



Zusammenfassung

Hintergrund: Haltungsschwächen im Kindes- und Jugendalter werden mit einer Prävalenz von bis zu 65% angegeben. Zusammenhänge zu Beschwerden im Rücken- und Nackenbereich sind bekannt. In der vorliegenden Langzeitstudie sollte überprüft werden, wie sich ein zielgerichtetes Haltungstraining auf die Körperhaltung auswirkt und inwieweit mögliche positive Effekte vom Adoleszenz- ins Erwachsenenalter übertragen werden können.

Material und Methoden: Bei 57 haltungsschwachen Jugendlichen wurden über 6 Jahre jährlich mehrere Haltungssparameter erhoben. 20 Jugendliche trainierten ab dem Alter von 14 Jahren durchgängig bis zum Alter von 20 Jahren, 24 Jugendliche beendeten das Training mit 18 Jahren, 13 Jugendliche dienten als Kontrollgruppe. Das Haltungstraining fand zweimal wöchentlich statt und beinhaltete Kraftausdauer-, Dehnungs- und Körperwahrnehmungsübungen. Die Auswertung erfolgte mittels ANOVA mit Messwertwiederholung, der post hoc-Paarvergleich mittels Scheffé-Test und Bonferroni-Korrektur. Als Signifikanzniveau wurde 0,05 festgelegt.

Ergebnisse: Die durchgehend trainierende Gruppe zeigte eine signifikante Verbesserung der Haltungsparameter in allen Haltesituationen und zu allen Zeitpunkten. Die ab dem Erwachsenenalter nicht mehr trainierende Gruppe konnte einzelne Verbesserungen, wie die bewusste Aufrichtung der Körperhaltung, beibehalten; in anderen Haltesituationen (habituell, geschlossene Augen) kam es wieder zu einer Verschlechterung der Haltung. Die ermittelten Effektstärken lagen zwischen $\eta^2 = 0,25$ und $\eta^2 = 0,49$ und kennzeichnen starke Effekte. Die Kontrollgruppe zeigte keine Veränderung.

Schlussfolgerungen: Ein zielgerichtetes Haltungstraining sollte daher aus medizinisch-präventiver Sicht bereits im Jugendalter begonnen und lebensbegleitend kontinuierlich fortgesetzt werden.

Evidenzebene: II

Schlüsselwörter

Haltung– Haltungsschwäche– Adoleszenz– Haltungstraining

ORIGINAL PAPER

Effekte einer sportlichen Intervention auf die Haltungsentwicklung vom Jugend- zum Erwachsenenalter

Oliver Ludwig¹, Jens Kelm², Michael Fröhlich³

¹Universität des Saarlandes, Sportwissenschaftliches Institut, Saarbrücken

²Chirurgisch-orthopädisches Zentrum Illingen

³Technische Universität Kaiserslautern, FG Sportwissenschaft

Eingegangen/submitted: 11.09.2016; überarbeitet/revised: 09.10.2016; akzeptiert/accepted: 10.10.2016
Online verfügbar seit/Available online: 09.11.2016

Einleitung

Haltungsschwächen und Fehlhaltungen bei Kindern und Jugendlichen sind ein oft emotional diskutiertes Phänomen, das mit einer Prävalenz von 22 bis 65% beschrieben wird [2,11,18,21,34]. War der Zusammenhang zu Beschwerden viele Jahre lang unklar, so liegen aktuell vermehrt Studien vor, die eine Verbindung zu Rücken- und Nackenschmerzen belegen [4,5]. Da Haltungsschwächen in vielen Fällen mit einer schwachen Muskelfunktion einhergehen [3], besteht die gängige Intervention je nach Schweregrad in Krankengymnastik, Reha-Sport oder der Empfehlung zur sportlichen Betätigung [13]. Auch wenn letztere zunächst plausibel erscheint, muss doch kritisch hinterfragt werden, ob (i) Sport im Jugendalter im Hinblick auf Haltungsdefizite präventiv oder korrigierend wirkt und (ii) bis ins Erwachsenenalter positiv einwirkt. In der orthopädischen Praxis stellt sich folglich die Frage nach einer effektiven, nachhaltigen Intervention. Der niedergelassene Jugendarzt, Sportarzt oder Orthopäde sieht sich ebenso regelmäßig mit den Fragen nach einem

adäquaten Sport zum Ausgleich konfrontiert.

In der vorliegenden Langzeitstudie sollte daher überprüft werden, wie sich ein zielgerichtetes Haltungstraining im Fitnessbereich auf die Körperhaltung auswirkt und inwieweit mögliche positive Effekte vom Adoleszenz- ins Erwachsenenalter übertragen werden können.

