

Ohlendorf D¹, Preis C², Collot P², Andreas S¹, Mickel C², Kopp S¹

Wirkt sich die Art der Herstellung eines Sportmundschutzes auf die Oberkörperstatik bei männlichen Feldhockeyspielern aus?

Effects of an Individually Confected Mouthguard on Functional Posture of the Spinal Column in Field Hockey

¹Poliklinik für Kieferorthopädie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Goethe-Universität Frankfurt/Main

²Abteilung für Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Institut für Sportwissenschaft Goethe-Universität Frankfurt/Main

ZUSAMMENFASSUNG

Problemstellung: Grundsätzlich hat der Mundschutz im Sport eine primär prophylaktische Funktion, um die Zähne bzw. die Zahnregion vor Traumata zu schützen. Die Auswirkungen einer individuell angefertigten Funktionsschiene auf die Oberkörperstatik sind bereits vielfach belegt. Daher soll im folgenden Beitrag auf die Frage eingegangen werden, ob sich gleiches Prinzip durch das Tragen eines Mundschutzes in der Oberkörperstatik widerspiegelt. **Methoden:** Bei 11 männlichen Hockeyspielern einer 1. Bundesligamannschaft wurde hierfür die dreidimensionale Oberkörperstatik unter diesen drei Messbedingungen vermessen. Zum Einsatz kam ein Rückenscanner, der über Lichtprojektionen die Oberkörperhaltung darstellte. Es erfolgte ein Vergleich zwischen der neutralen Bissposition ohne Mundschutz, dem eigenen, konfektionierten Mundschutz und einem individuell hergestellten Mundschutz. **Ergebnisse:** Die Datenauswertung der Rückenoberfläche zeigte funktionelle Veränderungen, die durch das Tragen des konfektionierten aber auch des individuell hergestellten Mundschutzes hervorgerufen wurden. Diese Unterschiede waren gegenüber der neutralen Bisslage in der Wirbelsäulenstellung, dem Schulter- sowie Beckenbereich ($p \leq 0,05$) zu registrieren. **Diskussion:** Das Tragen eines Mundschutzes bei Feldhockeyspielern ist in der Lage das Ergebnis der dreidimensionalen Rückenscannung sowohl negativ als auch positiv zu verändern und hat folglich nicht nur eine verletzungsprophylaktische Funktion. Ferner erfolgen bei individueller Anpassung des Mundschutzes in zentrischer Kiefergelenksposition andere Veränderungen der 3d-Oberkörperstatik als bei einem Mundschutz, der das Kiefergelenk in habitueller Situation lässt.

Schlüsselwörter: 3d-Oberkörperstatik, Mundschutz, Kiefergelenksstellung, Feldhockey.

EINLEITUNG

Dass der Sportmundschutz eine primär verletzungsprophylaktische Funktion der Zähne und des (orofazialen) Weichgewebes hat, ist bekannt und bereits nachgewiesen (3,4,5). Zur Vermeidung von Unterkieferfrakturen und Kiefergelenksverletzungen wird ebenfalls ein Mundschutz eingesetzt, der die obere und/oder untere Zahnreihe abdeckt und beim Zusammenbiss die Zähne schützt (2). Mund-, Kiefer- und Gesichtsverletzungen betragen im Schulsport 3,3%. Zahnverletzungen machen 2,3% aller Verletzungen im Schulsport aus, wobei 1/6 davon der Sportart Hockey zuzuordnen ist. Die Verletzungsrate ist damit höher als bei vielen anderen Ballsportarten (3,4,9). Schwenzer (16) beschreibt die sportbedingten Verletzungen der Gesichtsschädelknochen und

SUMMARY

Introduction: In principle, the mouth guard in sports serves primarily a prophylactic function which is to protect the teeth from traumatic events. Effects on upper body posture wearing an individually produced splint have been proved several times. Therefore, the following study deals with the question whether wearing a mouth guard can influence three-dimensional upper body posture during standing. **Methods:** For this purpose the upper body posture of 11 field hockey players of a 1st German League in Field Hockey has been measured in three different positions. For the back, scan light lines were projected on the back. A comparison was made between neutral occlusion (normal bite without wearing a mouth guard), wearing a custom-made mouth guard and wearing an individually-confected mouth guard. **Results:** Data analysis of the back surface showed functional effects caused by wearing the custom-made as well as the individually-produced mouth guard. Changes in the spine, shoulder and pelvic area ($p \leq 0,05$) have been measured in comparison with the neutral occlusion position. **Discussion:** Wearing mouth guards by field hockey players show both negative and positive detectable results in a three-dimensional back scanning. Therefore, they not only have an injury-preventive function. The individual adjustment of the mouth guard in centric jaw position causes other changes in the upper body posture than a mouth guard which fixed the temporomandibular joint in habitual situation.

Key Words: Three-dimensional body posture, mouth guard, temporomandibular joint position, field hockey.

der Gesichtsweichteile mit einer Morbidität von 13%. Folglich ist die Notwendigkeit des Tragens eines Mundschutzes in dieser Sportart unerlässlich.

Der Mundschutz sollte gleichzeitig elastisch und starr sein, um Schläge und Stürze zu dämpfen und so die Energie auf eine möglichst große Fläche der Zähne ableiten zu können. Eine Abnahme der Häufigkeit von Gehirnerschütterungen bzw. traumati-

accepted: May 2012

published online: June 2012

DOI: 10.5960/dzsm.2012.020

Ohlendorf D, Preis C, Collot P, Andreas S, Mickel C, Kopp S: Wirkt sich die Art der Herstellung eines Sportmundschutzes auf die Oberkörperstatik bei männlichen Feldhockeyspielern aus? Dtsch Z Sportmed 63 (2012) 173-180.

schen Gehirnerschütterungen durch einen individuell angepassten Mundschutz bei Fußballern bestätigen Singh et al. (17).

Der positive Einfluss einer veränderten Okklusion bzw. eines Aufbissbehelfs auf die Körperhaltung wurde bereits in vielen Studien belegt (5,6,8,10,13,18). Bracco et al. (5) kamen zu der Erkenntnis, dass allein verschiedene Positionen der Unterkieferlage der Auslöser für eine veränderte posturographische Körperhaltung war. Urbanowicz et al. (18) konnten einen Zusammenhang zwischen Okklusion und der Kopf- und Nackenmuskulatur dahingehend belegen, dass eine Erhöhung der Vertikalen im Kieferbereich eine Dehnung der Kopf- und Nackenmuskulatur bewirkt.

Dass sich eine veränderte Okklusionsposition, gehalten durch Schienen, auf die Funktionalität des Bewegungssystems und die sportliche Leistungsfähigkeit auswirkt, belegen Lai et al. (10). Sie verglichen zwei Untersuchungsgruppen miteinander, wobei die Teilnehmer der Gruppe 1 an einer craniomandibulären Dysfunktion litten und die Probanden der Gruppe 2 als Kontrollgruppe fungierten. Für beide Gruppen wurden Schienen angefertigt, die in der ersten Gruppe die Dysfunktion behob und in der zweiten Gruppe eine Dysfunktion auslöste. Bei der ersten Gruppe verlängerten sich durch die Schiene die Flugzeiten des Countermovement Jumps, gemessen auf einer Kontaktmatte sowie die Ausdauer beim Belastungstest. Die zweite Gruppe verschlechterte sich durch das Tragen der Schiene bezüglich der Sprungzeiten und im Ausdauerstest. Eine Verbesserung bei der Ausführung ausgewählter sportmotorischer Tests durch eine Schiene in spezieller myozentrischer Bissposition (DPS-Schiene) haben Ohlendorf et al. in einer Pilotstudie bewiesen (14). Ähnliches bestätigen Arent et al. hinsichtlich wiederholter maximaler Anstrengung (1).

