



Zusammenfassung

Die visuelle Leistungsfähigkeit hat in den Rückschlagsportarten (u. a. Tennis, Tischtennis, Beachvolleyball) eine wesentliche Bedeutung für die Bewegungskoordination und die Gleichgewichtsregulation. Die hohen Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten und die Notwendigkeit, Ballflugwege und Gegnerverhalten visuell zu erfassen, um den Ball im richtigen Moment an der richtigen Stelle im Raum zu treffen, beanspruchen in hohem Maße die Kapazität und Präzision des optischen Analysators. Sport- und Rückschlagspieler sollten daher als visuelle Mehrkämpfer über eine gute Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit und Tiefenwahrnehmung sowie ein gutes Bewegungssehen und peripheres Sehen verfügen. Die auch im Spitzensport konstant hohe Zahl an Fehlsichtigen, die ihren Sport ohne Sehhilfe ausüben, sowie der enge Zusammenhang zwischen der visuellen Leistungsfähigkeit und der motorischen Leistung zeigen, dass regelmäßige Sehtests auch aus unfall- und verletzungsprophylaktischer Sicht dringend notwendig sind, um Defizite möglichst frühzeitig aufzeigen und optisch korrigieren zu können. Aufgrund der nachgewiesenen Trainierbarkeit visueller Teilleistungen, v. a. der blickmotorischen Leistungsfähigkeit, sollte die sportartspezifische Wahrnehmungsschulung ein elementarer Bestandteil des Trainings sein.

Schlüsselwörter

Rückschlagsportarten– visuelle Leistungsfähigkeit– Fehlsichtigkeit– Sehschärfe– Wahrnehmungsschulung

G. Jendrusch

Visual performance in racquet sports – importance, diagnostics and intervention

Summary

In racquet sports (e. g. tennis, table tennis as well as volleyball or beach volleyball) vision has a crucial importance for movement control and balance regulation. The high ball and action

REVIEW / SPECIAL ISSUE

Visuelle Leistungsfähigkeit in den Rückschlagsportarten – Bedeutung, Diagnostik und Intervention

Gernot Jendrusch

Gernot Jendrusch, Lehr- und Forschungsbereich Sportmedizin und Sporternährung, Fakultät für Sportwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

Eingegangen/submitted: 26.11.2018; überarbeitet/revised: 18.01.2019; akzeptiert/accepted: 21.01.2019

Online verfügbar seit/Available online: 13.02.2019

Einleitung

Für den sportlichen Erfolg spielt die visuelle Leistungsfähigkeit zweifellos eine bedeutende Rolle, insbesondere in den schnellen Ball- und Rückschlagsportarten [8,9,21,27]. So beansprucht z. B. die visumotorische Leistung beim Tennis eine zielgerichtete visuelle Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, die durch die Flugkurve des Balles gesteuert wird, und ihrerseits eine gezielte motorische Innervation des Arms und des ganzen Körpers steuert. Das Ziel des Balltreffens im richtigen Moment an der richtigen Stelle im Raum wird mit dem weiteren Ziel des angestrebten Auftreffpunkts im gegnerischen Feld sowie dem dabei als Hindernis zu überwindenden Netz über multisensorisch gespeiste Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse räumlich und zeitlich hochgerechnet (extrapoliert) [1,6,8,16,19].

Auf der anderen Seite zeigen Erhebungen in verschiedenen Sportarten, dass ca. 20% der Spitzensportler(innen) ihren Sport fehlsichtig, d.h. ohne eigentlich erforderliche Sehhilfe

oder mit unzureichender Korrektur, ausüben. Diese Sportler muss(t)en in Folge mit einer adäquaten Korrektur (in den meisten Sportarten mit Kontaktlinsen) ausgestattet werden [9–11,14]. Spitzensport ist speziell in den schnellen Rückschlag- und Sportspielen häufig auch ein visueller Mehrkampf [27, S. 67], bei dem nicht nur die Sehschärfe im Fokus steht. Der Sportspieler wird folglich zum visuellen Mehrkämpfer und Informationsmanager [28], womit v. a. auf die Bedeutung der wahrnehmungsbezogenen Qualifikationsmerkmale, z. B. entsprechende Seh- und Wahrnehmungsleistungen und Blickstrategien, hingewiesen wird (vgl. Tabelle 1, exemplarisch am Beispiel Beachvolleyball) [28].

Visuelle Leistungsdiagnostik muss folglich die einzelnen Disziplinen dieses visuellen Mehrkampfes (Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit, Räumliches Sehen/Tiefensehen, Peripheres Sehen/Gesichtsfeld, Dynamisches Sehen/Blickmotorische Leistung, Antizipationsleistung u. a.) widerspiegeln [11,14]. Im Folgenden sollen einige Disziplinen dieses Mehrkampfes sowie Aspekte der

speeds, and the need to visually “capture” (or anticipate) the ball flight paths and the opponent behavior, in order to hit the ball in the right moment and at the right place, make a significant contribution to the capacity and precision of the optical analyzer. As a visual allrounder a sports player should be powerful in visual acuity, contrast sensitivity, depth perception, motion perception and peripheral vision. The constantly high rate of ametropic athletes, which are practicing their sport without glasses or contact lenses (also in elite sports) and the correlation between eyesight and motor performance shows, that regular eyesight tests are necessary also from accident and injury prophylactic view. Eyesight tests should be an inherent part of health diagnostics in order to enable the detection and correction of deficits early. Furthermore, the fundamental ability to train individual components of visual performance (especially oculomotor performance) is scientifically established. That’s why sports-specific perceptual training should be an important part of the training.