Methodik

Stichprobe

Die Studie wurde im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes (Kid-Check) durchgeführt. Im Zeitraum von 2001 bis 2016 nahmen insgesamt 57 haltungsschwache männliche Probanden teil. Von 67 interessierten Jugendlichen wurden zunächst 59 in die Studie inkludiert. Die Jugendlichen ($60,2 \pm 5,0$ kg, $171,2 \pm 5,1$ cm) stiegen im Alter von 14 Jahren in die Studie ein und wurden bis ins Erwachsenenalter von 20 Jahren jährlich untersucht. Wichtigstes Einschlusskriterium war eine ausgeprägte Haltungsschwäche, die über einen Haltungsindex der habituellen Haltung $> 1,35$ definiert wurde

O. Ludwig et al.

Effects of athletic intervention on posture development from adolescence to adulthood

Summary

Background: Posture weakness in children and adolescents is described with a prevalence of up to 65%. Interrelationships with back and neck complaints are known. This long-term study was to verify how targeted posture training impacts body posture and the extent to which possible positive effects may be transferable from adolescence into adulthood.

Material and Methods: Over a period of 6 years, multiple posture parameters were recorded annually for 57 adolescents with weak posture. 20 adolescents exercised continually from age 14 through 20; 24 adolescents stopped exercising at age 18; 13 adolescents constituted the control group. Posture training took place twice a week and included strength-endurance, stretch, and body awareness exercises.

The evaluation was performed using repeated measures ANOVA; the post-hoc pairwise comparison was performed applying the Scheffé test and Bonferroni correction. The significance level was set at 0.05.

Results: The group that exercised continually exhibited a significant posture parameter improvement in all posture situations at all times. The group that terminated their training at age 18 retained some improvements, such as conscious straightening of the body posture, while their posture results declined in other posture situations (habitual, closed eyes). The effect sizes determined were between $\eta^2 = 0.25$ and $\eta^2 = 0.49$ and represent strong effects. The control group did not exhibit any differences.

Conclusions: From a medical-preventive point of view, target-oriented posture training should therefore start in adolescence already and be maintained throughout a person's entire life.

Level of Evidence: II

Keywords

Posture– Posture Weakness– Adolescence– Posture training



Abb. 1

Haltungsanalyse in den 3 Haltesituationen habituell (HAB), aktive Haltung mit geöffneten Augen (AKT), aktive Haltung mit geschlossenen Augen (AZU). Die Haltungsindexwerte HI berechnen sich jeweils zu $(a + d)/(b + c)$.

(Abb. 1) [10,20]. Ausschlusskriterien waren akute Beschwerden im Haltungs- und Bewegungsapparat, ein BMI > 24 oder eine intensiv (> 4 Wochenstunden) ausgeübte Sportart.

Die Studie wurde nach der Deklaration von Helsinki konzipiert. Die lokale Ethikkommission hatte die Studie genehmigt. Die Probanden und ihre Eltern wurden über Studienablauf und Trainingsinhalte informiert

und gaben ihr schriftliches Einverständnis.

Haltungsanalyse

Da Körperhaltung das Ergebnis eines neuromuskulären Regelungsvorgangs ist und dadurch auch einer Tagesschwankung unterliegt, wurden zur Haltungsbestimmung mehrere Haltesituationen registriert und miteinander verglichen [22]: die

Tabelle 1. Übungen des Haltungstrainingsprogramms.

		Zielmuskel / Bewegungsziel	Gerät / Position	Bewegung
Kräftigen	1	M. gluteus max.	Glutäaltrainer	Im Stehen das gestreckte Bein nach hinten gegen Widerstand führen
	2	M. biceps fem.	Knieflexor sitzend	Im Sitzen mit rechtwinklig gebeugtem Knie die Unterschenkel gegen Widerstand nach hinten führen
	3	M. rectus abdom.	Abdominaltrainer sitzend	Im Sitzen den Oberkörper gegen Widerstand nach vorne beugen
Dehnen / Mobilität	4	M. iliopsoas, M. quadriceps fem.	AC-Dehnen im Liegen	Im Kniegelenk gestrecktes Bein im Hüftgelenk erst aktiv, dann passiv nach hinten führen
	5	M. rectus femoris	AC-Dehnen im Ausfallschritt	Hinteres Knie erst aktiv, dann unter Zuhilfenahme der Hand passiv zum Gesäß hin beugen
Körperwahrnehmung	6	Beckenansteuerung „Lordoseausgleich“	Rückenlage	Lendenlordose aktiv unter Muskelanspannung ausgleichen
	7	Beckenansteuerung	Rückenlage	Oberschenkel senkrecht, Knie 90° gebeugt, Becken minimal (1 cm) von Unterlage abheben
	8	Beckenansteuerung global, „Chinesischer Stand“	Stehen	Becken vor und zurück kippen, Oberkörper und Oberschenkel bleiben unbewegt
	9	Haltungsaufrichtung	Stehen mit Spiegelkontrolle	Gezielte Ausrichtung des Körpers an einer Lotlinie

habituelle, entspannte Ruhehaltung (HAB), die aktiv aufgerichtete Körperhaltung (AKT) und die aktiv aufgerichtete Haltung mit geschlossenen Augen (AZU).