Sowohl die Auswirkungen eines meist konfektionierten als auch eines individuell hergestellten Mundschutzes auf die funktionelle Wirbelsäulenstellung bei weiblichen Hockeyspielerinnen wurden mittels Ultraschallabmessung im HWS-, BWS- und LWS-Bereich bereits nachgewiesen. Die Veränderungen der Frontal- und Sagittalebene in den drei Wirbelsäulenarealen wurden sowohl bei hockeyspezifischen als auch unspezifischen Bewegungsabfolgen belegt (13).

Aufbauend auf den Erkenntnissen vorangehender Studie (13) befasst sich die vorliegende Untersuchung mit den Fragestellungen, ob (1) das Tragen eines Mundschutzes die dreidimensionale Oberkörperhaltung bei Leistungssportlern im Stehen beeinflusst. Ferner wurde untersucht, ob (2) die Art der Herstellung des Mundschutzes (bisheriger, konfektionierter Mundschutz der Spieler oder ein individuell angefertigter Mundschutz) - und somit auch implizit die Stellung des Kiefergelenks - Unterschiede in der Körperstatik hervorruft. Gemessen wurde die Oberkörperstatik im Stand mit einem dreidimensionalen Rückenscanner. Aussagen über frontale und sagittale Veränderungen im Schulter- und Beckenbereich sowie im Wirbelsäulenverlauf wurden dadurch möglich.

MATERIAL UND METHODE

Probanden

An der Studie nahmen 11 männliche Feldhockeyspieler einer 1. Bundesligamannschaft teil. Sie absolvierten ein Trainingspensum von drei Einheiten wöchentlich. Zum Zeitpunkt der Messungen waren alle Spieler zwischen 17 und 30 Jahre alt und hatten 9-23 Jahre Spielerfahrung. Die Teilnehmer gaben an, keine körperlichen Beschwerden zu haben und befanden sich zur Zeit der Untersuchung nicht in medizinischer Behandlung. Akute Verletzungen des Stütz- und Bewegungssystems oder Kiefergelenksbeschwerden zählten als Ausschlusskriterium. Vorverletzungen sollten mindestens zwei Jahre zurückliegen. Zudem besaß jeder Spieler bereits einen eigenen, meist konfektionierten Mundschutz. Des Weiteren beurteilten sie nach einigen Testspielen mit dem individuell angefertigten Mundschutz rückwirkend dessen Tragekomfort und verglichen ihn mit ihrem bisherigen, meist konfektionierten Mundschutz.

Mundschutze

Der eigene Mundschutz der Spieler wurde fast ausschließlich nach dem boil & bite Verfahren hergestellt und ist folglich ein konfektionierter Mundschutz (Abb. 1). Er wurde in heißem Wasser erwärmt und durch Einbisse an den Zahnbogen angepasst. Diesbezüglich



Abbildung 1: Darstellung eines konfektionierten Mundschutzes nach dem boil & bite Verfahren.



Abbildung 2: Darstellung eines individuell hergestellten Mundschutzes.

wurde die aktuelle Bissposition im Mundschutz festgehalten, die der habituellen, gewohnheitsmäßig eingenommenen Position entsprach. Der Halt im Mund sowie die Atmung sind erschwert, da er durch das Zusammenbeißen der Zähne festgehalten wird.

Der individuell angepasste Mundschutz wurde im Rahmen der Untersuchung für jeden Probanden spezifisch angefertigt (Abb. 2). Der Mundschutz wurde in mehreren Schritten sowohl am Probanden als auch im Dentallabor hergestellt, wobei die Bissposition in zentrischer Relation der Kiefergelenke eingestellt wurde. Es handelte sich dabei um die optimale Kondylenposition aus der Sicht der funktionsorientierten Zahnheilkunde (Definitionen der Fachgesellschaft; siehe DGFDT). Zur Herstellung des Mundschutzes wurden zunächst Modelle des Gebisses abgeformt und Gipsmodelle angefertigt. Zudem wurde mittels einer Gesichtsbogenübertragung das schädelbezügliche Einartikulieren des jeweiligen Oberkiefermodells in den Artikulator gewährleistet. Des Weiteren wurde im Labor auf eine Registrierschablone aus lichthärtendem Kunststoff ein Stop im Frontzahnbereich aufgetragen, das zur dreidimensionalen Zuordnung des Unterkiefers zum Oberkiefer diente. Anschließend wurde diese Schablone am Probanden eingesetzt, um die Passform zu überprüfen. Um die gewohnte Schlussbissstellung aufzulösen, wurden Lockerungsübungen der Mandibula durchgeführt. Im Anschluss daran wurde der Biss auf dieser Schablone im Mund mittels eines Bissregistriermittels fixiert und ausgehärtet, so dass im Labor unter Zuhilfenahme der Schablone das Unterkiefergipsmodells in den Artikulator einartikuliert werden konnte. Im Anschluss daran erfolgte die Herstellung des Oberkiefer-Mundschutzes im Tiefziehgerät mit weichelastischer Folie. Abschließend wurden durch erneutes Erhitzen des Mundschutzes die Unterkieferimpressionen durch Zusammendrücken der Gipsmodelle im Artikulator geschaffen.

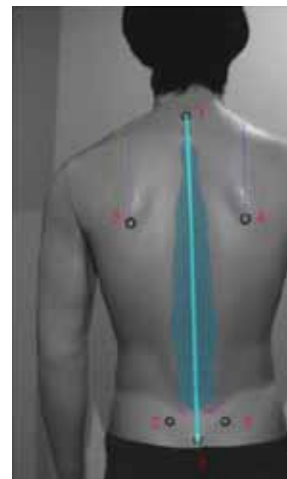
Messsystem

Um Einflüsse der Oberkörperstatik beim Stehen durch das Tragen der Mundschutze dokumentieren zu können, wurde eine dreidimensionale Rückenmessung mit dem Rückenscanner „Mini-Rot Kombi“ (ABW GmbH, Frickenhausen [Deutschland]/Gebiom, Münster [Deutschland]) durchgeführt. Das Gerät ermöglichte eine dreidimensionale Darstellung des Rückens vom 7. Halswirbel bis zum Rima Ani (7, 11). Über einen integrierten Projektor wurde ein Streifenmuster auf den Rücken projiziert und mit einer Videokamera aus einem definierten Winkel aufgenommen, der durch den festen Einbau der Kamera und des Projektors im Gerät bestimmt wurde. Für eine dreidimensionale Aufnahme der Rückenoberfläche wurden 30 Videobilder mit einer maximalen Bildfrequenz von 50 frames/s aufgenommen. Anschließend erfolgte die Berechnung der vom Projektor ausgeleuchteten Bildpunkte mittels der Triangulationstechnik. Das dreidimensionale Ergebnisbild wurde in einer Tiefenaufklärung von 1/100 mm dargestellt.

Für eine optimale Datenauswertung mussten bei allen Testpersonen sechs zuvor festgelegte anatomische Fixpunkte mit aufzuklebenden Markern am unbekleideten Rücken gekennzeichnet werden (Abb. 3). Der Messfehler wurde seitens des Herstellers mit kleiner als 1 mm angegeben; bei Wiederholungsmessungen ergab sich eine Reproduzierbarkeit von mehr als 0,5 mm.

Die Reproduzierbarkeit der Messtechnik sowie der Markierung der anatomischen Messpunkte wurde zudem in eigenen Versuchen am Menschen ermittelt. Hierzu wurden die Messungen mit den oben beschriebenen Markierungen an einem Probanden zwölf Mal unter gleichen Bedingungen wiederholt. Dieses wurde

Abbildung 3: Darstellung der sechs Marker am Rücken, anhand derer über mathematische Berechnung die Auswertungsparameter erfolgen. Marker 1 (C7) und 2 (Rima Ani) begrenzen den Wirbelsäulenverlauf, Marker 3 (Schulterblattwinkel links) und 4 (Schulterblattwinkel rechts) beschreiben die Schulterblattregion und die Marker 5 (SIPS links) und 6 (SIPS rechts) konstatieren die Beckenregion.



an zwei aufeinanderfolgenden Tagen, 3x täglich im Abstand von jeweils vier Stunden wiederholt. Gleiches wurde nach sieben und acht Tagen erneut durchgeführt. Über die zwölf Messungen wurden die absolute und die prozentuale Standardabweichung für die drei Koordinaten der sechs Rückenpunkte bestimmt. Schließlich bildeten der Mittelwert und das Maximum aus den 18 prozentualen Werten das Maß für die Streuung und damit für die Reproduzierbarkeit des Rückenscannens. Die mittlere Standardabweichung über alle 18 Koordinaten betrug 0,91%. Insgesamt konnte ein maximaler Reproduzierfehler der Messtechnik mit Markierung und Auswertung von 2% angenommen werden.

Untersuchungsablauf

Es wurden nacheinander in randomisierter Reihenfolge drei verschiedene Messbedingungen durchgeführt mit fünf Wiederholungsmessungen je Messbedingung. Ferner bekamen die Probanden die Anweisung ihre gewohnheitsmäßige, aufrechte Kopf- und Körperhaltung einzunehmen bei entspannter Schulter- und Armposition. Die drei aufgenommenen Messbedingungen beliefen sich auf die Aufnahmen der dreidimensionalen Oberkörperstatik in (A) neutraler Kieferstellung ohne Mundschutz (ohne muskuläre Anspannung befindet sich der Unterkiefer in der Schwebelage ohne Zahnkontakt zum Oberkiefer; oMs), (B) mit Tragen des konfektionierten, eigenen Mundschutzes (kMs) und (C) mit Tragen des individuell angepassten, neuen Mundschutzes (iMs). Zwischen den einzelnen Messsituationen erfolgte eine Pause von einer Minute. In jeder neuen Messsituation wurde vor der Aufzeichnung der Daten zunächst ca. 30 Sekunden verharrt, um sich an die temporäre Okklusionssituation zu gewöhnen (17). Während der Messungen wurde jedem Probanden entsprechend der Messbedingung der jeweilige Mundschutz gereicht, so dass diese immer auf der gleichen Position stehen bleiben konnten.

Die einzelnen Auswertungsparameter wurden in drei Bereiche aufgeteilt, den Wirbelsäulen-, Schulter- und Beckenbereich. Auf diesem Weg konnten Veränderungen der Mundschutze im Vergleich zur neutralen Messung aber auch der Mundschutze untereinander dokumentiert und analysiert werden. Die Einstufungen einer verbesserten bzw. verschlechterten Körperstatik orientierten sich an den Grad- und Millimeterangaben, wobei die Zahl 0 als Optimum angesehen wurde, abgesehen vom Lordose- und Kyphosewinkel. Eine gute Körperstatik zeichnete sich durch eine Symme-

trie beider Körperseiten aus, so dass Abweichungen von dieser als Verschlechterung gewertet wurden.

In der anschließenden Ergebnisdarstellung wurden die Einzelparameter aus Gründen der Übersichtlichkeit diesen drei Bereichen zugeordnet und dementsprechend analysiert. Da es sich sowohl bei vorangehender Pilotstudie (13) als auch bei dieser Studie um wissenschaftliche Arbeiten im Grundlagenbereich handelte, die interdisziplinäre Aspekte der Sportwissenschaft und der Zahnmedizin berücksichtigten, war es bisher noch nicht möglich Kriterien für eine positive bzw. negative Bewertung der Wirkung des Mundschutzes zu evaluieren. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass bisher keine vergleichbaren Literaturangaben vorlagen, die einen Mundschutz in gleicher Herstellungsweise (zentrische Relation der Kiefer) mit äquivalenter Fragestellung untersuchten. Folglich kommt zunächst nur die Relation der Wirkung des Mund-

schutzes im Vergleich zur neutralen Referenzmessung ohne Mundschutz beurteilt werden.

Statistische Auswertungsverfahren

Die statistische Auswertung der Messdaten wurde mit dem Softwareprogramm BIAS (Version 9.12) durchgeführt. Da die anfängliche Überprüfung der Normdaten mittels des Kolmogoroff-Smirnof-Tests negativ ausfiel, musste auf das parameterfreie Equivalent der Varianzanalyse zurückgegriffen werden. Es handelte sich hierbei um den Friedman-Test, der berechnet, ob zwischen den einzelnen Messbedingungen eines Auswertungsparameters Unterschiede vorliegen. Ist der globale p-Wert des Friedman-Tests $p \leq 0,05$ gewesen, kam im Anschluss als post-hoc-Test der Wilcoxon-Matched-Pairs-Test zur Anwendung, dessen Daten zudem einer Bonferroni-Holm-Korrektur unterzogen worden sind. Das Signifikanzniveau lag bei $\alpha = 5\%$.

Tabelle 1: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen sowie des Chi²- Wertes des Friedman-Tests der Auswertungsparameter des Wirbelsäulenverlaufs. Dargestellt sind zunächst die Daten der Messung ohne Mundschutz (neutral), gefolgt von denen des konfektionierten (kMS) und individuell hergestellten Mundschutzes (iMS). Im Folgenden sind die einzelnen Parameter ausführlich erläutert: Rumpflänge D (mm) entspricht dem räumlichen Abstand zwischen den Markerpunkten Vertebra prominens (VP) und dem Punkt DM, der Mitte des rechten (DR) und linken Dimpels bzw. Beckengrübchens des SIPS (DL); Rumpflänge S (mm) stellt den räumlichen Abstand zwischen den Markern VP und SP, dem Sakrum Punkt, dar; Sagittale Rumpfneigung (°) ist die Neigung der Strecke VP-DM (Rumpflänge D) zur Senkrechten auf der Sagittalebene; Frontale Rumpfneigung (°) gibt die Abweichungen der Rumpflänge D zur Senkrechten auf der Frontalebene an; Achsabweichung (°) beschreibt die Abweichung der (Rumpflänge D und der Strecke zwischen rechtem und linkem Dimpel von 90°; Thorakaler Biegungswinkel (°) ist der Winkel zwischen der Strecke Vertebra Prominens (VP) – Kyphosescheitelpunkt (KA) und der Senkrechten; Lumbaler Biegungswinkel (°) beschreibt den Winkel zwischen der Strecke Kyphosescheitelpunkt (KA) – Lordosescheitelpunkt (LA) und der Senkrechten; Standardabweichung Seitabweichung (mm) ist die mittlere quadratische Abweichung der Medianlinie von der Strecke Vertebra prominens (VP) – Mitte zwischen DL und DR (DM); Maximale Seitabweichung (mm) gibt die maximale Abweichung der Medianlinie von der Strecke VP – DM an.; Standardabweichung Rotation (°) entspricht dem mittleren quadratischen Wert oder der Oberflächenrotation auf der Medianlinie; Maximale Rotation (°) beschreibt die betragsmäßig maximale Oberflächenrotation auf der Medianlinie; Kyphosewinkel (°) errechnet sich aus dem Winkel zwischen dem oberen Wendepunkt bei VP und dem thorakolumbalen Wendepunkt IP; Lordosewinkel (°) ist der Winkel zwischen dem unteren Wendepunkt bei DM (Mitte von DL und DR) und dem thorakolumbalen Wendepunkt IP. Das Vorzeichen der Werte bestimmt die Richtung der Oberkörperveränderung, d.h. beispielsweise nach links/rechts, cranial/kaudal oder dorsal/ventral. Die jeweiligen Einheiten der Daten stehen hinter den Parametern.

Dreidimensionale Rückenvermessung	Chi 2	Mittelwert und Standardabweichung		
		Neutral	kMS	iMS
Rumpflänge D (mm)	0,02	475,07±13,31	478,72±12,73	485,35±11,64
Rumpflänge S (mm)	0,01	508,91±15,59	508,46±14,98	516,98±10,32
Sagittale Rumpfneigung (°)	0,03	-2,45±1,50	-15,69±13,33	-9,71±10,97
Frontale Rumpfneigung (°)	0,001	-0,22±0,40	-15,53±13,40	-8,58±12,61
Achsabweichung (°)	0,01	-1,72±4,63	1,59±2,82	-0,65±4,11
Thorakaler Biegungswinkel (°)	0,001	16,56±2,01	30,43±13,98	23,88±11,64
Lumbaler Biegungswinkel (°)	0,08	13,03±1,95	13,22±1,95	13,73±1,88
Standardabweichung der Seitabweichung (mm)	0,001	3,83±1,11	34,77±21,17	22,53±27,55
Maximale Seitabw. (mm)	0,01	-4,54±3,63	53,40±54,65	28,96±53,63
Standardabw. Rotation (°)	0,03	3,11±0,44	3,43±0,44	3,00±0,60
Maximale Rotation (°)	0,001	-2,68±5,23	-10,08±10,62	3,74±2,05
Kyphosewinke I(°)	0,001	52,59±4,26	34,85±17,97	43,53±14,10
Lordosewinkel (°)	0,03	37,15±3,23	22,53±17,27	29,10±11,89

ERGEBNISSE

Zur besseren Darstellung erfolgte die Unterteilung der statistischen Signifikanzen in drei Gruppenvergleiche, anhand derer die nachweislichen Veränderungen beschrieben wurden. Es wurden nur die Daten angeführt und interpretiert, die nach signifikantem Friedman-Test und anschließend im multiplen Paarvergleich unterhalb des Signifikanzniveaus von $p \leq 0,05$ lagen. Des Weiteren wurden innerhalb des jeweiligen Gruppenvergleichs die Veränderungen der Auswertungsparameter in die drei oben angeführten Bereiche unterteilt. Alle Mittelwerte, Standardabweichungen und χ^2 -Werte des Friedman-Tests sind in Tab.1 und Tab. 2 angeführt, wobei die Tabelle 1 die Daten des Wirbelsäulenverlaufs beinhaltet und die Tabelle 2 die Daten der Becken- und Schulterregion darstellt.

Bei den beiden Gruppenvergleichen I und II stellte die neutrale Ausgangslage jeweils die Referenzmessung dar, die als „Ausgangskörperstatik“ angesehen wurde. Die Veränderungen durch Tragen des Mundschutzes wurden ausgehend von dieser durchschnittlichen Referenzmessung als besser oder schlechter eingestuft. Hinsichtlich des Gruppenvergleichs III wurden die Abweichungen des individuell hergestellten Mundschutzes ausgehend von einer Körperhaltung während des Tragens des konfektionierten Mundschutzes

beschrieben. Zum besseren Verständnis der Gruppenvergleiche I und II wurden die durchschnittliche Oberkörperstellung der Hockeyspieler ohne Mundschutz beschrieben: Eine leicht nach ventral geneigte Haltung bei sehr geringer Lateralabweichung nach links und einer tendenziell eher kyphotischeren Oberkörperposition. Hinsichtlich der Rotationslinie, die die Verdrehung der Dornfortsätze beurteilt, liegt eine geringe Verdrehung vor. Bezogen auf die Schulterregion liegt der linke Schultermarker weiter cranial, ohne dass in diesem Bereich eine Rotation vorliegt. Der rechte Beckenmarker (SIPS) befindet sich geringfügig weiter kaudal und weiter dorsal als der linke Marker, wobei hinsichtlich der Beckentorsion der linke Marker weiter nach oben gerichtet ist. Die Torsion berechnet sich aus der gegenseitigen Verwindung der Flächennormalen auf beiden Markern.

Trotz der signifikanten, messtechnischen Veränderungen, die in den folgenden Gruppenvergleichen angeführt wurden, war dies für die Spieler nicht spürbar. Allerdings beurteilten ausnahmslos alle Probanden den Tragekomfort des individuell angepassten Mundschutzes als besser, da mit diesem besser Luft geholt werden könnte. Des Weiteren war es ihnen möglich durch eine bessere Passform problemlos zu sprechen ohne dabei den Mundschutz wie zuvor mit den Zähnen festhalten zu müssen, wodurch die Kommunikation auf dem Spielfeld erleichtert würde.

Tabelle 2: Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen sowie des Chi²- Wertes des Friedman-Tests der Auswertungsparameter des Becken- und Schulterbereichs. Dargestellt sind zunächst die Daten der Messung ohne Mundschutz (neutral), gefolgt von denen des konfektionierten (kMS) und individuell hergestellten Mundschutzes (iMS). Im Folgenden sind die einzelnen Parameter ausführlich erläutert: Beckenabstand DD (mm) ist die gemessene Strecke zwischen linkem Dimpel (DL) und rechtem Dimpel (DR); Beckenstand gibt die Höhendifferenz zwischen rechtem (DR) und linkem Dimpel (DL) wider, wobei differenziert wird zwischen „Beckenstand 1“ (°) und „Beckenstand 2“ (mm); Beckentorsion (°) erklärt sich durch die Verwindung der Querachse von DL-DR, die sich durch Berechnung aus der gegenseitigen Verwindung der Flächennormalen auf beiden Dimpeln ergibt; Beckenrotation (°) erschließt sich aus der Rotation der Strecke DL-DR zur Bildhorizontalen in der Transversalebene; Schulterblattabstand (mm) entspricht der Strecke zwischen dem linken (AISL) und dem rechten unteren Scapulawinkel (AISR); bei dem Schulterblattstand (mm) handelt es sich um die Höhendifferenz zwischen den Punkten unterer Scapulawinkel links (AISL) und unterer Scapulawinkel rechts (AISR); Schulterblattrotation (°) errechnet sich durch die Rotation der Strecke AISL-AISR in der transversalen Ebene; Schulterstandwinkel links/ rechts (°) gemessen sowohl am rechten als auch am linken Schulterblatt entspricht der auf den Schultern angelegten Ausgleichsgeraden zur Horizontalen (der Mittelpunkt der Ausgleichsgeraden wird senkrecht über AISL/AISR vorgegeben). Das Vorzeichen der Werte bestimmt die Richtung der Oberkörperveränderung, d.h. beispielsweise nach links/rechts, cranial/kaudal oder dorsal/ventral. Die jeweiligen Einheiten der Daten stehen hinter den Parametern.

Dreidimensionale Rückenvermessung	Chi 2	Mittelwert und Standardabweichung		
		Neutral	kMS	iMS
Beckenabstand DD (mm)	0,001	88,37±4,45	87,64±5,16	88,55±5,63
Beckenstand 1(°)	0,01	-3,42±1,03	-2,70±2,55	-3,13±1,95
Beckenstand 2 (mm)	0,001	2,12±2,31	-4,19±3,70	-4,88±2,88
Beckentorsion (°)	0,01	-7,67±5,01	-10,40±6,45	-10,39±5,49
Beckenrotation (°)	0,08	5,40±12,76	2,12±0,97	1,90±0,92
Schulterblattabstand (mm)	0,001	238,33±14,53	394,40±64,07	236,56±16,41
Schulterblattstand (mm)	0,03	-13,58±8,97	46,14±13,03	-11,70±9,10
Schulterblattrotation (°)	0,01	0,00±0,57	18,92±20,26	0,24±0,96
Schulterblattwinkel links (°)	0,001	27,76±3,96	17,61±6,93	28,19±3,14
Schulterblattwinkel rechts (°)	0,05	25,76±3,61	28,54±3,61	28,79±3,68

Gruppenvergleich I: Neutrale Ausgangslage vs. konfektionierter, eigener Mundschutz

Der Vergleich der neutralen Bissposition mit dem eigenen, meist konfektioniertem Mundschutz verdeutlichte eine Verschlechterung der Oberkörperstatik durch den kMS gegenüber der neutralen Ausgangslage. Hinsichtlich der Schulterregion nahm die Rotation zu und die linke Schulter bewegte sich weiter nach kaudal, so dass diese absank. Das in Frontalansicht bei neutraler Position ursprünglich weiter cranial gelegene linke Schulterblatt lag nun weiter kaudal als das rechte Schulterblatt. Diese Bewegungsänderung war auf folgende signifikante Parameter der Schulterregion zurückzuführen: Schulterblattabstand ($p \leq 0,001$), Schulterblattstand ($p \leq 0,02$), Schulterblattrotation ($p \leq 0,001$) sowie durch den linken Schulterblattwinkel ($p \leq 0,001$); (Abb. 4).

Hinsichtlich der Beckenregion sank durch den kMS ebenfalls der linke SIPS-Marker noch weiter nach kaudal, da es zu einer Beckenverschiebung kam (Beckenstand: $p = 0,01$; Beckenabstand: $p \leq 0,001$; Beckentorsion $p \leq 0,001$).

Die Veränderungen in der Schulter- und Beckenregion waren ebenfalls im Wirbelsäulenverlauf zu erkennen. Durch den kMS resultierte eine Oberkörperneigung nach links ($p \leq 0,001$) und eine Extension des Oberkörpers ($p \leq 0,01$; Abb. 5), was die Daten der Achsabweichung ($p \leq 0,01$) sowie die Standardabweichung der Seitabweichung ($p \leq 0,001$) und die maximale Seitabweichung ($p \leq 0,00$)

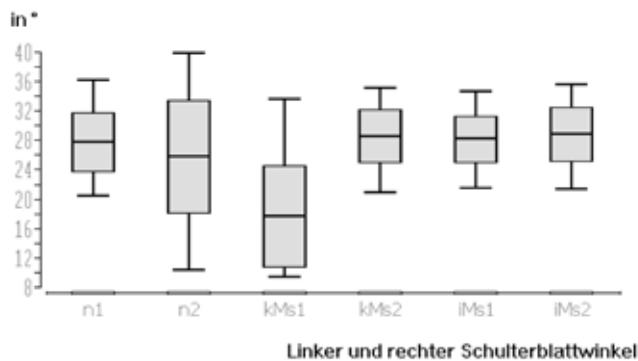
unterstützten. Die letzten Parameter definierten die mittlere quadratische bzw. maximale Abweichung der Medianlinie von der Strecke des C7-Markers und der Mitte der beiden SIPS-Marker. Des Weiteren vergrößert sich durch den kMS die Verdrehung der Dornfortsätze ($p \leq 0,02$; Abb. 6). Als letztes offenbarten der Kyphosewinkel ($p \leq 0,001$) sowie Lordosewinkel ($p \leq 0,02$) signifikante Unterschiede. Es kam zu einer Verringerung dieser beiden Winkel. (Abb. 7).

Gruppenvergleich II: Neutrale Ausgangslage vs. individuell angepasster Mundschutz

Im zweiten Gruppenvergleich war eine Veränderung der Oberkörperstatik durch den iMS gegenüber der neutralen Messung in habitueller Bissposition zu verzeichnen: Durch Tragen des iMS zogen sich im Schulterbereich die Schulterblätter weiter zusammen ($p \leq 0,001$) und die linke Schulter befand sich geringfügig weiter kaudal aufgrund eines vergrößerten Schulterblattwinkels ($p \leq 0,001$; Abb. 4).

Zudem erhöhte sich durch das Tragen des iMS der Marker im linken Beckenbereich und kippt weiter nach dorsal, was auf die Parameter Beckenstand ($p \leq 0,001$) und Beckentorsion ($p \leq 0,01$) zurückzuführen war.

Generell erfolgte eine Linksverschiebung der Lotlinie des gesamten Wirbel-



Linker und rechter Schulterblattwinkel

Abbildung 4: Darstellung der Mittelwerte samt Standardabweichungen des linken (1) und rechten (2) Schulterblattwinkels der drei Messbedingungen neutral ohne Mundschutz (n), konfektionierter (kMS) und individuell hergestellter Mundschutz (iMS). Die Maßeinheit ist in Grad (°) angegeben.

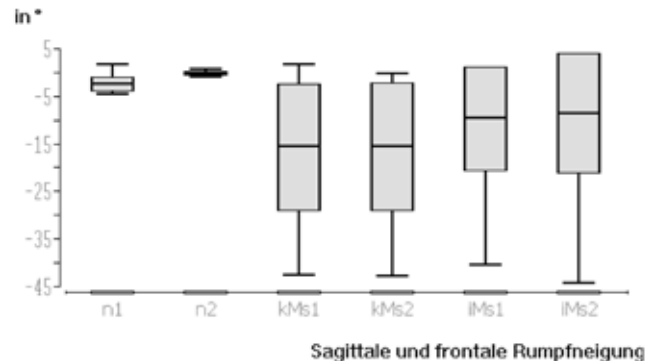
säulenverlaufes von ca. 8° ($p \leq 0,03$) durch den iMS, wobei jedoch die Thorakalregion ($p \leq 0,001$) trotz einer gesamten Linksverschiebung der Lotline nach rechts abwich, um diese Verschiebung wieder auszugleichen. Dies unterstützten die Daten der Standardabweichung der Seitabweichung ($p \leq 0,02$), da sie die mittlere quadratische Abweichung der Medianlinie von der Strecke zwischen C7 und der Mitte der SIPS-Marker bewerteten. Des Weiteren kam es durch das Tragen des iMS zu einer Extension des Rumpfes ($p \leq 0,02$), was mit einem geringeren Kyphosewinkel ($p \leq 0,02$) erklärbar war (Abb. 7).

Gruppenvergleich III: konfektionierter, eigener Mundschutz vs. individuell angepasster Mundschutz

Beim letzten Gruppenvergleich der beiden Mundschutze gegeneinander konnte auf Basis der vorliegenden Befunde noch keine eindeutige Aussage darüber getroffen werden, welcher Mundschutz einen positiveren Effekt auf die Oberkörperhaltung auswirkt.

Hinsichtlich des Schulterbereichs waren die größte Abweichung bei dem Schulterblattabstand ($p \leq 0,001$) und dem linken Schulterblattwinkel ($p \leq 0,001$; Abb. 4) zu verzeichnen. Durch den iMS gegenüber dem kMS beschreibt die Schulterregion eine Bewegungsänderung dahingehend, dass sich einerseits die Schulterblätter einander annähern, was durch eine Erhöhung der linken Schulterseite erfolgte und sich der rechten Schulterhöhe anglich. Demgegenüber kam es zu einem Absinken der linken Beckenseite durch den iMS gegenüber dem kMS, was die Daten des Beckenabstands ($p \leq 0,001$) verdeutlichten und sich folglich der Abstand der beiden Marker vergrößerte.

Der Vergleich des eigenen, meist konfektionierten Mundschutzes mit dem individuell angepassten Mundschutz offenbarte hinsichtlich der frontalen Rumpfeignung signifikante Unterschiede ($p \leq 0,03$; Abb. 5). Durch den iMS verringerte sich die linksseitige Lateralverschiebung des Oberkörpers in Frontalansicht, was die Daten der Achsabweichung bestätigten ($p \leq 0,05$). Die Standardabweichung der Rotation ($p \leq 0,02$) und die maximalen Rotation beurteilten die Oberflächenrotation und belegten signifikante Unterschiede ($p \leq 0,00$; Abb. 6) dahingehend, dass sich die Verdrehung der Dornfortsätze durch den iMS verringerten. Der thorakale Biegunswinkel ($p \leq 0,001$) beurteilte die Abweichung der BWS-Region von einer Lotlinie und besagte eine geringere Abweichung nach rechts durch den iMS. Demgegenüber vergrößerte sich durch den



Sagittale und frontale Rumpfeignung

Abbildung 5: Darstellung der Mittelwerte samt Standardabweichungen der sagittalen (1) frontalen Rumpfeignung (2) und der drei Messbedingungen neutral ohne Mundschutz (n), konfektionierter (kMS) und individuell hergestellter Mundschutz (iMS). Die Maßeinheit ist in Grad (°) angegeben.

iMS gegenüber dem kMS der Kyphosewinkel ($p \leq 0,001$) und es kam zu einer kyphotischeren Wirbelsäulenstellung im thorakalen Bereich durch den iMS.

DISKUSSION

Die vorliegenden Ergebnisse belegen den Einfluss des Tragens eines Mundschutzes auf die Oberkörperstatik. Da sowohl Veränderungen durch den konfektionierten als auch durch den individuell angepassten Mundschutz gegenüber der neutralen Messung ermittelt wurden, konnten die beiden anfangs formulierten Hypothesen verifiziert werden. Unabhängig von der Art der Herstellung wurden Auswirkungen auf die Oberkörperhaltung im Stand hervorgerufen, wobei diese durch die beiden Mundschutze (kMS; iMS) variierten.

Da es sich bei der vorangehenden Pilotstudie (13) genauso wie bei vorliegender Untersuchung um Arbeiten im interdisziplinären Grundlagenbereich handelt, liegen bisher zu wenig Resultate vor, die es ermöglichen anhand der Art der Herstellung des Mundschutzes genauere Vorhersagen auf die Veränderungen spezifischer Körperregionen zu treffen. Dies wurde insbesondere bei den Gruppenvergleichen I und II ersichtlich, da sich Auswirkungen in allen drei Auswertungskomponenten nachweisen ließen, in der Schulter- und Beckenregion sowie dem Wirbelsäulenverlauf. Des Weiteren muss in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden, dass für die Formulierung von Kausalitäten zu wenig Probanden untersucht wurden. In der vorliegenden Studie und in vorangehenden (13) wurde jeweils eine 1. Bundesligamannschaft vermessen. Eine Ausweitung auf mehrere Mannschaften beider Geschlechter wären hierfür angebracht.

Ausgehend von der Oberkörperstatik ohne Tragen eines Mundschutzes wurde deutlich, dass im Vergleich mit dem Tragen der beiden Mundschutze eine Verschlechterung der Oberkörperstatik resultierte, wobei durch den kMS mehr signifikante Veränderungen ausgelöst wurden. Generelle Kriterien zur Bewertung positiver bzw. negativer Effekte eines Mundschutzes wären zum derzeitigen Forschungsstand und eben aufgrund mangelnder, komparativer Literaturangaben rein spekulativ. Fakt ist, dass im gesamten Oberkörper muskuläre Kompensationsreaktionen sichtbar wurden, dessen Effekte in einer veränderten Oberkörperstatik

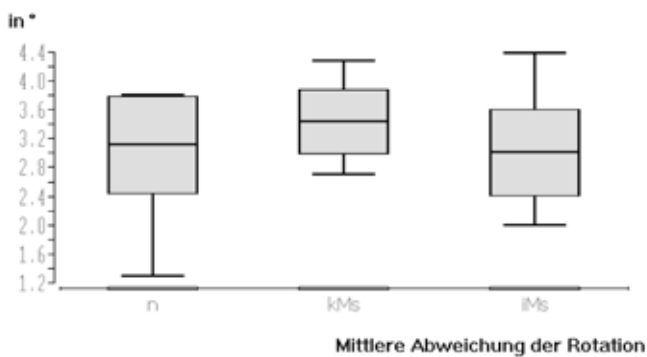


Abbildung 6: Darstellung der Mittelwerte samt Standardabweichungen der mittleren Abweichung der Rotation der drei Messbedingungen neutral ohne Mundschutz (n), konfektionierter (kMS) und individuell hergestellter Mundschutz (iMS). Die Maßeinheit ist in Grad (°) angegeben.

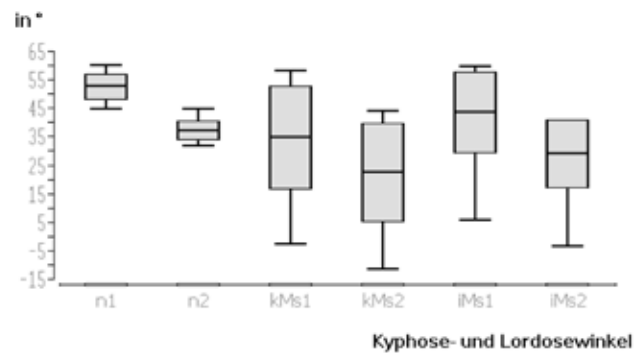


Abbildung 7: Darstellung der Mittelwerte samt Standardabweichungen des Kyphose- und Lordosewinkels (1,2) der drei Messbedingungen neutral ohne Mundschutz (n), konfektionierter (kMS) und individuell hergestellter Mundschutz (iMS). Die Maßeinheit ist in Grad (°) angegeben.

messtechnisch erfassbar sind. Dies ließ sich insbesondere im Wirbelsäulenverlauf und im Schulterbereich verzeichnen. Außerdem hat die Herstellungsart des Mundschutzes Einfluss auf die Oberkörperstatik und ruft unterschiedliche Reaktionen hervor. Die Kieferstellung scheint folglich eine Veränderung der Oberkörperstatik auszulösen. Durch den iMS wurde das Kiefergelenk in eine Position gebracht, in der es sich in zentrischer Kondylenposition befindet. Der kMS der Spieler ist demgegenüber durch das boil & bite Verfahren in habitueller Bissposition (gewöhnheitsmäßig eingenommener Zusammenbiss ohne Bewegungen des Unterkiefers) hergestellt worden. Allein die vertikale Bissperrung des kMS verursachte im Vergleich zur neutralen Bissposition negative Auswirkungen auf die Oberkörperstatik. Es resultiert die Vermutung, dass durch die Bissperrung mittels des Mundschutzes sowohl muskuläre als auch biomechanische Veränderungen des sagittalen Bewegungsverhaltens des Unterkiefers ausgelöst werden, die bei Mundöffnung entlang veränderter Schwerkraftvektoren neurophysiologisch gesehen Muskellänge als auch Muskelarbeit des stomatognathen Systems sowie der Nackenmuskulatur beeinflussen (12).

Bezüglich des hier eingesetzten Messverfahrens ist zu beachten, dass es zwar als solches ein geeignetes (7, 11) Messinstrumentarium ist, um die Oberkörperstatik darzustellen, es sich aber bei den zu vermessenden Objekten um Menschen handelt, deren Haltungsschwankungen bzw. natürliche Varianz bedacht werden müssen. Daher wurden mehrere Messwiederholungen zur Reduzierung des statistischen Fehlers durchgeführt.

Dass das Tragen eines individuell hergestellten Mundschutzes gegenüber der Ausgangsmessung Veränderungen in der Oberkörperstellung im Stand verursacht, bestätigten die Ergebnisse der Pilotstudie (13), in der die Wirbelsäulenstellung mittels Ultraschallabstandsmessung während hockeyspezifischer und hockeyspezifischer Bewegungsabfolgen analysiert wurde. Ausgehend von der Grundhaltung weiblicher Hockeyspielerinnen verschlechterte der kMS die funktionelle Wirbelsäulenposition während der iMS eine Körperaufrichtung und Derotation des Oberkörpers insbesondere im BWS-Bereich bewirkte. Schlussfolgerungen auf die spieltechnische Ausführung bzw. die sportmotorische Leistung der Hockeyschläge sind nicht erfolgt (13). In der vorliegenden Studie liegen ebenfalls unterschiedliche Auswirkungen dieser beiden Mundschutze auf die dreidimensionale Oberkörperhaltung vor. Die in beiden Studien eingesetzten Messverfahren belegen Auswirkun-

gen eines Sportmundschutzes auf die Oberkörperhaltung. Jedoch verdeutlicht der Vergleich der Ergebnisse der statischen Oberkörpervermessung mit denen der dynamischen Messungen aus vorangegangener Pilotstudie, dass sich die statischen und dynamischen Erkenntnisse unterscheiden. Ferner sollten keine Schlussfolgerungen von statischen auf dynamische Veränderungen gezogen werden und umgekehrt. Da die Unterschiede zwischen der statischen und der dynamischen Messung so divergieren, sollte in zukünftigen Studien die Fragestellung geklärt werden, ob sich eine veränderte Oberkörperhaltung, hervorgerufen durch eine veränderte Unterkieferposition, auch auf die körperliche Belastung auswirkt. Hierfür liegt eine Untersuchung mit den gleichen Mundschutzen im Rahmen einer Spirometrie nahe.

Bezogen auf die Oberkörperstatik verdeutlichen die vorliegenden Resultate, dass das Tragen eines Mundschutzes diese zwar verschlechterte, aber hinsichtlich der Prävention vor Zahntraumata unerlässlich ist. Dennoch verursachte der iMS im Vergleich zur neutralen Ausgangsmessung ohne Mundschutz weniger negative Veränderungen der Oberkörperstatik als der kMS, da die Mittelwerte des iMS denen der neutralen Messung annähernd gleichen. Negative Auswirkungen auf das Spielverhalten sind weniger denkbar.

Ferner sollte in diesem Zusammenhang die Aussagen der Spieler berücksichtigt werden, dass durch das angenehmere Tragegefühl des neuen, individuell hergestellten Mundschutzes ebenfalls besser Luft geholt und während des Spiel besser miteinander kommuniziert werden kann, ohne diesen während des Spiels aus dem Mund nehmen zu müssen und somit kurzzeitig vom Spielgeschehen abgelenkt zu sein. Trotz der z.T. verschlechterten Körperstatik beim Stehen sollten die subjektiven Aussagen der Spieler in die Gesamtbeurteilung integriert werden. Denn Fakt ist, dass bei solchem Leistungsniveau, wie es bei den Probanden dieser Studie der Fall ist, die präventive Komponente des Mundschutzes unerlässlich ist. Zwar resultieren Verschlechterungen der Körperstatik durch den individuell hergestellten Mundschutz im Vergleich zur neutralen Messung in normaler Bissposition, allerdings wirken sich diese weniger negativ gegenüber der Ausgangsposition aus als es bei einem konfektionierten Mundschutz der Fall ist. So sollte bei der Anschaffung eines Mundschutzes eher auf einen individuell hergestellten Mundschutz in zentrischer Kondylenposition zurückgegriffen werden. Die subjektive Einschätzung der Spieler unterstützt dies aufgrund eines angenehmeren Tragegefühls. In

diesem Zusammenhang sollte der grundsätzlich positiven subjektiven Einschätzung bezüglich des iMs eine besonderer Stellenwert zugesprochen werden, da so ein negativer Einflussfaktor wegfällt, der die Konzentration beim Spielen beeinflussen könnte.

Letztlich ist eine Veränderung der Oberkörperstatik durch beide Mundschutze statistisch zu belegen. Dabei muss festgehalten werden, dass die Stellung des Kiefergelenks eine bedeutende Komponente im Hinblick auf die einzelnen Auswertungsparameter darstellt. Die Bewertung, dass sich die Oberkörperstatik durch das Tragen eines Mundschutzes verschlechtert, resultiert aus dem Vergleich zur neutralen Messposition, die als Referenzmessung dient und sich hier im Durchschnitt aus der Haltung dieser Probanden zusammensetzt.

Mittels der vorliegenden Ergebnisse kann bestätigt werden, dass eine okklusale Veränderung in Form eines Aufbissbehelfs in der Lage ist eine Veränderung der Körperhaltung hervorzurufen (5,6,8,10,13,18). Allerdings kommen Bacco et al. (5), Lai et al. (10), Arent et al. (1) sowie Ohlendorf et al. (14) zu einer Verbesserung durch das Tragen eines Aufbissbehelf bzw. einer Schiene, was die vorhandenen Daten nicht bestätigen können, da sich die Körperstatik ohne Tragen eines Mundschutzes als beste Körperhaltung herauskristallisiert hat.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen ebenso die unterschiedlichen Veränderungen in der Körperstatik als auch in der Körperdynamik, verursacht durch unterschiedliche Herstellungsverfahren eines Mundschutzes. Bisher sind die ausgelösten neuromuskulären Auswirkungen nur spekulativ. Es wird deutlich, dass weitere Studien notwendig sind, um einen Mundschutz zu entwickeln, der neben präventiven Eigenschaften auch positiv Effekte auf die Beweglichkeit und die sportliche Leistung auslöst.

Zusammenfassung

Anhand der vorgelegten Untersuchung wird deutlich, dass der Mundschutz nicht nur eine protektorische Wirkung hat, sondern sich gemäß seiner Herstellungsart unterschiedlich auf die dreidimensionale Rückenstatik auswirken kann. Diesbezüglich lösen beide Mundschutze gegenüber der neutralen Messung in habitueller Bissposition ohne Mundschutz negative Oberkörperveränderungen beim Stehen aus. Beim Vergleich beider Mundschutze ruft der individuell hergestellte Mundschutz geringere, negative Effekte hervor als der konfektionierte Mundschutz.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: keine.

LITERATUR

- AREN'T SM, MCKENNA J, GOLEM DL: Effects of a neuromuscular dentistrydesigned mouthguard on muscular endurance and anaerobic power. *Comparative Exercise Physiology* (2010). doi:10.1017/S1755254010000231.
- BARLETT R: *Sports Biomechanics*. Spoon Press, Abingdon, 1999, 88-89.
- BEMELMANS P, PFEIFFER P: Häufigkeit von Zahn-, Mund- und Kieferverletzung und Bewährung von Mundschutten bei Spitzensportlern. *Sportverletz Sportschaden* 14 (2000) 139-143. doi:10.1055/s-2000-8950.
- BIASCA N, LOVELL MR, COLLINS MW, JORDAN BD, MATSER E, WEBER J, SLEMMER JE, PICCININI P, MAXWELL W, AGOSTI R, WIRTH S, SCHNEIDER T: Die unerkannte Hirnverletzung im Sport: Das leichte Schädel-Hirn-Trauma und seine Folgen. Teil 2. *Schweiz Med Forum* 6 (2006) 121-128.
- BRACCO P, DEREGIBUS A, PISCETTA R: Effects of different jaw relations on postural stability in human subjects. *Neurosci Lett* 356 (2004) 228-230. doi:10.1016/j.neulet.2003.11.055.
- FUJIMOTO M, HAYAKAWA I, HIRANO S, WATANABE I: Changes in gait stability induced by alteration of mandibular position. *J Med Dent Sci* 48 (2001) 131-146.
- HACKENBERG L, HIERHOLZER E, BULLMANN V, LILJENQVIST U, GÖTZE C: Rasterstereographic analysis of axial back surface rotation in standing versus forward bending posture in idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 15 (2006) 1144-1149.
- KLEMM S: Okklusionsstörungen und Beweglichkeit der Halswirbelsäule. *Man Med* 47 (2009) 255-260. doi:10.1007/s00337-009-0693-y.
- KNOBLOCH K, ROSSNER D, JAGODZINKI M, ET AL. Prävention von Schulsportverletzungen-Analyse von Ballsportarten bei 2234 Verletzungen. *Sportverletz Sportschaden* 19 (2005) 82-88. doi:10.1055/s-2005-858142.
- LAI V, DERIU F, CHESSA G: The influence of occlusion on sporting performance. *Minerva Stomatol* 53 (2004) 41-47.
- LILJENQVIST U, HABN H, HIERHOLZER E, DRERUP B, WEILAND M: 3-dimensionale Oberflächenvermessung von Wirbelsäulendeformitäten mit der Videorasterstereographie. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 136 (1998) 57-64. doi:10.1055/s-2008-1044652.
- LIPPERT H: *Lehrbuch Anatomie*. Urban & Fischer Verlag, München, 2003, 132-139.
- OHLENDORF D, GARCIA N, TURBANSKI S, SCHMIDTBLEICHER D, KOPP S: Effekte eines individuell angepassten Sportmundschutzes auf die funktionelle Wirbelsäulenstellung beim Feldhockey. *Dtsch Z Sportmed* 12 (2011) 16-20.
- OHLENDORF D, RIEGEL M, KOPP S: Wirken sich Veränderungen der Unterkieferlage auf sportmotorische Tests aus? *Medical Sports Network* 6 (2011) 44-48.
- SAKAGUCHI K, MEHTA NR, ABDALLAH EF, FORGIONE AG, HIRAYAMA H, KAWASAKI T, YOKOYAMA A: Examination of the relationship between mandibular position and body posture. *Cranio* 25 (2007) 237-249.
- SCHWENZER N: Sporttraumatologie des Kiefer- und Gesichtsbereiches. *Dtsch Z Sportmed* 11 (2000) 369-373.
- SINGH GD, MAHER GJ, PADILLA RP: Customized mandibular orthotics in the prevention of concussion/mild traumatic brain injury in football players: a preliminary study. *Dent Traumatol* 25 (2009) 515-521. doi:10.1111/j.1600-9657.2009.00808.x.
- URBANOWICZ M: Alteration of vertical dimension and its effect on head and neck posture. *Cranio* 9 (1991) 174-179.
- WOLLNY R: *Bewegungswissenschaft*. Meyer & Meyer Verlag, Aachen, 2007.

Korrespondenzadresse:

Dr. Daniela Ohlendorf

Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Poliklinik für Kieferorthopädie

Theodor-Stern-Kai 7, Haus 29

60596 Frankfurt am Main

E-Mail: ohlendorf@med.uni-frankfurt.de