Keywords

racquet sports – visual performance – ametropia – visual acuity – perception training

Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung näher betrachtet werden.

Häufung hoher Visuswerte und Tendenz zu besserem peripheren Sehen bei Spitzensportlern

Erhebliche Visusminderungen führen selbst beim Vorliegen automatisierter Bewegungsabläufe zu koordinativen und damit technomotorischen Verschlechterungen [23,25,26]. Auf der anderen Seite zeigen zahlreiche Studien, dass künstlich herbeigeführte beidäugige Reduktionen der Sehschärfe unabhängig vom Leistungsniveau die Präzision der Auge-Hand-(Schläger-)Koordination z. B. im Basketball, Tennis oder Tischtennis (vgl. Abb. 1) nur unwesentlich beeinflussen [3,9,11,23]. Das heißt, die Ballflugkurve kann zumindest in isolierten Spielsituationen bzw. bei Zuspiel des

Balles z. B. mit einer Ballmaschine trotz deutlicher Sehschärfeminderung noch so gut gelesen werden, dass die Auge-Hand-(Schläger-)Koordination funktioniert (Abb. 1). In rückschlagspiel-/sportspieltypischen Situationen werden oft auch hohe Anforderungen an die Detailwahrnehmung gestellt: So kann z. B. das Erkennen der Ballnaht auf dem Tennisball oder der Schrift auf dem Tischtennisball und deren Verschiebung Rückschlüsse auf die Drallrichtung erlauben [9–11,21]. Daneben kann die Sehschärfe quasi als Grundvoraussetzung auch andere visuelle Teilleistungen, z. B. das Tiefensehvermögen und die Dämmerungsehschärfe, beeinflussen. Folglich sind individuell möglichst hohe Sehschärfewerte zu fordern. Analysen der ARAG-Sportversicherung zeigen, dass z. B. beim Skisport ca. 80% der Stürze ohne Fremdbeteiligung auf Seh- und Wahrnehmungsfehler oder Unaufmerksamkeit –

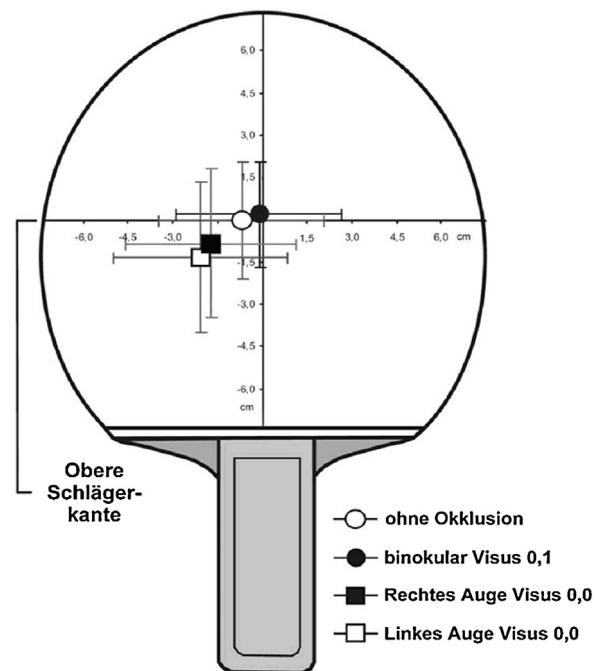


Abb. 1

Treffpunkte auf der Schlagfläche beim Rückhand-Slice im Tischtennis mit künstlichen Visusreduktionen (Sehschärfeherabsetzung) [23].

meist verbunden mit einem Fahrfehler – zurückgeführt werden können. Reaktionszeit- und Fahrzeitverlängerungen bei artifiziellen Visusreduktionen in gefahrenrelevanten Situationen (z. B. beim Skifahren) dokumentieren die unfallprophylaktische Bedeutung guten Sehens [26]. Eine Übertragung dieser Befunde auf die Rückschlagspiele kann nahelegen, dass Fehlsichtigkeit/Sehschärfedefizite die den diagnoserelevanten Signalen folgenden Reaktionszeiten verlängern können [28]. Gutes Sehen ist folglich auch eine Voraussetzung für sicheres Sporttreiben!

