

Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie

Eine Übersichtsarbeit

Bereits 1985 wies der deutsche Rechtsmediziner Saturnus [28] darauf hin, dass die Bauchlage des schlafenden Säuglings ein Risiko hinsichtlich des plötzlichen Kindstodes darstellt. Seit der Empfehlung der American Pediatric Society [1] im Jahre 1992, Säuglinge zur Prophylaxe des plötzlichen Kindstodes auf den Rücken zu lagern („back to sleep campaign“), ist es einerseits erfreulicherweise zu einer Reduktion der Inzidenz für den plötzlichen Kindstod, andererseits aber zu einer erheblichen Zunahme der lagebedingten Plagiozephalie gekommen [2, 6, 16, 24, 25, 31]. Die Inzidenz ist von 1:300 (1979) auf 1:60 (1996) angestiegen [14].



Abb. 1 ▲ Lagebedingte Plagiozephalie

Die lagebedingte Plagiozephalie (■ **Abb. 1**) ist gekennzeichnet durch asymmetrische Veränderungen des Schädels. Häufig werden laterale Plagiozephalien mit einseitigen Abflachungen im Bereich des Os occipitale beobachtet. Mit Zunahme der Symptomatik kommt es zu einer gleichseitigen Vorverlagerung des Ohres („ear shift“) und zu Abflachungen des Gesichtsschädels auf der kontralateralen Seite. Eine zentral deformierte Plagiozephalie bzw. posteriore Brachycephalie mit symmetrischer Abflachung des Os occipitale wird seltener beobachtet. Häufig treten Mischformen aus beiden Asymmetrien auf.

Unmittelbar nach der Geburt fällt die lagebedingte Plagiozephalie selten auf, betroffene Säuglinge unterliegen glücklicherweise einer großen Selbstheilungsquote [33]. Bei den meisten Säuglingen liegt bei Geburt keine lagebedingte Plagiozephalie vor. Diese wird erst nach 5 bis 6 Lebenswochen von den Eltern, den Kinderärzten, den Hebammen oder den Physiotherapeuten wahrgenommen.

Abzugrenzen ist die lagebedingte Schädelasymmetrie von anderen Formen der Dyszephalie, wie z. B. den Kraniosynostosen.

Klinisches Bild

Die lagebedingte Plagiozephalie wurde von Argenta [2] klinisch klassifiziert. Dabei werden eine laterale Plagiozephalie (Typ 1–5) und eine zentral deformier-

te Plagiozephalie bzw. posteriore Brachycephalie (Typ 1–3) unterschieden. Letztere tritt seltener auf und ist schwieriger zu behandeln. Die 5 Typen der lateralen Plagiozephalie werden wie folgt beschrieben:

- Typ 1: einseitige okzipitale Abflachung,
- Typ 2: zusätzlich eine gleichseitige Verschiebung der Schädelbasis und des Ohres („ear shift“) auf der betroffenen Seite nach ventral,
- Typ 3: zusätzlich eine Abflachung der Stirn auf der kontralateralen Seite,
- Typ 4: zusätzlich eine Gesichtssymmetrie im Sinne einer „Gesichtsskoliose“ mit Asymmetrie des Jochbeinbogens,
- Typ 5: zusätzlich mit Ausstülpungen des Schädels in temporale oder kraniale Richtung.

Mischformen aus lateralen und zentralen Formen der Schädelasymmetrie werden häufig beobachtet.

Ursache

In den meisten Fällen einer lateralen lagebedingten Plagiozephalie wird eine Vorzugshaltung des Köpfchens im Sinne einer Rotation zur Seite der okzipitalen Abflachung und einer Seitneigung des Köpfchens zur Gegenseite beobachtet. Diese entspricht, bezogen auf das Segment Co/C1 und C1/2, einer „Typ-1-ähnlichen Bewegung nach Fryette“ (Rotation und Seitneigung gegenläufig). In dem Zusammen-

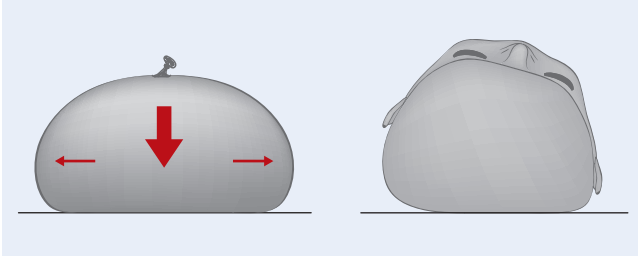


Abb. 2 ◀ Luftballon mit Wasser gefüllt und seitlich abgeflachter Hinterkopf, Grat seitlich der Abflachung nach Turk. (Mod. nach [31])

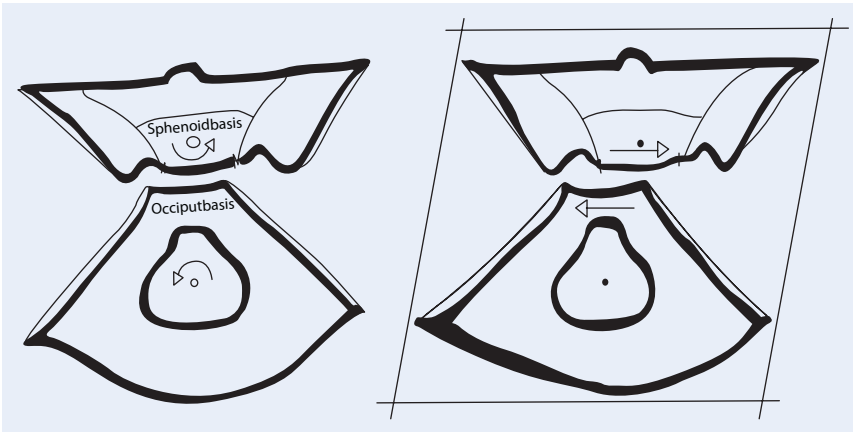


Abb. 3 ▲ „Lateral strain“ rechts aus der Vogelperspektive. Links: Das Sphenoid und das Okziput rotieren nach links, wobei sich die Sphenoidbasis relativ zur Körperseite nach rechts bewegt. Rechts: Parallelogrammähnliche Verschiebung. Die Sphenoidbasis bewegt sich zur rechten Körperseite

hang weist die obere Halswirbelsäule häufig segmentale Funktionsstörungen auf. Dies entspricht auch den Beobachtungen Biedermanns [4], der in Anbetracht vieler Tausend beobachteter Schädelasymmetrien die Asymmetrie als Folge der Funktionsstörung beschreibt.

Die seit 1992 für die Schlafposition empfohlene Rückenlage, die zusätzlich in den letzten Jahren durch die immer häufiger verwendeten Babytragesitze und -Autositze [26] unterstützt wird, führt bei eingenommener Vorzugshaltung des Köpfchens zu einer okzipitalen Abflachung. Das weiche und in den ersten Lebensmonaten erheblich verformbare Os occipitale liegt, der Schwerkraft folgend, auf der Unterlage auf und flacht dadurch meist lateral ab [19, 24]. Dies wird häufig in den ersten Lebenswochen des Säuglings von den Eltern übersehen. Zum Zeitpunkt der Vorstellung in den manualmedizinischen oder osteopathischen Praxen, meist ab der 6. Lebenswoche des Kindes, finden sich dann bereits zunehmende Verformungen mit ipsilateraler Vorverlagerung des Ohres, und kontralateraler Abflachung der Stirn sowie höhergradige Asymmetrien. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass in einer

Studie von Buchmann [8] ein Drittel aller Neugeborenen einer Zufallspopulation (n=350) eine Seitenasymmetrie der Kopfgelenkbeweglichkeit aufwiesen.

