

Wagner D, Möller H<sup>†</sup>, Venter C, Horstmann T

## Entwicklungsunterschiede bei heranwachsenden Sportlern - Rückstufung jugendlicher Fußballspieler

*Developmental Differences in Adolescent Athletes - Demotion of Young Soccer Players*

Abteilung Sportmedizin, Sportorthopädie, Medizinische Klinik und Poliklinik, Tübingen

### Zusammenfassung

Entwicklungsunterschiede dienen als Grundlage zur Rückstufung jugendlicher Fußballspieler.

Durchschnittlich ist das biologische Alter in der Pubertät bei 16 % (80 % der Antragsteller) um mindestens 1 Jahr und bei 3 % (50 % der Antragsteller) um mehr als 2 Jahre gegenüber dem kalendarischen Alter retardiert. Entwicklungsstufen mit der zugeordneten Alterseinteilung erlauben keine Einschätzung der Leistungsfähigkeit und sind keine Grundlage für die Dosierung von Trainings- und Wettkampfbelastungen, die Kinder und Jugendliche tolerieren. Das biologische Alter, die genetischen Anlagen, das Trainingsalter und Erkrankungen mit der daraus resultierenden momentanen Leistungsfähigkeit sind die bestimmenden Kriterien dafür, welche sportlichen Belastungen von Kindern und Jugendlichen toleriert werden.

Im konditionellen Bereich sind Retardierte benachteiligt, was für koordinative Prozesse nicht zutrifft. Psychische und soziale Probleme bestehen, sind aber schwer fassbar. Aus Gründen der Einfachheit sollten entwicklungsbedingte Aspekte bei Regelwerkerstellungen und Förderung im Sport nicht außer Acht gelassen werden. Es gibt die dargestellten objektivierbaren Parameter, die zur Beurteilung der Entwicklung herangezogen und als Kriterien für eine Einstufung in biologische Einteilungssysteme verwendet werden können. Zusätzlich sollten Grundsätze der sportlichen Ausbildungsstufen im Kindes- und Jugendalter berücksichtigt und stärker ein erwerbs- und kein ergebnisorientiertes Training angestrebt werden.

**Schlüsselwörter:** Entwicklung, Retardierte, biologisches Alter, Pubertät, Überlastung

### Einleitung

Im Kindes- und Jugendalter erfolgen in den meisten Sportarten Altersklasseneinteilungen, welche das sportartspezifische Anforderungsprofil im Training und Wettkampf definieren. Die sportartspezifische Leistungsfähigkeit ist mehr oder weniger von konstitutionellen, konditionellen und psychischen Leistungsfaktoren abhängig. Die Reifung der psycho-physischen Funktionsentwicklung und der Organe wird durch Umwelтанforderungen und -bedingungen beeinflusst.

Der gesundheitliche Wert des Sports ist unbestritten. Besteht aber eine Diskrepanz zwischen Leistungsfähigkeit

### Summary

Developmental differences served as a basis for demoting adolescent soccer players.

On average, the biological age during adolescence is delayed for 16 % of the population (80 % of the applicants) by at least 1 year, and for 3 % (50 % of the applicants) by more than 2 years compared to their actual age. Developmental stages of the corresponding age group do not allow estimation of physical ability, nor are they a basis for determining the amount of training and competition stress children and adolescents can deal with. Biological age, hereditary factors, training age, and illnesses and the resulting levels of performance are the criteria for deciding the amount of athletic pressure children and adolescents can tolerate.

A delay in physical development is a disadvantage with regard to condition, but not with respect to coordination. Psychological and social problems develop but are difficult to objectify. For reasons of simplicity, developmental-contingent aspects should be taken into account when determining rules and regulations for, or advancements in sports. The presented objective and reliable parameters can be used to assess development and as criteria for the classification into biological schedules. In addition, the principles of athletic development in childhood and adolescence should be provided for, and training should become more acquisition- than result-oriented.

**Key words:** development, biological age, stress, adolescence

und Belastung können sich unter Umständen negative Effekte für die Gesundheit eines Heranwachsenden ausbilden (28). Dazu zählen Sportverletzungen, Überlastungssyndrome sowie abnormale Belastungsreaktionen (9, 10, 18, 20).

Ein besonders zu betrachtendes Problem im Nachwuchsbereich stellt die unterschiedlich schnelle Entwicklung von Kindern und Jugendlichen dar (25). So genannte Frühentwickler (Akzelerierte) weisen eine Beschleunigung der körperlichen Entwicklungsphasen von einem oder mehreren Jahren, die Spätentwickler (Retardierte) verzögerte Entwicklungsphasen von einem oder mehreren Jahren auf. Das biologische Alter entspricht nicht dem kalendarischen.

Die kindliche und jugendliche Entwicklung ist ein positiver Vorgang des Wachstums, der Reifung und der Umstrukturierung. Innerhalb normal verlaufender Entwicklungsprozesse gibt es zu keinem Zeitpunkt Rückschritte, sondern nur Verzögerungen und Beschleunigungen.

Im Zeitraum der vorpuberalen und puberalen Phase bilden sich Früh- und Spätentwicklungen heraus. Individuelle, zum Teil enorme Unterschiede von Akzelerierten und Retardierten, die bis zu 3,5 Jahre ausmachen können, sind auf der Grundlage der Unterscheidbarkeit von kalendarischem (chronologischem) und biologischem Alter bestimmbar (8).

Die Körperhöhen- und Gewichtszunahme bleibt präpuberal in absoluter Zunahme konstant (ca. 2-3 kg und bis 5 cm/Jahr) (17) und erfährt in der Regel sein Maximum im „Pubertätsentwicklungsschub“ aufgrund der endokrinen/hormonellen Veränderungen bei Jungen im Durchschnitt mit 14 Jahren, unterliegt jedoch einer großen Variabilität.

Gründe für eine körperliche Retardierung (Minderwuchs) gibt es viele und sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Tabelle 1: Ursachen für eine körperliche Retardierung

Primärer Minderwuchs	Sekundärer Minderwuchs
• Familiärer (genetischer) Minderwuchs Entwicklungsverzögerung (KEV)	Konstitutionelle
• Skelettdysplasien	Mangel- und Fehlernährung
• Knochenstoffwechselstörungen	Hormonelle Störungen
• Chromosomenanomalien	Chronische Organerkrankungen
• Intrauterin erworbener Minderwuchs	Metabolische Störungen
• Minderwuchssyndrome	Psychoziale Deprivation

Die psychophysischen Funktions- und Organentwicklung (ZNS, peripheres Nervensystem, Muskulatur, Herz-Kreislaufsystem) ist für die individuelle Ausbildungsfähigkeit von Leistungsfaktoren bestimmend. Ein deutliches Abweichen der Reifung führt in der Regel zu Störungen im Gleichgewicht zwischen Beanspruchung und Belastbarkeit.

Im Gegensatz zu den anderen Verbänden im DFB konnten im Württembergischen Fußballverband (WFV) jugendliche Spieler in Ausnahmefällen in eine jüngere Altersklasse zurückgestuft werden (Beschluss 03.11.94). Der Antrag konnte von den Spielern oder dem Verein beim Verband gestellt werden. Voraussetzungen für eine Rückstufung waren:

1. Der Nachweis einer schwerwiegenden Störung oder Behinderung des Jugendlichen
2. Die Vorlage einer sportärztlichen Bescheinigung

neueren Datums, die in der Regel in zwei Fragen Stellung nehmen soll :

- a) Bestehen aus sportärztlicher Sicht Bedenken gegen die Ausübung des Fußballsports?
- b) Bestehen Bedenken dagegen, dass der Jugendliche den Fußballsport in der seinem Alter entsprechenden Altersklasse ausübt?

Die sportärztliche Untersuchung war in einer vom WFV hierzu speziell autorisierten sportmedizinischen Institution durchzuführen. Neben den eingehenden bekannten sportmedizinischen Untersuchungen der wichtigen Organsysteme sollte vor allem auch der Entwicklungsstand berücksichtigt werden.

Anhand der erhobenen Daten sollen neben den oben aufgeführten Punkten weiterhin folgende Fragestellungen diskutiert werden:

1. Ist die Leistungsfähigkeit durch eine Retardierung herabgesetzt?
2. Welche physischen und psychischen Belastungen/Anforderungen bestehen?
3. Ist die Belastbarkeit des Sportlers aufgrund seiner individuellen Entwicklungsmerkmale vermindert?

## Probanden und Methode

Als Probanden wurden alle 30 männliche Fußballspieler im Kindes- oder Jugendalter (8,5 - 19 Jahre) ausgewertet, die zusammen mit ihren Eltern 2001/2002 beantragten, in einer niedrigeren Altersklasse spielen zu dürfen, als es ihrem Lebensalter entspricht. Folgende Daten wurden erhoben:

- Familienanamnese, besonders Körperhöhe und Entwicklungsdaten von Eltern und Geschwistern
- Eigenanamnese, besonders Entwicklung von Körperhöhe und Pubertät
- klinische Untersuchung einschließlich Dokumentation von Körperhöhe, Gewicht und Pubertätsstand nach Tanner (31).
- Knochenalter: Röntgenaufnahme der linken Hand p. a., Beurteilung des Standes der Skelettentwicklung nach Greulich und Pyle (14). Bestimmung des Skeletalters durch Reifeindikatoren (Kennzeichen der individuellen Knochenentwicklung) der Knochen der linken Hand einschließlich der distalen Metaphysen von Radius und Ulna (28 Knochen). Karporadiogramm.
- Altersperzentilen: Bezug der aktuellen Maße von Körperhöhe und Gewicht auf die Referenzwerte Gleichaltriger (30).
- „P 50 - Alter“: Das Alter, in dem die aktuellen Maße der Probanden der 50. Perzentile (P 50) der Gesamtpopulation entspricht
- Bestimmung des biologischen Alters über den Pubertätsstand nach Tanner und das Knochenalter (31)
- Familiäre Zielkörperhöhe: arithmetisches Mittel aus der Elternkörperhöhe plus 6,5 cm (30)

- Prognose der Endkörperhöhe nach Bayley und Pinneau (5). Berechnung über die Korrelation zwischen prozentualer Endkörperhöhe und dem ermittelten Skelettalter auf der Basis von Voraussagetabellen unter Einbeziehung von Reifungsmustern.
- Prospektive Endkörperhöhenbestimmung nach Roche et al. (30) Regressionsgleichung unter Einbeziehung von Körperhöhe, -gewicht, chronologischem Alter, Skelettalter und mittlerer Elternkörperhöhe

## Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse der ermittelten Daten sind in Abbildungen 1 zusammengefasst. Bei 23 Sportlern lag die Körperhöhe an oder unter der zehnten Altersperzentile (P 10), davon bei 16 an oder unter P 3. Das „P 50 – Alter“ lag bei 17 Jungen mindestens 2 Jahre und das Knochenalter bei 15 mindestens 2 Jahre (entspricht 2 Standardabweichungen) unter dem chronologischen Alter (Abb. 2).

In 2 Fällen bestand eine Behinderung bzw. eine lang anhaltende Erkrankung. Bei Probanden 17 lag ein angeborener, bleibender Minderwuchs mit allgemeiner Hypotonie (Silver – Russel – Syndrom) und bei Probanden 9, 15 eine allgemeine muskuläre Hypotonie mit Störung der Grobmotorik vor.

## Diskussion

Der WFV gibt als Bedingung für eine Zurückstellung eine schwerwiegende Störung oder Behinderung vor, die Bedenken begründen, den Jugendlichen in einer Altersklasse mit Gleichaltrigen spielen zu lassen.

Dies ist bei einem Antragssteller offensichtlich gegeben, der 13-jährige leidet an einem Russell-Silver-Syndrom (Minderwuchssyndrom), ist extrem Minderwüchsig (P 50 – Alter um 6 Jahre retardiert), befindet sich in einem präpubertären Entwicklungsstadium mit einem Skelettalter von 10 Jahren, zusätzlich besteht eine erhebliche Muskelhypotrophie und Dysmelie des linken Unterarms. Trotzdem ist er von seiner Mannschaft noch akzeptiert.

Bei 2 Fällen lag bei normaler Körperhöhen- und Gewichtsentwicklung und nur geringer biologischer Retardierung (0,5 bzw. 1 J.) eine grobmotorische Koordinationsstörung verbunden mit einer allgemeinen Muskelhypotonie vor, die neurophysiologisch gesichert wurde und bei einem der Jungen auf eine Muskelstoffwechselstörung zurückgeführt werden konnte. Auch wenn die Koordinationsschwächen teils durch ein Trainingsdefizit mitbegründet sind und bei diesen 2 Sportlern wohl Grenzfälle vorliegen haben wir die Rückstellung in allen drei Fällen empfohlen.

Die Mehrzahl der Antragssteller ist dagegen gesund. Sie beantragen die Rückstellung, weil sie für ihr Alter zu klein und zu leicht sind. Wie sollen ihre Anträge beurteilt werden? Sind Bedenken begründet, sie in einer Alters-

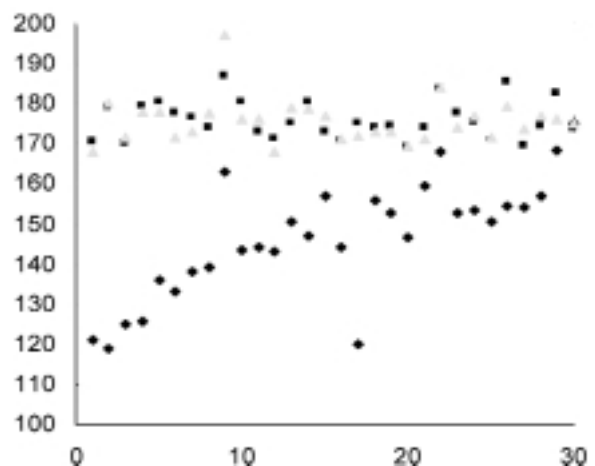


Abbildung 1: Abgebildet sind von jedem Sportler die momentane Körperhöhe, die familiäre Zielkörperhöhe und die prospektive Endkörperhöhe (berechnet nach Roche et al.)

klasse mit Gleichaltrigen spielen zu lassen? Hierzu sind mehrere Gesichtspunkte zu diskutieren:

1. Ist die Leistungsfähigkeit durch eine Retardierung herabgesetzt?
2. Welche physischen und psychischen Belastungen/Anforderungen bestehen?
3. Ist die Belastbarkeit des Sportlers aufgrund seiner individuellen Entwicklungsmerkmale vermindert?

Die sportliche Leistungsfähigkeit und -entwicklung ist multifaktoriell bedingt. Auf der einen Seite stehen Veranlagungen (genetische Gegebenheiten) und der endogene Reifungsprozess auf der anderen Seite Umwelteinflüsse. Durch soziale, pädagogische und trainingsmethodische Beeinflussung der endogenen Faktoren, die limitiert sind, entsteht ein dynamisches Potential im Gesamtkomplex, das sich momentan in der aktuellen individuellen Leistungsfähigkeit ausdrückt.

In der sportmedizinischen Literatur finden sich zahlreiche Hinweise auf Zusammenhänge zwischen konstitutionellen Voraussetzungen und sportlicher Leistung. Selbst wenn diese Zusammenhänge zum Teil überbewertet wurden, sind anthropometrische Daten auch weiterhin für die gesamte Einschätzung des Sportlers bedeutungsvoll (22). Der körperbauliche Leistungsfaktor des „typischen“ Fußballspielers ist, im Gegensatz zu anderen Sportarten wie Turnen und Basketball, weder bei Jungen noch bei Mädchen nicht eindeutig zu bestimmen (2, 23, 27).

Dennoch wird die körperliche Entwicklung die sportartspezifische Leistungsfähigkeit, welche aus den konditionellen, koordinativen und psychischen Komponenten zusammengesetzt wird, beeinflussen. Denn es werden auch physiologische Voraussetzungen, wie z.B. Energiestoffwechsel für die Ausdauerleistungsfähigkeit und Hormonspiegel für die Kraftentwicklung, durch die Reifung zum Teil erheblich verändert (19). Bei Akzelerierten liegt

der „Vorteil“ im konditionellen Bereich (und hier vor allem im Bereich der Kraft und Ausdauer) mit einer erhöhten Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit (3, 4, 7, 8, 13, 16, 21).

Die Möglichkeit der Ausprägung von koordinativen Fähigkeiten ist in der Zeit zentralnervöser Ausreifung effektiver als zu Zeiten ausgereifter zentralnervöser Funktionen. Diese Zeiten liegen vor der Pubertät und werden sensible Phasen genannt. Sie befinden sich hauptsächlich im Alter zwischen 8-12 Jahren (Abb. 3). Die Ausbildung der Leistung hängt im Wesentlichen von den Anlagen und den geförderten Bewegungserfahrungen ab, so dass ein „Spätentwickler“ nicht unbedingt aufgrund der verzögerten Reifung benachteiligt ist. Denn da, wo das günstige motorische Lernalter lange dauern sollte (z.B. Spielsportarten, Geräteturnen) ist sogar der Retardierte evtl. begünstigt, weil sich die Entwicklung bei ihm gerade in dieser sensiblen Phase so viel Zeit lässt und die Plastizität der Nervengrundprozesse eine hohe Informationsaufnahme ermöglicht, wobei eine Fixierung jedoch noch gering ausgeprägt ist, die sich in der Pubertät durch eine zunehmende Differenzierungshemmung stabilisiert (12). Zudem sind durch bessere Last/Kraft- und Hebelverhältnisse Retardierte für koordinative und technische Schulung besonders geeignet. Die körperlichen und konditionellen Defizite können später immer noch aufgeholt werden, jedoch ist die momentane Belastbarkeit reduziert.

In der zweiten puberalen Phase tolerieren das Nervensystem und die Muskulatur zunehmend körperliche Belastungen ähnlich eines Erwachsenen. Da das Knochenwachstum in der ersten puberalen Phase vorausgeeilt ist, bestehen im Skelettsystem (passiver Bewegungsapparat) erhebliche Dysbalancen. So gelten als Schwachstellen des wachsenden Skeletts die Wirbelsäule, die Epi- und Apophysen sowie der Gelenkknorpel (1, 11, 26, 33).

Es ergibt sich eine verminderte Belastbarkeit des Skeletts. Die Anforderungen an die Sportler definieren sich aus der Jugendklasse mit entsprechenden Belastungsprofilen wobei das Niveau aufgrund der Spielklasse recht unterschiedlich ausgeprägt sein kann und zusätzlich bei einer Mannschaftssportart innerhalb des Teams unterschiedliche Leistungsausprägungen bestehen (25).

Auch weist die Reizschwelle bei Kindern/Jugendlichen einer Altersgruppe aufgrund der unterschiedlichen Entwicklung eine recht unterschiedliche Höhe auf. Für den einen ein optimaler Reiz kann für andere schon nicht mehr zumutbar sein.

Für eine bestimmte Leistungsfähigkeit bedarf es zusätzlich einer Leistungsbereitschaft, die vom psychischen Reifungsgrad abhängig ist.

Sollten Rückstellungen also befürwortet werden?

Wir meinen: Im Grundsatz ja. Jedoch müssen einschränkende Kriterien definiert werden.

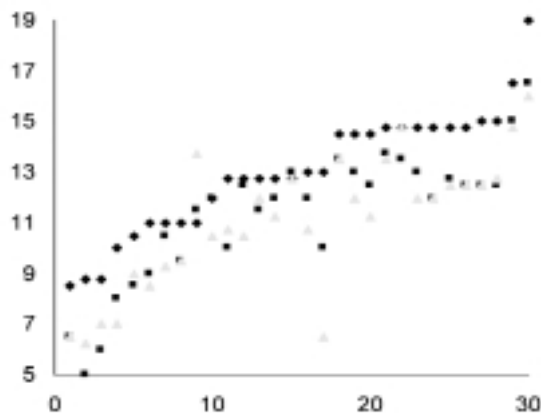


Abbildung 2: Das Diagramm zeigt das kalendarische, biologische und das P50 Alter (Körperhöhe) von jedem Fußballspieler

Bei einer Körperhöhe unter P 3 und Retardierung des P 50 – Alters um mindestens 2 Jahre halten wir eine Rückstellung für gerechtfertigt, bei einer Körperhöhe zwischen P 3 und P 10 und Retardierung des P 50 – Alters um maximal ein Jahr dagegen nicht.

Diese Grenzziehung erscheint vielleicht willkürlich und aus theoretischer Sicht angreifbar, sie ist jedoch pragmatisch gerechtfertigt. Denn einerseits soll einer erheblichen, körperlichen Benachteiligung und verminderter Belastbarkeit gegenüber gleichaltrigen Rechnung getragen werden (Grenze bei P 3) andererseits können aber nicht volle 10 % einer normalen Population als Sonderfall behandelt werden (Grenze bei P 10). Ferner unterscheiden

Tabelle 2: Charakteristika von familiärem Kleinwuchs (fam KW) und konstitutioneller Entwicklungsverzögerung (KEV)

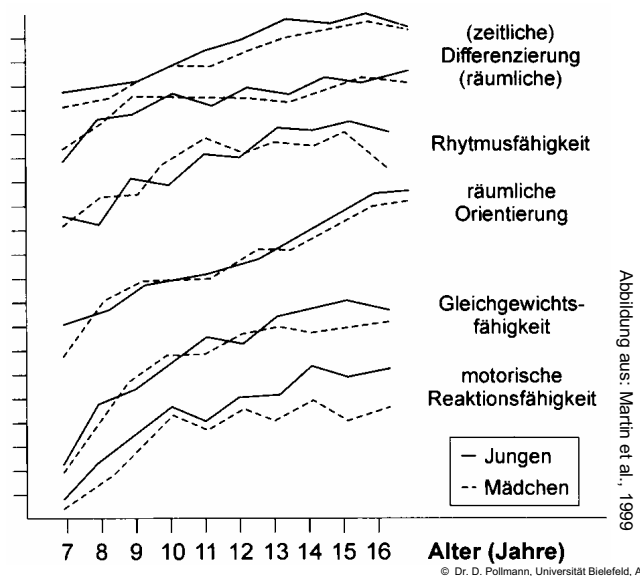
Parameter	fam. KW	KEV
Mittlere Elternkörperhöhe, Körperhöhe der Geschwister	eher klein	eher durchschnittlich
Pubertätsentwicklung Eltern und Geschwister	eher altersgemäß	eher retardiert
Pubertätsentwicklung der Sportler	altersgemäß	retardiert
Knochenalter der Sportler	altersgemäß	retardiert

wir zwischen familiärem Kleinwuchs und konstitutioneller Entwicklungsverzögerung (KEV). Denn die Indikation zur Rückstellung sollte bei Antragsstellern mit KEV großzügiger gestellt werden, als bei familiärem Kleinwuchs.

Die KEV wird autosomal dominant vererbt, allerdings mit unvollständiger Penetranz. Daher ist es sinnvoll die Entwicklungsdaten von Eltern und Geschwistern zu erfragen (Tab.2). Der klinische Stand der Pubertät nach Tanner (28) muss ebenso dokumentiert werden, wie das Knochenalter, z.B. nach Greulich und Pyle (14). Letzteres ist wegen der Strahlenbelastung umstritten, jedoch gibt es

vor dem Auftreten klinischer Pubertätszeichen keine andere Möglichkeit, das biologische Alter zu bestimmen.

Abbildung 3: Entwicklung unterschiedlicher koordinativer Fähigkeiten



Dies wurde zwar in der Sportmedizin der DDR mit antropometrischen Methoden versucht (32), jedoch unterschätzt die Methode von Wutscherk das biologische Alter – gemessen am Knochenalter und an klinischen Pubertätszeichen – systematisch und ist zusätzlich mit Streuungen behaftet, die im Einzelfall nicht toleriert werden können.

Zur Feststellung des biologischen Alters bleibt also die standardisierte Klassifizierung der Pubertätsentwicklung nach Tanner (31) erforderlich (Schambehaarung Ph 1 – Ph 5 bei beiden Geschlechtern, Brustentwicklung B 1 – B 5 bei Mädchen und bei Jungen das Hodenvolumen und Genitalentwicklung) verbunden mit der radiologischen Beurteilung des Knochenalters.

Warum stellen wir die Indikation zur Rückstellung bei KEV großzügiger als bei familiärem Kleinwuchs? Für die KEV ist charakteristisch, dass die Jungen erst später ausgewachsen sind als der Durchschnitt, der mit 16 Jahren 98 % seiner Endkörperhöhe erreicht hat. Sie erreichen diese 98 % erst mit 17-19 Jahren, je nach Ausmaß der Retardierung. Dadurch werden sie letztlich größer als die Jungen mit familiärem Kleinwuchs. Von diesem Vorteil können sie jedoch in dem Alter, in dem sie die Rückstufung beantragen, nicht profitieren. Sie leiden im Gegenteil häufig unter psychologischen Problemen, von denen Jungen mit familiärem Kleinwuchs weniger betroffen sind.

Besonders kritisch ist das Alter zwischen 13 und 16 Jahren, in dem der Übergang von der C- zur B-Jugend erfolgt. Die retardierten Jungen sind nicht nur kleiner und weniger muskulös als Gleichaltrige. Zusätzlich belastet sie der Rückstand der Pubertätsentwicklung psychisch; Tendenz zu depressivem Rückzug aus der Gruppe Gleichaltriger und zum Rückzug aus dem Sport. Diese Situation ist häufig. Denn in dieser Altersgruppe ist das biologische

Alter allgemein bei 16 % um mindestens ein Jahr (in unserer ausgewählten Gruppe bei 80 %) und bei 3 % sogar um mehr als zwei Jahre (unsere Gruppe 50 %) gegenüber dem Lebensalter retardiert (15).

Hier kann eine sachkundige und individuelle Erklärung der aktuellen Situation und der oft günstigen Prognose Wunder wirken, die psychischen und sozialen Belastungen sollten aber nicht unterschätzt werden. Durch die Rückstellung kann der Umgang mit jüngeren Spielern in der Regel die Belastungen mildern, bis sich diese im Laufe der verspäteten Pubertätsentwicklung auflösen. Nicht zuletzt können manche Jugendliche auf diese Weise dem Fußballsport erhalten werden, die andernfalls aufgeben würden.

Auch wenn die dargestellten Kriterien nicht theoretisch gesichert sind, halten wir sie für pragmatisch gerechtfertigt, und möchten sie hiermit zur Diskussion stellen.

## Literatur

1. Adirim TA, Cheng TL: Overview of injuries in the young athlete. Sports Med 33 (2003) 75-81.
2. Angyan L, Teczely T, Zalay Z, Karsai I: Relationship of anthropometrical, physiological and motor attributes to sport-specific skills. Acta Physiol Hung 90 (2003) 225-231.
3. Baquet G, van Praagh E, Berthoin S: Endurance training and aerobic fitness in young people. Sports Med 33 (2003) 1127-1143.
4. Baxter-Jones AD, Maffulli N: Endurance in young athletes: it can be trained. Br J Sports Med 37 (2003) 96-97.
5. Bayley N, Pinneau SR: Tables for predicting adult height from skeletal age: revised for use with the Greulich-Pyle hand standards. J Pediatr 40 (1952) 423-441.
6. Beunen GP, Malina RM, Lefevre J, Claessens AL, Renson R, Kanden Eynde B, Vanreusel B, Simons J: Skeletal maturation, somatic growth and physical fitness in girls 6-16 years of age. Int J Sports Med 18 (1997) 413-419.
7. Beunen G, Ostyn M, Simons J, Renson R, Van Gerven D: Chronological and biological age as related to physical fitness in boys 12 to 19 years. Ann Hum Biol 8 (1981) 321-331.
8. Bouchard C, Malina RM, Hollmann W, Leblanc C: Relationships between skeletal maturity and submaximal working capacity in boys 8 to 18 years. Med Sci Sports 8 (1976) 186-190.
9. Dahmen G: [Orthopedic diseases in children and adolescents-indications for prohibiting sports participation]. Offentl Gesundheitswes 51 (1989) 488-495.
10. Davis EK: Sports and recreational injuries in children and adolescents: prevention and education. J Okla State Med Assoc 97 (2004) 18-21.
11. Demorest RA, Landry GL: Prevention of pediatric sports injuries. Curr Sports Med Rep 2 (2003) 337-343.
12. Dietrich M: Training im Kindes- und Jugendalter, Studienbrief 23 der Trainerakademie Köln des DSB, Hofmann-Verlag, Schorndorf, 1988.
13. Eisenmann JC, Malina RM: Age- and sex-associated variation in neuromuscular capacities of adolescent distance runners. J Sports Sci 21 (2003) 551-557.
14. Greulich WW, Pyle SI: Radiographic Atlas of Skeletal development of the wrist and hand, 2d edition, Stanford University press, Stanford California, 1959.
15. Gupta D: Endokrinologie der Kindheit und Adoleszenz, Thieme, Stuttgart/New York, 1986.
16. Hauspie R, Bielicki T, Koniarek J: Skeletal maturity at onset of the adolescent growth spurt and at peak velocity for growth in height: a threshold effect? Ann Hum Biol 18 (1991) 23-29.
17. Hesse V: Wachstum und Reifung, in: Meng W, Ziegler R: Endokrinologie: Grundlagen, Klinik, Praxis. G. Fischer, 1997, Jena, 105-131.
18. Hogan KA, Gross RH: Overuse injuries in pediatric athletes. Orthop Clin North Am 34 (2003) 405-415.