Bei synoptischer Betrachtung vorliegender Untersuchungen zur Sehschärfe Sporttreibender werden im Trend und zum Teil auch signifikant höhere Visuswerte bei Sportlern im Vergleich zu „Nicht-Sportlern“ beschrieben. Bei Spitzensportler (inne)n sind Häufungen von extrem hohen Visuswerten (z. T. über Visus 3,0) festzustellen [vgl. Übersicht in 5 und 11; 14]. Hohe Visuswerte und interindividuelle Visusunterschiede sind aber nicht nur optisch (durch die Hornhautform etc.) begründet, sondern vielmehr auch durch Unterschiede in der Sensorendichte auf der Netzhaut sowie in der neuronalen Verarbeitung. Neben der objektiven und subjektiven Refraktion sollte daher ein hochauflösender Visustest ($\text{Visus} \geq 2,0$) durchgeführt werden.

Im Bereich des peripheren Sehens ist (meist perimetrisch bestimmt) eine Tendenz zum größeren Gesichtsfeld des Athleten im Vergleich zum Untrainierten bzw. zu einer verbesserten funktionellen Ausschöpfung bzw. Nutzung des Gesichtsfeldes erkennbar. Dies gilt insbesondere für die Sportsportarten [vgl. Übersicht in 7, 20]. Der Einfluss des peripheren Sehens sowie der Gesichtsfeldausdehnung bzw. des Gesichtsfeldes auf die Qualität der Gleichgewichts- und Bewegungsregulation ist

unstrittig. Eine gute periphere Wahrnehmung kann ferner helfen, gefahrenrelevante Situationen z. B. beim Netzspiel im Tennisdoppel oder in der Raumenge zum Gegenspieler beim Squash frühzeitig zu erkennen und somit Verletzungen zu vermeiden.

Räumliches Sehen und Tiefenwahrnehmung – „Schlüssel“ zum Erfolg im Rückschlagsport

Die Wichtigkeit des Tiefensehvermögens in Rückschlag- und Sportspielen kann aufgezeigt werden, wenn künstlich die Beidäugigkeit aufgehoben wird (z. B. durch Abdecken eines Auges); oder wenn die Sehschärfe eines Auges mit Hilfe von Okklusionsfolien stark reduziert und damit das räumliche Sehvermögen vor allem im Nahbereich beeinträchtigt wird. Untersuchungen im Tennis und Tischtennis zeigen, dass selbst Spitzenspieler aufgrund der auf diese Weise verschlechterten Tiefen-/Entfernungseinschätzung den Ball nur schlecht auf der Schlagfläche treffen und ihn unpräziser im gegnerischen Feld platzieren. Bei künstlich herbeigeführter funktionseller Einäugigkeit und damit ausgeschaltetem stereoskopischen Sehen sind entsprechend stärkere Leistungseinbußen zu verzeichnen (vgl. Abb. 1) [9,11,23]. Ferner konnten Zusammenhänge zwischen der Zielschlagpräzision im Tennis und der Qualität des Stereosehens sowie der Sehschärfe nachgewiesen werden [21,22]. Sportler mit fehlendem stereoskopischen Sehen sind in vielen Rückschlagspielen wie z. B. Tennis oder Badminton handicapt [11,25].

Kording (2007) untersuchte mit Hilfe eines Ballmaschinentests die Ballannahmequalität von stereostarken und stereoschwachen Volleyball-

spielerinnen, d. h. Spielerinnen mit gutem bzw. schlechtem beidäugigen Tiefensehvermögen (quantifiziert durch den Tiefenseherschärfewinkel): Dabei erzielten die stereostarken Spielerinnen eine bessere Annahmequalität als die Gruppe stereoschwacher. Bei zusätzlicher, artifizieller einseitiger Visusherabsetzung – und damit künstlicher Verschlechterung des räumlichen Sehens (vgl. auch Abb. 1) – resultierten bei den stereostarken Spielerinnen größere Einbußen/Störungen der Annahmequalität; sie reagierten sensomotorisch sensibler [ref. in 11].

Ohne stereoskopisches Sehen ist es im Sport unmöglich, Entfernungen speziell im Nahbereich präzise einzuschätzen [9,21,22,25]. Zur Prüfung des Stereosehens werden i. d. R. einfache haploskopische Verfahren (Bildtrennverfahren, z. B. Random-Dot-Stereotests, Lang-Test, TNO-Test) eingesetzt. Mit Hilfe natürlicher Tiefensehtests, die reale räumliche Konstellationen abbilden, können auch kleinere Tiefenseherschärfewinkel bestimmt werden. In der Sportwissenschaft wird hier meist der „Drei-Stäbchen-Test“ (nach Helmholtz) eingesetzt [vgl. Übersicht in 9].

Bewegungssehen – „Bewegungen lesen und antworten“

Das Bewegungssehen dient wesentlich der Handlungssteuerung und benötigt, wie oben erwähnt, neben Perzeption (afferentes Sehen) auch die aktive Exploration und das Verfolgen sich bewegender Objekte durch Augen- und Kopf- wie auch Körperbewegungen (efferentes Bewegungssehen), vor allem dann, wenn Details des sich bewegenden Objektes identifiziert werden sollen (vgl. Tabelle 1). Die Blickmotorik ermöglicht, sich bewegende Objekte

Tabelle 1. Exemplarische wahrnehmungsbezogene bzw. visuelle Qualifikationsmerkmale im Beachvolleyball [mod. nach 10, S. 240; 11; 28, S. 136].

Leistung/Begriff	Definition	Bedeutung am Beispiel Beachvolleyball
Räumliches Auflösungsvermögen = (Statische) Sehschärfe; Foveale Sehschärfe = Visus	Fähigkeit, zwei räumlich sehr nah benachbart präsentierte Reize noch als Einzelreize erkennen zu können	Sehschärfe gilt als Grundvoraussetzung und sollte ein- und beidäugig (ggf. mit Korrektur) alters-typisch hoch sein*; spezifisch bedeutsam z.B. für Schiedsrichter in Netzsituationen wie Block-Touch, Netzberührung oder „in-out“-Entscheidungen.
Zeitliches Auflösungsvermögen (Zentral-nervale Aktivierung)	Fähigkeit, kurz hintereinander auf der Retina eintreffende Reize auch als zeitlich unabhängig wahrzunehmen	Wichtig für die „Innere Wachheit“, die Vigilanz, die Aufmerksamkeit, die schnelle Bewegungswahrnehmung („Detection“/Perzeption)
Räumliches Sehen, Tiefensehen – Stereosehen (binokulares, beidäugiges Sehen) – Monokulares (einäugiges) Tiefensehvermögen	Beidäugiger Seheindruck mit räumlicher Tiefenwahrnehmung („Querdisparation“) Tiefenwahrnehmung durch monokulare „Tiefenkriterien“ wie z.B. Bewegungsparallaxe, perspektivische Verkürzungen, scheinbare Gegenstandsgröße	Entfernungseinschätzung/ Raumorientierung im Nah- und Greifraum (z.B. oberes/unteres Zuspiel, Timing Take-Off, Block-Anpassung) Tiefeneinschätzung in der Ferne (Positionierung bei der Feldabwehr, Ballflug „lesen“ beim Float-Aufschlag, Netzentfernung des Zuspiels etc.)
Bewegungssehen = Dynamisches Sehen – afferentes Bewegungssehen – efferentes Bewegungssehen	Retinale Bildwanderung, die ein sich bewegendes Objekt/Bild auf der Netzhaut erzeugt (= Perzeption) Aktive Exploration sowie „Einfangen“ und „Verfolgen“ sich bewegnender Objekte durch koordinierte Augen- und Kopf- wie auch Körperbewegungen (vor allem dann, wenn Details des Objektes identifiziert werden sollen)	„Detection“/Wahrnehmung z.B. von Mit- und Gegenspielerbewegungen außerhalb des zentralen Blickfeldes Seh- und Blickstrategie(n) z.B. beim Lesen von Diagnosemerkmalen; Exploration; Ballflugwege „lesen“; Zuspiel „lesen“ für den eigenen „Take-Off“, Auftreffort von Aufschlag oder Angriff für die eigene Annahme/Abwehr antizipieren/wahrnehmen.
Peripheres Sehen	(funktionelle) Ausschöpfung bzw. Nutzung des Gesichtsfeldes; randständiges extra- und parafoveales Sehen	Über das „unscharfe“ periphere Sehen werden Mit- bzw. Gegenspielerbewegungen „kontrolliert“ und mit Eigenbewegung(en) koordiniert (Bewegungswahrnehmung, Bewegungskoordination und Gleichgewichtsregulation); z.B. als Angreifer im „Take-Off“/ Sprung in Anpassung auf den Ball die Bewegungen von Blocker oder Defense als „Schatten“, „Nebel“ bzw. „glance“ wahrnehmen.

* Die beidäugige Sehschärfe sollte bei jungen Erwachsenen bei einem Visus von $\geq 1,6$ liegen (keine großen Visus-Differenzen zwischen linkem und rechtem Auge).

im Gesichtsfeld foveal zu erfassen und bei geringeren Objektgeschwindigkeiten bis rund 50-100°/s kontinuierlich mit den Augen zu verfolgen (gleitende Augenfolgebewegungen). Die bei höheren Objektgeschwindigkeiten resultierende retinale Bildwanderung ist Grundlage für den Einsatz von Sakkaden, d. h. ruckartigen Blicksprüngen. Über den blickamplitudenabhängig bis zu 600-700°/s schnellen Blicksprung erfolgt wiederum eine möglichst präzise Annäherung an das sich bewegende Sehobjekt. Während der sakkadischen Augenbewegung selbst ist die Informationsaufnahme beeinträchtigt (sog. sakkadische Suppression). Informationen zur Detailwahrnehmung gehen erst wieder ein, wenn ein neuer Fixationspunkt anvisiert wird oder das sich bewegende Objekt mit Hilfe einer „überleitenden“ Augenfolgebewegung eingefangen, foveanah abgebildet und zumindest zeitweise begleitet werden kann [9–11,21,27]. Im Bereich des Bewegungssehens werden sportartspezifische, geschlechtsspezifische und z. T. sogar positionsbezogene Besonderheiten beschrieben: So erzielen Rück-

schlagspieler (z. B. Tennisspieler) eine bessere blickmotorische Leistungsfähigkeit (hier sog. Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit) als Sportler aus den Mannschaftssportspielen (z. B. Handball, Volleyball). Im Vergleich zu Sportlern aus den Individualsportarten (z. B. Schwimmen, Gerätturnen) oder „Nicht-Sportlern“ (Referenz; vgl. Abb. 2) erreichen Rückschlagspieler sogar signifikant höhere Ortungsgeschwindigkeiten [Übersicht in 11]. Eine geschlechtsspezifische Differenzierung ergibt für männliche Sportler in den schnelleren Sportarten, z. B. Tennis (vgl. Abb. 3), Handball oder Volleyball deutlich höhere Ortungsgeschwindigkeiten als für weibliche. Bei „Nicht-Sportlern“, aber auch bei Individualsportler(inne)n wie z. B. Wurfscheibenschütz(inn)en oder Skifahrer(inne)n, treten kaum Unterschiede auf. Diese Geschlechtsspezifität beruht vermutlich darauf, dass verglichen mit den Damen die Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten in den genannten Sportarten (v. a. den Rückschlagspielen) im Herrenbereich deutlich höher sind. Sie fungieren somit möglicherweise als adäquater Trai-

ningsreiz für adaptive Prozesse im Bereich der Blickmotorik (vgl. Abb. 3) [9–11,27]. Interessant – und die o. g. Ergebnisse untermauernd – ist die Tatsache, dass spielpositionsbezogen die blickmotorische Leistung von Bundesliga-Torhütern vermutlich ebenfalls beanspruchungsinduziert signifikant höher ist, als die von Bundesliga-Feldspielern [11,13].

Längsschnittstudien an Tennisspieler(inne)n bestätigen ferner eine entwicklungs- und anforderungsinduzierte Verbesserung der blickmotorischen Leistung von der Vorpubertät bis zur Adoleszenz [11,15]. Die Leistungsentwicklung der Ortungsgeschwindigkeit im Altersgang ist neben der allgemeinen koordinativen Entwicklung sicherlich auch auf beanspruchungsinduzierte Anpassungseffekte, d. h. Training, zurückzuführen. Dafür spricht auch die Tatsache, dass signifikante Geschlechtsunterschiede in der Ortungsgeschwindigkeit erst deutlich nach der Pubertät auftreten; also zu einem Zeitpunkt, an dem die Kraftentwicklung bei den männlichen Jugendlichen in höhere Ballgeschwindigkeiten umgesetzt wird (vgl. auch Abb. 3). Die Tatsache, dass in Einzelfällen auch schon in der Altersklasse der 10- bis 12-jährigen Ortungsgeschwindigkeiten von über 300°/s erzielt werden, zeigt, dass auch genetische Ursachen (Talent; das „schnelle Auge“ von Natur aus) anzunehmen sind [11,15]. Als Konsequenz vor allem für Sportarten mit hohen visuell-dynamischen Anforderungen gilt es, vorhandene Adaptationsreserven im Bereich der Blickmotorik durch gezieltes, sportart-spezifisches Training zu erschließen [11,27].

Tests zur Bestimmung der afferenten Bewegungswahrnehmung, z. B. der Düsseldorfer Test für Dynamisches Sehen (nach Whist) oder der efferenten, blickmotorischen Leistung,

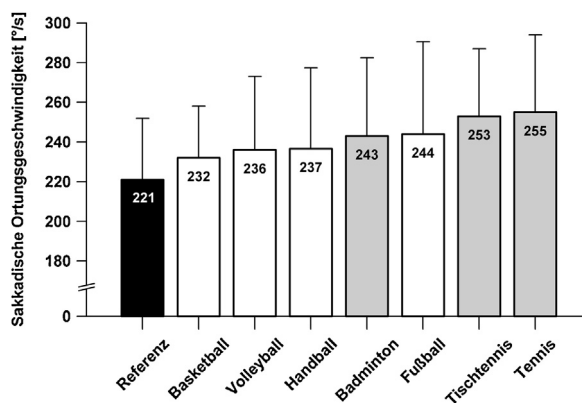


Abb. 2

Dynamische Sehleistung als Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (efferente Bewegungswahrnehmung) im spezifischen Zusammenhang zur jeweiligen Sportanforderung. Dargestellt sind Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen. Das Leistungsniveau sowie die Alters- und Geschlechterverteilung der Kaderathlet(inn)en der jeweiligen Sportarten war vergleichbar.

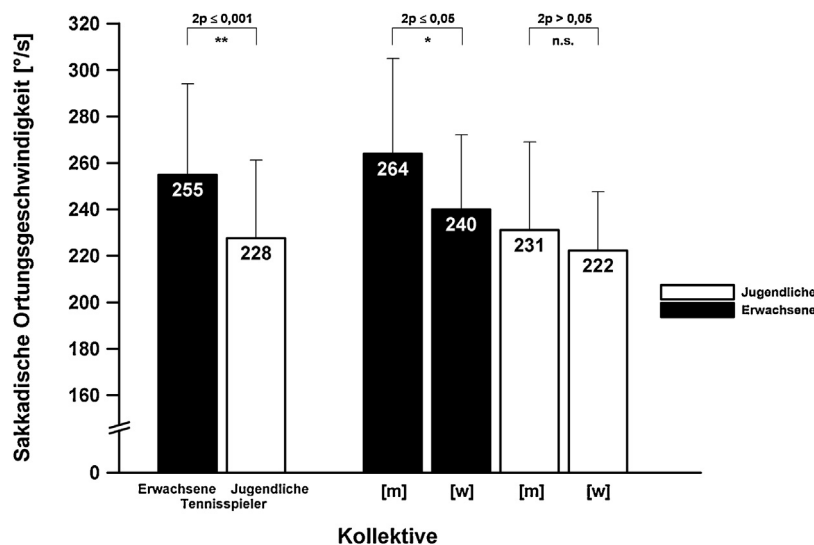


Abb. 3

Dynamische Sehleistung als Sakkadische Ortungsgeschwindigkeit (efferente Bewegungswahrnehmung) im geschlechtsbezogenen Vergleich am Beispiel der Rückschlagsportart Tennis. Dargestellt sind Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen. Die Tennisspieler(innen) waren Kaderathlet(inn)en des Deutschen Tennisbundes (DTB) bzw. der jeweiligen Landesverbände (m=männlich; w=weiblich).

z. B. der Sakkadischen Ortungsgeschwindigkeit [9,27] werden bisher nur im wissenschaftlichen Bereich eingesetzt.

Wahrnehmungsschulung und Trainierbarkeit des visuellen Systems

Eine Trainierbarkeit des visuellen Systems – zumindest in einzelnen Teilbereichen – wird von zahlreichen Autoren beschrieben. So gilt z. B. das räumliche Sehvermögen (Stereo-sehen) als trainierbar. Trainingseffekte werden besonders im Bereich des dynamischen Tiefensehvermögens beschrieben. Da auch motorische Komponenten die Leistungsfähigkeit des Tiefensehvermögens mitbeeinflussen, z. B. der Muskeleinsatz bei der Akkommodation und bei Vergenzbewegungen, sind hier entsprechende Adaptationsreserven zu erwarten [9–11,27].

Im Bereich des Gesichtsfeldes wird die Möglichkeit einer trainingsbedingten funktionellen Ausdehnung mit Leistungsverbesserung des peripheren Sehvermögens beschrieben [vgl. Übersicht in 7,20]. Die trainingsbedingte Vergrößerung des Gesichtsfeldes kann entweder auf eine Erhöhung der Sensorsensibilität, den Ausbau von Wahrnehmungsprogrammen, eine effektivere Verarbeitung der wahrgenommenen Informationen im Gehirn und/oder eine Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit zurückgeführt werden. Letzteres ist auch aufgrund der meist synchronoptischen Aufgabenstellung bei Gesichtsfeldtests bzw. peripheren Sehtests von Bedeutung. Das heißt bei der Aufgabe, zentral einen Fixationspunkt zu beobachten und gleichzeitig das Erscheinen eines Prüfpunktes in der Gesichtsfeldperipherie wahrzunehmen (bzw. ein Sehzeichen in der Gesichtsfeldperipherie zu erkennen) [7,11].

Die durch zahlreiche Studien belegte Trainierbarkeit der blickmotorischen Leistungsfähigkeit und der dynamischen Sehschärfe [4,18,27] wird ursächlich weniger auf muskuläre (z. B. Muskelquerschnittveränderungen), als vielmehr auf zentral-koodinative Effekte zurückgeführt, d. h. auf verbesserte oder schneller abrufbare Motorikprogramme aus den Zentren für die horizontale Blickmotorik in der pontinen Formatio reticularis [27]. Hier sind durch Training deutliche Leistungsverbesserungen erzielbar. [Übersicht in 12].

Die gute Trainierbarkeit der Augenmuskulatur sowie die signifikant bessere blickmotorische Leistungsfähigkeit männlicher Rückschlag- und Sportspieler im Vergleich zu weiblichen, die auch auf beanspruchungsinduzierte Anpassungseffekte aufgrund der deutlich höheren Ball- und Aktionsgeschwindigkeiten in diesen Sportarten zurückgeführt werden kann, legen nahe, mögliche individuelle Adaptationsreserven im Bereich der Blickmotorik durch gezieltes Training zu erschließen. Dies gilt besonders für Rückschlagsportarten, in denen das dynamische Sehen eine leistungsbeeinflussende Bedeutung hat.

Spezielle Sehtrainings für Sportler, sogenannte Sport Vision Trainings mit meist allgemeinen, sportartun-spezifischen Übungen scheinen aber eher ineffektiv; zumindest konnte die Effektivität dieser Programme bezogen auf eine Verbesserung der Wahrnehmungsleistung und vor allem der sportspezifischen Leistungsfähigkeit wissenschaftlich bisher nicht belegt werden [2,12,17].

Fazit

Die Bedeutung der visuellen Leistungsfähigkeit im Sport wird nach wie vor eher unterschätzt, trotz

eindeutiger Belege zur Notwendigkeit guten Sehens im Sport aus leistungsbezogener aber auch unfall- und verletzungsprophylaktischer Sicht. Auch bei Sportlern fehlt (unabhängig vom Leistungsniveau) oft das notwendige Problembewusstsein bezüglich des Zusammenhangs zwischen sportlicher Leistungsfähigkeit, Sicherheit beim Sporttreiben und Sehleistung: so trägt von den im Alltagsleben mit Brille oder Kontaktlinsen korrigierten Sportlern ein großer Teil (ca. 30–50%) generell keine Sehhilfe beim Sport [9–11,14,25]. Dies gilt speziell für Brillenträger. Als Grund wird häufig angegeben, die Sehhilfe sei unnötig; andere verzichten darauf, weil sie unbequem ist oder beschädigt werden könnte oder beim Sporttreiben beschlägt. Kontaktlinsenträger haben häufig Angst vor dem Verlust der Linsen beim Sporttreiben. Neben der Förderung eines adäquaten Problembewusstseins, das ja z. B. im Bereich der Verkehrssicherheit nahezu selbstverständlich ist, ist vor diesem Hintergrund entsprechende Aufklärungsarbeit zum Zusammenhang zwischen der visuellen Leistungsfähigkeit und der Sicherheit beim Sporttreiben sowie zur leistungsbeeinflussenden Bedeutung der Sehleistung im Sport notwendig. Visueller Mehrkampf in den Rückschlag- und Sportspielen setzt eine optimale Informationsaufnahme und folglich auch optimale Korrektur beim Sport voraus. Regelmäßige Sehtestung und wenn notwendig die sportartadäquate optische Korrektur sind somit die Voraussetzungen für ein erfolgversprechendes Informations-Management [11,28]. In Einklang mit Tidow [27] bleibt ferner festzuhalten, „... daß jeglichem Sehtraining eine hohe Wirkungsspezifität zuerkannt werden muß und keine generalisierbaren Übertragungseffekte zu erwarten sind“ [27,S. 66].

Positive Lerneffekte sind nach Munzert & Hossner [24,S. 237] nur „... dann zu erwarten, wenn das Stimulusmaterial in der Trainingsphase den Wahrnehmungsbedingungen in der Realsituation entspricht“. Zwar sind vereinzelt auch Transfer-effekte von reinen Wahrnehmungsübungen auf die Realsituation nachweisbar, „... generell lässt sich jedoch auch für die Kopplung von Wahrnehmungs- und Bewegungsanforderung sagen, dass sie möglichst spezifisch gestaltet werden, die Trainingssituation also möglichst exakt der angezielten Spielsituation entsprechen sollte.“ [24,S. 237]. Im sportspezifischen Wahrnehmungstraining müssen Rückschlag- und Sportspieler folglich durch „... gezielt und variabel gesetzte Beanspruchungen zu ‚visuellen Mehrkämpfern‘ ausgebildet werden“ [27, S. 67; 28].

Interessenkonflikt

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Literatur

- [1] B. Abernethy, The 1997 Coleman Roberts Griffith Address: Movement Expertise – A juncture between psychology theory and practice, *Journal of Applied Sport Psychology* 11 (1999) 126–141.
- [2] B. Abernethy, J.M. Wood, Do generalized visual training programmes for sport really work? An experimental investigation, *Journal of Sports Sciences* 19 (2001) 203–222.
- [3] R.A. Applegate, R.A. Applegate, Set shot shooting performance and visual acuity in basketball, *Optometry and Vision Science* 69 (1992) 765–768.
- [4] P.M. Banks, L.A. Moore, C. Liu, B. Wu, Dynamic visual acuity: a review, *The South African Optometrist* 63 (2004) 58–64.
- [5] G. Erickson, *Sports Vision: Vision Care for the Enhancement of Sports Performance*, Butterworth-Heinemann, St. Louis, MO, 2007.
- [6] M.O. Ernst, H.H. Bühlhoff, Merging the senses into a robust percept, *TICS* 8 (2004) 162–169.
- [7] V. Gralla, *Peripheres Sehen im Sport – Möglichkeiten und Grenzen dargestellt am Beispiel der synchroptischen Wahrnehmung*, Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2008.
- [8] T. Hülsmäcker, H.K. Strüder, A. Mierau, Visual motion processing subserves faster visuomotor reaction in badminton players, *Medicine and Science in Sports and Exercise* 49 (2017) 1097–1110.
- [9] G. Jendrusch, *Visuelle Leistungsfähigkeit von Tennisspieler(inne)n*, Sport und Buch Strauß, Köln, 1995.
- [10] G. Jendrusch, Leistungen des visuellen Systems im Sport, *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & Augenärztliche Fortbildung (ZPA)* 29 (2008) 239–247.
- [11] G. Jendrusch, Sportspiele und visuelle Leistungsfähigkeit – Bochumer Perspektiven, in: H.-F. Voigt, G. Jendrusch (Eds.), *Sportspielforschung und -ausbildung in Bochum – Was war, was ist und was sein könnte*, Czwalina Verlag, Hamburg, 2009, pp. 117–138.
- [12] G. Jendrusch, J. Cordes, Visuelles System und Training im Sport – Möglichkeiten und Grenzen, *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & Augenärztliche Fortbildung (ZPA)* 37 (2016) 231–242.
- [13] G. Jendrusch, L. Kaczmarek, P. Lange, B. Lingelbach, P. Platen, Visual Requirements and Visual Performance Profile in Soccer, *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38 (2006) 446.
- [14] G. Jendrusch, V. Oertzen-Hagemann, P. Platen, Fehlsichtigkeit im Spitzensport – Diagnose, Versorgung und Betreuung durch die deutsche Sportförderung, *die Kontaktlinse* 49 (2015) 11–19.
- [15] G. Jendrusch, V. Wenzel, H. Heck, Geschlechts- und altersspezifische Unterschiede in der blickmotorischen Leistungsfähigkeit, in: J. Krug, C. Hartmann (Eds.), *Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik (Sport und Wissenschaft, Band 8; Beihefte zu den Leipziger Sportwissenschaftlichen Beiträgen)*, Academia Verlag Sankt Augustin, 1999, pp. 100–105.
- [16] J. Lewald, W.H. Ehrenstein, R. Guski, Spatio-temporal constraints for auditory-visual integration, *Behavioural Brain Research* 121 (2001) 69–79.

- [17] G.M. Long, Exercises for training vision and dynamic visual acuity among college students, *Perceptual and Motor Skills* 78 (1994) 1049–1050.
- [18] G.M. Long, D.A. Rourke, Training effects on the resolution of moving targets – dynamic visual acuity, *Human Factors* 31 (1989) 443–451.
- [19] A. Maravita, From body in the brain, to body in space: sensory and intentional aspects of body representation, in: G. Knoblich, M. Shiffrar, M. Grosjean (Eds.), *The human body: perception from the inside out*, University Press Oxford, 2006, pp. 65–88.
- [20] R. Matos, M. Godinho, Influence of sports practice in the useful field of vision in a simulated driving test, In: FMH (Ed.), *Active lifestyles: the impact of education and sport*, book of abstracts of AIESEP 2005 World Conference, 2005, p. 262.
- [21] J. Mester, *Diagnostik von Wahrnehmung und Koordination im Sport*, Verlag Hofmann, Schorndorf, 1988.
- [22] J. Mester, Movement control and balance in earthbound movements, in: B. M. Nigg, B.R. MacIntosh, J. Mester (Eds.), *Biomechanics and biology of movement*, Human Kinetics, Champaign, IL, 2000, pp. 223–239.
- [23] O. Möllenberg, G. Jendrusch, H. Heck, Table tennis specific eyehand (bat) coordination and visual depth perception, in: J. Mester, G. King, H. Strüder, E. Tsolakidis, A. Osterburg (Eds.), *Perspectives and Profiles. 6th Annual Congress of the European College of Sport Science, 15th Congress of the German Society of Sport Science*, Cologne 24–28 July 2001, Book of Abstracts, Sport und Buch Strauß, Köln, 2001, p. 1249.
- [24] J. Munzert, E.-J. Hossner, Lehren und Lernen sportmotorischer Fertigkeiten, in: J. Beckmann, M. Kellmann (Eds.), *Anwendungen der Sportpsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, Sportpsychologie Bd. 2)*, Hogrefe, Göttingen, 2008, pp. 177–255.
- [25] D. Schnell, *Sehorgan und Sport*, in: U. Bartmus, H. Heck, J. Mester, H. Schumann, G. Tidow (Eds.), *Aspekte der Sinnes- und Neurophysiologie im Sport – In memoriam Horst de Marées*, Sport und Buch Strauß, Köln, 1996, pp. 175–240.
- [26] V. Senner, G. Jendrusch, P. Schaff, H. Heck, *Vision – An Essential Factor for Safety in Skiing: Perception, Reaction and Motion Control Aspects*, in: R.J. Johnson (Ed.), *Skiing Trauma and Safety, Twelfth Volume. ASTM STP 1345*, ASTM American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1999, pp. 11–22.
- [27] G. Tidow, *Bewegungssehen – Möglichkeiten und Grenzen*, in: H.-F. Voigt (Ed.), *Bewegungen lesen und antworten (An der RUB – Sportpraxis nachgedacht, Bd. 1)*, Czwalina Verlag, Ahrensburg, 1993, pp. 15–72.
- [28] H.-F. Voigt, G. Jendrusch, *Betreuen, fördern, fordern (Band 2: Training und Spiel)*, Feldhaus Verlag (Edition Czwalina), Hamburg, 2013.

Korrespondenzadresse:

Dr. Gernot Jendrusch, Lehr- und Forschungsbereich Sportmedizin und Sporternährung, Fakultät für Sportwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Gesundheitscampus-Nord 10, D-44801 Bochum. Tel.: +0234/32-23190; Fax: +0234/32-14323.
E-Mail: gernot.jendrusch@rub.de

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect