

Indikation von Handskelettaufnahmen im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung

Peter Proff und Christian Kirschneck (Regensburg)

Die auch in der Pädiatrie angewandten Handskelettaufnahmen stellen die zuverlässigste und gebräuchlichste Methode zur Bestimmung des skelettalen Reifegrades eines Patienten dar und erlauben eine Prognose des noch zu erwartenden skelettalen Wachstumspotentials [1, 2]. Sie nehmen daher einen wichtigen Stellenwert in der kieferorthopädischen Diagnostik ein. Die Beurteilung der Form und Größe der einzelnen Handknochen sowie des Ossifikationsstatus der Epiphysenfugen erlaubt im Vergleich mit Referenzaufnahmen [3] oder durch Identifikation definierter Reifestadien [4, 5] eine Abschätzung des skelettalen Reifegrades und weiteren Wachstumspotentials. Aufgrund der zusätzlichen Strahlenbelastung muss die Indikationsstellung jedoch immer einen therapeutischen Nutzen für den Patienten nach sich ziehen.

Die Anfertigung einer Handskelettaufnahme ist nach gegenwärtigem Stand indiziert, wenn

1. die Kenntnis des Wachstumsstandes, besonders hinsichtlich des Wachstumsmaximums und Wachstumsendes, Voraussetzung für eine korrekte Therapieplanung ist,
2. diese Information nicht zuverlässig durch andere, risikoärmere Methoden sicher erworben werden kann.

Eine Kenntnis des Wachstumsstandes ist insbesondere notwendig bei der Therapieplanung

- bei skelettalen Schädel- und Gebissfehlbildungen, welche unter Ausnutzung von Wachstumsprozessen korrigiert werden sollen und daher ein Wachstum voraussetzen (v.a. Distalbisslage, moderate Laterognathie, skelettal tiefer Biss),

- von Maßnahmen, bei denen ein Wachstum das Behandlungsergebnis gefährdet (z.B. Mesialbisslage, ausgeprägt skelettal offener Biss, implantologische Versorgungen, orthognathe Chirurgie),
- von retentiven Maßnahmen nach Abschluss der Therapie, wenn ein Wachstum das erreichte Behandlungsergebnis gefährdet (v.a. bei Anomalien mit hohem Restwachstumspotential wie bei progner Entwicklung des Unterkiefers und bei skelettal offenem Biss).

Zu den Alternativmethoden zur Bestimmung des skelettalen Reifegrades gehören:

I. Reifegradanalyse anhand der Entwicklung von Halswirbelkörpern im Fernröntgen-seitenbild

Nach aktuellem Wissenstand muss die Bestimmung der zervikalen Maturation der Analyse von Handskelettaufnahmen als unterlegen betrachtet werden, da eine hohe Intra- und Interrater-Variabilität in der Bestimmung des Reifegrades besteht [6–10] und nur eine moderate Korrelation mit den mittels Handskelettaufnahme ermittelten Reifegraden erreicht wird [11, 12]. Sie erlaubt daher nur eine ungefähre Abschätzung des Wachstumspotentials in Fällen, in denen eine absolute Kenntnis des Wachstumsstandes nicht Therapievoraussetzung ist. Aufgrund der wesentlich höheren Strahlensensibilität der Schilddrüse ist jedoch die kumulative Effektivdosis (1,5x, [13]) und damit das Gefährdungspotential einer Fernröntgenaufnahme ohne Thyroidabschirmschild zur Darstellung der Halswirbelkörper als wesentlich höher einzuschätzen als die zusätzliche Strahlenbelastung einer Aufnahme des wenig

strahlensensiblen Gewebes der Hand [14]. Die effektive Dosis beträgt altersabhängig maximal 0,066-0,17 μSv [15]. Die Strahlenbelastung entspricht ca. 20 min. Exposition gegenüber der natürlichen Hintergrundstrahlung bzw. 2 min. eines transatlantischen Fluges [14, 16, 17]. Die zusätzlichen Risiken einer Handskelettaufnahme sind daher als minimal einzustufen [14].

II. Reifegradanalyse anhand der Ossifikation der Epiphysenfuge der Clavicula in der Thorax-Röntgenaufnahme bzw. im Computertomogramm

Ähnlich wie die Analyse der Handskelettaufnahme erlaubt auch eine radiologische Beurteilung des Schlüsselbeins (Clavicula) eine Bestimmung des skelettalen Reifegrades. Dabei wird die Ossifikation des medialen Epiphysenkerns sowie eine partielle oder vollständige Fusion der Epiphysenfuge herangezogen, welche jeweils in einem Alter von 13-22 Jahren, 16-26 Jahren und 20-27 Jahren beobachtet wurden [18, 19]. Diese Methode kann in der kieferorthopädischen Diagnostik jedoch nicht als Alternative angesehen werden, da sie sich zwar gut zur Beurteilung des Wachstumsabschlusses in höherem Alter (18-22 Jahre), jedoch nicht zur Beurteilung des puberalen Wachstumsschubes eignet und eine große interindividuelle Streubreite aufweist. Zudem ist die zusätzliche Strahlenexposition durch eine Röntgenthoraxaufnahme oder eine CT-Aufnahme wesentlich höher als bei einer Handskelettaufnahme [2]. Neben der Clavicula kann auch der Beckenknochen [20] und der Femurkopf [21] zur Bestimmung des skelettalen Alters herangezogen werden, jedoch mit vergleichbaren Problemen und bislang fehlender standardisierter Methodik [2].

III. Reifegradanalyse anhand anthropometrischer und sexueller Reifezeichen (Körpergröße, Körpergewicht, Stimmbruch, Menarche)

Die Reifegradanalyse mittels kontinuierlicher Messung des Körpergewichtes muss aufgrund starker interindividueller Schwankungen (genetisch/exogen) und einer Abhängigkeit des Reifegrades vom body mass index (BMI, [22]) als wenig reliabel angesehen werden. Die kontinuierliche Bestimmung der Körpergröße hingegen erlaubt aufgrund der hohen Korrelation des maximalen Körperwachstums und des

fazialen Wachstums [23] eine ungefähre Abschätzung des puberalen Wachstumsschubes, jedoch keinen Ausschluss von Restwachstum.

Die Bestimmung anhand sexueller Reifezeichen ermöglicht ebenfalls nur eine approximierete Bestimmung des Reifegrades, da zwar eine hohe Korrelation mit der Zahnentwicklung beobachtet wurde [24], jedoch kein direkter Zusammenhang zwischen der Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale und der skelettalen Reife nachgewiesen werden konnte [24, 25]. Zudem weist die sexuelle Reifeentwicklung die größte Streubreite aller Verfahren zur Beurteilung des Reifegrades auf [26, 27]. Das Eintreten der Menarche bzw. des Stimmbruchs kann jedoch als sicheres Zeichen für ein Überschreiten des puberalen Wachstumsgipfels angesehen werden [4, 27–29] und zeigt eine geringere Variabilität in Relation zum skelettalen Reifegrad als die übrigen sekundären Geschlechtsmerkmale [25].

IV. Reifegradanalyse anhand dentaler Reifezeichen

Die Entwicklung der Dentition und dentaler Parameter weist nur eine geringe bis moderate Korrelation zur skelettalen Reifeentwicklung und zum Körperwachstum auf [24, 29–33]. Sie kann daher nur bedingt für eine Wachstumsprognose herangezogen werden, jedoch als zusätzliche Maßnahme sinnvoll die anhand einer Handskelettaufnahme getroffene Reifegradbeurteilung ergänzen und präzisieren [31].

V. Nicht-radiologische Techniken zur Visualisierung der Hand- und Handwurzelknochen

Aufgrund der hohen Zuverlässigkeit der Handskelettaufnahme wird an der Entwicklung neuer Verfahren zur strahlungsfreien Beurteilung der knöchernen Handstrukturen mittels Sonografie (Ultraschall) oder Magnetresonanztomografie (MRI) gearbeitet [2]. Diese Verfahren erreichen jedoch bislang nicht die Präzision des radiologischen Äquivalentes [2, 34] und können daher derzeit noch nicht als Alternative empfohlen werden. Erste Ergebnisse sind jedoch vielversprechend [35, 36].

Literaturverzeichnis

1. Litsas G, Ari-Demirkaya A (2010) Growth indicators in orthodontic patients. Part 2: Comparison of cervical bone age to hand-wrist skeletal age. Relationship with chronological age. *Eur J Paediatr Dent* 11:176–180
2. Manzoor Mughal A, Hassan N, Ahmed A (2014) Bone age assessment methods: a critical review. *PaK J Med Sci* 30:211–215
3. Greulich WW, Pyle SI (1950) Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist: Based on the Brush Foundation study of human growth and development initiated by T. Wingate Todd, M.B., Ch.B., F.R.C.S. Stanford University Press, Stanford, Calif., London
4. Björk A, Helm S (1967) Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod* 37:134–143
5. Grave KC, Brown T (1976) Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod* 69:611–619
6. Gabriel DB, Southard KA, Qian F et al. (2009) Cervical vertebrae maturation method: poor reproducibility. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 136: 478.e1-7; discussion 478-80
7. Nestman TS, Marshall SD, Qian F et al. (2011) Cervical vertebrae maturation method morphologic criteria: poor reproducibility. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 140:182–188
8. Predko-Engel A, Kaminek M, Langova K et al. (2015) Reliability of the cervical vertebrae maturation (CVM) method. *Bratisl Lek Listy* 116:222–226
9. Sohrabi A, Babay Ahari S, Moslemzadeh H et al. (2015) The reliability of clinical decisions based on the cervical vertebrae maturation staging method. *Eur J Orthod*: in press
10. Zhao X, Lin J, Jiang J et al. (2012) Validity and reliability of a method for assessment of cervical vertebral maturation. *Angle Orthod* 82:229–234
11. Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M et al. (2006) Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod* 76:1–5
12. Santiago RC, de Miranda Costa, Luiz Felipe, Vitral, Robert Willer Farinazzo et al. (2012) Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *Angle Orthod* 82:1123–1131
13. Patcas R, Signorelli L, Peltomäki T et al. (2013) Is the use of the cervical vertebrae maturation method justified to determine skeletal age? A comparison of radiation dose of two strategies for skeletal age estimation. *Eur J Orthod* 35:604–609
14. Martin DD, Wit JM, Hochberg Z et al. (2011) The use of bone age in clinical practice - part 1. *Horm Res Paediatr* 76:1–9
15. Huda W, Gkanatsios NA (1998) Radiation dosimetry for extremity radiographs. *Health Phys* 75:492–499
16. Thorne MC (2003) Background radiation: natural and man-made. *J Radiol Prot* 23:29–42
17. Jung H (2000) Strahlenrisiken durch Röntgenuntersuchungen zur Altersschätzung im Strafverfahren (The radiation risks from x-ray studies for age assessment in criminal proceedings). *Fortschr Geb Röntgenstrahlen Nuklearmed* 172:553–556
18. Kreitner K, Schweden F, Schild H et al. (1997) Die computertomographisch bestimmte Ausreifung der medialen Klavikulaepiphyse - eine additive Methode zur Altersbestimmung im Adoleszentenalter und in der dritten Lebensdekade? *Fortschr Röntgenstr* 166:481–486
19. Schmeling A, Schulz R, Reisinger W et al. (2004) Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography. *Int J Legal Med* 118:5–8
20. Bitan FD, Veliskakis KP, Campbell BC (2005) Differences in the Risser grading systems in the United States and France. *Clin Orthop Relat Res*:190–195
21. Su P, Zhang L, Peng Y et al. (2010) A histological and ultrastructural study of femoral head cartilage in a new type II collagenopathy. *Int Orthop* 34:1333–1339
22. Mack KB, Phillips C, Jain N et al. (2013) Relationship between body mass index percentile and skeletal maturation and dental development in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 143:228–234
23. Hunter CJ (1966) The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod* 36:44–5
24. Lewis AB, Garn SM (1960) The relationship between tooth formation and other maturational factors. *Angle Orthod* 30:70–77
25. Marshall WA (1974) Interrelationships of skeletal maturation, sexual development and somatic growth in man. *Ann Hum Biol* 1:29–40
26. Schmeling A, Lockemann U, Olze A et al. (2004) Forensische Altersdiagnostik bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen. *Dtsch Arztebl International* 101:A-1261
27. Onat T, Ertem B (1974) Adolescent female height velocity: relationships to body measurements, sexual and skeletal maturity. *Hum Biol* 46:199–217
28. Hägg U, Taranger J (1980) Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand* 38:179–186
29. Demirjian A, Buschang PH, Tanguay R et al. (1985) Interrelationships among measures of somatic, skeletal, dental, and sexual maturity. *Am J Orthod* 88:433–438
30. Anderson DL, Thompson GW, Popovich F (1975) Interrelationships of dental maturity, skeletal maturity, height and weight from age 4 to 14 years. *Growth* 39:453–462
31. Morris JM, Park JH (2012) Correlation of dental maturity with skeletal maturity from radiographic assessment: a review. *J Clin Pediatr Dent* 36:309–314
32. So LL (1997) Skeletal maturation of the hand and wrist and its correlation with dental development. *Aust Orthod J* 15:1–9
33. Lewis AB (1991) Comparisons between dental and skeletal ages. *Angle Orthod* 61:87–92
34. Xu H, Shao H, Wang L et al. (2008) A methodological comparison between ultrasound and X-ray evaluations of bone age. *J Sports Sci* 6:27
35. Shimura N, Koyama S, Arisaka O et al. (2005) Assessment of measurement of children's bone age ultrasonically with sunlight BonAge. *Clin Pediatr Endocrinol* 14:S24_17-S24_20
36. Mentzel H, Vilser C, Eulenstein M et al. (2005) Assessment of skeletal age at the wrist in children with a new ultrasound device. *Pediatr Radiol* 35:429–433