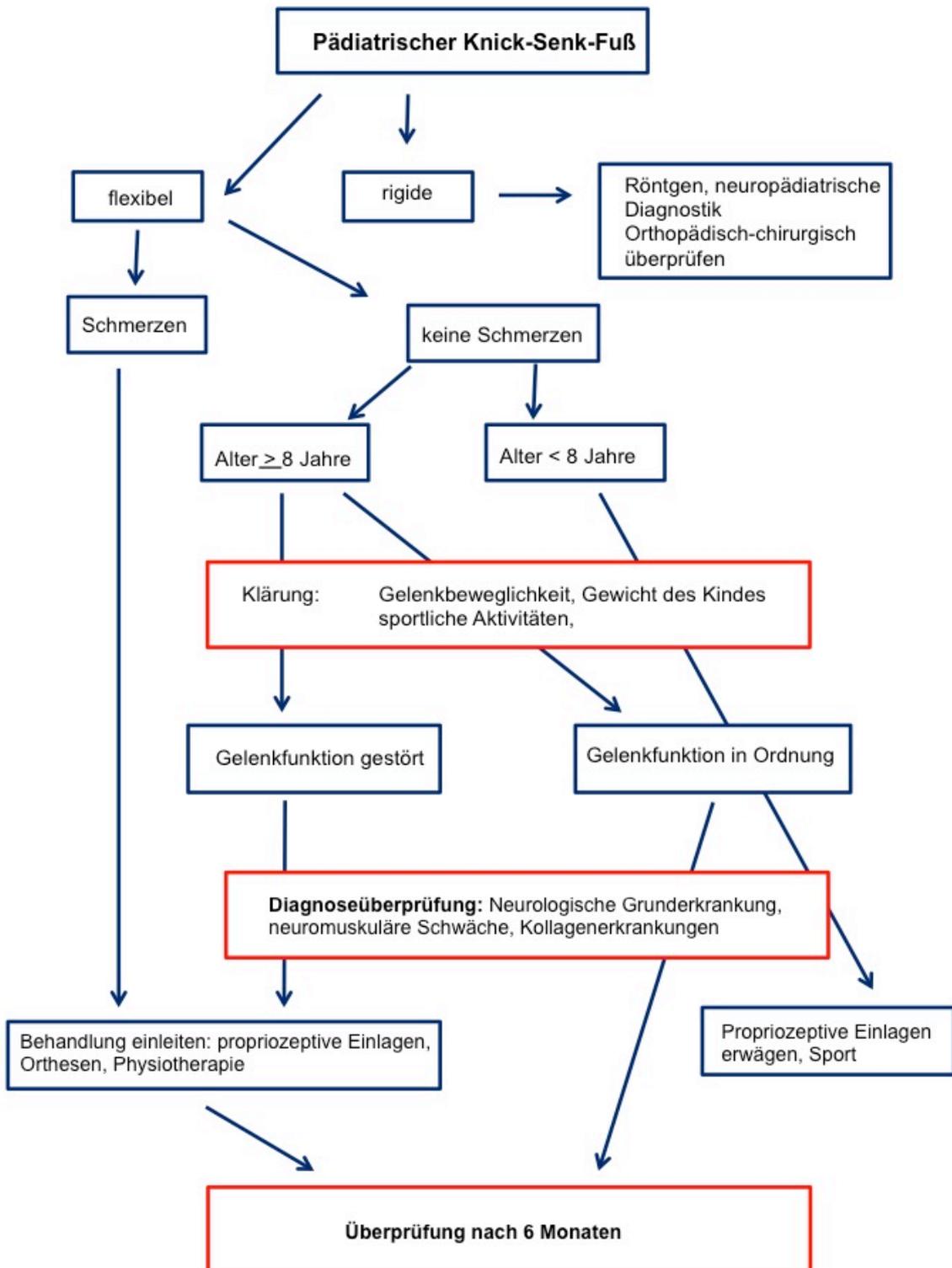
### **5.3 Postoperative Nachbehandlung:**

#### **Empfehlung:**

**In Abhängigkeit vom OP-Verfahren und des Schweregrades der Deformität soll eine frühfunktionelle Nachbehandlung angestrebt werden, wobei temporär Gipstherapie, Orthesen und Physiotherapie zur Anwendung kommen.**

100% Zustimmung (starker Konsens)

## 5.4 Stufenschema diagnostisches und therapeutisches Vorgehen



Modifiziert nach Evans et al. Eur. J Phys Rehabil Med 2011, 47:69

## 6 Prognose und Prävention

### 6.1 Prognose

- $\leq 6$  Jahre ist der flexible Knick-Senk-Fuß fast ausschließlich physiologisch (Vorkommen bei 97% aller 19 Monate alten Kinder) [1, 15]
- Bis zum Alter von 10 Jahren bildet sich die mediale Fußlängswölbung zunehmend aus. Bei einem kleinen Anteil (10-jährige Kinder 4%) persistiert der Knick-Senk-Fuß oder wird progredient [1].
- Oberhalb von 10 Jahren besteht die Gefahr der Dekompensation mit zunehmender Rigidität. Nur die Minderheit der Kinder entwickelt eine Schmerzsymptomatik ( $<2\%$ ).
- Ein Risikofaktor zur Persistenz des Knick-Senk-Fußes stellt das Übergewicht im Kindesalter dar (62% der 6-jährigen mit Knick-Senk-Fuß sind übergewichtig) [1].
- Pathogenetische Faktoren können muskulär, knöchern und bindegewebig sind, wobei hier der Einfluss der unterschiedlichen Faktoren kontrovers diskutiert wird.

### 6.2 Prävention

Die Hauptprävention besteht in einer umfassenden Aufklärung zu den Bedürfnissen einer normalen kindlichen Entwicklung. Daraus resultiert:

- Eigenförderung der physiologischen Entwicklung durch tägliche Bewegung
- Normgewichtigkeit
- Weiche Schuhe mit ausreichender Länge und Weite zum Schutz
- Barfußlaufen auf wechselnden Untergründen

## 7 Referenzen

1. Dare, D.M. and E.R. Dodwell, *Pediatric flatfoot: cause, epidemiology, assessment, and treatment*. 2014(1531-698X (Electronic)).
2. Döderlein, L., W. Wenz, and U. Schneider, *Der Knickplattfuß*, in *Fussdeformitäten*. 2002, Springer Nature. p. 1-7.
3. Benedetti, M.G., et al., *Clinicoradiographic Assessment of Flexible Flatfoot in Children*. Journal of the American Podiatric Medical Association, 2010. 100(6): p. 463-471.
4. Berquist, T.H., *Imaging of the Foot and Ankle, 3rd ed Philadelphia*, . Radiology, 2011. 261(2): p. 393-393.
5. Bourdet, C., et al., *Flatfoot in children and adolescents. Analysis of imaging findings and therapeutic implications*. Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, 2013. 99(1): p. 80-87.
6. Davids, J.R., T.W. Gibson, and L.I. Pugh, *Quantitative Segmental Analysis of Weight-Bearing Radiographs of the Foot and Ankle for Children*. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2005. 25(6): p. 769-776.
7. De Pellegrin, M., et al., *Subtalar extra-articular screw arthroereisis (SESA) for the treatment of flexible flatfoot in children*. Journal of Children's Orthopaedics, 2014. 8(6): p. 479-487.
8. Hamel, J. and C. Kinast, *Der TMT-Index zur radiologischen Quantifizierung von Planovalgus-Deformitäten. Fuß & Sprunggelenk*, 2006. 4(4): p. 221-226.
9. Moraleda, L. and S.J. Mubarak, *Flexible Flatfoot*. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2011. 31(4): p. 421-428.
10. Park, M.S., et al., *Spontaneous Improvement of Radiographic Indices for Idiopathic Planovalgus with Age*. The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume, 2013. 95(24): p. e193-1-8.
11. Vanderwilde, R., et al., *Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children*. The Journal of Bone & Joint Surgery, 1988. 70(3): p. 407-415.
12. Waldt S, E.M., Wörtler K. , *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*. 2011: Thieme Publishing Group.
13. Kan JH, K.P., *Pediatric and adolescent musculoskeletal MRI: a case-based approach*. . Springer, New York Heidelberg 2010, 2010.
14. Zollinger H Fau - Wiasmitinow, N.P. and N.P. Wiasmitinow, [9. *Foot deformities of infants. Results after 10 or more years. a). Long-term results of children with supple flat feet treated conservatively (author's transl)*]. 1979(0085-4530 (Print)).
15. Pfeiffer, M., et al., *Prevalence of flat foot in preschool-aged children*. 2006(1098-4275 (Electronic)).