19. *Israel S, Gurtler H*: [Effect of training in sports on the cardiovascular system of children and adolescents]. *Z Gesamte Inn Med* 32 (1977) 649-653.
20. *Junge A, Rosch D, Peterson L, Graf-Baumann T, Dvorak J*: Prevention of soccer injuries: a prospective intervention study in youth amateur players. *Am J Sports Med* 30 (2002) 652-659.
21. *Kemper HC, Verschuur R*: Longitudinal study of maximal aerobic power in teenagers. *Ann Hum Biol* 14 (1987) 435-444.
22. *Klimt F*: Sportmedizin im Kindes- und Jugendalter. Thieme, Stuttgart, 1992.
23. *Leone M, Lariviere G, Comtois AS*: Discriminant analysis of anthropometric and biomotor variables among elite adolescent female athletes in four sports. *J Sports Sci* 20 (2002) 443-449.
24. *Malina RM, Peña Reyes ME, Eisenmann JC, Horta L, Rodrigues J, Miller R*: Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years. *J Sports Sci* 18 (2000) 685-693.
25. *Malina RM, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J*: Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol* 91 (2004) 555-562.
26. *Meleski BW, Malina RM, Bouchard C*: Cortical bone, body size, and skeletal maturity in ice hockey players 10 to 12 years of age. *Can J Appl Sport Sci* 6 (1981) 212-217.
27. *Neumann G, Schüler KP*: Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. Johann Ambrosius Barth, Leipzig/Berlin/Heidelberg, 2. Auflage 1994.
28. *Bar-Or O*: Die Praxis der Sportmedizin in der Kinderheilkunde, Physiologische Grundlagen und klinische Anwendung, Springer-Verlag, Berlin/New York, 1986.
29. *Prader A, Largo RH, Wolf C*: Timing of pubertal growth and maturation in the first Zurich longitudinal growth study. *Acta Paediatr Hung* 25 (1984) 155-159.
30. *Roche AF, Wainer H, Thissen D*: Predicting adult stature for individuals. Monographs in Pediatrics, 3, S. Karger, Basel, 1975.
31. *Tanner JM*: Wachstum und Reifung des Menschen, Thieme, Stuttgart, 1962.
32. *Wutscherk H*: Die Bestimmung des biologischen Alters. Theorie und Praxis der Körperkultur 23 (1974) 159-170.
33. *Trouerbach WT, de Man SA, Gommers D, Zwamborn AW, Grobbee DE*: Determinants of bone mineral content in childhood. *Bone Miner* 13 (1991) 55-67.

**Korrespondenzadresse:**

**Prof. Dr. med. Thomas Horstmann**  
**Medizinische Klinik und Poliklinik**  
**Abteilung Sportmedizin, Sportorthopädie**  
**Silcherstraße 5**  
**72076 Tübingen**  
**E-mail: thomas.horstmann@med.uni-tuebingen.de**