

Moderne Gesichtsschutzmasken im Profi-Ballsport – eine Fallstudie

State of the Art: Protection Masks in Professional Sports – a Case Study

ACCEPTED: January 2017

PUBLISHED ONLINE: February 2017

DOI: 10.5960/dzsm.2017.270

Steiner T, Raith S, Steegmann J, Fischer H, Hölzle F. Moderne Gesichtsschutzmasken im Profi-Ballsport – eine Fallstudie. Dtsch Z Sportmed. 2017; 68: 43-46.

Zusammenfassung

- › **Einleitung:** Die Inzidenz knöcherner Verletzungen im Bereich des Gesichtsschädels beträgt 23,9%. Um die Ausfallzeit im Profisport so gering wie möglich zu halten, werden heute Schutzmasken beim Training und im Spiel eingesetzt. Diese stellen eine sehr gut unterstützende Möglichkeit zum verbesserten Schutz des frakturierten Bereichs dar. Neue berührungsfreie Scan-Verfahren vereinfachen ihre Herstellung und verbessern ihren Einsatz. Als Material werden in der Regel polymergebundene Kohlenstofffaser-Laminare (Karbon) oder Polymethylmethacrylat verwendet.
- › **Material & Methoden:** Im digitalen Herstellungsverfahren durch optische Erfassungsmethoden und die direkte Umwandlung durch einen 3D-Drucker in ein Positiv kann eine verbesserte Passgenauigkeit erzielt werden. Am konkreten Fall eines Profifußballers haben wir die konventionelle Abformmethode mit der modernen Scanmethode verglichen.
- › **Ergebnisse:** Es zeigte sich eine deutlich verbesserte geometrische Übereinstimmung zwischen der mittels digital assistiertem Verfahren hergestellten Maske und der Hautoberfläche des Patienten, als dies bei der nach konventionellem Verfahren hergestellten Maske der Fall war. Die konventionelle Maske zeigte eine mittlere Abweichung von 1,57mm mit einem maximalen Differenzwert von 5,62mm. Die mit dem Scan-Verfahren erstellte Maske hingegen wies eine mittlere Abweichung von lediglich 0,99mm mit einem maximalen Differenzwert von 6,18mm auf.
- › **Schlussfolgerung:** Die Genauigkeitsuntersuchungen zeigen, dass die Scan-Variante in unserem Fallbeispiel genauer ist als die konventionell hergestellte Schutzmaske. Eine gezielte Abstützung der Maske zur Schonung der Fraktur ist vom Kliniker dadurch exakter einstellbar.

Summary

- › **Introduction:** The incidence of bony injuries in the area of the facial skeleton is 23.9%. To minimize downtime in professional sports as much as possible, protection masks are used today during training and matches. New non-contact scanning methods simplify their production and improve the application. As material resin-based carbon fiber laminates or polymethyl-methacrylate are generally utilized.
- › **Material & Methods:** A positive, improved fit can be achieved by methods of optical detection and the direct conversion by 3D printing. Using the example of a professional soccer player as a case study, we compared the conventional impression technique with the modern scanning method.
- › **Results:** There was a considerably improved geometric correspondence between the mask produced by the digitally-assisted method and the skin surface of the patient, in comparison with the mask produced by conventional methods. The conventional mask showed a mean difference of 1.57mm with a maximum difference value of 5.62mm. The mask manufactured using the scanning method, however, showed an average deviation of only 0.99mm with a maximum difference value of 6.18mm.
- › **Conclusion:** Our study reveals that the scan version is more precise in our case study than the conventionally-manufactured protection mask. Targeted support of the mask to protect the fracture is thereby more accurately adjustable by the clinician thereby.

SCHLÜSSELWÖRTER:

Protektionsmaske, Gesichtsscan, 3D Druck, Fußball, Jochbeinfraktur

KEY WORDS:

Protection Mask, Face Scan, 3D Printing, Soccer, Zygoma Fracture

Einleitung

Die Inzidenz von Kopfverletzungen beim Fußball liegt bei 23,9% (15). Während die meisten Verletzungen ein geringes Trauma darstellen, entsteht gerade beim Kopfball oder beim gegnerischen Einsatz des Ellbogens die Gefahr einer Fraktur im Bereich des Mittelgesichts (10, 16). Dabei handelt es sich mit einem Durchschnittsalter von 21-30 Jahren wesentlich häufiger um Männer mit einem Verhältnis

von 6,6-43,6:1 gegenüber Frauen (4, 14, 17). Es dominieren einfache Mittelgesichtsfrakturen im Bereich des Nasenbeins und des zygomatico-orbitalen Komplexes (10, 14, 17, 18).

Um die Ausfallzeit im Profisport so gering wie möglich zu halten, werden heute Schutzmasken für Training und Spiel eingesetzt. Etabliert hat sich hierzu eine Methode, die durch direkte, >

1. UNIVERSITÄTSKLINIKUM RWTH AACHEN, Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Aachen
2. UNIVERSITÄTSKLINIKUM RWTH AACHEN, Zahnärztliche Werkstoffkunde und Biomaterialforschung, Aachen



Article incorporates the Creative Commons Attribution – Non Commercial License. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

KORRESPONDENZADRESSE:

Dr. med. Dr. med. dent. Timm Steiner
Dr.-Ing. Stefan Raith
Universitätsklinikum RWTH Aachen
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen
✉: tsteiner@ukaachen.de
✉: sraith@ukaachen.de

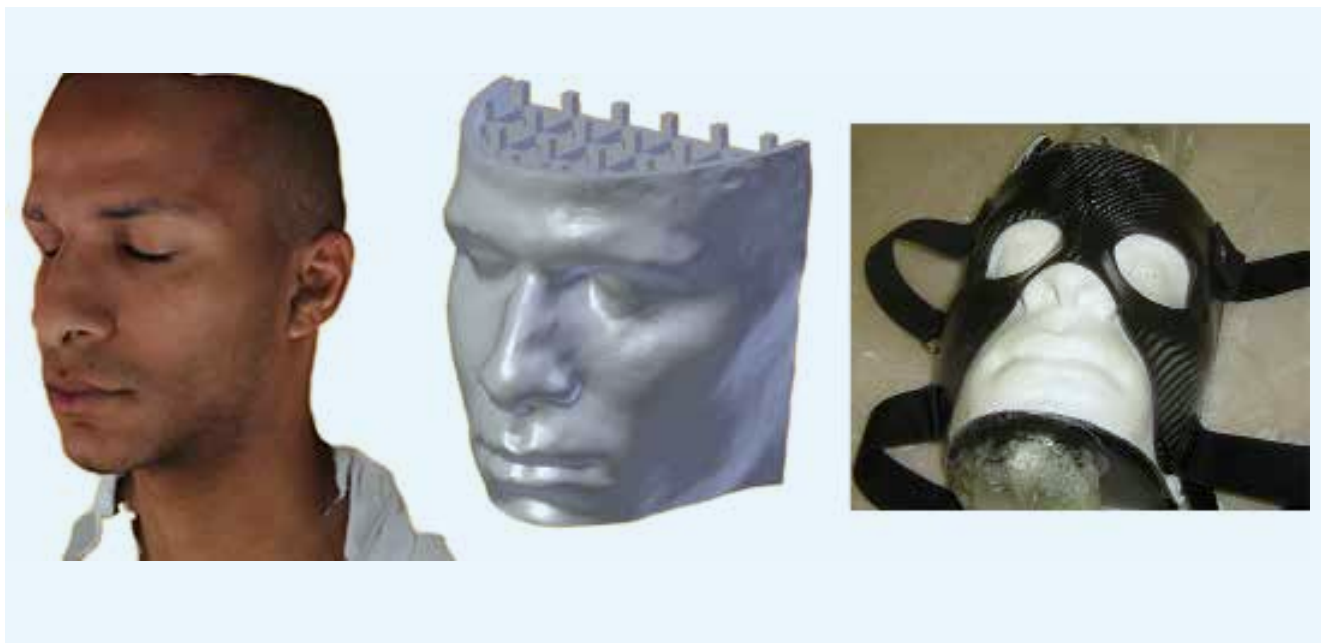


Abbildung 1

Dreidimensionaler Scan-Datensatz mit Textur, wie er vom Scanner erfasst wird (links), Virtuelle Modellerstellung für den Pulverbett-basierten 3D-Druck durch definiertes Tiefenoffset und Erstellung einer gitterförmigen Stützstruktur (Mitte) und fertige Protektionsmaske angepasst an das gedruckte Gesichtsmodell.

manuelle Gips-Alginat-Abformung ein Negativ erstellt, welches in einem weiteren Arbeitsschritt in ein Positiv umgewandelt wird, auf dem schließlich die eigentliche Maske mittels eines Vakuumverfahrens aus Karbon oder Kunststoff (Polymethylmethacrylat) gefertigt wird (16). Dieser Prozess ist aufwendig, zeitintensiv und stellt durch das manuelle Andrücken beim Abformen eine unangenehme Situation für den Probanden dar. Eine alternative, innovative Methode zur Erstellung von Gesichtsprotektionsmasken ist die Verwendung von optischen Erfassungsmethoden und einer automatisierten Herstellung einer Gesichtspositiv-Form mittels moderner 3D-Drucktechniken. Im Folgenden wird diese Methode anhand eines Fallbeispiels eines Profisportlers beschrieben und angewendet.

Als Anforderung an eine möglichst optimale Gesichtsmaske gilt neben dem Schutz der Frakturzone eine hohe Passgenauigkeit mit einer entsprechend guten und flächigen Kraftübertragung auf die Abstützungszonen (1). Weiterhin sind ein leichtes und dünn zu verarbeitendes Material mit einer möglichst hohen Belastbarkeit und ohne Einschränkung des Gesichtsfeldes erstrebenswert (16). Die Dicke von konventionellen Sportmasken differiert je nach Material zwischen 2mm und 10mm (9). In der Literatur wird neben Polycarbonat auch eine Kombination aus synthetischem Kautschuk (z. B. Neopren) und Polyethylen beschrieben (3, 9).

Im Training und vor allem im Spiel kommt es bei Profisportlern häufig zu Verletzungen, die meist bei direktem Kontakt traumatisch bedingt sind (7). Bereits 1998 untersuchten Hill et al. in einer Studie die Verteilung der Verletzungen im oberen, mittleren und unteren Gesichtsbereich und stellten fest, dass die meisten Verletzungen im oberen Drittel des Gesichts, weniger im mittleren Anteil des Gesichts und die wenigsten Verletzungen im unteren Gesichtsbereich auftreten (13). Der Anteil der Frakturen im Gesichtsbereich liegt beim Fußball im Vergleich zu anderen Sportarten bei 8,1% (13). Cerulli et al. untersuchten 2002 sieben verschiedene Sportdisziplinen, wobei beim Fußball mit 73,9% die meisten Frakturen festgestellt wurden (4). Auch im Kopfbereich ist Fußball die am häufigsten mit Frakturen assoziierte Sportart (27,8 bis 38,1%) (14, 18).

Material & Methoden

Es wurde ein auf Gesichtserfassung spezialisierter 3D-Scanner (3D-Shape, Erlangen) eingesetzt, welcher mit Streifenlichtprojektion arbeitet (Abb. 1). Der dadurch entstandene Datensatz im .obj-Format wurde dann für einen 3D-Pulverbett Drucker (Spectrum Z510, Z-Corporation, Burlington, USA) genutzt, um ein Positiv aus einem gipsähnlichen Werkstoff herzustellen. Die so entstandene Positivform dient als Grundlage für die Anformung einer Carbon-Maske (konventionelle Vakuummethode, Abb. 1) mit einer Dicke von 2-3mm durch einen Orthopädietechniker.

Beim selben Probanden wurde eine konventionelle Gesichtsabformung durchgeführt, so dass eine Vergleichsform zur Verfügung stand (12, 16). Beide Masken wurden retrospektiv mit demselben 3D-Scanner digitalisiert, wobei die reflektierenden Karbonoberflächen vorab mit einem Puder bestäubt wurden und durch einen Versatz in Normalenrichtung die Innenseiten der Masken rekonstruiert wurden. Diese Datensätze wurden am Computer in ihrer dreidimensionalen Form mit der gescannten Gesichtsoberfläche verglichen, um die geometrische Übereinstimmung zu quantifizieren. Hierbei wurden zunächst die jeweils zu vergleichenden Oberflächen mit einem Best-Fit-Verfahren übereinander positioniert und durch einen Projektionsalgorithmus die dreidimensionalen Abweichungen über die gesamte Oberfläche der Maske berechnet (5). In diesem Verfahren werden zu jedem Punkt auf der Oberfläche des Maskenscans die nächstgelegenen Punkte auf der korrespondierenden Gesichtsoberfläche gefunden, die jeweiligen Abstände aufsummiert und daraus der Mittelwert berechnet.

Ergebnisse

Die konventionelle Maske zeigte eine mittlere Abweichung von 1,57mm mit einem maximalen Differenzwert von 5,62mm (Abb. 2). Die mit dem digitalen Verfahren erstellte Maske hingegen wies eine mittlere Abweichung von lediglich 0,99mm mit einem maximalen Differenzwert von 6,18mm auf. Im

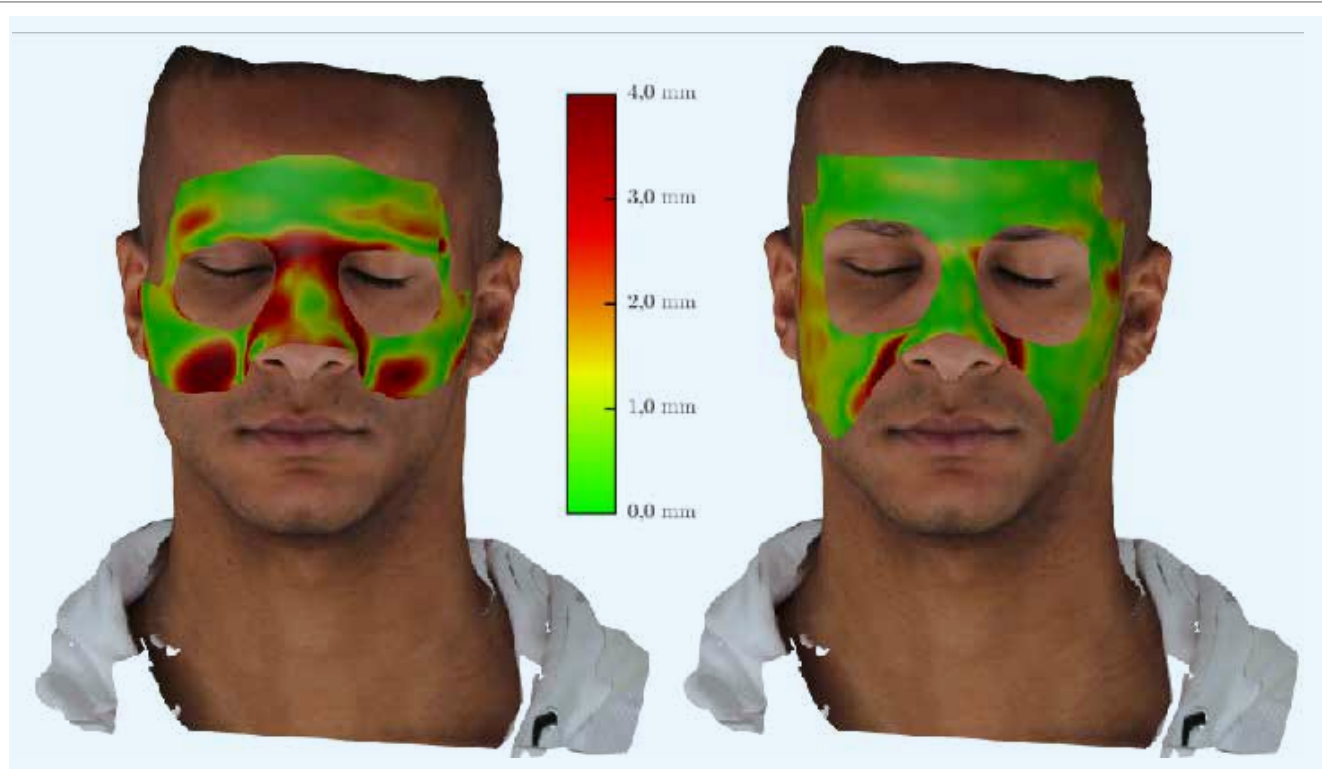


Abbildung 2

Virtueller, dreidimensionaler Oberflächenvergleich zwischen den Innenseiten der Protektionsmasken und der eingescannten Gesichtsoberfläche. Links: Mit konventioneller Abdruckmethode erstellte Maske. Hier zeigen sich insbesondere im Bereich der Nasenwurzel und unterhalb der Jochbeinbögen großflächige Bereiche mit hohen Abweichungen zwischen Gesichtsscan und Maskenninnenseite. Rechts: Über die digitale Prozesskette erstellte Maske. Hier zeigen sich nur im Bereich der Nasenflügel größere Abweichungen. Im überwiegenden Bereich der Maske zeigt sich eine sehr gute geometrische Übereinstimmung.

Vergleich wurde von dem Spieler angegeben, dass die digital hergestellte Maske eine sehr gute Passgenauigkeit bei vergleichsweise geringem Gewicht ausweise. Eine Beeinträchtigung des Sportlers in Training oder Spiel wurde verneint.

Diskussion

Die Herstellung von Sportmasken zur schnellstmöglichen Rückführung von Profisportlern in den Spielbetrieb und zur Prävention einer erneuten Fraktur wurde in den letzten Jahren zunehmend digitalisiert und verbessert (2, 6, 9). Da gerade bei Frakturen im Gesichtsbereich eine hohe Gefahr einer dauerhaften funktionellen, aber auch psychologischen Einschränkung und einer damit verbundenen möglichen Invalidität besteht, sollte der Schutz und die Prophylaxe einer Re-Fraktur einen noch höheren Stellenwert einnehmen und in die Entscheidung des Kliniklers einfließen (6).

Während bei konventionell hergestellten Masken noch eine direkte Abformung mit der Gefahr von Hautirritationen und Ungenauigkeiten durch Bewegungsartefakte entsteht, ist es durch 3D-Scanner und Drucker möglich, sofort und berührungsfrei ein Positiv des Patienten zu erstellen. Dies spart nicht nur Material und die Zeit des Kliniklers, sondern ermöglicht auch die Herstellung einer sehr gut passenden Maske innerhalb eines Werktages. Bewegungsartefakte, wie sie bei der Abdrucknahme regelmäßig entstehen, stellen somit keine Fehlerquelle mehr dar (3).

Die durchgeführten Passgenauigkeits-Untersuchungen zeigen, dass durch die Scan-Variante im präsentierten Fallbeispiel die mittlere dreidimensionale Abweichung von 1,57 auf 0,99 mm im Vergleich zur konventionell hergestellten Protektionsmaske verbessert werden konnte. Diese erhöhte Passgenauigkeit stellt

eine deutliche Verbesserung des Tragekomforts für den Patienten dar und beeinträchtigt ihn nach eigener Aussage deutlich weniger bei der Ausübung seines Sports.

Gründe für den schlechten Sitz der konventionell hergestellten Maske im Bereich der weichen Wangenregion unter den Jochbeinbögen sind darin zu vermuten, dass bei der Erstellung des manuellen Gipsabdruckes eine beträchtliche Weichgewebsverformung unvermeidbar ist (3). Die Vermeidung dieser Verformung bei der digitalen Geometrieerfassung stellt die entscheidende Verbesserung bei der innovativen Methode dar. Des Weiteren stellt die Vermeidung von jeglichen mechanischen Belastungen auf die traumatisch vorgeschädigten Gesichtsrregionen eine erhebliche Erleichterung für die Patienten dar. Somit konnte durch das computergestützte, digitale Verfahren ein Mehrwert generiert werden. Unter Berücksichtigung dieses verbesserten Ergebnisses und des zeitlichen Vorteils, der durch das Umgehen der Gips Alginat-Abformung erreicht werden kann, sind die zusätzlichen Kosten, welche durch den 3D-Druck entstehen, gerechtfertigt.

Die Gesamtabstützung der Masken erfolgt über mindestens drei knöchernen Abstützungszonen und wird je nach Frakturtyp und -ausdehnung durch den behandelnden Klinikler festgelegt. Bei punktförmiger Krafteinwirkung gelingt so die Übertragung der Energie auf mehrere Bereiche des Gesichtsschädels und die Frakturzone wird entlastet (6, 16).

Die Rückkehr in den Spielbetrieb wird je nach Literatur zwischen 4 und 21 Tagen angegeben (8, 16). Die Einschätzung zur Wiederaufnahme des Trainings bzw. des Spiels muss individuell nach klinischer und radiologischer Beurteilung durch den Klinikler erfolgen. Die Protektionsmaske stellt allerdings eine gute Möglichkeit zur deutlich schnelleren Rehabilitation dar. Dies ist oft nach 10 Tagen bereits möglich (16). >

Aufgrund der relativ geringen Inzidenz von Frakturen im Fußballsport wird ein prophylaktischer Einsatz nicht als sinnvoll erachtet und muss im Einzelfall geprüft werden (4). So wird eine Sportmaske lediglich als Unterstützungsgerät zur Rehabilitation vom Internationalen Weltfußballverband (FIFA) erlaubt und erst nach Prüfung durch den jeweiligen Schiedsrichter vor Spielbeginn zugelassen (11).

Ein weiterer potentieller Vorteil des digitalen Verfahrens ist die Möglichkeit, eine Gesichtsschwellung am Computer virtuell zu subtrahieren. Auf diese Weise kann die Erfassung der Gesichtsgeometrie perioperativ erfolgen, wodurch sich ein zusätzlicher Zeitgewinn gegenüber dem konventionellen Verfahren ergibt.

Fazit

Protektionsmasken sind mittels 3D-Scan und 3D-Druckverfahren ausreichend schnell herstellbar. Abhängig vom klinischen Befund gibt es für ihren Einsatz keine Verzögerung im Sinne einer Herstellungszeit mehr. Die unangenehme Abformungsprozedur, die auch zu Hautirritationen führen kann, ist nicht mehr notwendig. Eine erhöhte Passgenauigkeit konnte in der Studie für die digitale Herstellungsvariante bestätigt werden. Weitere Studien sind notwendig, um diese Ergebnisse zu stützen. ■

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

Keine

Literatur

- (1) BISHOP PA, BALILONIS G, DAVIS JK, ZHANG Y. Ergonomics and Comfort in Protective and Sport Clothing: A Brief Review. *J Ergonomics*. 2013; S2: 005. doi:10.4172/2165-7556.S2-005
- (2) CASCONI P, PETRUCCI B, RAMIERI V, MARIANETTI TM. Security Hi-tech Individual Extra-light Device Mask: a new protection for [soccer] players. *J Craniofac Surg*. 2008; 19: 772-776. doi:10.1097/SCS.0b013e31816b1ad4
- (3) CAZON A, AIZPURUA J, PATERSON A, BIBB R, CAMPBELL RI. Customised design and manufacture of protective face masks combining a practitioner-friendly modelling approach and low-cost devices for digitising and additive manufacturing. *Virtual Phys Prototyp*. 2014; 9: 251-261. doi:10.1080/17452759.2014.958648
- (4) CERULLI G, CARBONI A, MERCURIO A, PERUGINI M, BECELLI R. Soccer-Related Craniomaxillofacial Injuries: Journal of Craniofacial Surgery. *J Craniofac Surg*. 2002; 13: 627-630. doi:10.1097/00001665-200209000-00006
- (5) EDER M, RAITH S, JALALI J, VOLF A, SETTLES M, MACHENS H-G, KOVACS L. Comparison of Different Material Models to Simulate 3-D Breast Deformations Using Finite Element Analysis. *Ann Biomed Eng*. 2014; 42: 843-857. doi:10.1007/s10439-013-0962-8
- (6) FARRINGTON T, ONAMBELE-PEARSON G, TAYLOR RL, EARL P, WINWOOD K. A review of facial protective equipment use in sport and the impact on injury incidence. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2012; 50: 233-238. doi:10.1016/j.bjoms.2010.11.020
- (7) FAUDE O, RÖSSLER R, JUNGE A. Football Injuries in Children and Adolescent Players: Are There Clues for Prevention? *Sports Med*. 2013; 43: 819-837. doi:10.1007/s40279-013-0061-x
- (8) FOWELL CJ, EARL P. Return-to-play guidelines following facial fractures. *Br J Sports Med*. 2013; 47: 654-656. doi:10.1136/bjsports-2012-091697
- (9) GHOSEIRI K, GHOSEIRI G, BAVI A, GHOSEIRI R. Face-protective orthosis in sport-related injuries. *Prosthet Orthot Int*. 2012; 4-6. doi:10.1177/0309364612463929
- (10) GOLDENBERG DC, DINI GM, PEREIRA MD, GURGEL A, BASTOS EO, NAGARKAR P, GEMPERLI R, FERREIRA LM. Soccer-related Facial Trauma: Multicenter Experience in 2 Brazilian University Hospitals. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2014; 2: e168. doi:10.1097/GOX.0000000000000129
- (11) HAUG SP, HAUG RH. Fabrication of a facial orthotic for protection of a fractured nose. *J Oral Maxillofac Surg*. 1992; 50: 765-766. doi:10.1016/0278-2391(92)90117-1
- (12) HEISE M, EUFINGER H, RARRECK T. Individueller Gesichtsschutz nach Frakturversorgung am Nasenbein und Jochbogen bei Profifussballern. *Mund Kiefer Gesichtschir*. 2001; 5: 320-322. doi:10.1007/s100060100302
- (13) HILL CM, BURFORD K, THOMAS DW, MARTIN A. A one-year review of maxillofacial sports injuries treated at an accident and emergency department. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 1998; 36: 44-47. doi:10.1016/S0266-4356(98)90747-1
- (14) HWANG K, YOU SH. Analysis of facial bone fractures: An 11-year study of 2,094 patients. *Indian J Plast Surg*. 2010; 43: 42-48. doi:10.4103/0970-0358.63959
- (15) KOLODZIEJ MA, KOBLITZ S, NIMSKY C, HELLWIG D. Mechanisms and consequences of head injuries in soccer: a study of 451 patients. *Neurosurg Focus*. 2011; 31: E1. doi:10.3171/2011.10.FOCUS11184
- (16) PROCACCI P, FERRARI F, BETTINI G, BISSOLOTTI G, TREVISIOL L, NOCINI PF. Soccer-Related Facial Fractures: postoperative management with facial protective shields. *J Craniofac Surg*. 2009; 20: 15-20. doi:10.1097/SCS.0b013e3181909c55
- (17) ROBERTSON GAJ, WOOD AM, BAKKER-DYOS J, AITKEN SA, KEENAN ACM, COURT-BROWN CM. The Epidemiology, Morbidity, and Outcome of Soccer-Related Fractures in a Standard Population. *Am J Sports Med*. 2012; 40: 1851-1857. doi:10.1177/0363546512448318
- (18) RUSLIN M, BOFFANO P, TEN BRINCKE YJD, FOROUZANFAR T, BRAND HS. Sport-Related Maxillo-Facial Fractures. *J Craniofac Surg*. 2016; 27: e91-e94. doi:10.1097/SCS.00000000000002242