Zur Bestimmung der Haltungparameter wurden Haltungsfotos von den Jugendlichen in Badekleidung in Sagittalebene angefertigt. Als anatomische Landmarken wurden die kaudale Spitze des Sternums, die Stelle stärkster Lendenlordose, die Stelle stärkster Brustkyphose sowie die Spina iliaca anterior superior mit kontrastreichen Markerkugeln versehen. Mittels einer auf einem Stativ in Hüfthöhe positionierten Kamera (Olympus SP510UZ) wurden Haltungsfotos (Auflösung 2304 x 3072 pixel) der drei Haltesituationen vor einer Kalibrierungs-Messwand angefertigt.

Die horizontalen Abstände der Markerpunkte zum Schwerlot durch den Malleolus lateralis wurden mit dem Programm Corpus concepts® (Fa. AFG, Idar-Oberstein) berechnet und

daraus der Haltungsindex kalkuliert. Dabei handelt es sich um einen komplexen Parameter, der die Haltungsgröße des Rumpfes summarisch altersunabhängig bewertet; Werte zwischen 1,0 und 1,3 kennzeichnen eine stabile Haltung [10,23]. Die Testgüte dieses Parameters wurde in anderen Studien bestätigt [24].

Haltungstraining

Mit dem Einstieg in die Studie trainierten die Jugendlichen zweimal pro Woche unter qualifizierter Anleitung in einem Fitnessstudio. Nach einem 6-minütigen Aufwärmprogramm auf dem Laufband wurden die Kraftausdauerübungen als 3-Satz-Training am Gerät durchgeführt (15 Wiederholungen, 1 Minute Pause, Tabelle 1). Die Gewichte wurde so gewählt und im Studienverlauf so angepasst, dass die Teilnehmer 3 Sätze unter Einhaltung der korrekten Bewegungstechnik durchführen konnten, danach aber deutlich

erschöpft waren (Borg-Skala 7 von 10). Die Dehnübungen (aktives AC-Stretching) wurden jeweils dreimal über 30 Sekunden für jede Körperseite ausgeführt [36]. Der Schwerpunkt des Haltungstrainings lag in drei Elementen:

- der Kräftigung der beckenaufrichtenden Muskelgruppen (insbesondere des Rectus abdominis, der Hamstrings und des Gluteus maximus), da diese Muskelgruppen eine aktive Aufrichtung des Beckens bewirken können
- der Dehnung der an der Beckenvorwärtigung beteiligten Muskeln (Iliopsoas, Rectus femoris) zur Vergrößerung des Bewegungsradius bei der Beckenaufrichtung, da bekannt ist, dass durch Dehnübungen im Langzeitversuch zwar keine Vergrößerung der Muskellänge (im Sinne „verkürzter Muskeln“ [15,17]), wohl aber eine Vergrößerung des Bewegungsradius („range of motion“, ROM) erfolgt [12,35].

Das eingesetzte Antagonist-Kontraktions-Dehnen (AC-Stretching) ist als etablierte Methode zur Vergrößerung des ROM bekannt [15] und hat darüber hinaus den Vorteil, für Jugendliche einfach umsetzbar zu sein und ohne Helfer durchgeführt werden zu können - in Übungen zur Verbesserung der Körperwahrnehmung (Beckenlift im Liegen, Lordoseausgleich, Beckenretroversion, Wahrnehmung der Beckenbewegung). Damit wurden insbesondere die Eigenwahrnehmung der Körperhaltung sowie die aktive Ansteuerung der Beckenaufrichtenden Muskelgruppen trainiert.

18 Jugendliche, die kein Interesse an einem Fitnessstraining hatten, dienten als Kontrollgruppe. Davon nahmen 13 an allen Nachtests teil. In jährlichem Abstand wurden die Haltungsmessungen wiederholt. Mit dem Erreichen der Volljährigkeit schieden 28 Jugendliche auf eigenen Wunsch aus dem Haltingstraining aus. 24 von ihnen nahmen dennoch weiterhin an den jährlichen Kontrolluntersuchungen teil. 20 Jugendliche trainierten weiterhin kontinuierlich bis zum Alter von 20 Jahren.

In die Auswertung gingen die 57 Probanden ein, für die lückenlose Haltungswerte vom 14. bis zum 20. Lebensjahr vorlagen.

Statistik

Mögliche Gruppenunterschiede zwischen den Gruppen TR18 (Training bis 18 Jahre), TR20 (Training bis 20 Jahre) und CON (Kontrollgruppe) vor Trainingsbeginn wurden mittels univariater Varianzanalyse (ANOVA) für die Haltungsindizes der Haltezustände HAB, AKT und AZU untersucht. Um Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung der drei Gruppen bestimmen zu können, wurden Varianzanalysen (ANOVA) mit wiederholten

Messungen gerechnet. Die Zirkularität wurde mit dem Sphärizitätstest nach Mauchly und dem Epsilon von Greenhouse-Geisser bestimmt und die p-Werte anschließend nach Greenhouse-Geisser adjustiert. Die Homogenität der Varianzen wurde mit dem Levene-Test geprüft. Post hoc-Paarvergleiche erfolgten mittels Scheffé-Test und nach Bonferroni-Korrektur. Die Abschätzung der Effektgröße wurde anhand der Effektgrößenmaße von Cohen über Eta-Quadrat (η^2) sowie über Cohen's d vorgenommen [8]. Bei $\eta^2 \geq 0,14$ liegt ein großer Effekt vor. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 0,05 festgelegt.

Ergebnisse

Zum Zeitpunkt des Studienbeginns (Alter 14 Jahre) waren zwischen den drei Gruppen keine signifikanten Unterschiede in den anthropometrischen Daten und den Haltungsindizes, sowohl bei habitueller Haltung (HAB, $F = 1,34$, $df = 2$, $p = 0,27$) und aktiver Haltung (AKT, $F = 2,28$, $df = 2$, $p = 0,11$), als auch bei aktiver Haltung mit geschlossenen Augen (AZU, $F = 0,08$, $df = 2$, $p = 0,92$) festzustellen.

Nach zwei Jahren Training (Alter 16 Jahre) waren in den trainierenden Gruppen TR18 und TR20 signifikante Verbesserungen der Haltung zu finden (Haltungsindex $< 1,35$) sowohl im Vergleich innerhalb der Gruppe als auch in Relation zur Kontrollgruppe. Ab dem Alter von 18 Jahren änderten sich die Haltungsparameter in verschiedener Weise.

Habituelle Haltung

Die Varianzanalyse mit wiederholten Messungen zeigte im Studienverlauf für die habituelle Haltung einen signifikanten inter-individuellen Effekt für den Faktor *Gruppe* ($F = 8,69$, $df = 2$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,25$) sowie

signifikante Innersubjekt-Effekte für den Faktor *Zeitpunkt* ($F = 21,14$, $df = 6$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,28$) und die Interaktion *Gruppe*Zeitpunkt* ($F = 6,92$, $df = 12$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,21$). Gruppenvergleiche nach Beendigung der Studie zeigten zwischen Kontrollgruppe und TR18 ($p = 0,06$) sowie zwischen TR18 und TR20 ($p = 0,10$) keine signifikanten Paardifferenzen, während sich die Kontrollgruppe und die TR20-Gruppe signifikant voneinander unterschieden ($p < 0,001$). In der gemeinsamen Trainingsphase bis 18 Jahre konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen TR18 und TR20 festgestellt werden. Im weiteren Studienverlauf nähert sich die TR18-Gruppe nach Aussetzen des Trainings der Kontrollgruppe an, während die TR20-Gruppe weiter die habituelle Haltung verbesserte ($p < 0,001$, $d = 1,2$) (Abb. 2a).

Aktive Haltung

Für die aktive Haltung wurden signifikante inter-individuelle Effekte für den Faktor *Gruppe* ($F = 25,70$, $df = 2$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,49$) sowie signifikante Innersubjekt-Effekte für den Faktor *Zeitpunkt* ($F = 22,75$, $df = 6$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,30$) und die Interaktion *Gruppe*Zeitpunkt* ($F = 6,50$, $df = 12$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,20$) gefunden. Post-hoc-Gruppenvergleiche nach Studienende zeigten jeweils signifikante Unterschiede zwischen den beiden Trainingsgruppen und der Kontrollgruppe (jeweils $p < 0,001$).

In der Interventionsphase unterschieden sich die beiden Trainingsgruppen nicht signifikant voneinander ($p = 0,23$). Nach Aussetzen des Trainings durch TR18 im Alter von 18 Jahren unterschieden sich die TR18 und TR20-Gruppe im ersten Jahr ($p < 0,05$, $d = 0,98$), während im zweiten Jahr kein Unterschied festgestellt wurde ($p = 0,09$) (Abb. 2b).

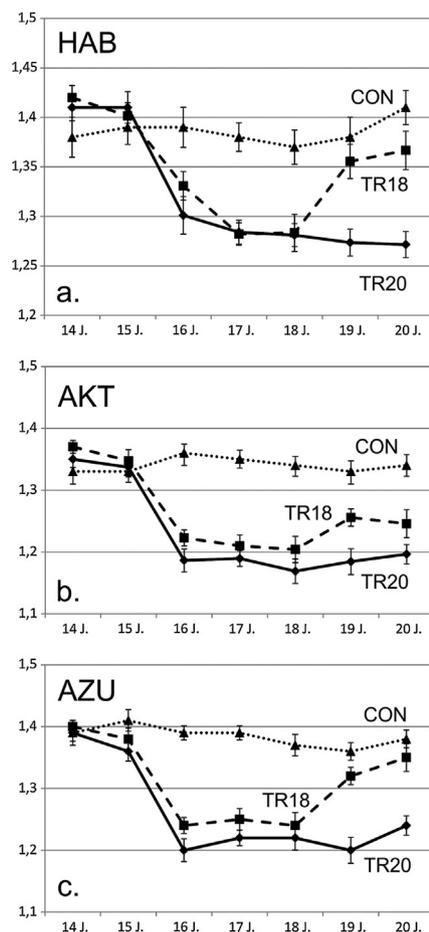


Abb. 2
Entwicklung der Haltungsexwertwerte der drei Gruppen über die Jahre
(Mittelwerte \pm Standardfehler).

Aktive Haltung bei geschlossenen

Augen

Für die aktive Haltung mit geschlossenen Augen wurden signifikante inter-individuelle Effekte für den Faktor *Gruppe* ($F = 24,41$, $df = 2$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,48$) sowie signifikante Innersubjekt-Effekte für den Faktor *Zeitpunkt* ($F = 19,49$, $df = 6$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,27$) und die Interaktion *Gruppe*Zeitpunkt* ($F = 4,30$, $df = 12$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,14$) gefunden. Die beiden Interventionsgruppen unterschieden sich in der aktiven Haltung mit geschlossenen Augen von der Kontrollgruppe (jeweils $p < 0,001$). Zwischen TR18

und TR20 konnte ab dem Alter von 18 Jahren ebenfalls ein signifikanter Unterschied gefunden werden ($p < 0,05$) (Abb. 2c).

Diskussion

Die Haltung des Körpers ist das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels von aktiven Strukturen (Rezeptoren und Muskeln) und passiven Elementen (Knochen, Sehnen, Faszien und Bänder) [3,32]. Von Haltungsschwächen bzw. Defiziten der posturalen Kontrolle spricht man, wenn der Körper nicht mehr in der Lage ist, eine aktive Haltung einzu-

nehmen, bei der Knöchel, Hüftgelenk, Schultergelenk und Gehörgang übereinanderstehen. Die Medizin geht in solchen Fällen von ungünstigen Belastungen der stützenden Strukturen aus [25]. Neuere Studien, die einen Zusammenhang zwischen Handlungsabweichungen und dem Auftreten von Rückenbeschwerden bei Kindern und Jugendlichen feststellen konnten, stützen diese These [5]. Die Prävalenz von Rückenschmerzen ist auch im Jugendalter mit bis zu 65% nennenswert hoch. Daher liegt die Forderung auf der Hand, Haltungsschwächen bereits frühzeitig zu analysieren und zu behandeln.

Sieht man die Hauptursache von Haltungsschwächen in einer schlechten Motorik und Schwäche der stützenden Muskelgruppen [29], beispielsweise aufgrund eines zunehmend unbewegten Schulalltags der Kinder und Jugendlichen [6,27,31], so können mehrere therapeutische Ansatzpunkte benannt werden [3,16]:

- Kräftigung der schwachen Rumpfmuskeln (Kraftausdauer)
- Verbesserung des ROM der bewegungs-limitierenden Muskeln (Beweglichkeit)
- Verbesserung der senso-neuromuskulären Koordination

Das in der vorliegenden Studie absolvierte Haltungstraining zielt auf diese motorischen Fähigkeiten ab. Hervorzuheben ist der Bereich der senso-neuromuskulären Koordination, denn ein reiner Maximalkraftaufbau der rumpfstabilisierenden Muskulatur bewirkt nicht zwingend eine Handlungsverbesserung. Grundlegende Studien von Klee [14] zeigten die Wirksamkeit eines kombinierten Kraft- und Dehnprogrammes auf die Körperhaltung von Jugendlichen. Die Genese der Körperhaltung als erlernte *Fertigkeit* setzt

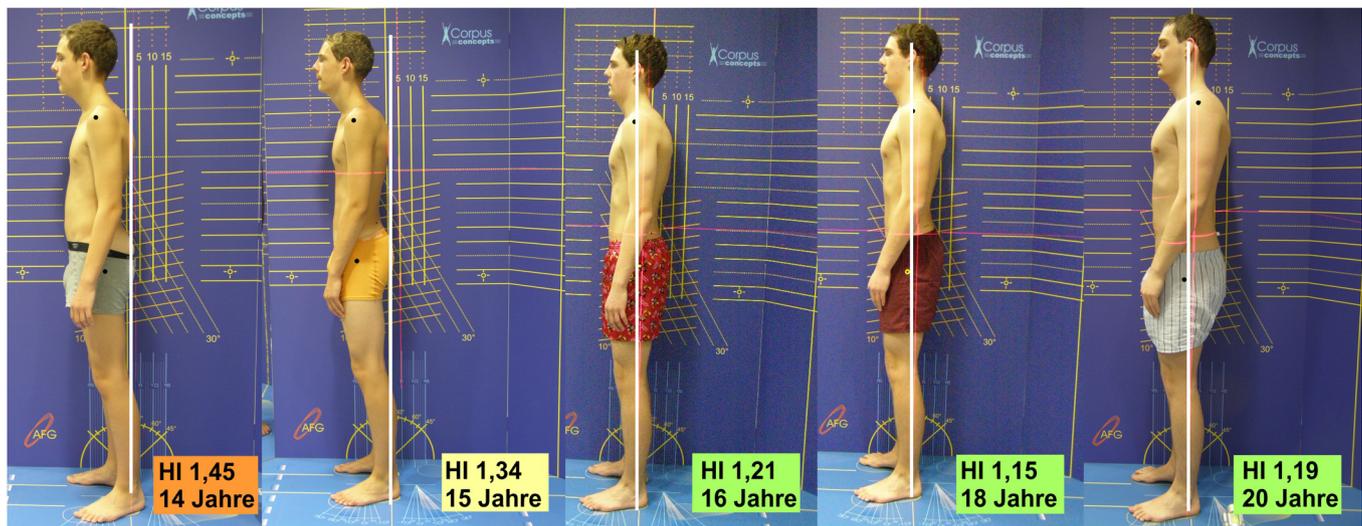


Abb. 3

Beispiel der Haltungsentwicklung eines durchgehend trainierenden Probanden im Laufe von 6 Jahren. Haltungswerte $< 1,30$ kennzeichnen eine stabile Körperhaltung.