Die häufig durch die empfohlene Rückenlage des Säuglings verursachte laterale Hinterkopfabflachung kann durch vorhandene Selbstheilungskräfte (intrakranieller Druck, Hirnwachstum) nicht korrigiert werden. Turk et al. [31] verglichen die leichte Verformbarkeit des Köpfchens mit einem wassergefüllten Luftballon. Bei Persistenz der Vorzugshaltung kommt es zu einer erheblichen Zunahme der okzipitalen Abflachung mit Entstehung eines seitlichen Grates (■ **Abb. 2**). Der Säugling ist aufgrund dieser funktionell entstandenen anatomischen Rotations- und Seitneigebarriere ab einem bestimmten Ausmaß der Störung, i.d.R. auch nach Beseitigung einer funktionellen Störung (z. B. Kopfgelenke, Becken), nicht mehr in der Lage, selbst aktiv aus seiner eingenommenen Vorzugshaltung herauszukommen. Das Köpfchen kann nicht über den entstandenen Grat, der seitlich der Abflachung imponiert, bewegt werden. Dies ist ein Beispiel für die erste Prämisse der osteopathischen Medizin, welche die Wechselwirkung und gegenseitige Ab-

hängigkeit zwischen Struktur und Funktion beschreibt [12].

Erst mit dem selbstständigen Heben des Kopfes und der aktiven Aufrichtung aus der Rückenlage ab dem 5. Lebensmonat [10] kann der Säugling dann seine Vorzugshaltung selbst korrigieren. Zu diesem Zeitpunkt ist aber bereits eine erhebliche Verformung des Schädels eingetreten. In Anbetracht der Wachstumskurve des kindlichen Kopfumfangs lässt sich im Mittel in den ersten 6 Monaten ein Wachstum von 8,5 cm ablesen, in den weiteren 6 Monaten sind es dann nur noch weitere 3,5 cm und bis zum 18. Lebensmonat lediglich weitere 1,5 cm. Diese einfache Betrachtung veranschaulicht das große Wachstumspotenzial in den ersten Lebensmonaten und zeigt die große Bedeutung einer Intervention in dieser Lebensphase auf.

Bei den zentral deformierten Plagiozephalien und den Mischformen (aus lateraler lagebedingter Plagiozephalie und zentraler Brachyzephalie) kommt zu oben beschriebenen Ursächlichkeiten anscheinend häufig eine Überstreckungstendenz in der Rückenlage hinzu.

Die meisten Fälle der lagebedingten Plagiozephalie betreffen einer Untersuchung Mullikens [23] zufolge den rechten Hinterkopf (61%), seltener den linken Hinterkopf (30%). Eine rein symmetrische posteriore brachyzephale Abflachung wurde nur in 9% der Fälle gefunden.

Kraniosakrale Betrachtung

Frymann [13] beschreibt einen „lateral strain“ der sphenobasilären Synchondrose (SBS) als Mitursache für die lagebedingte Plagiozephalie. In dieser kraniosakralen Betrachtung wird davon ausgegangen, dass die Kräfte, die im Rahmen der Geburt auf die Schädelknochen einwirken, einen Druckgradienten in der Schädelbasis im Bereich der SBS erzeugen. Hierbei kommt es zu einer Veränderung der Stellung zwischen der Basis des Okziputs und des Sphenoids (■ **Abb. 3**) im Sinne eines „lateral strain“ mit Parallelogrammdeformität des Schädels [20].

Neben anderen möglichen Bewegungsrichtungen im Bereich der SBS beschreibt Forte [11] den „lateral strain“ als

K. Dörhage

Ursache und Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie. Eine Übersichtsarbeit

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurde eine zunehmende Inzidenz der lagebedingten Plagiozephalie beobachtet. Die Ursache für diese Form der Schädelasymmetrie ist unklar. Aus manualmedizinischer Sicht liegt meist eine Funktionsstörung vor allem im Bereich der Kopfgelenke vor, sodass es zu einer Vorzugshaltung des Kopfes kommt. Aufgrund der seit einigen Jahren empfohlenen Schlafposition der Säuglinge in Rückenlage kommt es der Schwerkraft folgend zu einer Abflachung des Hinterkopfes zumeist auf der Seite der eingenommenen Kopfpotation. Symmetrische zentrale Abflachungen (Brachyzeephalie) werden ebenso beschrieben, treten jedoch nicht so häufig auf. Die lagebedingten Plagiozephalien sind von Kraniosynostosen und anderen mit einer Schädelasymmetrie verbundenen Erkrankungen abzugrenzen. Zur Eintei-

lung des Schweregrades der lagebedingten Plagiozephalie gibt es bisher keine einheitlich verwendeten Messpunkte und keine standardisierten Messmethoden. Die „Craniale Asymmetrie-Screening“-Messung wird in dieser Arbeit als orientierendes Messverfahren im Rahmen der Erstdiagnostik zur Evaluierung des Ausmaßes der Schädelasymmetrie für die Praxis empfohlen, nichtinvasive, kostengünstige 3-D-Verfahren werden für Studien eingesetzt.

Schlüsselwörter

Lagebedingter Plagiozephalus · Brachyzeephalus · Craniale Asymmetrie-Screening-Messung · Dreidimensionale Photogrammetrie · Lasergestützte dreidimensionale Schädelvermessung

eine zur Horizontalebene kongruente Bewegung (Rotation), wobei sich der Körper spontan in eine Rechtstorsion bewegt. Er begründet dies mit einer Reaktion des Körpers auf die Schwerkraft der Erde, ihre Rotationsbewegung (die in unserer Hemisphäre gegen den Uhrzeigersinn gerichtet ist) und ihr elektromagnetisches Feld. Nach seinen Beobachtungen ist die Rechtstorsion mit der Neutralposition des Körpers korreliert. Möglicherweise findet sich in dieser Beobachtung ein Hinweis auf die oft beobachtete „freie Richtung“ der Rechtsrotation des Kopfes, wenn keine anderen Störgrößen einwirken.

Prädisponierende Faktoren und Risikofaktoren

Hinsichtlich der Entstehung von lagebedingten Plagiozephalien werden folgende prädisponierende Faktoren und Risikofaktoren genannt: männliches Geschlecht, Erstgeburt, Frühgeburt, Schlafposition in Rückenlage, keine Variation in der Position des Kopfes während der Schlafhaltung, Bauchlage unter Beobachtung („tummy time“) täglich unter 5 Minuten [15] und Nackenprobleme [3]. Die Mütter der betroffenen Kinder beobachten eine eindeutig bevorzugte Kopforientierung ihrer Säuglinge in der 6. Lebenswoche. Hutchinson et al. [15] berichteten, dass die betroffenen Mütter über keine oder nur geringgradige eigene Ausbildungsqualifikationen verfügen.

Diagnostik

Zunächst ist in der Diagnostik der lagebedingten Plagiozephalie eine Abgrenzung von den erheblich selteneren synostotischen Schädeldeformitäten, wie z. B. dem frühzeitigen Verschluss von Schädelnähten, grundsätzlich erforderlich. Diese Deformitäten bestehen zumeist von Geburt an und prägen sich weiter aus [5]. Aus der Vogelperspektive betrachtet, imponiert z. B. bei einer linksseitigen Koronarnahtsynostose ein trapezförmiges Bild des Schädels. Die Höhe beider Ohren befindet sich nicht in der Horizontalen. Demgegenüber findet sich bei der lagebedingten Plagiozephalie bei Betrachtung aus der Vogelperspektive eine parallelgrammähnliche Verschiebung des

Causes and diagnostics of positional plagiocephaly. A review

Abstract

In recent years an increasing incidence of positional plagiocephaly has been observed. The reason for this form of asymmetry of the skull is unclear. From the viewpoint of manual medicine in the majority of cases there is a functional disturbance especially in the region of the C0–C1 and the C1–C2 joint which leads to a preferential positioning of the head. The supine sleeping position for infants, which has been recommended for years, leads to flattening of the back of the head due to gravitation, mostly on the side of the preferred head rotation. Symmetrical central flattening (brachycephaly) has also been reported but is less common. Positional plagiocephaly must be differentiated from craniosynostosis and other diseases linked to

asymmetry of the skull. To determine the severity of positional plagiocephaly there are as yet no uniformly used measuring points or standardized measuring methods. The “cranial asymmetry screening” measurement method is recommended in this article as an orientation measurement procedure within the framework of initial diagnostics in practice for evaluation of the extent of skull asymmetry. Non-invasive, economic 3-dimensional procedures are used for studies.

Keywords

Positional plagiocephaly · Brachycephalus · Cranial asymmetry screening measurement · Three-dimensional photogrammetry · Laser-assisted 3-dimensional skull measurement

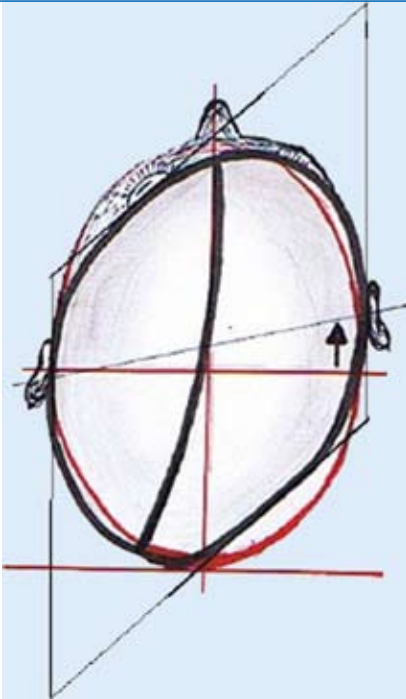


Abb. 4 ▲ Parallelogrammähnliche Verschiebung des Kopfes aus der Vogelperspektive



Abb. 5 ▲ Kraniometerschieblehre



Abb. 6 ▲ Anwendung eines Bleikurvenlineals

Schädels mit Vorverlagerung eines Ohres in der Horizontalen (■ Abb. 4).

Die Eltern berichten vornehmlich, dass die lagebedingte Plagiozephalie erst in den ersten Lebenswochen entstanden sei. Grundsätzlich findet sich bei den lagebedingten Plagiozephalien die Höhe beider Ohren bei Betrachtung des Köpfchens in aufrechter Position auf einer horizontalen Linie. Bei Verdacht auf eine Schädelnahtsynostose sollte das Kind zur weiteren Diagnostik einem Facharzt vorgestellt werden, der sich mit kraniofazialen Fehlbildungen beschäftigt. Weitere technische Untersuchungen einschließlich einer Ultraschalluntersuchung der Schädelnähte [27] geben oftmals ausreichenden Aufschluss über einseitige oder andere vorzeitige Schädelnahtsynostosen. Wegen einer zu vermeidenden Strahlenbelastung sollte von Röntgen- oder computertomographischen Untersuchungen der Schädelnähte Abstand genommen werden. In ausgewählten Fällen kommt eine Magnetresonanztomographie in Betracht.

Messmethoden

Die exakte Abbildung der Schädelasymmetrie zur Diagnostik und Therapiekontrolle der lagebedingten Schädelasymmetrie fällt mit herkömmlichen anthropometrischen Techniken, wie z. B. Messzirkel oder Kraniometerschieblehre (■ Abb. 5), nicht leicht und erfordert Übung und Routine in der Handhabung.

In der Literatur findet sich kein Hinweis auf einheitlich festgelegte und grundsätzlich allgemein verwendete Definitionen von Messpunkten, -linien und -techniken [21]. Es fehlt an wissenschaftlich fundierten und klinisch praktikablen Messgrößen, um den Schweregrad und die Veränderungen der Plagiozephalie zu quantifizieren [22]. Verschiedene Autoren haben unterschiedliche Messpunkte definiert und auf deren Grundlage verschiedene Messlinien beschrieben. Messpunkte im Gesichts- und Ohrbereich sind grundsätzlich leichter zu beschreiben als Messpunkte im Bereich des Hinterkopfes.

Im Rahmen des Untersuchungsganges gilt es, sich den oft lebhaft bewegenden und zeitweise laut schreienden Säuglingen mit Ruhe und Fingerspitzengefühl zu nähern, um die Messpunkte möglichst ge-

nau aufsuchen und entsprechende Messstrecken ermitteln zu können. Aus Sicht des Autors sollte eine Fixation des Säuglingskopfes – z. B. durch eine zweite Person – zunächst vermieden werden, da dadurch zusätzlicher Stress und zusätzliches Abwehrverhalten des Säuglings entsteht. Hier sind die Fähigkeiten des Praxisteams gefragt. Es gilt, bei der Kontaktaufnahme zwischen Untersucher und zu untersuchendem Säugling ein stressfreies, einfühlbares und friedliches Ambiente herzustellen, in das auch die Eltern einbezogen werden. In einigen Fällen hat man den Eindruck, dass zunächst die immer unruhiger agierende Mutter beruhigt werden muss. Ruhige und spielerische Aspekte erleichtern den gemeinsamen Prozess [9]. Kommt es jedoch zu einer ungünstigen und angespannten Untersuchungssituation mit sich stark bewegendem Kind und bereitet das Auffinden von komplex definierten und schwierig tastbaren Messpunkten, z. B. am Hinterkopf, Probleme, müssen die Genauigkeit einer solchen Messung und die aufgrund dieser Messung erfolgten Berechnungen infrage gestellt werden.

Zweidimensionale Untersuchungstechniken

„Cranial index“ und „cranial vault asymmetry index“

In Deutschland wird von den Krankenkassen häufig die Bestimmung des „cranial index“ (CI) und des „cranial vault asymmetry index“ (CVAI) verlangt, wenn es sich z. B. um die Genehmigung von Kopforthesen („molding helmets“) handelt. Diese beiden Parameter werden u. a. von Loveday [19] beschrieben. Er stellt die Genauigkeit der Schädelmessungen mit Messzirkel bei einem sich bewegenden Säugling infrage und verwendet zur zweidimensionalen Beschreibung der Schädelasymmetrie ein sog. Bleilineal. Dieses modelliert er fest um den Schädelumfang und zeichnet darauf Ohrposition, Inion (Protuberantia occipitalis externa) und Nasion (Mitte der Naht zwischen Nasenbein und Stirnbein) ein (■ Abb. 6). Unter Beibehaltung der Form wird das Bleilineal vom Kopf abgenommen, auf ein Papier gelegt und abgezeichnet. Eine Genauigkeit der Messungen von 2 mm wird be-

geschrieben. Diese Genauigkeit konnte bei zahlreichen Messungen in unserer Praxis nicht bestätigt werden.

In die 2-D-Abbildung des Kopfumfanges auf dem Papier werden die Schädellänge, die Schädelbreite und die Diagonalen A und B eingezeichnet.

Leider fehlt in der Veröffentlichung von Loveday eine präzise Beschreibung der verwendeten Messpunkte und ermittelten Strecken. Dabei ist zu vermuten, dass die Kopflänge zwischen den Punkten Nasion und Inion und die Schädelbreite zwischen den beiden Ohren verläuft, wobei der jeweilige Ohrpunkt nicht definiert wird (Tragus, Ohrspitze ...?). Weiterhin werden 2 Diagonalen mit einem Winkel von je 30° beidseits zur Schädellänge eingezeichnet, sodass sie durch den Schnittpunkt von Schädellänge und Schädelbreite verlaufen. Die kurze Diagonale wird als Diagonale A und die lange als Diagonale B bezeichnet.

Der CI ist ein Maß für die Längsovalität des Schädels und geeignet, die Pathologie der zentralen Plagiozephalie (Brachyzehalie) und andere Mischformen zu beschreiben. Er ist ein Index der Schädelbreite in Relation zur Schädellänge. Ein Wert zwischen 75 und 85% wird als normal definiert.

$$CI = \frac{\text{Schädellänge} \times 100}{\text{Schädelbreite}}$$

Der CVAI repräsentiert die laterale Schädelasymmetrie. Die Längendifferenz der beiden Diagonalen wird in Relation zur kürzeren Diagonalen gesetzt. Als pathologisch werden CVAI-Werte größer als 3,5% beschrieben.

$$CVAI = \frac{(\text{Diagonale A} - \text{Diagonale B}) \times 100}{\text{Diagonale A}}$$

In der CVAI-Formel von Loveday wird die kurze von der langen Diagonalen subtrahiert (Diagonale A minus Diagonale B). Somit wird (fast) immer ein negatives Ergebnis erzielt, das mathematisch betrachtet wenig Sinn macht. Sind die

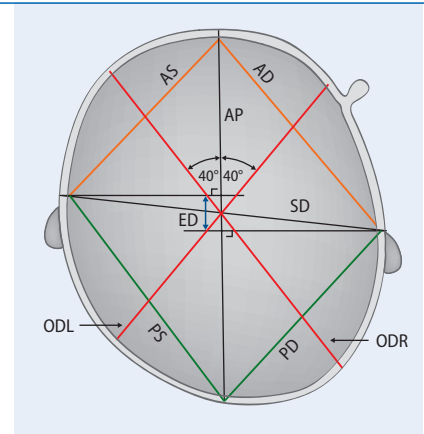


Abb. 7 ▲ Messwerte der Plagiozephalometrie nach van Vlimmeren. (Mod. nach [33])

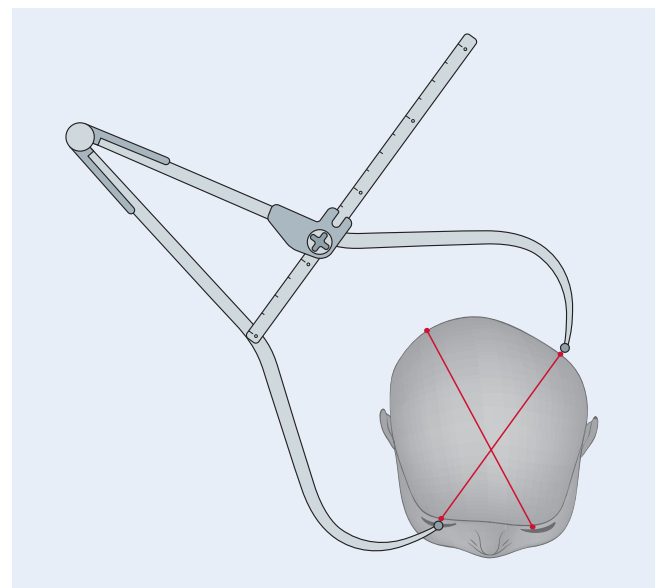


Abb. 8 ► Messmethode nach Mulliken. (Adaptiert nach [23])

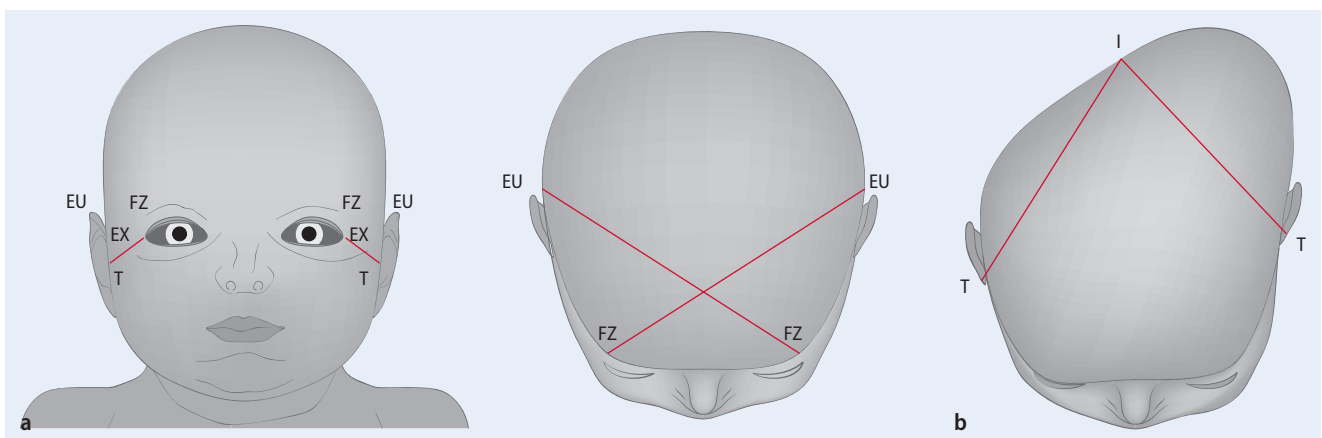


Abb. 9 ▲ Messpunkte des Schädels. a, „cranial vault asymmetry“ und „orbitotragial depth asymmetry“ (mod. nach [30]). b, „Cranial base asymmetry“ (mod. nach [29]). EU Eurion, EX Exokanthon, FZ Frontozygomaticus, I Inion T Tragus

Tab. 1 Abkürzungen der anthropometrischen Bezeichnungen am Schädel bei der „Cranialen Asymmetrie-Screening“-Messung (s. auch Abb. 10)

Nasion (n)	Mitte der Naht zwischen Nasenbein und Stirnbein
Inion (i)	Entspricht der Protuberantia occipitalis externa
Schädellänge (L)	Verbindungsline Nasion zu Inion
Otobasion superius (obs)	Der höchste Punkt der Befestigung des jeweiligen Ohres (Helix) an der Kopfhaut
Schädelbreite (B)	Verbindungsline zwischen Otobasion superius (obs) rechts und Otobasion superius (obs) links
Zentraler Punkt (Z)	Schnittpunkt der Schädellänge (L) und der Schädelbreite (B)
Frontozygomaticus (fz)	Der am weitesten lateral liegende Punkt auf der Sutura frontozygomatica
Diagonale (DA)	Kurze Diagonale, vom Frontozygomaticus (fz) diagonal nach dorsal zur Seite der Hinterkopfabflachung. Die Diagonale verläuft durch den zentralen Punkt (Z)
Diagonale (DB)	Lange Diagonale, vom Frontozygomaticus (fz) diagonal nach dorsal zur Seite der Hinterkopferhebung. Die Diagonale verläuft durch den zentralen Punkt (Z)

Diagonalen gleich lang, so ist der Betrag gleich 0, folglich ist auch der CVAI gleich 0, was einer Symmetrie entspricht. Zum sinnvollen Gebrauch empfiehlt es sich, die Formel zu modifizieren:

$$\text{Modifizierte CVAI-Formel (CVAI mod.)} = \frac{(\text{Diagonale B} - \text{Diagonale A}) \times 100}{\text{Diagonale A}}$$

Loveday beschreibt, dass die Ergebnisse der CI- und CVAI-Berechnungen in der klinischen Anwendung als „grober Leitfaden“ zur Überprüfung der Effektivität der therapeutischen Interventionen hilfreich sind. Er führt weiter aus, dass seine Arbeitsgruppe aufgrund der allgemeinen Ungenauigkeiten der beschriebenen Kopfmessungen an der Entwicklung einer computergestützten photographischen Messmethode arbeitet. In Hinblick auf die allgemeinen Ungenauigkeiten und die fehlende klare Definition der Messpunkte und Messlinien muss dieser Aussage Lovedays zugestimmt werden. Die Verwendung der Formel für bspw. die Beantwortung von Fragestellungen des medizinischen Dienstes der Krankenkassen zur Genehmigung einer geplanten Therapie (z. B. Helmtherapie) muss infrage gestellt werden, da das gesamte Ausmaß der zumeist vorherrschenden seitlichen lagebedingten Plagiozephalie mit Diagonalen, die beidseitig 30° zur Kopfängsachse liegen, in den seltensten Fällen abgebildet werden kann.

Plagiozephalometrie

Die Plagiozephalometrie (PCM) wird von van Vlimmeren [32] als eine leicht anzuwendende, nichtinvasive und verlässliche 2-D-Messmethode zur Bestimmung von Schädelasymmetrien beschrieben. Ein Abdruck der Außenkontur des kindlichen Schädels wird mittels thermoplastischen Materials erstellt und auf Papier projiziert (Abb. 7). Eigene Versuche dieser Messmethode mit thermoplastischem Material waren technisch aufwendig, zeitintensiv und erschienen für die Praxis wenig praktikabel.

Ein „cranial proportional index“ (CPI) beschreibt das Ausmaß der Brachyzeephalie, wobei die Linie „sinistra–dextra“ (SD) zur Linie „antero–posterior“ (AP) ins Verhältnis gesetzt wird.

$$\text{CPI} = \frac{\text{SD} \times 100}{\text{AP}}$$

Ein „oblique diameter difference index“ (ODDI), der sich aus einem Verhältnis zwischen dem „oblique diameter left“ (ODL) und dem „oblique diameter right“ (ODR) zusammensetzt (Abb. 7), dient als Indikator für die Diagnostik bzw. den Schweregrad einer eher seitlichen lagebedingten Plagiozephalie [33]. Die ODL und ODR werden jeweils in einem Winkel von 40° zur AP-Linie aufgetragen. Der ODDI wird berechnet, indem der längste Diameter durch den kürzesten Diameter dividiert und mit 100 multipliziert wird. Ab

Werten über 104% wird von einer lagebedingten Plagiozephalie ausgegangen.

Weiterhin wird die Vorverlagerung des Ohres im Sinne einer „ear deviation“ (ED) beschrieben. Als weitere Indikatoren werden „antero-sinistra–antero-dextra“ (ASAD) und „postero-dextra–postero-sinistra“ (PDPS) genannt (Abb. 7).

Kurze Achse – lange Achse

Mulliken et al. [23] benutzen einen Messzirkel zur 2-D-Darstellung einer kurzen und einer langen Diagonalen des Schädels (Abb. 8). Hierbei werden die kurze Achse von einem Supraorbitalpunkt (Orbitale superius) zum gegenüberliegenden Mittelpunkt des abgeflachten Areals und die lange Achse zum gegenüberliegenden Punkt der größten Konvexität gemessen. Die Differenz der Diagonalen wird als Maß für die Asymmetrie betrachtet. Auch hier unterliegt die Festlegung der Messpunkte am kindlichen Hinterkopf einer großen Variabilität. Aufgrund der Messungenauigkeit, die auch in Abb. 8 zum Ausdruck kommt, kann dieses Verfahren nicht empfohlen werden. In der Darstellung Mullikens (Abb. 8) liegt der dorsale Messpunkt der kurzen Achse nicht, wie beschrieben, im Mittelpunkt des abgeflachten Areals.

„Cranial diagonal difference“

Graham et al. [14] wie auch andere Autoren benutzen zur Bestimmung von Diagonalen des Schädels einen anthropometrischen Metallschädelzirkel. Die Messpunkte der Diagonalen werden in ihrer Veröffentlichung jedoch nicht weiter definiert. Der Unterschied zwischen den Diagonalen wird als „cranial diagonal difference“ (DD) bezeichnet. Normwerte des DD werden in einer Kontrollgruppe (36 gesunde Kinder, Durchschnittsalter 6,8 Monate) mit 0,3±0,1 cm beschrieben.

„Cranial vault asymmetry“, „orbitotragial depth asymmetry“, „cranial base asymmetry“

Einige Autoren [17, 29, 30] benutzen zur Darstellung der Schädelasymmetrie die Messungen von „cranial vault asymmetry“ (CVA), „orbitotragial depth asymmetry“ (OTDA) und „cranial base asymmetry“.



Abb. 10 ▲ CAS-Messung. **a** Messpunkte des Schädels (anterior-posterior), **b** Messpunkte des Schädels (seitlich), **c** Messung der Schädelgröße, **d** Messung der Schädelbreite, **e** Messpunkte des Schädels aus der Vogelperspektive. *fz* Frontozygomaticus, *obs* Otobasion superius, *n* Nasion, *i* Inion, *L* Schädelgröße, *B* Schädelbreite, *DA* kurze Diagonale, *DB* lange Diagonale, *Z* zentraler Punkt

Abb. 11 ► 3-D-Lasermessung. **a** Vorbereitung: Tritkotstrumpf als Mütze, Tragusspitze markiert. **b** Untersuchungsposition im STARScanner. **c** Messung

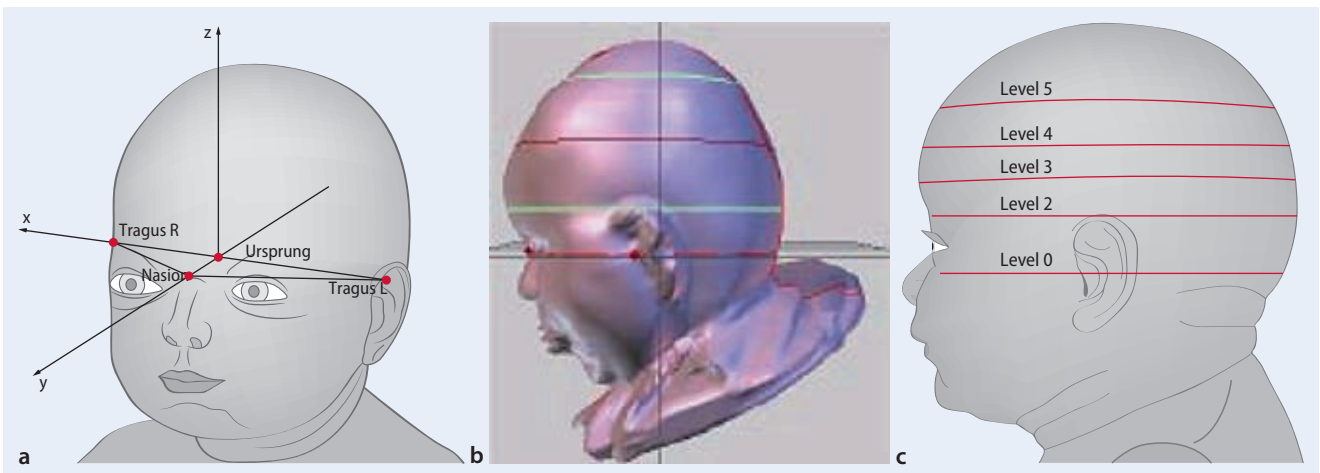


Abb. 12 ▲ 3-D-Messverfahren des Schädels. **a** anatomisches Referenzsystem (mod. nach [26]). **b** Schnittebene auf Höhe der Schädelbasis, mit dem STARscanner generierte zephalometrische Referenzpunkte (mit freundl. Genehmigung von Pro Walk GmbH, Egelsbach). **c** Darstellung verschiedener Ebenen (mod. nach [26])

Bei der CVA handelt es sich um die Relation zwischen 2 Schädel-diagonalen. Die Diagonalen werden durch den Messpunkt Frontozygomaticus (FZ), der auf der Sutura zwischen Os frontale und Os zygomaticum als am weitesten lateral liegender Punkt definiert ist und den kontralateral liegenden Messpunkt Eurion (EU), der den jeweiligen am weitesten lateral liegenden Punkt des Kopfes beschreibt, definiert (Abb. 9 a).

Die OTDA wird als Relation der Verbindungslinien zwischen dem Exokanthionpunkt (EX) und dem ipsilateralen Traguspunkt (T) zueinander beschrieben.

Der EX-Punkt ist der am weitesten lateral liegende Punkt des Augenlides, an dem sich Oberlid und Unterlid lateral treffen (Abb. 9 a).

Die „cranial base asymmetry“ beschreibt die Asymmetrie des Hinterkopfes durch die Relation zweier Diagonalen zueinander, die jeweils vom Traguspunkt (T) rechts bzw. links nach okzipital zum Inionpunkt (I) verlaufen. Der Inionpunkt entspricht der Protuberantia occipitalis externa (Abb. 9 b).

„Craniale Asymmetrie-Screening“-Messung

Bei einigen der bisher dargestellten 2-D-Messverfahren gibt es aufgrund nicht eindeutig definierter Messpunkte Hinweise auf nicht ausreichende Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit der erhobenen Daten. Mortensen et al. [22] konnten bezüglich der Messungen mit dem Zirkel und der Bestimmung der CVA keine ausreichende Reliabilität und Validität feststellen. Die Plagiozephalometrie nach van Vlimmeren arbeitet auf der Grundlage gut definierter Messpunkte und Stre-

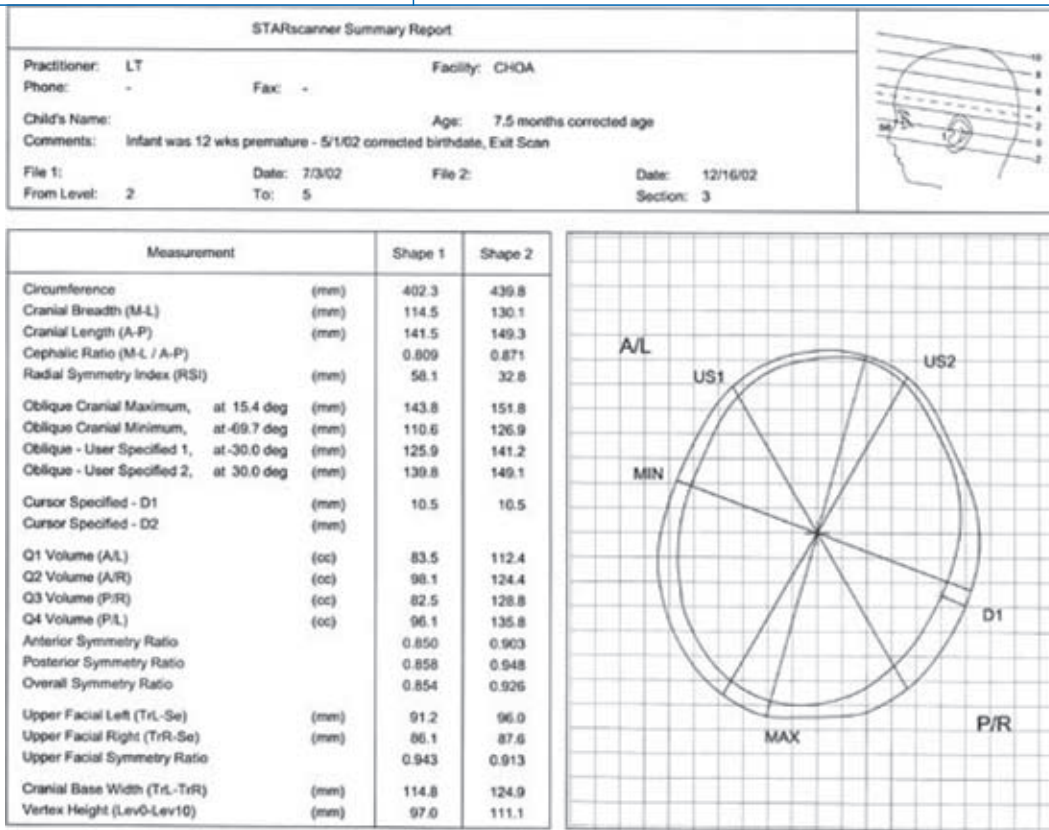


Abb. 13 ◀ „STARscanner Summary Report“. (Mit freundl. Genehmigung [34])

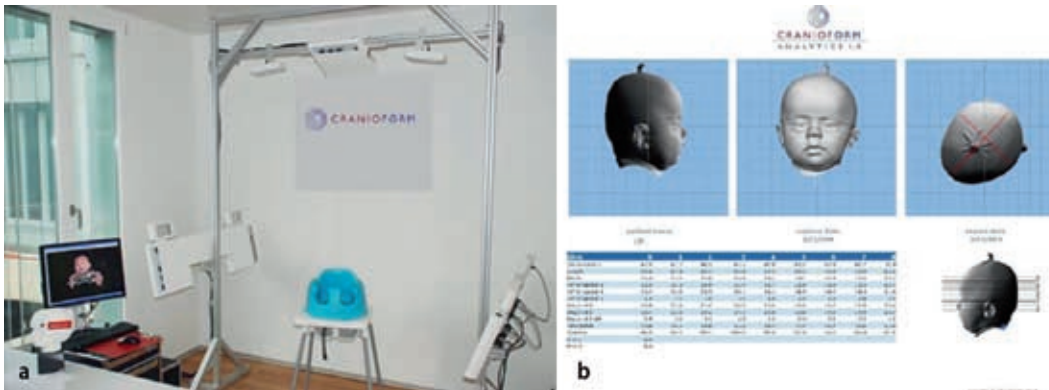


Abb. 14 ◀ Photogrammetrie. a Messplatz, b 3-D-Darstellung mit Asymmetrieberechnungen in verschiedenen Ebenen. (Mit freundl. Genehmigung der Cranioform AG)

cken. Dennoch erscheint ihr Einsatz in der Praxis nicht praktikabel, da sie technisch aufwendig und zeitintensiv ist. Zweidimensionale Messverfahren sollten nur als Screeningmethode zur Evaluation des Ausmaßes der Schädelasymmetrie benutzt werden. Zur Beurteilung des Therapieverlaufes erscheinen sie wenig geeignet und sollten lediglich als „grober Leitfaden“ zur Überprüfung der Effektivität der therapeutischen Interventionen [19] betrachtet werden. Zur Durchführung verlässlicher Studien hinsichtlich der Überlegenheit einer bestimmten Therapie bei lagebedingtem Plagiozephalus erscheinen sie nicht geeignet. Der untersuchende

Arzt in der Praxis oder in der Klinikambulanz braucht jedoch ein orientierendes Messverfahren. Die zu bestimmenden Messpunkte müssen klar definiert, leicht aufzufinden und für das jeweilige Messgerät gut zugänglich sein. Die Definition der Strecken muss eindeutig sein.

Für die tägliche Praxis empfiehlt sich die „Craniale Asymmetrie-Screening“- (CAS-)Messung, die mit dem Messzirkel oder der Kraniometerschieblehre durchgeführt werden kann. Die entsprechenden Messpunkte und Messstrecken der CAS-Messung werden im Folgenden dargestellt (▣ Tab. 1, ▣ Abb. 10).

Schädellänge

Zunächst wird die Schädellänge (L) bestimmt. Sie verläuft zwischen Nasion (n) und Inion (i). Der Nasionpunkt liegt auf der Mitte der Schädelnaht zwischen Nasenbein und Stirnbein. Der Inionpunkt entspricht der Protuberantia occipitalis externa, einem prominenten Punkt in der Mitte des Os occipitale. Dieser Punkt ist i.d.R. nicht der am weitesten dorsal liegende Punkt, der Ophistokranion genannt wird. Der Ophistokranionpunkt eignet sich nicht zur Darstellung der Schädellänge, da er bei lagebedingter lateraler Plagiozephalie zur Gegenseite der okzipitalen Abflachung verschoben liegt

und somit nicht die Mittellinie beschreibt (■ **Abb. 10 a,b,c,e**).

Schädelbreite

Die Schädelbreite (B) wird zwischen den Punkten Otobasion superius (obs) rechts und links gemessen. Dabei handelt es sich um die höchsten Punkte der Befestigung des jeweiligen Ohres (obere Helixanheftung) an der Kopfhaut. Der Otobasion-superius-Punkt ist i.d.R. nicht der am weitesten lateral liegende Punkt des Schädels. Dies wäre der Eurionpunkt, der allerdings nicht in Relation zur Schädelbasis zu bestimmen ist und sich somit nicht zur Messung der Schädelbreite und somit zur Definition einer Schädelbasisasymmetrie eignet (■ **Abb. 10 a,b,d,e**).

Zentraler Punkt

Der zentrale Punkt (Z) ist der Schnittpunkt der Schädellänge L und der Schädelbreite B (■ **Abb. 10 e**).

Kranialer Index

Zur Bestimmung des kranialen Index (CI) als Maß für die Längsovalität (zur Beschreibung der Brachycephalie und der Mischformen mit lateralen lagebedingten Plagiozephalien) des Kopfes gilt folgende Formel:

$$CI = \frac{\text{Schädellänge} \times 100}{\text{Schädelbreite}}$$

Kurze und lange Diagonale

Zur Bestimmung der kurzen und langen Diagonale wird der Punkt Frontozygomatikus (fz) rechts und links aufgesucht. Er ist definiert als der am weitesten lateral liegende Punkt auf der Sutura frontozygomatice auf der rechten bzw. linken Schädelseite.

Die kurze Diagonale (DA) verläuft vom Frontozygomatikus (fz) diagonal nach dorsal zur Seite der Hinterkopfabflachung durch den zentralen Punkt (Z). Die lange Diagonale (DB) verläuft vom fz-Punkt diagonal nach dorsal zur Seite der Hinterkopferhebung und ebenso durch den zentralen Punkt (■ **Abb. 10 e**).

„Cranial vault asymmetry index“

Zur Bestimmung des CVAI, der das Ausmaß der lateralen lagebedingten Plagioze-

phalie beschreibt, sollte die modifizierte CVAI-Formel benutzt werden:

$$CVAI \text{ mod.} = \frac{(\text{Diagonale B} - \text{Diagonale A}) \times 100}{\text{Diagonale A}}$$

Dreidimensionale Messmethoden

Die lagebedingte Plagiozephalie ist eine dreidimensionale Deformität des Schädels. Aus diesem Grunde sollten auch 3-D-Messverfahren eingesetzt werden, um die Asymmetrie im gesamten Ausmaß genauer abbilden zu können. Am besten eignen sich dazu lasergestützte Messverfahren des Schädels und die Photogrammetrie. Andere Methoden konnten sich nicht durchsetzen. Computertomographische Untersuchungen können aufgrund der hohen Röntgenstrahlenbelastung nicht für Routinemessungen empfohlen werden, obwohl Brunner et al. [7] im Rahmen einer Studie mittels Schädel-CT intrakranielle Volumenmessungen an insgesamt 69 Säuglingen zur Dokumentation der Ergebnisse einer Helmtherapie durchführten. Magnetresonanztomographien eignen sich zur Abklärung bestimmter Fragestellungen, doch ist das Verfahren zu kostenintensiv und der Bildaufbau dauert zu lange, sodass die Säuglinge schlafend untersucht werden müssten. Versuche, den Säuglingsschädel im Sinne eines Tauchkörpers in einer negativen Form abzubilden, konnten bisher nicht realisiert werden. Den Kopf mithilfe eines Negativgipsabdruckes darzustellen, ist ebenfalls zeitintensiv und aufwendig.

Lasergestütztes 3-D-Messverfahren

Bei dieser Methode wird den Säuglingen ein Trikotstrumpf vorsichtig über den Kopf gezogen, wobei das Gesicht ausgespart bleibt (■ **Abb. 11 a**). Dann wird das Kind in den Messplatz gelegt (■ **Abb. 11 b**) und in weniger als 2 Sekunden gleichzeitig mit mehreren nicht augenschädlichen Lasern abgetastet und mit mehreren Kameras abgebildet (■ **Abb. 11 c**).

Danach erfolgt mit geeigneter Software eine computergestützte Aufarbeitung der Daten. Zur Bestimmung eines anatomischen Referenzsystems werden bestimmte Messpunkte, z. B. Tragus und Nasion am PC markiert (■ **Abb. 12 a**).

Auf Grundlage dieser Daten wird ein 3-D-Umfangsgebilde unter Betrachtung verschiedener Punkte, Strecken, Ebenen und Volumina erzeugt (■ **Abb. 12 a-c**).

Im Anschluss daran lassen sich verschiedene Parameter des Schädels gut reproduzierbar mit hoher Genauigkeit berechnen. Der Kopfumfang, der CVAI, maximale und minimale Schädeldiagonalen (dargestellt in 15°-Einteilungen in der Ebene) und der CI können in verschiedenen Ebenen beschrieben werden. Die verschiedenen Quadrantenvolumen des Schädels (anterior links, anterior rechts, posterior links, posterior rechts) lassen sich gegenseitig zueinander in Beziehung setzen. Das Verhältnis der beiden anterioren Quadrantenvolumen zueinander wird als „anterior symmetry ratio“ (ASR) und das der beiden hinteren Quadrantenvolumina als „posterior symmetry ratio“ (PSR) bezeichnet. Mit dem PSR hat man bspw. eine sehr gute Möglichkeit, die Asymmetrie des hinteren Schädels bei der seitlichen lagebedingten Plagiozephalie zu beschreiben. Zusätzlich lassen sich noch eine „overall symmetry ratio“ (OSR) als Verhältnis der beiden ASR und PSR zueinander ablesen. Die Vorverlagerung eines Ohres wird als „anterior ear displacement ratio“ (AED) bezeichnet [26].

Dieses 3-D-Abbild des Schädels mit entsprechendem Datensatz dient nicht nur zur Quantifizierung der Diagnosestellung, sondern auch zur Verlaufsbeobachtung unter einer Therapie oder als Messmethode für Forschungsvorhaben. Es lassen sich bspw. zuvor definierte Ebenen verschiedener Messungen rechnerisch und bildlich übereinanderlegen, um eine Veränderung auswerten zu können (■ **Abb. 13**).

Photogrammetrie

Bei der Photogrammetrie wird ein Säugling in die Mitte einer Messeinrichtung auf einen geeigneten Babystuhl gesetzt. Eine Hilfsperson stützt das Baby für den Moment der Aufnahme, wobei der Kopf unter Aussparung des Gesichts mit einem Damenseidentrumpf bedeckt wird. Aus 20 Kameras werden innerhalb von 1,5 ms gleichzeitig digitale Bilder erstellt, die anschließend computergestützt mittels geeigneter Software verarbeitet werden (■ **Abb. 14 a**).

Auf der Grundlage des Datensatzes und nach Bestimmung einzelner Referenzpunkte lassen sich mit entsprechender Software analog zum lasergestützten 3-D-Messverfahren verschiedene Parameter (Punkte, Strecken, Ebenen und Volumina) bestimmen bzw. berechnen (■ Abb. 14 b).

Ausblick

Die Ursache für die lagebedingte Plagiozephalie bleibt letztendlich unklar. Diesbezüglich bedarf es weiterer Forschungsarbeiten, wobei prospektive multizentrische randomisierte Studien mit statistisch ausreichender Anzahl von untersuchten Säuglingen gefordert werden. Hierbei sollten nichtinvasive, dreidimensionale, genaue, einfache und kostengünstige Messmethoden eingesetzt werden.

Die Arbeitsgruppe lagebedingter Plagiozephalus (ALP) führt derzeit eine prospektive multizentrische Kohortenstudie („Beobachtung lagebedingter Kopfdeformitäten beim Säugling“) unter Verwendung eines photogrammetrischen 3-D-Messverfahrens durch. Weitere Informationen zur Arbeitsgruppe und zu dieser Studie finden sich unter <http://www.kopfgerade.de>.

Fazit für die Praxis

Die Eltern sollten im Rahmen der Geburt unbedingt auf die Problematik der lagebedingten Plagiozephalie hingewiesen werden. Hat die Prophylaxe versagt, sollte bei Hinweisen auf eine beginnende Abflachung des Hinterkopfes eine frühzeitige Diagnostik eingeleitet werden. Die „Craniale Asymmetrie-Screening“-Messung bietet sich im Rahmen der Erstdiagnostik orientierend zur Beurteilung des Ausmaßes der Schädelasymmetrie an. Nichtinvasive kostengünstige dreidimensionale Verfahren sollten zur exakten Bestimmung des Schweregrades der Asymmetrie, zur Verlaufsbeobachtung unter Therapie oder als Messverfahren für Studien eingesetzt werden. Eine ärztliche Untersuchung zur Abgrenzung zu anderen Dyszephalien, wie z.B. Kraniosynostosen, ist notwendig. Gegebenenfalls empfiehlt sich die Vorstellung in einer Praxis oder einer Ambulanz, die

sich auf die Diagnostik und Therapie von Schädelasymmetrien spezialisiert hat.

Korrespondenzadresse

Dr. K. Dörhage D.O. (DAAO)
 Praxis für Allgemeinmedizin, Manuelle Medizin und ärztliche Osteopathie
 Hamburger Landstr. 26a, 24113 Molfsee
 dokdoe@aol.com

Danksagung. Der Dank des Autors gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Wiltfang und Herrn Dr. Dr. Becker (Klinik für MKG des Universitätsklinikums Schleswig Holstein Campus Kiel) für die Durchführung der dreidimensionalen Schädelmessungen und die umfangreiche Unterstützung bei der Durchführung der Studie, „Beobachtung lagebedingter Kopfdeformitäten beim Säugling“, Herrn Dr. Christoph Blecher für die intensiven Fachgespräche, der Cranioform AG für die Überlassung des Bildmaterials und für die Bereitstellung des Photogrammetrie-Messgerätes für die Studie, „Beobachtung lagebedingter Kopfdeformitäten beim Säugling“, Herrn Benedikt Preisler für die hilfreichen Fachgespräche, der Pro Walk GmbH, Egelsbach, für die Bereitstellung des dreidimensionalen Lasermessgerätes und des Bildmaterials und der Thum und Wilharm KG, Hamburg, die die Kraniometerschieblehren für die „Arbeitsgruppe Lagebedingter Plagiozephalus“ zur Verfügung gestellt hat.

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. American Academy of Pediatrics AAP Task Force on Infant Positioning and SIDS (1992) Positioning and SIDS. *Pediatrics* 89:1120–1126
2. Argenta L (2004) Clinical classification of positional plagiocephaly. *J Craniofac Surg* 15(3):368–372
3. Bialocerkowski AE, Vladusic SL, Wei Ng C (2008) Prevalence, risk factors and natural history of positional plagiocephaly: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 50(8):577–586
4. Biedermann H (2006) Manuelle Therapie bei Kindern – Indikationen und Konzepte. Elsevier Urban & Fischer
5. Blecher C (2008) Nicht alles wächst sich aus. *Österreichische Hebammenzeitung* 02/2008
6. Boerre-Boonekamp MM, Linden Kuiper LL van der (2001) Positional preference: prevalence in infants and follow-up after two years. *Pediatrics* 107(2):339–343
7. Brunner TW, David LR, Gage HD, Argenta LC (2004) Objective outcome analysis of soft shell helmet therapy in the treatment of deformational plagiocephaly. *J Craniofac Surg* 15(4):643–650
8. Buchmann J, Bülow B, Pohlmann P (1992) Asymmetrien in der Kopfgelekbeweglichkeit von Kindern. *Manuelle Med* 30:93–95
9. Dräger K, Dräger C (2009) Beziehung und Bindung in der osteopathischen Kinderbehandlung. *Osteopathische Med* 10(4):18–22
10. Flehmig I (2001) Normale Entwicklung des Säuglings und ihre Abweichungen. Thieme, Stuttgart
11. Forte M (2009) Grundgedanken zur funktionellen Medizin. *Manuelle Med* 47:418–422
12. Frymann VM (1994) The why, the when and the how of the osteopathic manipulation of infants and children. Paper prepared for Danish Society of Manual Medicine, Feb 26, 1994. Reprinted in: *The Collected Papers of Viola Frymann (2005) American Academy of Osteopathy, Indianapolis/IN*

13. Frymann VM (1976) The trauma of birth. *Osteopathic Annals* (5):197–205. Reprinted in: *The Collected Papers of Viola Frymann (2005) American Academy of Osteopathy, Indianapolis/IN*
14. Graham JM, Gomez M, Halberg A et al (2005) Management of deformational plagiocephaly: Repositioning versus orthotic therapy. *J Pediatr* 146(2):258–262
15. Hutchinson BL, Thompson JM, Mitchell EA (2003) Determinants of nonsynostotic plagiocephaly: a case-control study. *Pediatrics* 112(4):316
16. Kane AA, Mitchell LE, Craven KP, Marsh JL (1996) Observations on a recent increase in plagiocephaly without synostosis. *Pediatrics* 97:877–885
17. Kelly KM, Littlefield TR, Pomatto JK et al (1999) Importance of early recognition and treatment of deformational plagiocephaly with orthotic cranioplasty. *Cleft Palate Craniofac J* 36:127–130
18. Losee JE, Mason AC (2005) Deformational plagiocephaly: diagnosis, prevention and treatment. *Clin Plast Surg* 32(1):53–64
19. Loveday BP, Chalain TB de (2001) Active counterpositioning or orthotic device to treat positional plagiocephaly? *J Craniofac Surg* (4):308–313
20. Magoun HI (1966) Osteopathy in the cranial field. Reprinted in: *The Collected Papers of Viola Frymann (2005) Legacy of Osteopathy to Children. American Academy of Osteopathy, Indianapolis/IN*
21. McGarry A, Dixon MT, Greig RJ et al (2008) Head shape measurement standards and cranial orthoses in the treatment of infants with deformational plagiocephaly: a systemic review. *Dev Med Child Neurol* 50:568–576
22. Mortensen PA, Steinbok P (2006) Quantifying positional plagiocephaly: reliability and validity of anthropometric measurements. *J Craniofac Surg* 17(3):413–419
23. Mulliken JB, John B, Woude DL et al (1999) Analysis of posterior plagiocephaly: deformational versus synostotic head deformities. *Plast Reconstr Surg* 103(2):371–380
24. Peitsch WK, Keefer CH, LaBrie RA, Mulliken JB (2002) Incidence of cranial asymmetry in healthy newborns. *Pediatrics* 110(6):e72
25. Persing J, James H, Swanson J et al (2003) Prevention and management of positional skull deformities in infants. *Pediatrics* 112:199–202
26. Plank LH, Giavedoni B, Lombardo JR et al (2006) Comparison of infant head shape changes in deformational plagiocephaly following treatment with a cranial remolding orthosis using a noninvasive laser shape digitizer. *J Craniofac Surg* 17(6):1084–1091
27. Regelsberger J, Dellling G, Tsokos M et al (2006) High-frequency ultrasound confirmation of positional plagiocephaly. *J Neurosurg* 105(Suppl 5):413–417
28. Saternus KS, Adam G (1985) Der plötzliche Kindstod. *Dtsch Med Wochenschr* 110:297–303
29. Teichgraber JF, Ault JK, Baumgartner J et al (2002) Deformational posterior plagiocephaly: diagnosis and treatment. *Cleft Palate Craniofac J* 39(6):582–586
30. Teichgraber JF, Seymour-Demsey K, Baumgartner J et al (2004) Molding helmet therapy in the treatment of brachycephaly and plagiocephaly. *J Craniofac Surg* 15(1):118–123
31. Turk AE, McCarthy JG, Thorne CH, Wisoff JH (1996) The „back to sleep campaign“ and deformational plagiocephaly: is there cause for concern? *J Craniofac Surg* 7(1):12–18
32. Vlimmeren LA van, Takken T, Adrichem LN van et al (2006) Plagiocephalometry: a non-invasive method to quantify asymmetry of the skull: a reliability study. *Eur J Pediatr* 165(3):149–157
33. Vlimmeren LA van, Graf Y van der, Boere-Boonekamp MM et al (2007) Risk factors for deformational plagiocephaly at birth and at 7 weeks of age: a prospective cohort study. *Pediatrics* 119(2):408–418
34. http://www.orthomerica.com/technology/scan_summary.htm