jedoch die Weiterentwicklung der oben genannten motorischen *Fähigkeiten* voraus. Ein zielgerichtetes Krafttraining kann dabei nach gängigem Wissensstand schon im Kindes- und Jugendalter durchgeführt werden (Übersicht in [9]).

Bei der dauerhaft trainierenden Gruppe (TR20) blieb die habituelle Haltung gleichbleibend im guten Bereich ($HI = 1,27 \pm 0,06$). **Abbildung 3** zeigt ein Beispiel. Bei der ab der Volljährigkeit nicht mehr trainierenden Gruppe (TR18) war hingegen eine erneute Zunahme des Haltungswertes festzustellen. Dieser verschlechterte sich mit 20 Jahren sogar fast auf den Ausgangswert zu Beginn der Studie.

Dies zeigt, dass ein gezieltes Haltungstraining in der Lage ist, die unbewusste Körperhaltung nachhaltig zu verbessern, wenn es dauerhaft durchgeführt wird. Da die habituelle Gewohnheitshaltung über unbewusst geregelte motorische Prozesse aufrechterhalten wird [7,32] und somit bei vielen Alltagssituationen über die Belastung des Stützapparates entscheidet, ist sie unter gesundheitlichen Aspekten besonders

wichtig. Allerdings scheint dafür ein permanentes Üben notwendig zu sein.

Bei der durchgehend trainierenden Gruppe (TR20) blieb die aktive Haltung ab dem 16. Lebensjahr im gleichbleibend guten Bereich. Auch die ab dem 18. Lebensjahr nicht mehr trainierende Gruppe (TR18) zeigte weiterhin eine gute aktive Haltung, die sich signifikant von der Kontrollgruppe unterschied, nicht aber von der TR20-Gruppe. Dies zeigt, dass die Fertigkeit, Haltung zielgerichtet zu regulieren, offensichtlich auch nach Trainingspausen erhalten bleibt. Da in dieser Haltesituation eine zielgerichtete willkürliche muskuläre Aktivierung erfolgt, kann die Entwicklung der Haltefertigkeit als Ergebnis eines Lernprozesses gesehen werden, bei dem neben den Fähigkeiten *Kraftausdauer* und *Beweglichkeit* offensichtlich auch die Wahrnehmung der eigenen Körperhaltung und die zielgerichtete muskuläre Aktivierung (Sensomotorik) verbessert wurden. Die dazu notwendigen motorischen Programme (= zeitlich und räumlich zielgerichtete Muskelakti-

vierungen) können, einmal gelernt, über mehrere Jahre konserviert werden. Analoge Beispiele sind uns vom Schwimmen, Radfahren und Skifahren bekannt, deren Bewegungsprogramme, wie viele erlernte Fertigkeiten, im so genannten ‚prozeduralen Gedächtnis‘ gespeichert werden [33]. Wurden diese motorischen Fertigkeiten einmal gelernt, so können sie auch Jahre danach, ohne dass ein regelmäßiges Üben erfolgte, noch abgerufen werden. Insofern können wir schlussfolgern, dass ein in der Jugend ausgeübtes Haltungstraining die Fertigkeit der aktiven Haltungskontrolle verbessert und positive (Lern-) Effekte noch im jungen Erwachsenenalter nach sich zieht [1,26]. Allerdings sind die beschriebenen Effekte nur unter Einbeziehung des visuellen Sinnes reproduzierbar.

Die Beibehaltung der aktiven Körperhaltung bei geschlossenen Augen liefert eine zusätzliche Aussage über die sensorische Informationsverarbeitung des visuellen Sinnes [26,30]. Beim Stehen mit geschlossenen Augen erfolgt die Regelung der Körperhaltung ausschließlich

über propriozeptive Sinneswahrnehmung [7,28]. Da die Güte der Haltungsregulation in hohem Maße von der zielgerichteten Muskelansteuerung auf der Basis der Eigenwahrnehmung (Propriozeption) des Körpers abhängig ist, muss diese folglich zusätzlich geübt werden. Die dauerhaft trainierende Gruppe konnte auch ohne visuelle Sinneswahrnehmung gleichbleibend gute Haltungswerte bewahren, während nach dem Einstellen des Trainings der Gruppe TR18 eine signifikante Verschlechterung der aktiven Haltung bei geschlossenen Augen erfolgte. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die propriozeptive Wahrnehmung der Körperposition ebenfalls regelmäßig trainiert werden sollte. Dieser Teil der neuromuskulären Regelung bedarf offensichtlich einer ständigen Konsolidierung und unterliegt einem Verfall, wenn keine adäquate sportliche Betätigung erfolgt.

Die vorliegende Studie ist unseres Kenntnisstandes die erste, die über einen mehrjährigen Zeitraum die Haltungsentwicklung und deren Trainierbarkeit vom Jugendlichen zum Erwachsenen hin untersucht hat. Dennoch unterliegt sie einigen Limitationen. So wurden ausschließlich männliche Probanden untersucht, die darüber hinaus beschwerdefrei waren. Aussagen über Interventionsmöglichkeiten bei Rückenschmerzpatienten lassen sich daher nicht treffen. Trotz Kontrolle möglicher Störvariablen lassen sich die komplexen Einflussgrößen auf die Körperhaltung wie das tägliche Sitzverhalten, sporadische sportliche Zusatzaktivitäten und auch Einflüsse durch berufliche Tätigkeiten ab dem Erwachsenenalter nicht komplett erfassen. Da alle Probanden von ein und demselben Untersucher betreut wurden, konnte jedoch ein vernünftig realisierbares Maß an Störgrößenkontrolle realisiert werden.

Da Zusammenhänge zwischen schwacher Haltung und dem Auftreten von Rückenbeschwerden bekannt sind, sollte ein zielgerichtetes Haltungstraining aus medizinisch-präventiver Sicht bereits im frühen Jugendalter begonnen und lebensbegleitend fortgesetzt werden [19]. Entsprechende Übungselemente finden sich in vielen Sportarten, insbesondere beispielsweise in Kampfsportarten, im Turnen und in technisch-kompositorischen Disziplinen. Prinzipiell kann jedoch jedes sportliche Trainingsprogramm um die entsprechenden Elemente ergänzt werden. Das in der vorliegenden Studie im Setting „Fitnesssport“ beschriebene Übungsprogramm hat den Vorteil einer hohen Akzeptanz gerade im Adoleszenzalter, in dem üblicherweise die Bindung an klassische Sportvereine nachlässt und das Training in einem Fitnessstudio zunehmend attraktiv wird. Wichtige Voraussetzung ist allerdings eine qualifizierte Übungsanleitung.

Schlussfolgerung

Multidimensionales Haltungstraining im Jugendalter verbessert das zielgerichtete Aufrichten der Körperhaltung. Diese Fertigkeit wird bis ins Erwachsenenalter übernommen, auch wenn kein ständiges Trainieren mehr erfolgt. Die unbewusste Regelung der Körperhaltung und die propriozeptiven Komponenten der Haltungsregelung (Körper-Eigenwahrnehmung) lassen sich durch ein entsprechendes Training verbessern, erfordern zur Aufrechterhaltung jedoch ein kontinuierliches Trainieren. Beim Aussetzen eines Trainings verfallen diese Fertigkeiten wieder.

Kontakte zum Thema: www.kid-check.de

Interessenkonflikt

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] C. Assaiante, et al., Development of postural control in healthy children: a functional approach, *Neural Plast* 12 (2–3) (2005) 109–118.
- [2] Z. Bogdanović, Ž. Marković, Presence of lordotic poor posture resulted by absence of sport in primary school children, *Acta Kinesiologica* 4 (1) (2010) 63–66.
- [3] E. Buchtelová, M. Tichy, K. Vaníková, Influence of muscular imbalances on pelvic position and lumbar lordosis: a theoretical basis, *Journal of Nursing, Social Studies, Public Health and Rehabilitation* 1–2 (2013) 25–36.
- [4] M. Dolphens, B. Cagnie, P. Coorevits, Sagittal standing posture and its association with spinal pain: a school-based epidemiological study of 1196 Flemish adolescents before age at peak height velocity, *Spine* 37 (2012) 1657–1666.
- [5] M. Dolphens, et al., Multivariable modeling of factors associated with spinal pain in young adolescence, *European Spine Journal* (2016) 1–13.
- [6] S. Dordel, B. Koch, C. Graf, Zur Haltungsleistungsfähigkeit von Grundschulkindern, *Haltung und Bewegung* 25 (3) (2005) 7–15.
- [7] A.G. Feldman, et al., Motor control and position sense: action-perception coupling, *Adv Exp Med Biol* 826 (2014) 17–31.
- [8] M. Fröhlich, A. Pieter, Cohen's effect sizes as standard for the assessment of practical relevance - Implications for practice, *Swiss Sports & Exercise Medicine* 57 (4) (2009) 139–142.
- [9] M. Fröhlich, J. Gießing, A. Strack, *Krafttraining bei Kindern und Jugendlichen*, Tectum, Marburg, 2011.
- [10] G. Fröhner, Objektivierung der Haltung und Beweglichkeit des Rumpfes bei Kindern und Jugendlichen, *Haltung und Bewegung* 2 (1998) 5–13.
- [11] E. Gh Maghsoud, et al., Prevalence of faulty posture in children and youth from a rural region in Iran, in: *Biomedical Human Kinetics*, 2012, p. 121.
- [12] S. Glück, et al., Bewegungsreichweite, Zugkraft und Muskelaktivität bei eigen- bzw. fremdregulierter Dehnung, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 53 (3) (2002) 66–71.

- [13] D. Kim, et al., Effect of an exercise program for posture correction on musculoskeletal pain, *Journal of Physical Therapy Science* 27 (6) (2015) 1791–1794.
- [14] A. Klee, Haltung, muskuläre Balance und Training, in: *Die metrische Erfassung der Haltung und des Funktionsstandes der posturalen Muskulatur.*, Harri Deutsch, Frankfurt, 1993.
- [15] A. Klee, K. Wiemann, *Beweglichkeit/Dehnfähigkeit*, Hofmann, 2005.
- [16] J. Kollmitzer, et al., Effects of back extensor strength training versus balance training on postural control, *Med Sci Sports Exerc* 32 (10) (2000) 1770–1776.
- [17] A. Konrad, M. Tilp, Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures, *Clinical Biomechanics* 29 (6) (2014) 636–642.
- [18] J. Kratenova, et al., Prevalence and risk factors of poor posture in school children in the Czech Republic, *J Sch Health* 77 (3) (2007) 131–137.
- [19] M. Küster, Effekte von Sport und Medienkonsum auf Rumpfkraft, Haltung und Beweglichkeit der Wirbelsäule bei 12-bis 14-jährigen Jugendlichen, *Sportverletzung- Sportschaden* 18 (02) (2004) 90–96.
- [20] O. Ludwig, Neue Ansatzpunkte der Beurteilung von Haltungsschwächen bei Kindern und Jugendlichen, *Die Säule* 19 (4) (2009) 172–177.
- [21] O. Ludwig, D. Mazet, E. Schmitt, Haltungsschwächen bei Kindern und Jugendlichen – eine interdisziplinäre Betrachtung, *Gesundheitssport und Sporttherapie* 19 (2003) 165–171.
- [22] O. Ludwig, et al., Changes in Habitual and Active Sagittal Posture in Children and Adolescents with and without Visual Input – Implications for Diagnostic Analysis of Posture, *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 10 (2) (2016) SC14–SC17.
- [23] O. Ludwig, et al., Age-dependency of posture parameters in children and adolescents, *Journal of Physical Therapy Science* 28 (5) (2016) 1607–1610.
- [24] O. Ludwig, et al., Assessment of the posture of adolescents in everyday clinical practice: Intra-rater and inter-rater reliability and validity of a posture index, *Journal of Bodywork and Movement Therapies* (2016).
- [25] J.-M. Mac-Thiong, H. Labelle, P. Rousouly, *Pediatric sagittal alignment*, *European Spine Journal* 20 (Suppl 5) (2011) 586–590.
- [26] S. Mallau, M. Vaugoyeau, C. Assaiante, Postural strategies and sensory integration: no turning point between childhood and adolescence, *PLoS One* 5 (9) (2010).
- [27] Manske, J., *Die Beanspruchung von Schülern während des Schulunterrichts und in der Freizeit unter Berücksichtigung der Bewegungsaktivität: eine psychophysiologische Feldstudie*. 2007, Universität Ulm.
- [28] C. Maurer, T. Mergner, R.J. Peterka, Multisensory control of human upright stance, *Exp Brain Res* 171 (2) (2006) 231–250.
- [29] M.R. Nourbakhsh, A.M. Arab, Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain, *J Orthop Sports Phys Ther* 32 (9) (2002) 447–460.
- [30] R.J. Peterka, P.J. Loughlin, Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control, *Journal of Neurophysiology* 91 (1) (2004) 410–423.
- [31] Z. Shan, et al., How schooling and lifestyle factors effect neck and shoulder pain? A cross-sectional survey of adolescents in China, *Spine (Phila Pa 1976)* 39 (4) (2014) E276–E283.
- [32] A.S. Sousa, A. Silva, J.M. Tavares, Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review, *Somatosens Mot Res* 29 (4) (2012) 131–143.
- [33] L.R. Squire, Memory systems of the brain: a brief history and current perspective, *Neurobiol Learn Mem* 82 (3) (2004) 171–177.
- [34] B. Wirth, C. Knecht, K. Humphreys, Spine day 2012: spinal pain in Swiss school children – epidemiology and risk factors, *BMC Pediatrics* 13 (2013), 159–159.
- [35] G. Wydra, Dehnfähigkeit, in: K. Bös, W. Brehm (Eds.), *in Handbuch Gesundheitssport*, Hofmann, Schorndorf, 2006, pp. 265–274.
- [36] J.W. Youdas, et al., The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length, *Physiother Theory Pract* 26 (4) (2010) 240–250.

Korrespondenzadresse:

Dr. Oliver Ludwig,
 Universität des Saarlandes,
 Sportwissenschaftliches Institut,
 Campus Geb. B 8.1,
 66041 Saarbrücken,
 Germany.
 Tel.: +06821-932756,
 Fax: +0681-873331
 E-Mail: oliver.ludwig1@uni-saarland.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect